

C. RAY ASFAHL

---

# SEGURIDAD

---

# INDUSTRIAL

---

# Y SALUD

---

C U A R T A E D I C I Ó N



---

**SEGURIDAD  
INDUSTRIAL  
Y SALUD**

---

C U A R T A E D I C I Ó N

---

# SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD

---

**C. RAY ASFAHL**

UNIVERSITY OF ARKANSAS

**TRADUCCIÓN:**

**Gabriel Sánchez García**

*Ingeniero mecánico electricista,*

*Universidad Nacional Autónoma de México*

**REVISIÓN TÉCNICA:**

**Ing. Guillermo Haaz Díaz**

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores*

*de Monterrey - Campus Edo. de México*

*Consultor asociado de Excelencia y Creatividad*

*Empresarial, S.A. de C.V.*

Prentice  
Hall

Pearson  
Educación

Addison  
Wesley

MÉXICO • ARGENTINA • BRASIL • COLOMBIA • COSTA RICA • CHILE  
ESPAÑA • GUATEMALA • PERÚ • PUERTO RICO • VENEZUELA

Datos de catalogación bibliográfica

**ASFAHL, C. RAY**

Seguridad industrial y salud 4a. ed.  
PRENTICE HALL, México, 2000

ISBN: 970-17-0331-6

Área: Negocios

Formato: 18.5 × 23.5

Páginas: 488

**EDICIÓN EN ESPAÑOL**

GERENTE EDITORIAL COLLEGE:  
EDITOR:  
SUPERVISOR DE TRADUCCIÓN:  
SUPERVISOR DE EDICIÓN:

Laura Koestinger  
Pablo Eduardo Roig Vázquez  
Catalina Pelayo Rojas  
Selene Corona Vallejo

**EDICIÓN EN INGLÉS**

Acquisitions editor: Bill Stenquist  
Editor in Chief: Marcia Horton  
Project manager: Ann Marie Longobardo  
Copy editor: Peter Zurita  
Director of production and manufacturing: David W. Riccardi  
Art director: Jayne Conte  
Managing editor: Eileen Clark  
Page Composition: Ann Marie Longobardo  
Cover designer: Karen Salzbach  
Manufacturing buyer: Pat Brown  
Editorial assistant: Meg Weist

*Para mi compañera Kela*

**ASFAHL: SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD 4a. ed.**

Traducido de la cuarta edición en inglés de la obra: **Industrial Safety and Health Management**

*All rights reserved. Authorized translation from English language edition published by Prentice-Hall, Inc.*

Todos los derechos reservados. Traducción autorizada de la edición en inglés publicada por Prentice-Hall, Inc.

*All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.*

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio o método sin autorización por escrito del editor.

Derechos reservados © 2000 respecto a la primera edición en español publicada por:

PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.  
Calle 4 No. 25 segundo piso  
Fracc. Industrial Alce Blanco  
53370 Naucalpan de Juárez, Edo. de México

**ISBN 970-17-0331-6**

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial, Reg. Núm. 1524.

*Original English Language Edition Published by Prentice-Hall Inc.  
Copyright ©1999  
All rights reserved.*

**ISBN 0-13-895350-3**

**Impreso en México. Printed in Mexico**

# Contenido

	<b>PREFACIO</b>	<b>xv</b>
<b>1</b>	<b>El gerente de seguridad e higiene industrial</b>	<b>1</b>
	Un objetivo razonable	2
	Seguridad o salud	4
	Función en la estructura corporativa	5
	Recursos accesibles	6
	Resumen	9
	Ejercicios y preguntas de estudio	10
	Ejercicios de investigación	11
<b>2</b>	<b>Desempeño de la función de seguridad e higiene</b>	<b>13</b>
	Compensación a los trabajadores	14
	Registros	17
	Análisis de la causa de los accidentes	28
	Organización de las comisiones	31
	Economía de la seguridad y la salud	32
	Capacitación	35
	Pruebas de colocación	37
	El lugar de trabajo libre de humo	38
	Patógenos transmitidos por la sangre	39
	Violencia en el trabajo	40
	Resumen	41
	Ejercicios y preguntas de estudio	42
	Ejercicios de investigación	46

<b>3</b>	<b>Conceptos de evasión de riesgos</b>	<b>47</b>			
	El enfoque coercitivo	47			
	El enfoque psicológico	50			
	El enfoque de ingeniería	51			
	El enfoque analítico	59			
	Escala de clasificación de riesgos	68			
	Resumen	75			
	Ejercicios y preguntas de estudio	75			
	Ejercicios de investigación	79			
<b>4</b>	<b>El impacto de la reglamentación federal</b>	<b>81</b>			
	Normas	81			
	NIOSH	86			
	Imposición	86			
	Comoción pública	91			
	La función de los estados	93			
	Tendencias futuras	94			
	Resumen	98			
	Ejercicios y preguntas de estudio	99			
	Ejercicios de investigación	100			
<b>5</b>	<b>Sistemas de información</b>	<b>103</b>			
	Comunicación de riesgos	104			
	Oficina de Protección al Ambiente	109			
	Sistemas automatizados de información	113			
	Resumen	116			
	Ejercicios y preguntas de estudio	116			
	Ejercicios de investigación	117			
<b>6</b>	<b>Seguridad de los procesos</b>	<b>119</b>			
	Información de procesos	120			
	Análisis de procesos	124			
	Procedimientos de operación	125			
	Capacitación	125			
	Personal del contratista	126			
	Resumen	127			
	Ejercicios y preguntas de estudio	127			
	Ejercicios de investigación	128			
<b>7</b>	<b>Edificios e instalaciones</b>	<b>129</b>			
	Superficies para transitar y trabajar	130			
	Salidas	140			
	Iluminación	141			
	Instalaciones misceláneas	142			
	Higiene	144			
	Resumen	145			
	Ejercicios y preguntas de estudio	145			
	Ejercicios de investigación	146			
<b>8</b>	<b>Salud y sustancias tóxicas</b>	<b>147</b>			
	Exámenes base	147			
	Sustancias tóxicas	148			
	Medidas de exposición	157			
	Proyecto de terminación de normas	161			
	Detección de contaminantes	161			
	Resumen	167			
	Ejercicios y preguntas de estudio	169			
	Ejercicios de investigación	172			
<b>9</b>	<b>Control ambiental y ruido</b>	<b>175</b>			
	Ventilación	175			
	Ruido industrial	182			
	Radiación	197			

	Terminales de computadora	198			
	Resumen	198			
	Ejercicios y preguntas de estudio	199			
	Ejercicios de investigación	202			
<b>10</b>	<b>Materiales inflamables y explosivos</b>		<b>203</b>		
	Líquidos inflamables	203			
	Fuentes de ignición	208			
	Cumplimiento de las normas	209			
	Líquidos combustibles	210			
	Acabado por rociado con pistola	212			
	Cubas de inmersión	215			
	Explosivos	216			
	Gas licuado de petróleo	216			
	Conclusión	218			
	Ejercicios y preguntas de estudio	218			
	Ejercicios de investigación	220			
<b>11</b>	<b>Protección personal y primeros auxilios</b>		<b>221</b>		
	Protección para los oídos	222			
	Protección de ojos y rostro	224			
	Protección respiratoria	225			
	Entrada a espacios encerrados	235			
	Protección de la cabeza	238			
	Equipo misceláneo de protección personal	239			
	Primeros auxilios	241			
	Conclusión	242			
	Ejercicios y preguntas de estudio	242			
	Ejercicios de investigación	244			
<b>12</b>	<b>Protección contra incendios</b>		<b>245</b>		
	Incendios industriales	246			
	Prevención de incendios	246			
	Evacuación de emergencia	247			
	Brigadas contra incendio	248			
	Extintores contra incendio	249			
	Sistemas de columnas de alimentación y mangueras	251			
	Sistemas de extinción de incendios por rociadura automática	252			
	Sistemas extintores fijos	252			
	Resumen	254			
	Ejercicios y preguntas de estudio	254			
	Ejercicios de investigación	256			
<b>13</b>	<b>Manejo y almacenamiento de materiales</b>			<b>257</b>	
	Almacenamiento de materiales	258			
	Transportes industriales	258			
	Grúas	264			
	Eslingas	277			
	Transportadores	281			
	Levantamiento	282			
	Resumen	284			
	Ejercicios y preguntas de estudio	284			
<b>14</b>	<b>Protecciones en máquinas</b>			<b>287</b>	
	Protección general de las máquinas	287			
	Protecciones en el punto de operación	296			
	Prensas de potencia	303			
	Máquinas esmeriladoras	321			
	Sierras	324			
	Bandas y poleas	329			
	Resumen	332			
	Ejercicios y preguntas de estudio	333			
	Ejercicios de investigación	336			

<b>15 Soldadura</b>	<b>337</b>		
Terminología del proceso	337		
Riesgos de la soldadura con gas	341		
Riesgos de la soldadura de arco	348		
Riesgos de la soldadura por resistencia	349		
Incendios y explosiones	350		
Protección de los ojos	352		
Ropa de protección	352		
Gases y humos	353		
Potenciales de riesgo	354		
Resumen	356		
Ejercicios y preguntas de estudio	356		
Ejercicios de investigación	358		
<b>16 Riesgos eléctricos</b>	<b>359</b>		
Riesgos de electrocución	359		
Riesgos de incendio	371		
Equipo de prueba	377		
Violaciones frecuentes	378		
Resumen	380		
Ejercicios y preguntas de estudio	380		
Ejercicios de investigación	383		
<b>17 Construcción</b>	<b>385</b>		
Instalaciones generales	386		
Equipo de protección personal	386		
Protección contra incendio	389		
Eléctricos	392		
Escaleras de mano y andamios	393		
Pisos y escaleras	396		
Grúas y malacates	396		
		Vehículos y equipo pesado	400
		Zanjas y excavaciones	403
		Trabajo en concreto	407
		Erección de acero estructural	408
		Demolición	409
		Voladuras explosivas	410
		Instalaciones eléctricas	411
		Resumen	412
		Ejercicios y preguntas de estudio	413
		Ejercicios de investigación	415
		<b>Bibliografía</b>	<b>417</b>
		<b>Apéndices</b>	
		<b>A Límites de exposición permisible según la OSHA</b>	<b>425</b>
		<b>B Tratamiento médico</b>	<b>443</b>
		<b>C Tratamiento de primeros auxilios</b>	<b>444</b>
		<b>D Clasificación de tratamiento médico</b>	<b>445</b>
		<b>E Productos químicos, tóxicos y reactivos de alto riesgo</b>	<b>447</b>
		<b>F Código de Clasificación Industrial de Normas (SIC)</b>	<b>450</b>
		<b>G Estados que tienen planes estatales aprobados por la federación para las normas de seguridad y salud en el trabajo y su imposición</b>	<b>451</b>
		<b>Glosario</b>	<b>453</b>
		<b>Índice</b>	<b>462</b>



# Prefacio

Esta obra aúna el examen tradicional de conceptos y técnicas de la administración de la seguridad y la higiene industrial que han pasado la prueba del tiempo, con una imagen moderna que responde a las normas obligatorias de seguridad y salud en el trabajo. Pretendemos dar razones, explicaciones y ejemplos de los mecanismos de riesgo que forman la base de la enorme cantidad de normas detalladas de seguridad e higiene industrial. Los gerentes industriales conocen el valor de encontrar los materiales importantes y esenciales para entender e implantar una estrategia para que sus organizaciones cumplan con las normas, se reduzcan las demandas de compensación del trabajador debidas a lesiones y enfermedades, aumente la productividad y mejore el bienestar general de los empleados y el estado de sus lugares de trabajo.

Conforme llega a su fin el siglo XX, se han visto cambios radicales que alteran el campo de la administración de la seguridad e higiene industrial. El más notable es la disponibilidad instantánea de información detallada sobre casi cualquier asunto relativo a la salud y a la seguridad. Desde la aparición de la OSHA hace tres décadas, uno de los principales problemas que enfrenta el gerente de seguridad e higiene industrial ha sido encontrar información pertinente y definida para hacer el trabajo. La OSHA publicó grandes volúmenes de normas detalladas y obligatorias; sin embargo, hacía falta una estrategia o una guía para cumplir con tal cantidad de normas. También se necesitaba comprender los riesgos, de manera que la razón de ser de las normas justificara la imposición de acciones eficaces. A menudo, cumplir con las normas requiere de análisis, planeación, inversión de capital y capacitación de seguimiento. Tal proceso se defiende mejor si se comprenden a fondo los beneficios de su cumplimiento, en lugar de sólo querer evitar las multas de la OSHA. Uno de estos beneficios es la reducción de costos por compensación a trabajadores, costos que recientemente han recibido más atención de la dirección como un importante componente de los costos de mano de obra directa.

La cuarta edición de este libro reconoce y aprovecha las nuevas fuentes de información, ahora de tan fácil acceso para los gerentes de higiene y seguridad industrial. La base de datos para computadora de la OSHA, pone a disposición general la interpretación de las normas de la OSHA, sus prioridades para la implantación, las variantes, las estadísticas de inspección y adelantos sobre nuevas normas en proceso. En Internet hay aun más información, que se obtiene por medio de mecanis-

mos de búsqueda por palabra clave eficientes y sencillos. Nos hemos valido de estas fuentes convenientes de datos no sólo para ampliar el contenido del libro, sino también para estimular a los estudiantes dándoles ejercicios de investigación para un estudio posterior de los temas de la OSHA, en Internet o bibliotecas convencionales a fin de obtener más datos. Así, la estrategia de la cuarta edición no es nada más brindar información sobre los diversos temas relacionados con la higiene y seguridad industrial, sino también ayudar al estudiante a encontrar sus propias respuestas a las preguntas que sean de importancia para su misión.

Hemos modificado todos los capítulos de esta edición. El tema cada vez más amplio de la salud laboral y del control ambiental nos ha llevado a la decisión de dividir el tema en dos capítulos, 8 y 9. Ampliamos por lo menos 20 por ciento los ejercicios al final de cada capítulo así como las preguntas de estudio con nuevos problemas y ejercicios (y en algunos capítulos, los ejercicios aumentaron 50 por ciento). Son nuevos los ejercicios de investigación, que piden al estudiante que responda a preguntas para las cuales los datos no se encuentran en el libro. Estas preguntas se dirigen a aquellos estudiantes que tienen acceso a Internet o al CD-ROM de la OSHA o a bibliotecas generales convencionales. Todas las preguntas que requieren de estas fuentes adicionales de información están definidas como "ejercicios de investigación", de forma que los estudiantes que no tengan acceso a estas fuentes adicionales de información puedan de todas formas ocuparse de los otros ejercicios incluidos al final de los capítulos.

La mayor parte de las preguntas y los ejercicios al final de los capítulos ha sido probada en las aulas. Cualquier dificultad con el material se resuelve acudiendo a la página en Internet del autor. También está disponible en el mismo medio una síntesis de cada capítulo, con notas adicionales para ampliar las clases dentro del aula.

Las numerosas adiciones a la cuarta edición no hubieran sido posibles sin el consejo y la asistencia de estudiantes y respetados colegas tanto de las universidades como de la industria. El señor Jun-Pin Wong nos proporcionó mucha ayuda en la generación de datos de costos, especialmente los costos ocultos de accidentes. El señor Bud Daven y la doctora Sharon Meador nos auxiliaron con los últimos avances en las leyes de compensación laboral. Otros que ofrecieron una ayuda valiosa son Jeff Hinkle, Jeff Hardcastle, Christopher Mazur, Luke Chong, Nick McConnell, Paula Roberts, Clyde Ragland y Karen Standley.

## C A P Í T U L O 1

# El gerente de seguridad e higiene industrial

Todos desean un lugar de trabajo seguro y saludable, pero lo que cada persona está dispuesta a hacer para alcanzar este provechoso objetivo varía mucho. Por lo tanto, la dirección de la empresa debe decidir hasta qué nivel, dentro de un amplio espectro, se dirigirá el esfuerzo de seguridad y salud. Algunos gerentes niegan esta responsabilidad y quieren dejar la decisión en manos de los empleados. Esta postura parece coincidir con el principio sagrado de la libertad personal y la responsabilidad individual. Pero tal negación de la responsabilidad por parte de la dirección es de hecho una decisión por omisión y, por lo general, el resultado es un nivel más bien bajo de seguridad e higiene, en el ambiente de trabajo.

¿Es lo anterior una impugnación del buen juicio del trabajador? Ciertamente no, porque sin el compromiso de la dirección, el trabajador no suele ser capaz de incorporar él mismo la seguridad en su área de trabajo. El comportamiento del trabajador es el determinante más importante de su seguridad, pero el comportamiento, por sí solo, no puede hacer seguro un trabajo peligroso. Además, aun si un trabajador tiene una fuerte inclinación a la cautela y al cuidado de su salud, hay muchas motivaciones de producción y otros incentivos, bastante naturales, que debilitan o socavan las actitudes de prevención si la dirección no se ha comprometido con la seguridad y la higiene industrial.

Una persona, por lo regular denominada director de seguridad o de higiene industrial, define el tono del programa de seguridad e higiene de la empresa. De hecho, desde el principio se manifiesta el interés de la dirección si la empresa decide encargar a una persona la responsabilidad de la seguridad y la higiene. Pero nombrar a alguien director o gerente de seguridad e higiene es sólo el primer paso. Muchas de estas personas tienen poca autoridad y (especialmente en el pasado) por lo regular tanto la dirección como los trabajadores las han ignorado. No era raro que el trabajo del director de salud estuviera considerado entre las actividades de relaciones públicas, dedicado a colocar letreros motivacionales y llevar estadísticas. Éstos siguen siendo aspectos importantes, pero ahora se le reconoce a su función mucha más responsabilidad.

En los años setenta cambió radicalmente la función habitual del director de seguridad en las empresas industriales. A raíz de la Ley de Salud y Seguridad Laboral<sup>1</sup> de 1970, en Estados Unidos se creó la Dirección de Salud y Seguridad Laboral (*Occupational Safety and Health Administration*, OSHA), una dependencia federal cuyas reglas tendrían gran impacto en el trabajo del director de seguridad. El capítulo 4 analiza este impacto en detalle; en lo que resta de éste, veremos la principal función que tiene ahora el encargado de la seguridad y la higiene industrial.

Sin duda alguna la OSHA fortaleció la autoridad del gerente de seguridad en las plantas industriales de los Estados Unidos. Antes de la creación de la OSHA, muy pocos de esos gerentes se

<sup>1</sup> Nota del revisor técnico: El equivalente de esta ley en México es el "Reglamento federal de seguridad, higiene y ambiente de trabajo", actualizado y publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 21 de enero de 1997.

atrevían a interferir con los programas de producción para resolver un problema de seguridad o de higiene. Pero importantes casos de la OSHA aparecidos en los medios de comunicación han hecho ver al personal de la alta dirección las graves consecuencias que enfrentarán si no se ocupan en la forma adecuada de los problemas serios de seguridad o de salud.

El campo de la higiene en el trabajo se ha beneficiado por la OSHA más aún que el campo de la seguridad en el trabajo. Antes de la aparición de la OSHA, la higiene en el trabajo parecía ser un problema que no le concernía a nadie, excepto quizás a la enfermera de la planta, que además tenía muy poca autoridad para influir en las políticas e incluso para tomar medidas de prevención de riesgos. Antes de que apareciera la OSHA, esta enfermera se ocupaba principalmente de los primeros auxilios (después del accidente) y de exámenes físicos, y no de disminuir y prevenir los riesgos.

Al describir las funciones del ejecutivo de hoy, encargado de la responsabilidad de la seguridad y la salud, en este texto utilizaremos el término *gerente de seguridad e higiene*, en reconocimiento de la naturaleza dual del puesto. Asimismo, el término *gerente* denota una carga mayor de responsabilidad, que comprende el análisis de los riesgos, el cumplimiento de las normas y la planeación de inversiones de capital, además de las funciones convencionales ya descritas. El propósito del libro es proporcionar herramientas y guías a los gerentes de seguridad y salud para ayudarles a desempeñar sus deberes ahora más amplios.

Tratar con normas aplicables es una de las mayores dificultades que enfrenta hoy el gerente de seguridad e higiene, y conseguir este objetivo es un propósito primordial de nuestro libro. Dado que sólo 10 por ciento de las normas genera 90 por ciento de las actividades, los gerentes de seguridad e higiene necesitan lineamientos para las partes importantes de tales normas. Las citas con más frecuencia deben recibir atención prioritaria, porque indican áreas en las cuales las industrias tienen problemas para cumplir o bien a las cuales los órganos oficiales ponen mucha atención. En cualquiera de estos casos, los gerentes de seguridad e higiene requieren conocer estas normas frecuentes de modo que consigan que las instalaciones las obedezcan. Además de esta referencia constante, los gerentes de seguridad e higiene han de conocer el “porqué” de las normas. Hasta que aprendan qué incidentes pretende prevenir cada norma, pasarán momentos difíciles tratando de persuadir a la dirección o a los empleados de que cierta situación necesita corrección.

## UN OBJETIVO RAZONABLE

La alta dirección a veces hace como que escucha los argumentos del gerente de seguridad e higiene cuando defiende la necesidad de mejoras en la planta. Pero este gerente suele defender su causa con una visión unilateral del problema. Cualquier gerente de seguridad e higiene que crea que la eliminación de los riesgos en el lugar de trabajo es una meta indiscutible es un ingenuo. En el mundo real, debemos escoger entre:

1. Riesgos físicamente imposibles de corregir.
2. Riesgos físicamente posibles, pero económicamente imposibles de corregir.
3. Riesgos económica y físicamente corregibles.

Hasta que el gerente de seguridad e higiene se haga a la idea de esta realidad, no puede esperar la aprobación de la dirección general. Podría parecer que algunos gerentes se han en-

frentado a esta realidad, pero en el fondo resienten la actitud de los directivos, que no respaldan de buena gana sus esfuerzos de eliminar todos los riesgos en el lugar de trabajo. Pero este resentimiento es injustificado, ya que pretender eliminar todos los peligros es una estrategia poco realista e ingenua.

Sorprenderá a algunos lectores que este libro, el cual se supone que trata de seguridad e higiene, no recomiende la eliminación de todos los riesgos en el trabajo. Tal meta es inalcanzable, y querer conseguirla es una mala estrategia, porque ignora la necesidad de discriminar entre todos los riesgos que deben corregirse. Veamos en el caso 1.1 cómo dicha estrategia ingenua ni siquiera va en el interés de la seguridad o la salud.

### CASO 1.1

Un gerente de seguridad e higiene recibe tres sugerencias de tres miembros distintos del personal de operación:

1. Instalar un drenaje para retirar el agua que se acumula ocasionalmente alrededor del área de moldeo por inyección.
2. Colocar un letrero de advertencia que aconseje a los conductores de montacargas que reduzcan la velocidad.
3. Mejorar la sanidad limpiando los baños con más frecuencia.

Hay motivos de seguridad o de salud para corregir los tres problemas. Ahora bien, ¿deben ser corregidos?

Algunos gerentes aceptarían los motivos de seguridad y salud como *todo lo que necesitan* para emprender acciones que corrijan los problemas enumerados en el caso 1.1; pero sería una reacción ingenua. Se necesitan más datos para decidir qué hacer. Mientras se mantiene ocupado al departamento de mantenimiento en la corrección de los tres problemas (que pueden o no tener consecuencias), tal vez haya riesgos respiratorios o de electrocución que nadie vigila o incluso que nadie ha advertido. Al reaccionar ante cada nuevo riesgo, el gerente puede estar perdiendo oportunidades de una mejora realmente significativa en la seguridad y salud de los trabajadores. Al mismo tiempo, dicha reacción exagerada también deteriora su credibilidad ante la dirección general. Ni siquiera la ley exige que se deban eliminar todos los riesgos, sólo los “reconocidos”. Por lo tanto, que quede bien claro que nuestro objetivo es eliminar del trabajo los riesgos irrazonables, no todos. El objetivo, pues, de este libro es ayudar al gerente de seguridad y salud a detectar riesgos y a decidir cuáles vale la pena corregir. La meta es ambiciosa, y ciertamente no damos ninguna solución rápida a este difícil problema. Pero cualquier luz que pueda arrojar sobre el misterio de qué riesgos son más significativos y qué normas, dentro de las miles que hay, son las más importantes, es de suma importancia para todos los gerentes de seguridad y salud.

## SEGURIDAD O SALUD

Ya dijimos que los primeros “directores de seguridad” no insistían en los problemas de higiene. Es esencial que el gerente de seguridad e higiene de hoy preste suficiente atención no sólo a los riesgos de seguridad, sino también a los de higiene, cuya importancia aumenta conforme se descubren nuevos datos sobre las enfermedades industriales.

¿Cuál es la diferencia entre seguridad e higiene? Estas palabras son tan comunes que casi cualquiera tiene una idea más firme de lo que es seguridad, comparado con la idea de higiene. No hay duda de que la protección de la maquinaria es una consideración de seguridad, y que el asbesto en suspensión es un riesgo para la salud; pero algunos riesgos, como los que presentan las áreas de rociado de pintura y de operaciones de soldadura, no son tan fáciles de clasificar. Algunas situaciones pueden significar tanto riesgos de salud como de seguridad. En este libro trazaremos la siguiente línea entre la seguridad y la salud:

La seguridad se ocupa de los efectos agudos de los riesgos, en tanto que la salud trata sus efectos crónicos.

Un efecto agudo es una reacción repentina a un estado grave; un efecto crónico es un deterioro a largo plazo, debido a una prolongada exposición a una situación adversa más benigna. Las ideas comunes sobre salud y seguridad se ajustan a esta definición, que separa a las dos. Por ejemplo, el ruido industrial suele ser un riesgo para la salud, porque una exposición a largo plazo a niveles de ruido en el intervalo de 90 a 100 decibeles ocasiona daños permanentes. Pero el ruido puede ser también un riesgo de seguridad, porque una exposición aguda repentina a un estruendo puede *lesionar* el sistema auditivo. Muchas exposiciones químicas tienen efectos tanto agudos como crónicos y, por lo tanto, riesgos de seguridad y salud.

Los higienistas industriales, aquellos que se concentran en riesgos de la salud, son conocidos por sus complejos instrumentos y su destreza científica. Estos útiles son necesarios, debido a los diminutos efectos que deben medir a fin de determinar si existe un riesgo crónico. Por su parte, el especialista en seguridad no es un experto con precisos instrumentos científicos, sino que tiene más conocimientos prácticos y experiencia en procesos industriales. Esta diferencia de experiencias causa algunas confrontaciones entre profesionales de la seguridad y de la salud, que, si bien deberían ser compañeros de trabajo, a menudo compiten.

Las bases de la competencia entre los profesionales de la seguridad y los de la salud son las clásicas: joven contra viejo, nuevo contra anticuado y educación contra experiencia. Los profesionales de la seguridad suelen ser de mayor edad y tienen más experiencia industrial; su campo profesional es más tradicional y está más concentrado en organizaciones industriales. En cambio, por lo regular los profesionales de salud son más jóvenes, tienen más educación universitaria y ocupan puestos nuevos. Sin embargo, en los últimos años han ido desapareciendo las distinciones entre profesionales de carrera en ambas áreas.

El grado de riesgo es otro punto de disputa entre seguridad e higiene: ambos lados piensan que sus riesgos son los más graves. Los profesionales de la seguridad hablan de los decesos en el trabajo y sienten la urgencia de proteger al trabajador del peligro inminente de accidentes. Para ellos, los higienistas industriales con sus medidores, bombas y tubos de ensayo solamente están revisando riesgos microscópicos que no son apremiantes. Pero al higienista industrial el trabajo del profesional de la seguridad a veces le parece somero. El higienista industrial combate riesgos laborales insidiosos e invisibles que pueden ser tan mortíferos como la caída de una grúa. Tal vez ocurren más decesos por

enfermedades profesionales que por cuestiones de seguridad, pero las estadísticas no aclaran la diferencia, porque las muertes por enfermedad demoran y a veces nunca se diagnostican.

Muchas veces, debido a la edad y la experiencia, el profesional de la seguridad tendrá el control gerencial sobre las funciones de la salud, lo que puede hacer que el higienista industrial se resienta. El gerente de seguridad e higiene debe estar consciente de esta zona sensible y tener cuidado de reconocer la importancia de ambos campos de interés. A una cantidad creciente de higienistas industriales bien educados se les está dando la responsabilidad completa tanto de la seguridad como de la salud.

## FUNCIÓN EN LA ESTRUCTURA CORPORATIVA

Casi todos los gerentes de seguridad e higiene desempeñan varias funciones, especialmente en las empresas pequeñas. A menudo, también son responsables de la seguridad externa. Algunos gerentes de seguridad y salud son también gerentes de personal o bien, con frecuencia aún mayor, están subordinados al gerente de personal. Se trata de un esquema bastante natural, en cuanto que destaca la importancia de la capacitación del trabajador, las estadísticas, la ubicación del área de trabajo y el aspecto de relaciones industriales de la seguridad y la higiene. Sin embargo, la importancia creciente de la ingeniería de la seguridad y la higiene en el trabajo limita el lugar del gerente de seguridad y salud en el departamento de personal, pues por lo habitual tiene muy poca relación con la ingeniería.

El gerente de seguridad e higiene casi nunca se ocupa de la función de compras, pero obtener alguna información al respecto debe ser uno de sus principales objetivos. Los proveedores de equipos usados (e incluso los de equipo nuevo) ofrecen a precio de ganga máquinas, compresores, tractores, montacargas y otras piezas que de una manera o de otra no cumplen las normas. Como el encargado de compras desconoce en general las normas de seguridad e higiene, es una presa fácil porque los precios son muy buenos. Se requiere de una persona instruida que revise las especificaciones y prevenga el costoso error de adquirir equipo que no cumple las normas actuales de seguridad e higiene. Cuando las normas cambian, a veces alguna categoría de equipo se vuelve obsoleta, y el gerente de seguridad e higiene debe prevenir al departamento de compras.

Un concepto reciente del gerente de seguridad e higiene es el de enlace con las dependencias del Gobierno, situación que surgió a raíz de la presencia de la OSHA.<sup>2</sup> Algunos gerentes de seguridad e higiene tienen una responsabilidad doble, pues en su trabajo se incluyen las actividades de protección ambiental. Algunas veces, el gerente de seguridad e higiene es considerado como un miembro del personal del departamento legal. Esta situación exacerba actitudes entre adversarios y no es recomendable, porque tiende a desmerecer la seguridad y la higiene del trabajo y obstaculiza el establecimiento de relaciones constructivas con las dependencias dedicadas al cumplimiento de la ley.

Un campo relacionado es la seguridad de los productos de consumo. La Comisión de Seguridad de los Productos de Consumo (*Consumer Product Safety Commission*, CPSC) es una dependencia federal cuya legislación está estructurada conforme a la de la OSHA. La Ley de Seguridad y Responsabilidad de los Productos fue promulgada un año después de la ley de la OSHA, y la redacción de ambas leyes es muy similar. Aunque las dos dependencias se ocupan de la seguridad de máquinas y equipo, la CPSC se centra en la responsabilidad de los productores, en tanto que la OSHA está concentrada en la responsabilidad del patrono o empresario que pone en uso los productos en el lugar de trabajo.

<sup>2</sup> Nota del revisor técnico: En México estas relaciones son principalmente con el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), y la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).

## 6 Capítulo 1 El gerente de seguridad e higiene industrial

La década de los ochenta presenció un interés renovado en la protección ambiental y especialmente en la prevención y la eliminación de emergencia de derrames accidentales de sustancias tóxicas. En 1984, en un terrible desastre en Bhopal, India, por lo menos 2 500 civiles murieron por una fuga accidental de isocianato de metilo, y sin duda alguna este incidente tuvo una repercusión en las políticas públicas de los Estados Unidos. Debido a su relación con la seguridad y la salud del trabajador, la responsabilidad de cumplir con los requisitos de la Oficina de Protección al Ambiente (*Environmental Protection Agency*, EPA) suele ser parte de los deberes del gerente de seguridad e higiene. En el capítulo 5 veremos más de esta relación entre la seguridad dentro de la planta y la seguridad fuera de ella.

### RECURSOS ACCESIBLES

La demanda de materiales de capacitación, la necesidad de ideas para la corrección de riesgos y la importancia de las últimas interpretaciones de las normas garantizan que el gerente de seguridad e higiene exitoso no intentará trabajar solo, aislado del campo de su carrera. Ha aparecido una serie de recursos para satisfacer estas necesidades del profesional de seguridad e higiene.

### Certificación profesional

Los gerentes de seguridad e higiene pueden acreditarse ante sus colegas, así como ante sus patronos que les dan empleo, mediante una certificación profesional. Ésta exige la necesaria experiencia en el trabajo, cartas de recomendación y un examen. También se requiere preparación académica, pero se acepta una combinación parcial de educación en la materia y experiencia. Los profesionales de la seguridad en EUA deberán solicitar su certificación a

Board of Certified Safety Professionals of America  
208 Burwash Avenue  
Savoy, IL 61874

Los profesionales de la higiene deberán solicitar su certificación a

American Board of Industrial Hygiene  
6015 W. St. Joseph, Suite 102  
Lansing, MI 48917

Los exámenes son bastante difíciles y el proceso de revisión de antecedentes es riguroso. Pocas personas califican para la certificación en ambos campos. La industria, el gobierno y el público reconocen las designaciones de *CSP* para Certified Safety Professional, es decir, Profesional Certificado en la Seguridad, y de *CIH*, Certified Industrial Hygienist, o Higienista Industrial Certificado. Cada vez es más frecuente la obligatoriedad de una certificación profesional, como *CSP* o *CIH*, para ocupar determinados puestos. Muchos estados están reformando sus leyes de Compensación de trabajadores y algunos incluyen requisitos de planes para la prevención de accidentes en lugares de trabajo “extrapeligrosos” (ref. 159). Estos planes deben ser formulados por personal o asesores que cuenten con identificación como *CSP* o *CIH*. Uno de los objetivos de este libro es preparar al estudiante para completar exitosamente el examen de *CSP* o de *CIH*.

### Asociaciones profesionales

En los Estados Unidos, dos asociaciones profesionales son las más importantes en el campo de trabajo de la seguridad e higiene laboral:

American Society of Safety Engineers (ASSE)  
1800 East Oakton St  
Des Plaines, IL 60018

American Industrial Hygiene Association (AIHA)  
2700 Prosperity Avenue  
Suite 250  
Fairfax, VA 22031

Estas asociaciones editan dos de las principales publicaciones del ramo, *Professional Safety* y *American Industrial Hygiene Association Journal*, respectivamente. Ambas organizan conferencias anuales y grupos locales y a menudo dirigen seminarios y talleres sobre temas de interés actual.

Una organización algo menor, pero influyente, es

American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH)  
1330 Kemper Meadow Drive  
Cincinnati, OH 45240

Una comisión importante de esta organización es

Committee on Industrial Ventilation  
1330 Kemper Meadow Drive  
Cincinnati, OH 45240

La publicación de la comisión, *Industrial Ventilation* (ref. 78), es el manual más reconocido de prácticas recomendadas en el ramo de la ventilación.

### Consejo de Seguridad Nacional

Aunque en el sentido más estricto de la palabra no es una sociedad profesional, el Consejo de Seguridad Nacional (*National Safety Council*, NSC) es una de las organizaciones más importantes del ramo. El consejo tiene sus oficinas en

National Safety Council  
1121 Spring Lake Drive  
Itasca, IL 60143

El NSC tiene un campo de acción enorme que abarca todos los ámbitos de la seguridad, no solamente la ocupacional. Los miembros del NSC son principalmente de organizaciones y empresas. Fue instituido hace más de 85 años y en 1953 fue reconocido por el Congreso de los Estados Unidos.

La membresía del NSC ofrece muchos beneficios al gerente de seguridad y salud. El consejo es el principal centro de información sobre riesgos de seguridad. La biblioteca de sus oficinas nacionales posee un gran acervo de información, y aunque está abierta al público, las empresas miembros del consejo tienen privilegios especiales para servicio de copiado y la investigación. Cada año, el consejo publica resúmenes completos de las estadísticas de accidentes en *Accident*

*Facts* (ref. 1). La publicación *Accident Prevention Manual for Industrial Operations* (refs. 94, 95) del NSC, ahora en su décima edición y en dos volúmenes, es el libro de referencia general más completo del ramo.

El NSC utiliza sus datos estadísticos actualizados para reconocer y premiar a las empresas miembros con excelentes logros en la seguridad. La edición anual de *Work Injury and Illness Rates* (ref. 156) ofrece una lista de las empresas que, de acuerdo con el código de la Clasificación Industrial de Normas (*Standard Industrial Classification, SIC*), tienen el “mejor historial de la industria”.

### Institutos de normas

La era de la imposición de las leyes de la OSHA ha atestiguado un reconocimiento creciente por parte de las organizaciones creadoras de normas. Las siguientes son las más prominentes:

American National Standards Institute (ANSI)  
11 West 42nd Street, 13th Floor  
New York, NY 10036

National Fire Protection Association (NFPA)  
Batterymarch Park  
Quincy, MA 02269

American Society of Mechanical Engineers (ASME)  
345 East 47th Street  
New York, NY 10017

American Society for Testing and Materials (ASTM)  
100 Barr Harbor Drive  
West Conshohocken, PA 19428-2959

Estas organizaciones tienen comisiones permanentes que invitan al público a entregar sus comentarios y preparan normas voluntarias de seguridad y salud en el trabajo. Al inicio de sus labores, la OSHA publicó muchas normas de estas organizaciones, y las calificó de representantes del “consenso nacional”. La mayor parte de las normas de consenso nacional de la OSHA provienen ya sea de normas ANSI o NFPA.

### Asociaciones gremiales

Si un problema corresponde a determinada industria o equipo, se puede pedir a la asociación respectiva de fabricantes que aporte datos de seguridad y salud. Algunos desaprueban el uso de datos de asociaciones gremiales, pues les parecen tendenciosos, pero las asociaciones han llevado a cabo muchos estudios cuidadosos de los problemas de seguridad y salud. Las siguientes asociaciones son útiles al respecto:

1. American Foundrymen's Society (AFS)
2. American Iron and Steel Institute (AISI)
3. American Metal Stamping Association (AMSA)
4. American Petroleum Institute (API)
5. American Welding Society (AWS)
6. Associated General Contractors of America (AGCA)

7. Compressed Gas Association (CGA)
8. Industrial Safety Equipment Association (ISEA)
9. Institute of Makers of Explosives (IME)
10. National Electrical Manufacturers Association (NEMA)
11. National LP-Gas Association (NLPGA)
12. National Machine Tool Builders Association (NMTBA)
13. Scaffolding, Shoring, and Forming Institute (SSFI)

Las asociaciones gremiales nacionales son especialmente útiles para conseguir materiales audiovisuales de capacitación, si uno está dispuesto a aceptar el hecho que esos materiales también sirven para promover los productos de la rama industrial.

### Dependencias gubernamentales

Por lo general, las oficinas estatales tienen programas de consulta gratuita y en algunos estados los ofrecen empresas de asesoría privadas. Hay una resistencia comprensible a pedir ayuda a una dependencia de gobierno para un problema de normas de seguridad, pero el propósito de estas oficinas de consulta es ayudar, no extender citatorios. En la mayor parte de los estados, la función de consulta está en manos de una oficina independiente de la instancia encargada del cumplimiento de la ley. En aquellos estados con planes estatales generales, con una oficina responsable, a la vez, del cumplimiento de la ley y de la asesoría, se tiene el cuidado de mantener la confidencialidad de los registros.

El Instituto Nacional de Salud y Seguridad Laboral (*National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH*) tiene una enorme cantidad de datos de investigación sobre los riesgos de materiales y procesos específicos. El NIOSH utiliza estos datos en la redacción de criterios para la recomendación de nuevas normas. Además de su función de investigación, el NIOSH actúa como fuente de información técnica en cuestiones de seguridad y salud. Para este propósito, tiene una línea directa: 1-800-35-NIOSH.

La misma OSHA puede ser valiosa para el gerente de seguridad e higiene en busca de información. Algunos gerentes de seguridad e higiene jamás pensarían en llamar a la OSHA para analizar un problema por temor a precipitar una inspección. Sin embargo, los problemas pueden plantearse en un ambiente hipotético, y el personal de la OSHA comprenderá la necesidad de que estas consultas se mantengan en tal ambiente. El personal de la OSHA estará encantado de proporcionar cualesquiera respuestas a sus preguntas, pues su objetivo es alentar a los patronos a mantener sus instalaciones seguras y saludables. La OSHA también ha abierto las puertas de su instituto de capacitación nacional en Des Plaines, Illinois, para instruir al público en general en el “cumplimiento voluntario” de las normas.

### RESUMEN

La gerencia de seguridad e higiene es un campo de desarrollo profesional que como resultado de la institución de la dependencia federal OSHA ha ganado tanto en amplitud como en complejidad. En este capítulo hemos hecho una breve introducción al campo y a algunas de las organizaciones y asociaciones que le han dado al ramo identidad y asistencia para llevar a cabo su misión.

En el capítulo 2 vamos a describir cómo desempeñan sus responsabilidades los gerentes de seguridad e higiene en sus organizaciones. En el capítulo 3 nos ocuparemos de la meta principal del gerente de seguridad e higiene —la reducción de los riesgos en el trabajo— explicando cuatro méto-

dos básicos para enfrentar el problema. La OSHA ha causado tal impacto en el ramo que merece un capítulo aparte, el 4, que describe a la polémica dependencia en lo general en sus aspectos tanto positivos como negativos. Los capítulos restantes definen categorías concretas de riesgos, y aconsejan a los gerentes de seguridad y salud qué hacer para eliminarlos mediante el cumplimiento de las normas establecidas. Todos los datos de hechos o estrategias de procedimientos que ayuden al gerente a comprender los mecanismos de los riesgos y a manejar los problemas más importantes serán útiles, incluso si quedan muchas preguntas sin respuesta.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

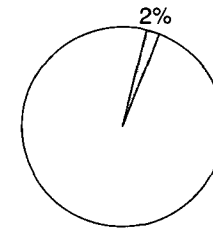
- 1.1 ¿Por qué algunas normas de seguridad e higiene se citan con más frecuencia que otras?
- 1.2 ¿Qué más, aparte de la frecuencia con la que se citan, necesita saber un gerente de seguridad e higiene sobre las normas de seguridad y salud?
- 1.3 ¿Deben los gerentes de seguridad y salud tratar de eliminar todos los riesgos del trabajo? ¿Por qué?
- 1.4 Identifique tres categorías de riesgo en relación con su factibilidad de corregir.
- 1.5 Describa por lo menos dos inconvenientes de reaccionar exageradamente a los riesgos menores en el trabajo.
- 1.6 ¿En qué difiere un riesgo de seguridad de uno de higiene?
- 1.7 Mencione tres riesgos de seguridad y tres de higiene.
- 1.8 Cite algunos productos químicos peligrosos tanto para la seguridad como para la higiene.
- 1.9 Mencione algunos agentes físicos que pueden ser peligrosos tanto para la seguridad como para la higiene.
- 1.10 ¿Por qué el higienista industrial necesita más instrumentos científicos para evaluar los riesgos que el especialista en seguridad?
- 1.11 ¿Qué riesgos parecen más graves: los de seguridad o los de higiene?
- 1.12 ¿Qué aspectos del trabajo del gerente de seguridad e higiene están relacionados con el departamento de personal?
- 1.13 ¿Qué inconveniente tiene ubicar al gerente de seguridad e higiene en el departamento de personal?
- 1.14 ¿Qué inconveniente presenta colocar al gerente de seguridad e higiene en el departamento legal de la empresa?
- 1.15 Compare la misión de la OSHA y de la CPSC.
- 1.16 ¿Qué organización de seguridad nacional no gubernamental está reconocida oficialmente por una ley del Congreso de los Estados Unidos?
- 1.17 ¿Qué significa ANSI, y qué relación tiene con el ramo de la seguridad y la salud?
- 1.18 Compare la misión de la OSHA y de la EPA. ¿Por qué razón la misma persona de una planta industrial dada podría ser responsable de tratar con ambas dependencias?
- 1.19 ¿Cuál es la línea telefónica directa del gobierno federal para información técnica sobre seguridad y salud? ¿Qué oficina contesta en ese número?
- 1.20 ¿Qué ocurrió en 1970 que hizo que aumentase la autoridad del director de seguridad en la empresa industrial típica?
- 1.21 Compare las actitudes antes y después de la aparición de la OSHA en relación con la salud en el trabajo y con el trabajo de la enfermera de la planta.

## EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 1.22 Busque en Internet las páginas del Consejo Nacional de Seguridad (*National Safety Council*), la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Seguridad (*American Society of Safety Engineers*) y la Asociación Estadounidense de Higiene Industrial (*American Industrial Hygiene Association*). ¿Qué recursos puede encontrar el gerente de seguridad e higiene en estos sitios de la web?
- 1.23 Navegue por Internet para aprender los requisitos actuales para certificarse como CSP y como CIH.
- 1.24 Encuentre las páginas de varios CIH. Revise si hay ofertas de trabajo en Internet para CIH.
- 1.25 Encuentre las páginas de varios CSP. Revise si hay ofertas de trabajo en Internet para CSP.
- 1.26 Investigue y determine el porcentaje de CSP, que trabajan en diversas industrias. ¿Qué porcentaje son asesores? ¿Qué porcentaje empleados del gobierno? ¿Qué porcentaje labora en compañías de seguros?

## C A P Í T U L O 2

# Desempeño de la función de seguridad e higiene



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

La función de seguridad e higiene tiene características tanto de función en línea como de asesoría, y el gerente de seguridad e higiene necesita reconocer qué parte corresponde a cada categoría. El logro material de tener seguridad e higiene en el trabajo es una función de línea. Por ejemplo, los métodos de trabajo del operador son responsabilidad del trabajador mismo, dirigido por su supervisor de línea. En industrias en las que el departamento de mantenimiento se considera otra función de línea, la corrección de problemas en las instalaciones es también responsabilidad directa de los operadores de mantenimiento y sus supervisores de línea. El gerente de seguridad e higiene desempeña una función de asesoría en tanto que actúa como “facilitador” que ayuda, motiva y aconseja a la función de línea en aras de la seguridad y la higiene del trabajador.

El grado de interés del personal de línea por recibir esta asesoría y ayuda del gerente de seguridad e higiene dependerá de la importancia que el objetivo de la seguridad y la higiene tenga para la alta dirección. El gerente de seguridad e higiene de éxito estará consciente de la necesidad del apoyo de la alta dirección, cuyo respeto y aprobación se ganará con decisiones y acciones responsables. Un ingrediente indispensable de estas decisiones y acciones es el reconocimiento de un principio importante, enunciado en el capítulo 1, a saber, que el objetivo no es eliminar todos los riesgos, sino los irrazonables. El respeto y la aprobación de la alta dirección son difíciles de obtener porque muchas veces los gerentes de seguridad e higiene defienden tanto su causa que pierden la credibilidad, junto con la posibilidad de ser considerados “gerentes”. Por otro lado, las leyes federales han añadido cierta dosis de urgencia y credibilidad a los esfuerzos por hacer las industrias seguras y saludables, y esto ha reforzado en buena medida la posición de los gerentes de seguridad e higiene en la jerarquía administrativa.

Se pueden encontrar similitudes entre la función de seguridad y otras funciones de asesoría, como el control de la calidad y el de la producción. Al igual que la seguridad y la higiene, el personal de línea debe alcanzar los objetivos de calidad y producción con el auxilio de la función de asesoría.



Este principio se refleja en frases hechas como “no es posible inspeccionar la calidad dentro de un producto” y “la seguridad es asunto de todos”.

Una vez obtenida la aprobación de la alta dirección, es aconsejable que el gerente de seguridad e higiene la documente con una declaración de la política de seguridad e higiene por escrito, emitida por la alta dirección misma. Esta política por escrito se convertirá en la autoridad documentada para el personal de línea, en el sentido de que la alta dirección tiene objetivos de seguridad e higiene y desea que se cumplan. Entonces, las acciones diarias de la administración reforzarán la política escrita, como vimos en el capítulo 1. Sin embargo, si la alta dirección no hace lo que predica en su declaración, es deber del gerente de seguridad e higiene regresar a la dirección y volver a definir su compromiso con la materia.

Luego de establecer de palabra y por escrito el compromiso de la dirección con la seguridad y la higiene, el gerente responsable está listo para proceder con la función de asesoría y facilitación del programa de seguridad e higiene en toda la planta. El personal de operación tendrá necesidades que el gerente puede satisfacer. Para hacer conscientes a los trabajadores de los riesgos, los supervisores y los trabajadores mismos requieren de capacitación periódica en el reconocimiento y la corrección de situaciones riesgosas. Para mantener informado al personal de operación y a la dirección de lo bien que la compañía y sus departamentos están cumpliendo las metas de seguridad e higiene, hacen falta estadísticas y registros de accidentes. A veces, el gerente de seguridad e higiene está en posición de fomentar en toda la planta la seguridad e higiene del trabajador mediante concursos y premios por desempeño sin accidentes. Por último, cada vez es más importante la función de este gerente para interpretar las normas de seguridad e higiene y ayudar al personal de operación a cumplirlas. En lo que resta del capítulo enumeraremos las funciones de personal de la oficina del gerente de seguridad, y daremos los lineamientos para el desempeño de cada una.

## COMPENSACIÓN A LOS TRABAJADORES

Las leyes de compensación a los trabajadores (conocidas originalmente como leyes de compensación a los obreros) dieron su estructura inicial a la seguridad industrial. Las primeras leyes de este tipo se promulgaron en legislaturas estatales en 1909, y ahora todos los estados cuentan con leyes similares. Invariablemente, es tarea del gerente de seguridad e higiene implantar el sistema de compensación a los trabajadores de la planta, de modo que aquí la analizaremos como la primera función de asesoría.

La legislación de compensación tiene el ostensible propósito de proteger al trabajador mediante niveles obligatorios de compensación que debe pagar el patrono por diversas lesiones en las que pudiese incurrir el trabajador. No obstante, hay una característica que hace que los sindicatos estén insatisfechos con el sistema de compensación: la inmunidad a cualquier responsabilidad adicional a la que el sistema garantiza al patrono, excepto en aquellos casos en los que se pueda comprobar “gran negligencia”.

La tabla 2.1 ofrece una lista de los niveles de compensación establecidos por la ley para varias clases de lesiones permanentes. A casi todos les parecen niveles demasiado bajos para compensar una lesión permanente. La evolución histórica de los montos es lenta, y puede observarse que con los años ha aumentado la sensibilidad del público a las lesiones laborales, que ha desembocado en protestas que exigen la reforma del sistema. Del otro lado está la posición de la dirección, según la cual no es posible que la industria compense siempre por completo y en moneda todo lo que puede suceder a los trabajadores en el desempeño de sus labores. Dado que en ninguna línea de trabajo se eluden

todos los riesgos, la posición general de la dirección es que, en consideración a los sueldos y salarios que reciben los trabajadores, parte del riesgo normal de lesiones debe ser asumido por el trabajador.

**TABLA 2.1** Ejemplo de niveles obligatorios de compensación por lesiones permanentes (Compensación a 66-2/3% de la paga semanal promedio)

<i>Lesión permanente</i>	<i>Nivel de compensación* (semanas)</i>
Brazo amputado	
Codo o por encima	210
Debajo del codo	158
Pierna amputada	
Rodilla o por encima	184
Debajo de la rodilla	131
Mano amputada	158
Pulgar amputado	63
Dedo(s) amputados	
Primero	37
Segundo	32
Tercero	21
Cuarto	16
Pie amputado	131
Dedos del pie amputados	
Dedo gordo	32
Otros dedos, por dedo	11
Pérdida de la vista en un ojo	105
Pérdida del oído de un lado	42
Pérdida del oído en ambos lados	158
Pérdida de un testículo	53
Pérdida de ambos testículos	158

\*Estos niveles de compensación se añaden a cualquier compensación pagada durante el periodo de convalecencia. Los niveles de compensación de la muestra se obtuvieron de los niveles de compensación a trabajadores de Arkansas, y sólo sirven como guía aproximada. Hay excepciones y casos especiales, y las tablas difieren ligeramente de estado a estado. Fuente: Arkansas Workers' Compensation Commission (ref. 3).

Por lo regular, la empresa no hace los pagos de compensación a los trabajadores directamente, sino que adquiere un seguro contra demandas por compensación. La compañía de seguros está muy interesada en la seguridad y la salud en la planta, y esto da un mayor impulso a los programas relativos. El historial en accidentes de la empresa se refleja en los niveles de las primas del seguro, que se ajustan hacia arriba o hacia abajo de acuerdo con el historial de seguridad de la planta. La industria de los seguros aplica una “calificación por historial”, expresada como una fracción decimal, que multiplica la prima normal. La calificación por historial se basa en un promedio de tres años de experiencia real de la empresa, y puede ser menor o mayor a 1.00. Una calificación por historial de 1.00 no representaría ninguna modificación y se aplica a la empresa que para la compañía de seguros tiene un riesgo promedio. Una empresa grande, con una calificación por historial de quizás 0.80, puede ahorrarse miles de dólares anuales en primas de seguro por compensación a los trabajadores. Incluso en el primer año de cobertura de un seguro de compensación a los trabajadores, las empresas se benefician de un buen programa de seguridad e higiene, porque la suscripción de la póliza depende de los datos de pérdidas anteriores y de una evaluación inicial de los riesgos de la empresa antes de estable-

cer la prima anual inicial. Una compañía de seguros eficiente hará inspecciones periódicas de las instalaciones para cerciorarse de que éstas y las medidas son seguras. Se trata, pues, de un estímulo monetario, directo y medible, en favor del programa de seguridad.

Algunas empresas eligen autoasegurarse contra demandas de compensación a los trabajadores. Puede que esto tenga sentido económico si se compara el historial en demandas con el nivel de las primas. Pero, a fin de tomar una decisión racional, deben considerarse también las ventajas intangibles que ofrece la empresa de seguros. Además de las inspecciones periódicas mencionadas, estas compañías son una valiosa fuente de consejos técnicos para sus clientes. Muchas compañías de seguros brindan películas de capacitación y otros apoyos útiles para el programa de seguridad e higiene. Las compañías tienen incluso centros de investigación cuyo propósito es reducir las demandas de compensación mediante el estudio de riesgos como trauma acumulado, dolor en la parte baja de la espalda, biomecánica, acústica y fisiología del trabajo (ref. 87). Si el gerente de seguridad e higiene no está recibiendo estas prestaciones y servicios de la compañía de seguros, debería solicitarlos y quizás también, cuando llegue el momento de renovar la póliza, considerar otros proveedores.

La cantidad de empresas que han elegido autoasegurarse ha hecho surgir una nueva clase de asesor, conocido como *representante de control de pérdidas*, cuya meta es mantener las demandas de compensación en un nivel reducido mediante la prestación de los servicios que normalmente proporciona la aseguradora. Una parte significativa de este servicio consiste en mantener buenas relaciones con los empleados que presentan demandas, lo que manifiesta interés en el bienestar y estímulo para el demandante honesto y, al mismo tiempo, sirve para revelar pruebas de demandas fraudulentas de trabajadores deshonestos que están fingiendo o que, aunque sufrieron una lesión, ésta ocurrió fuera del trabajo.

Casi a comienzos del siglo XXI, hay pruebas de que los programas estatales de compensación laboral están en el umbral de un cambio significativo. Hacia el final del siglo XX, además de la insatisfacción de los trabajadores con el sistema, está la alarma de la dirección por la rapidez con que aumenta el costo de las primas de seguros por compensación a los trabajadores. Los montos históricos de las primas de compensación a los trabajadores oscilaban, cerca del fin del siglo, alrededor de cuatro o cinco por ciento de la nómina. Las cifras más recientes son mucho más elevadas, y en algunas ramas industriales alcanzan de 20 a 30 por ciento de la nómina. Estos costos tan elevados están dirigiendo la atención a la importancia de la seguridad y la salud en el balance general de las industrias, en particular en las de manufactura. Al mismo tiempo, los gobiernos tratan de encontrar formas de reducir estas primas mientras aumentan la protección laboral contra lesiones y enfermedades.

Las diversas reformas estatales de la compensación a los trabajadores se dividen básicamente en tres categorías:

1. Programas de cuidado administrados.
2. Reducción de demandas falsas.
3. Prevención de lesiones y enfermedades.

La idea del “cuidado administrado” es reducir el costo de las demandas mediante una supervisión minuciosa de cada una, con el objetivo de reintegrar al trabajador a su puesto tan pronto como sea práctico. El objetivo de la segunda estrategia es detectar los intentos de los trabajadores de sacar

ventaja del sistema, fingiendo o culpando a sus patronos por heridas o enfermedades que en realidad ocurrieron fuera del trabajo. Como hemos dicho, ahora estas actividades las llevan a cabo los representantes de control de pérdidas de las compañías de seguros.

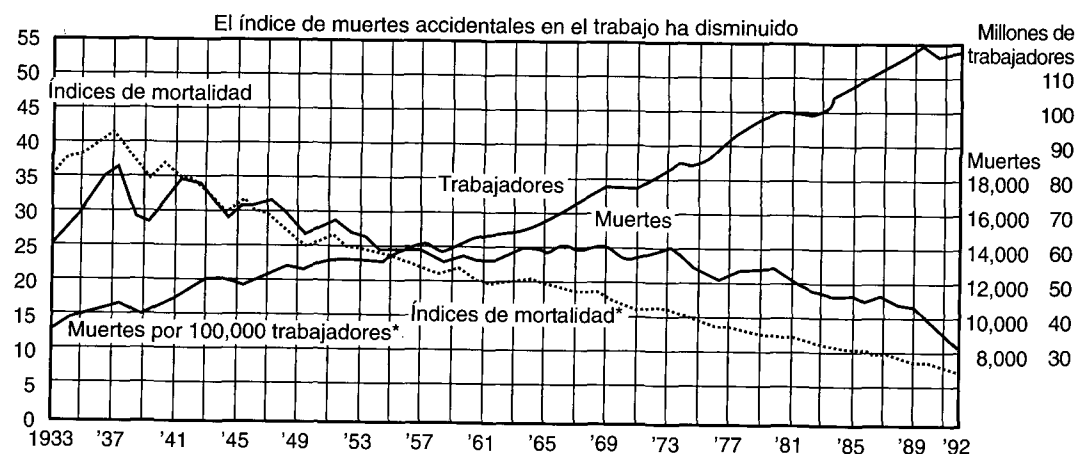
La tercera estrategia, la prevención, constituye el cambio más radical en el concepto de los programas de compensación. El propósito original de éstos, entregar una compensación económica a los empleados lesionados, se ha extendido a fin de incluir una reglamentación y una obligación de cumplimiento general de la seguridad y la salud en el trabajo. El ajuste por historial para las primas de compensación a los trabajadores (que ya explicamos en esta misma sección) está siendo remplazado por incentivos más poderosos para los patronos, los cuales incluyen inspecciones obligatorias y el establecimiento de programas de mejora de la seguridad. Dado que este procedimiento corresponde más a la obligación de cumplimiento y a la reglamentación, veremos más adelante, en el capítulo 4, las nuevas tendencias de la compensación a los trabajadores.

## REGISTROS

Las formas, los informes y los registros no son la parte menor del trabajo del gerente de seguridad e higiene. De acuerdo con el Consejo de Seguridad Nacional, “llenar apenas una hoja de datos de la OSHA le toma a los gerentes de seguridad en los Estados Unidos un tiempo acumulado de 54 millones de horas al año. Y se trata sólo de uno de docenas de formularios de los que [el gerente de seguridad] es responsable” (ref. 102). Además, el gerente de seguridad debe mantenerse al tanto de los últimos avances, incluyendo los cambios a las reglas y los procedimientos. El dispositivo de notificación público oficial del gobierno federal es el *Federal Register*, publicado diariamente por la Oficina de Impresiones del Gobierno de los Estados Unidos. Tan sólo en este documento, el gobierno imprime aproximadamente 70 000 páginas al año (ref. 102).

El Consejo de Seguridad Nacional estableció el primer sistema nacional de registros de seguridad industrial, que luego el Instituto Estadounidense de Normas estandarizó y designó como sistema Z16.1. En los años setenta, la OSHA exigió registros obligatorios muy similares al sistema Z16.1, que era voluntario. Sin embargo, había algunas diferencias que imposibilitaban año con año la comparación de los registros de seguridad y de salud, si un año está basado en registros Z16.1 tradicionales y el otro en el sistema federal. Esto es bastante desafortunado, ya que confunde los intentos de determinar, a partir de registros estadísticos, si la oficina federal ha tenido algún efecto benéfico en la seguridad y la salud de los trabajadores. Ciertas industrias y categorías de riesgo, como los derrumbes en excavaciones y en zanjas de construcciones, han mostrado mejoras evidentes desde la aparición de la OSHA, pero otros logros han quedado oscurecidos por el cambio en el sistema de registros estadísticos. Otras variaciones en las condiciones, como los niveles de empleo y los ciclos de recesión, también han puesto de su parte para hacer vagas las comparaciones estadísticas. En el capítulo 4 examinaremos estudios estadísticos recientes sobre este tema, en la sección titulada “Conmoción pública”.

El registro de decesos de trabajadores es más sólido que el de lesiones y enfermedades; por lo tanto, cabe emplear las estadísticas de decesos para observar las tendencias anteriores y posteriores a la reglamentación federal. La figura 2.1 muestra que se reduce la tendencia a largo plazo de los decesos industriales. Observe el escaso efecto visible que la puesta en vigor de la ley de la OSHA al principio de los setenta ha tenido sobre esta tendencia si se consideran juntas todas las ramas industriales.



**Figura 2-1** Tendencias en trabajadores, muertes e índices de mortalidad, 1933-1992. (Fuente: Consejo de Seguridad Nacional, *Accident Facts, 1993 Edition*, Chicago, NSC; utilizado con permiso.)

### Índices tradicionales

La *frecuencia* y la *gravedad* son medidas estadísticas ya conocidas, definidas por el antiguo sistema Z16.1. La frecuencia medía el número de casos por la cantidad definida de horas de trabajo, y la gravedad medía el impacto total de estos casos en términos de “días de trabajo perdidos” por una cantidad definida de horas de trabajo.

Algunas lesiones, como las amputaciones, son bastante graves pero pueden dar como resultado pocos días, o ninguno, de trabajo perdidos. En tales casos, para evitar una distorsión en los índices de gravedad, se establecieron arbitrariamente cargos definidos de días de trabajo perdidos para lesiones permanentes como amputaciones o pérdida de la vista. La necesidad más importante de cargos de gravedad arbitrarios era para los decesos, porque si se piensa, un deceso, en sentido literal, no es realmente un caso de días de trabajo perdido; tampoco es una incapacidad total y permanente, pues el trabajador no vuelve nunca al empleo.

Otro término obsoleto es *seriedad*, la razón entre gravedad y frecuencia, que daba una medida de la importancia relativa promedio de las lesiones y enfermedades sin considerar las horas de trabajo durante el periodo en estudio.

### Tasas de incidencia

El sistema actual de registro es una ampliación del viejo sistema Z16.1. La tasa total de incidencia de lesiones y enfermedades incluye todas las lesiones o enfermedades que requieren de tratamiento médico, más los decesos. Compárela con el tradicional *índice de frecuencia*, que incluía sólo los casos en los cuales el trabajador perdía por lo menos un día de trabajo.<sup>1</sup> El *tratamiento médico* no incluye primeros auxilios, medicina preventiva (como la vacuna contra el tétanos) o procedimientos de diagnóstico médico con resultados negativos. Los *primeros auxilios* se describen como “un tratamiento único y la observación subsecuente de arañazos, cortadas, quemaduras, ampollas y demás, todos menores, que por

<sup>1</sup> El sistema ANSI Z16.1 denominaba tales casos de pérdida de días de trabajo como “lesiones incapacitantes”, fuera la incapacidad temporal o permanente.

lo común no requieren de cuidados médicos” y no se consideran como tratamiento médico, incluso si son administrados por un médico o por personal profesional registrado. Independientemente del tratamiento, si una lesión causa la pérdida de la conciencia, restricciones para el trabajo o el movimiento o bien la transferencia a otro puesto, la lesión debe ser registrada. Indudablemente, las dependencias de reglamentación, mediante sus criterios de registro, no pretenden desalentar el tratamiento médico de lesiones que deberían recibir atención, así que el Departamento Estadounidense de Estadísticas Laborales (ref. 129) ha hecho una lista de muestra de clases de tratamiento médico, como se observa en el apéndice B. Casi siempre se considera sujeta a registro cualquier lesión que reciba uno o más de estos tratamientos o que debería haberlos recibido. El apéndice C da ejemplos de primeros auxilios brindados por lesiones que normalmente no son de registro, a menos que califiquen para ello por otra razón, como por ejemplo la pérdida de la conciencia o la transferencia a otro puesto.

Para calcular la tasa de incidencia, se divide la cantidad de lesiones entre las horas trabajadas durante el periodo que cubre el estudio; después, para hacer la tasa más comprensible, se multiplica por un factor determinado. En concreto,

$$\text{Tasa total de lesiones/enfermedad incidentes} = \frac{\text{Cantidad de lesiones y enfermedades incluyendo decesos} \times 200,000}{\text{Total de horas trabajadas por todos los empleados durante el periodo cubierto}} \quad (2.1)$$

Sin el factor de 200 000, la tasa de incidencia sería sin duda una fracción muy pequeña, como debería de ser. Uno debe esperar una cantidad muy pequeña de lesiones y enfermedades que registrar por cada hora de trabajo. La elección del factor 200,000 no es totalmente arbitraria. Un trabajador de tiempo completo trabaja alrededor de 50 semanas de 40 horas al año; por lo tanto, la cantidad de horas trabajadas por año por trabajador es aproximadamente

$$40 \text{ horas/semana} \times 50 \text{ semanas/año} = 2\,000 \text{ horas/año}$$

Así que 200,000 horas representan la cantidad de horas de trabajo de 100 trabajadores en un año:

$$100 \text{ trabajadores} \times 2\,000 \text{ (horas/año/trabajador)} = 200,000 \text{ horas/año}$$

Así, la tasa total de incidencia de lesiones y enfermedades representa el número de lesiones esperado en una empresa de 100 empleados en un año completo, si las lesiones y enfermedades durante el año tienen la misma frecuencia que la observada durante el periodo de estudio. Observe en la ecuación (2.1) que el periodo real de acopio de los datos de la tasa de incidencia no tiene que ser de un año o ningún otro lapso específico. Sin embargo, se necesita un periodo bastante largo para llegar a una cifra representativa de casos, especialmente cuando la incidencia es baja. El periodo típico de recopilación de datos es de un año.

A veces, el gerente de seguridad e higiene querrá relacionar las tasas de lesiones y enfermedades actuales con el índice de frecuencia tradicional. El viejo índice de frecuencia utilizaba un factor de 1'000,000 horas, en vez de 200,000. Por lo tanto, las tasas estaban estandarizadas en “millón de horas-hombre”, como se les llamaba en esos tiempos. Observe que dicho factor se relacionaba con un año fijo para un empresa de 500 empleados, no de 100. Así, los viejos índices de frecuencia deberían ser más altos que las actuales tasas totales de incidencia de lesiones y enfermedades, pero por lo general no lo son, porque se debe recordar que la tasa actual comprende todos los casos que incluyen tratamiento médico, no sólo los casos de pérdida de días de trabajo. Además, ahora también se cuentan los días que el trabajador está en su puesto pero es incapaz de desempeñar su trabajo normal debido a una lesión o enfermedad; se conocen como días de *actividad restringida de trabajo* y pueden sumarse a los días de trabajo perdidos o bien considerarse por separado, dependiendo de la forma

estadística que se desee. A menos que se diga lo contrario, la interpretación actual de los *días de trabajo perdidos* incluye los días de actividad de trabajo restringida así como los días de ausencia.

La expresión *tasa de incidencia* es en realidad un término general que, además de la tasa total de incidencia de lesiones y enfermedades, comprende lo siguiente:

1. Tasa de incidencia de lesiones
2. Tasa de incidencia de enfermedad
3. Tasa de incidencia de muertes
4. Tasa de incidencia de casos de días de trabajo perdidos (TICDTP)
5. Tasa de cantidad de días de trabajo perdidos
6. Tasa de incidencia de un riesgo específico

Todas las tasas anteriores utilizan el factor 200,000. Observe la diferencia entre las tasas 4 y 5 de la lista. La tasa 4 cuenta los *casos* en los que se perdieron uno o más días de trabajo o en los cuales el trabajador fue transferido a otro puesto. La tasa 5 suma la *cantidad* total de días de trabajo perdidos o en los cuales el trabajador fue transferido a otro puesto.

Al sumar el número de días de trabajo perdidos, la fecha de la lesión o del comienzo de la enfermedad no debe ser tomada en cuenta, aunque el empleado pueda dejar el trabajo durante la mayor parte del día. Por lo tanto, si el empleado regresa a su trabajo *regular* y es capaz de desempeñar todos los deberes normales a tiempo completo el día posterior a la lesión o enfermedad, no se cuenta ningún día de trabajo perdido. También, cuando se suman los días de trabajo perdidos, no se deben considerar los fines de semana o días libres, si el trabajador de cualquier modo no los hubiera trabajado. La tasa de días de trabajo perdidos es comparable al viejo índice de gravedad, excepto porque no se hace ningún cambio arbitrario por incapacidades parciales permanentes y que se multiplica por el factor 200,000.

La tasa de incidencia de los riesgos específicos es útil para observar sólo una pequeña parte de todos los riesgos. Para riesgos particulares, se calcula la incidencia de lesiones, la incidencia de enfermedades, la incidencia de muertes y todas las otras tasas. Se debe tener cuidado en la selección del total de horas trabajadas correspondientes que se van a utilizar como denominador al calcular las tasas de incidencia de determinados riesgos. Dado que los riesgos específicos son más limitados y hay menos trabajadores expuestos, deberían recabarse a lo largo de varios años para conseguir resultados significativos en cuanto al rubro.

La tasa de incidencia más conocida es la *tasa de incidencia de casos de días de trabajo perdidos*, conocida comúnmente como TICDTP. Una característica algo sorprendente de la TICDTP es que sólo considera lesiones, no enfermedades. Las enfermedades son más difíciles de seguir que las lesiones, porque a menudo hay demoras en su diagnóstico y es más laborioso demostrar la relación con el trabajo de las exposiciones crónicas, que pueden tener una diversidad de causas concurrentes. Debido a que la TICDTP está basada en pruebas claras, se considera como una medida más precisa y sólida de la eficacia del programa general de seguridad e higiene de la empresa. También, y quizás por las mismas razones, la TICDTP no considera todas las lesiones, sino solamente las de tiempo perdido. Con todo, recuerde que los casos de actividad restringida de trabajo se toman como casos de tiempo perdido. Por último, la TICDTP no incluye los decesos, ya sean por enfermedad o por lesión. Las muertes deben considerarse siempre un suceso raro de gran importancia, y como tal, no debe promediarse entre las estadísticas de lesiones más comunes en las cuales se basa la TICDTP.

La importancia de la TICDTP viene de mucho tiempo atrás, debido a que alguna vez fue utilizada por la OSHA como criterio para determinar si debía o no llevar a cabo una inspección general en un

establecimiento seleccionado en forma aleatoria. Ahora, la TICDTP se aplica a ramas industriales completas, al designarse con el número de cuatro dígitos de la Clasificación Industrial de Normas (*Standard Industrial Classification, SIC*), en vez de a empresas aisladas. Así, si se identifica que la SIC de una rama industrial tiene una TICDTP mayor que el promedio nacional de todas las ramas industriales, se considera que toda esa rama industrial requiere una inspección prioritaria. Sin embargo, determinar que de hecho una empresa en particular reciba una inspección, depende de varios factores adicionales, como son en qué región y área de la OSHA se localiza, qué recursos de inspección disponibles hay en esa región o área, qué tan recientemente ha recibido una inspección, cuántas solicitudes de gran prioridad (como investigaciones de accidentes mayores o quejas de empleados) surgen en esa región o área, y la cantidad de recursos ya comprometidos a las áreas de vigilancia especial, como la construcción. En el capítulo 4 examinaremos con más detalle las prioridades de inspección de la OSHA.

Cada año, el Consejo de Seguridad Nacional reúne estadísticas de incidencia a partir de encuestas entre sus empresas miembros y las publica en *Accident Facts* (ref. 1). Ya que las encuestas son voluntarias, no se puede confiar en que representen a todas las empresas del consejo, o a la población general de industrias de todo el país. Sin embargo, los informes del NSC se utilizan frecuentemente como de referencia. La figura 2.2 es una reproducción del informe NSC de 1992 (ref. 1).

## Formularios de registro

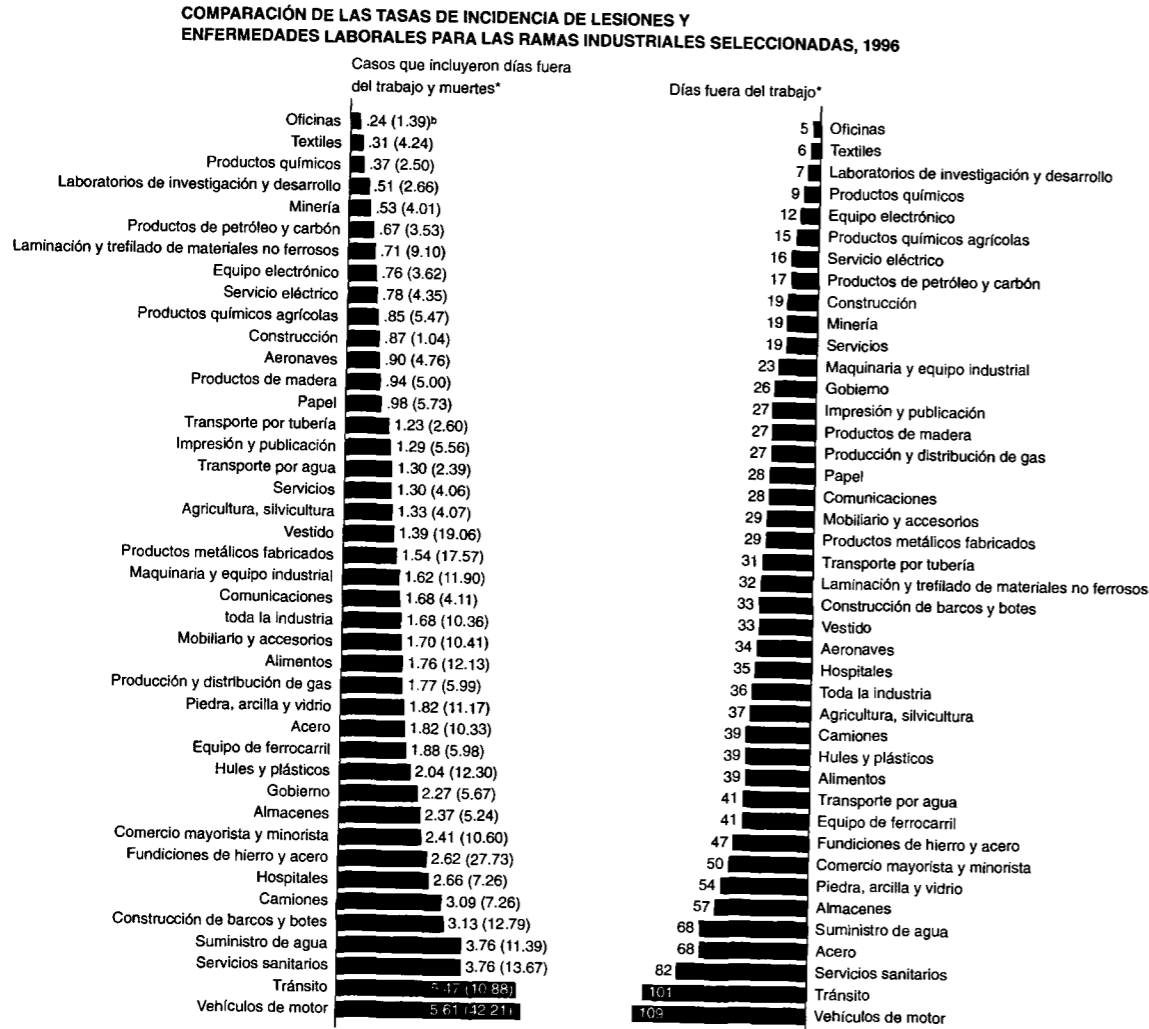
Se ha estandarizado el formato para llevar registros de lesiones y enfermedades. El formulario básico es la *Bitácora de lesiones y enfermedades laborales*, que se muestra en la figura 2.3a. La mitad derecha del formulario se utiliza como un resumen que cada año se divulga mediante carteles, de modo que los empleados puedan ver qué lesiones y enfermedades se registraron en ese lapso. Es obligatorio colocar los carteles del resumen el primero de febrero de cada año en un sitio destacado del lugar de trabajo y dejarlo allí durante 30 días. Es responsabilidad del patrono anotar los datos correctamente en la bitácora y el resumen. Es obligatorio conservar los registros generales durante cinco años por lo menos.

La persona responsable de llenar la bitácora y el resumen tal vez requiera de cierta guía para distinguir entre lesiones y enfermedades laborales. Los ejemplos de lesiones laborales incluyen desgarres, fracturas, dislocaciones y amputaciones resultantes de un accidente en el trabajo o de una exposición que implique un solo incidente en el entorno laboral. Las mordeduras de animales, como de insecto o serpiente, se consideran lesiones. Incluso la exposición a productos químicos se puede considerar una lesión, si es resultado de una única exposición.

Las enfermedades son cualquier estado anormal o trastorno, no clasificado como lesión, causado por exposición a factores ambientales relacionados con el empleo. Por lo general, las enfermedades están asociadas a exposiciones crónicas, pero algunas exposiciones agudas pueden ser consideradas enfermedades, si son resultado de más de un solo incidente o accidente. En la bitácora y el resumen se requiere de una clasificación más detallada de enfermedades que de lesiones, como se aprecia en la columna 7 de la figura 2.3b. En el apéndice D se encuentra una guía para clasificar las enfermedades de acuerdo con las subcategorías de la columna 7.

Además de la bitácora y el resumen, hay un *Registro complementario de lesiones y enfermedades laborales* (véase la figura 2.4). Cada página del registro complementario corresponde a las anotaciones de un solo renglón de la bitácora.

Para ilustrar el cálculo de las diferentes tasas de incidencia y demostrar el uso de los formularios estandarizados, analicemos el de caso 2.1.



Fuente: Basado en informes de los miembros del Consejo de Seguridad Nacional participantes en el programa del Premio de Salud y Seguridad Laboral. Estas tasas no deben interpretarse como representativas de las ramas industriales de la lista o de las empresas miembros del consejo. Los datos fueron compilados de acuerdo con las definiciones de registro de la OSHA.  
 a. Tasas de incidencia por 100 empleados de tiempo completo utilizando como equivalente 200 000 horas empleado.  
 b. Las tasas entre paréntesis son casos totales.

**Figura 2-2** Comparación de las tasas de incidencia de varias ramas industriales de acuerdo con el código de la Clasificación Industrial de Normas (SIC). (Fuente: Consejo de Seguridad Nacional, Accident Facts, 1993 Edition, Chicago, NSC; utilizado con autorización.)

### Oficina de estadísticas laborales Bitácora y resumen de lesiones y enfermedades laborales

**NOTA:** Este formulario es requerido por la Ley Pública 91-596 y debe conservarse en el establecimiento durante cinco años. No conservarlo y no divulgarlo mediante tarjetas puede originar la extensión de un castigo y la evaluación de multas (véase los requisitos de divulgación en el otro lado del formulario).

**CASOS REGISTRABLES:** Se le requiere que registre información sobre todas las muertes laborales, toda enfermedad laboral no mortal y todas aquellas lesiones laborales no mortales que incluyan uno o más de los siguientes: pérdida de la conciencia, restricción al trabajo o al movimiento, transferencia a otro puesto, o tratamiento médico (además de los primeros auxilios) (véase las definiciones en el otro lado del formulario).

Número de caso o expediente	Fecha de la lesión o del comienzo de la enfermedad	Nombre del empleado	Ocupación	Departamento	Descripción de la lesión o enfermedad
Anote un número no duplicado que facilitará las comparaciones con los registros complementarios	Anote mes y día	Anote el primer nombre o inicial, la inicial intermedia, apellido.	Anote el nombre común del puesto, no la actividad que el empleado desempeñaba cuando se lesionó o cuando comenzó la enfermedad. En ausencia de un título formal, anote una breve descripción de los deberes del empleado.	Anote el departamento en el cual el empleado está normalmente contratado o una descripción del lugar normal de trabajo al que el empleado está asignado, aunque haya estado trabajando temporalmente en otro departamento en el momento de la lesión o enfermedad.	Anote una breve descripción de la lesión o la enfermedad e indique la parte o partes del cuerpo afectadas.  Las anotaciones comunes de esta columna serían: amputación de la primera articulación del índice derecho, dislocación de la espalda, dermatitis de contacto en ambas manos, electrocución en todo el cuerpo.
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
<b>TOTALES DE LA PÁGINA ANTERIOR</b> →					
<b>TOTALES (instrucciones en el otro lado del formulario)</b> →					

OSHA Núm 200

**Figura 2-3** Formulario 200 de la OSHA: Bitácora y resumen de lesiones y enfermedades laborales.

<b>Departamento del Trabajo de los Estados Unidos</b>																		
Año calendario 19__							Página__ de__											
Nombre de la empresa _____							Aprobación de forma O.M.B. Núm. 1220-0029											
Nombre del establecimiento _____																		
Dirección del establecimiento _____																		
<b>Gravedad del resultado de la lesión</b>							<b>Clase, gravedad y resultado de la enfermedad</b>											
<b>Decesos</b>			<b>Lesiones no mortales</b>				<b>Clase de enfermedad</b>											
<b>Relaciones con lesiones</b>			<b>Lesiones con días de trabajo perdidos</b>				<b>Lesiones sin días de trabajo perdidos</b>				<b>Decesos</b>		<b>Enfermedades no mortales</b>					
			<b>Relaciones con lesiones</b>		<b>Relaciones con lesiones</b>						<b>Relaciones con lesiones</b>		<b>Relaciones con lesiones</b>		<b>Relaciones con lesiones</b>		<b>Relaciones con lesiones</b>	
Anote fecha de la muerte _____			Ponga una marca si la lesión implicó días fuera del trabajo _____		Anote el número de días fuera del trabajo restringida _____		<b>marque sólo una columna por cada enfermedad (véase el otro lado del formulario para terminaciones o transferencias permanentes).</b>				Anote la fecha de la muerte _____		Ponga una marca si la enfermedad implicó días fuera del trabajo _____		Anote el número de días fuera del trabajo restringida _____		Ponga una marca si no se hicieron anotaciones en las columnas 8 o 9 _____	
Mes/día/año _____			Mes/día/año _____		Mes/día/año _____		Mes/día/año _____				Mes/día/año _____		Mes/día/año _____		Mes/día/año _____		Mes/día/año _____	
(1)			(2)		(3)		(4)				(5)		(6)		(7)		(8)	
							(a)				(b)		(c)		(d)		(e)	
							(f)				(g)							

La certificación de los totales del resumen anual la hizo \_\_\_\_\_ Puesto \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

OSHA Núm. 200 **coloque sólo esta porción de la última página EN UN CARTEL A MÁS TARDAR EL primero de febrero**

Figura 2-3 Continuación.

OSHA Núm. 101 Caso o expediente núm. _____	Aprobación de forma OMB Núm. 44R 1453
<b>Registro complementario de lesiones y enfermedades laborales</b>	
<b>EMPRESA</b>	
1. Nombre _____	
2. Dirección postal _____ (calle y núm.) (ciudad o población) (Estado)	
3. Ubicación, si es diferente a la dirección postal _____	
<b>EMPLEADO LESIONADO O ENFERMO</b>	
4. Nombre _____ Núm. de Seguro Social _____ (Primer nombre) (Segundo nombre) (Apellido)	
5. Dirección del domicilio _____ (Núm. y calle) (Ciudad o pueblo) (Estado)	
6. Edad _____	
7. Sexo: Hombre _____ Mujer _____ (Marcar uno)	
8. Ocupación _____ (Anote el nombre común del puesto, no la actividad específica que realizaba en el momento de la lesión.)	
9. Departamento _____ (Anote el nombre del departamento o división en la que la persona lesionada está regularmente contratada, aunque haya estado trabajando temporalmente en otro departamento en el momento de la lesión.)	
<b>EL ACCIDENTE O LA EXPOSICIÓN A ENFERMEDAD LABORAL</b>	
10. Lugar de la exposición al accidente _____ (calle y núm.) (Ciudad o población) (Estado)	
Si el accidente o exposición ocurrió en el local del patrono, anote la dirección de la planta o el establecimiento en que ocurrió. No incluya el departamento o división de la planta o establecimiento. Si el accidente ocurrió fuera del domicilio del patrono en una dirección identificable, anótelas. Si ocurrió en una carretera pública o en cualquier otro lugar que no puede ser identificado por número y calle, anote por favor las referencias que ubiquen el lugar donde ocurrió la lesión tan precisamente como sea posible.	
11. ¿Fue el lugar del accidente o exposición en el local del patrono? _____ (Sí o no)	
12. ¿Qué estaba haciendo el empleado cuando se lesionó? _____ (Sea específico. Si estaba utilizando herramientas o equipo o manejando material, nómbrelos y explique lo que hacía con ellos.)	
13. ¿Cómo ocurrió el accidente? _____ (Describa completamente los sucesos que dieron por resultado la lesión o la enfermedad laboral. Explique lo que sucedió y cómo sucedió. Nombre los objetos o las sustancias implicadas y explique cómo se implicaron. Dé todos los detalles de todos los factores que causaron o contribuyeron al accidente. Utilice otra hoja si necesita espacio adicional.)	
<b>LESIÓN LABORAL O ENFERMEDAD LABORAL</b>	
14. Describa la lesión o enfermedad en detalle e indique la parte del cuerpo afectada _____ (por ejemplo, amputación del dedo índice derecho en la segunda articulación, fractura de costillas, envenenamiento por plomo, dermatitis de la mano izquierda, etc.).	
15. Nombre el objeto o la sustancia que lesionó directamente al empleado (por ejemplo, la máquina u objeto con que se pegó o que le pegó, el vapor o veneno que inhaló o tragó, el químico o la radiación que irritó su piel o en el caso de dislocaciones, hernias, etc., lo que estaba levantando, jalando, etc.).	
16. Fecha de la lesión o del diagnóstico inicial de la enfermedad laboral _____	
17. ¿Murió el empleado? _____ (Sí o no)	
<b>OTROS</b>	
18. Nombre y dirección del médico _____	
19. Si fue hospitalizado, nombre y dirección del hospital _____	
Fecha del informe _____ Preparado por _____	
Puesto oficial _____	

Figura 2-4 Registro complementario de lesiones y enfermedades laborales

**CASO 2.1**

Una planta de fabricación y montaje de productos de metal da empleo a 250 trabajadores y tiene el siguiente historial en lesiones y enfermedades en el año (los trabajadores son contratados por semana normal de 40 horas):

- Expediente 1 Un trabajador se lacera la mano con desechos de la prensa; recibió primeros auxilios, sin tratamiento médico; el trabajador permanece en el trabajo.
- Expediente 2 Operador de la trituradora, que no estaba utilizando protección de la vista, incurre en lesión del ojo con una partícula voladora; requiere tratamiento médico; la lesión ocurre en martes; el empleado regresa a su trabajo normal a su hora normal el jueves.
- Expediente 3 Trabajador se “enferma” debido a los vapores nocivos de la operación de remodelado en el área de montaje. Recibe permiso de su supervisor para tomarse el resto del día libre. No acude al doctor ni a la clínica. Se reporta a su trabajo normal a tiempo al día siguiente.
- Expediente 4 El dedo anular derecho de una trabajadora se atora en una banda sin protección de la máquina de coser. En los rayos X se reveló una pequeña fractura. Se aplicó escayola. La empleada regresa a su trabajo normal a hora normal el día siguiente.
- Expediente 5 Un trabajador se disloca el tobillo en el puerto de desembarco; fue transferido a trabajo de oficina por dos semanas.
- Expediente 6 A un trabajador de mantenimiento se le enreda el dedo en una cuerda cuando se suelta; se le llevó a la clínica para rayos X. No se encontraron fracturas. No hubo tratamiento. El trabajador regresa a su trabajo normal al día siguiente.
- Expediente 7 Trabajador de mantenimiento expuesto a hiedra venenosa en el área de tanques detrás de la planta. Aparece un salpullido; se le trató con un esteroide prednisona adenocortical de patente. No se perdió tiempo.
- Expediente 8 Un trabajador pierde dos días de trabajo recuperándose de una reacción alérgica grave a picaduras de avispas ocurridas cuando limpiaba el ático de su casa. Tratamiento médico con fármacos de patente.
- Expediente 9 Electrocución mortal de un trabajador que utilizaba un taladro eléctrico manual no aislado. El taladro no tenía doble aislamiento. Fecha de la muerte: 2/1/95.
- Expediente 10 Tarima cargada cae del montacargas sobre el pie izquierdo de un trabajador. El trabajador no estaba usando zapatos con casquillo de acero. El trabajador fue examinado en la sala de urgencias del hospital y los rayos X no revelaron fracturas ni otras lesiones. El trabajador recibe hidroterapia y se va a casa. Se presenta a su trabajo normal a tiempo el siguiente día y trae los zapatos de seguridad de la compañía.
- Expediente 11 Ojo de trabajador herido por objeto extraño cuando trabajaba en el taller de mantenimiento. Se utilizó el método de irrigación para sacar el objeto, que no estaba incrustado en el ojo. El trabajador regresa a su trabajo normal.
- Expediente 12 A un trabajador de la línea de montaje se le diagnosticó el síndrome del túnel carpal (CTS) por trabajo repetitivo. Se prescribió cirugía. El trabajador falta tres semanas antes de regresar a su trabajo normal con mejoras de ingeniería en el área de trabajo.

**Análisis**

El primer paso es llenar la bitácora y el resumen de lesiones y enfermedades laborales OSHA 200, usando un renglón en la bitácora por cada expediente de incidente. La figura 2.5 muestra la bitácora completa; la explicación de cada anotación es la siguiente:

- Expediente 1 Las palabras clave son “primeros auxilios”. Este caso no es registrable.
- Expediente 2 Éste es un caso de lesión con días de trabajo perdidos. No cuente el día de la lesión (martes). No cuente el jueves tampoco, porque el trabajador volvió a trabajar a la hora normal. Sólo se perdió un día.
- Expediente 3 Este caso no es registrable. El trabajador se sintió “enfermo”, pero no hubo tratamiento médico, y aunque dejó el trabajo una tarde, la fecha del inicio no se cuenta. El trabajador se reincorporó a tiempo el día siguiente, así que no se cuenta tiempo perdido.
- Expediente 4 Ésta es una lesión registrable, ya que los rayos X revelaron una fractura, que siempre es registrable. La trabajadora volvió a su trabajo normal a la hora normal el día siguiente, así que no se perdió tiempo.
- Expediente 5 Ésta es una lesión de tiempo perdido. Aunque el empleado volvió al trabajo, fue asignado a un puesto diferente, así que la posición de la OSHA es que los días de actividad restringida cuentan como días perdidos. Registre en las columnas 2 y 5 de la bitácora.
- Expediente 6 A diferencia del expediente 4, en este caso el resultado de los rayos X fue negativo. Como no hubo fractura ni tratamiento médico, y el trabajador regresó al puesto el día siguiente a tiempo, este caso no es registrable.
- Expediente 7 La hiedra venenosa por exposición en el trabajo se clasifica como enfermedad laboral y se anota en la categoría de la columna 7a en “Enfermedades o trastornos epidérmicos laborales” (véase el apéndice D). No se perdió tiempo, así que también se pone una marca en la columna 13.
- Expediente 8 Los incidentes que ocurren fuera del trabajo no son registrables.
- Expediente 9 Ésta es una muerte a causa de lesión, así que la fecha se registra en la columna 1.
- Expediente 10 El resultado negativo de los rayos X y la hidroterapia durante la primera visita al médico se consideran primeros auxilios, no tratamiento médico (véase el apéndice C). Este caso no es registrable.
- Expediente 11 Dado que se utilizó el método de irrigación y el objeto no estaba incrustado en el ojo, esta lesión se considera un caso de primeros auxilios y por lo tanto no es registrable (véase el apéndice C).
- Expediente 12 Ya que el CTS se debe al “movimiento repetido”, se clasifica como enfermedad de la columna 7f (véase apéndice D). Es una enfermedad de pérdida de tiempo registrable. La pérdida de tiempo está en la categoría de días fuera del trabajo, así que se registra en las columnas 9, 10 y 11.

**Cálculo de las tasas de incidencia<sup>1</sup>**

TICDTP (sólo lesiones)	=	$\frac{2 \times 200,000}{250 \times 2000}$	=	0.8
Tasa de incidencia de lesiones	=	$\frac{3 \times 2000,000}{250 \times 2000}$	=	1.2
Tasa de incidencia de enfermedad	=	$\frac{2 \times 200,000}{250 \times 2000}$	=	0.8

<sup>1</sup> Nota del revisor técnico: En México se llaman ‘Índice de Frecuencia’, e ‘Índice de Gravedad’. El de frecuencia se refiere al número de accidentes incapacitantes, sin importar los días perdidos; y el de gravedad toma en cuenta los días perdidos por incapacidad.

Tasa de incidencia de muertes	=	$\frac{1 \times 200,000}{250 \times 2,000}$	=	0.4
Tasa de días perdidos	=	$\frac{26 \times 200,000}{250 \times 2,000}$	=	10.4
Tasa de incidencia de riesgos específicos (heridas de los ojos)	=	$\frac{1 \times 200,000}{250 \times 2,000}$	=	0.4

Sería conveniente cierta explicación sobre los cálculos del caso 2.1. La TICDTP se calcula de una manera prescrita que excluye todas las muertes y todas las enfermedades, sin importar si se perdió tiempo o no. Recuerde que la TICDTP es la *tasa de incidencia*, y no debe confundirse con la tasa de días de trabajo perdidos. También recuerde que la OSHA considera tanto los días fuera del trabajo cuanto los días de actividad restringida como días de trabajo perdidos. Observe que las lesiones que no causan pérdida de tiempo (columna 6 del OSHA 200) no cuentan en la TICDTP. En el cálculo de la tasa de incidencia de riesgo específico, sólo una lesión de los ojos (expediente 2) fue incluida en el cálculo. La lesión ocular del expediente 11 satisfacía la definición de primeros auxilios del apéndice C y por lo tanto, como lesión no registrable, fue excluida del cálculo.

La empresa de 250 empleados del caso 2.1 ofrece muchos datos para mostrar cálculos significativos de las diversas tasas de incidencia. Pero muchas empresas son mucho más pequeñas. En estas situaciones, es evidente que los cálculos son inapropiados. No es raro que negocios pequeños operen varios años sin una sola lesión o enfermedad. Reconociendo que el sistema general de registros de lesiones y enfermedades fue diseñado para empresas más grandes, el Congreso exentó a las empresas pequeñas, con 10 o menos empleados, de las exigencias de registro general.

El sistema general de registros actual está basado en normas federales y ha permanecido relativamente estático desde principios de los años setenta. Como ya dijimos, estos registros generales deben conservarse durante cinco años. Por otro lado, a comienzos de los ochenta se establecieron requisitos de registro especiales para químicos tóxicos, en respuesta al movimiento que se llegó a conocer como "el derecho a saber". Veremos en el capítulo 5 que los requisitos para químicos tóxicos son mucho más completos y han llevado a la aparición de sistemas de información computarizados para la seguridad y la salud. El periodo de conservación de los registros de exposición a químicos peligrosos y de los registros médicos según las normas de "el derecho a saber" es de treinta años, en lugar de cinco.

### ANÁLISIS DE LA CAUSA DE LOS ACCIDENTES

Hasta ahora, hemos revisado las funciones más visibles del trabajo del gerente de seguridad e higiene, muchas de las cuales las requiere el estado o las dependencias federales. Ahora bien, son aún más importantes para la higiene y la seguridad de los trabajadores otras funciones que no se exigen al gerente de seguridad e higiene, pero que debe cumplir. Una de estas tareas voluntarias pero importantes es el análisis exhaustivo de las causas potenciales de las lesiones y enfermedades que ya hayan ocurrido en la planta. Incluso los accidentes o incidentes que no hayan originado lesiones o enfermedades, pero que hubieran podido hacerlo, deben estudiarse para impedir que se repitan. Hay que considerar como detalle de información a cualquier suceso no deseado ni planeado para la prevención de enfermedades y lesiones futuras. El análisis de las causas de accidentes y la difusión subse-

Departamento del Trabajo de los Estados Unidos

Año calendario 19 95      Página 1 de 1

Nombre de la empresa						Aprobación de forma O.M.B. Núm. 1220-0029																					
Nombre del establecimiento																											
Dirección del establecimiento																											
Gravedad del resultado de la lesión						Clase, gravedad y resultado de la enfermedad																					
Decesos		Lesiones no mortales				Clase de enfermedad				Decesos		Enfermedades no mortales															
Relacionados con lesiones		Lesiones con días de trabajo perdidos				marque sólo una columna por cada enfermedad (véase el otro lado del formulario para terminaciones o transferencias)				Relacionados con enfermedad		Enfermedad con días de trabajo perdidos		Enfermedad sin días de trabajo perdidos													
Anote fecha de la muerte		Ponga una marca si la lesión implicó días fuera del trabajo		Anote el número de días fuera del trabajo		Ponga una marca si no se hizo una anotación en las columnas 1 ó 2 pero la lesión es registrable según la definición de arriba		Condiciones respiratorias en los pulmones				Anote la fecha de la muerte		Ponga una marca si la enfermedad implicó días fuera del trabajo		Anote el número de días fuera del trabajo		Ponga una marca si no se hicieron anotaciones en las columnas 8 ó 9									
Mes/día/año								(7)				Mes/día/año															
(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)		(7)				(8)		(9)		(10)		(11)		(12)		(13)	
LÍNEA 1:										NO REGISTRABLE																	
" 2:		✓		✓		1																					
" 3:										NO REGISTRABLE																	
" 4:																											
" 5:		✓						10																			
" 6:																											
" 7:																											
" 8:										NO REGISTRABLE																	
" 9:		2/1/95																									
" 10:										NO REGISTRABLE																	
" 11:										NO REGISTRABLE																	
" 12:														✓		✓		✓		15							
Totales:		1		2		1		1		10		1		1						1		1		15		1	

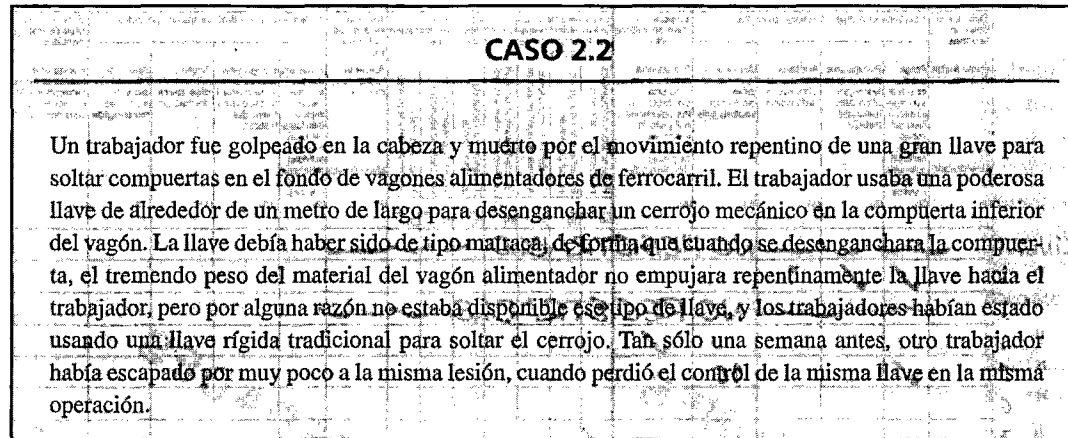
La certificación de los totales del resumen anual la hizo \_\_\_\_\_ Puesto \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Doble: OSHA Núm. 200      coloque sólo esta porción de la última página EN UN CARTEL A MÁS TARDAR EL primero de febrero

Figura 2-5 Bitácora y resumen del caso 2.1.



cuenta de esta información al personal que estará expuesto a los mismos riesgos en el futuro, es la mejor manera de prevenir lesiones y enfermedades. La bibliografía sobre lesiones laborales está llena de casos de trabajadores que murieron en situaciones que ya habían causado accidentes o lesiones a otros. Aprovecharemos el caso 2.2 para ilustrar este punto.



Algunas veces el análisis del accidente lleva a un cambio del diseño de un producto o un proceso. En otros casos, se modifican los procedimientos de trabajo para prevenir futuros incidentes o para minimizar sus efectos. Incluso cuando no es posible cambiar nada para prevenir un futuro incidente, por lo menos se puede informar a los trabajadores lo que sucedió, lo que causó el accidente, en qué condiciones puede volver a ocurrir y cómo protegerse. Informar a los trabajadores los hechos y las causas de los accidentes que ya han ocurrido a sus colegas es el único método más eficaz de capacitarlos para evitar lesiones y enfermedades. Por lo tanto, el análisis de las causas de los accidentes echa los cimientos para edificar la ingeniería de la seguridad y la salud, la planeación de inversión de capital, la capacitación, la motivación y otras funciones. Hay otras clases de análisis de accidentes: ya vimos el análisis de frecuencia estadística y más adelante examinaremos el análisis de costos; pero ningún análisis es tan importante como la determinación de las causas de accidentes que ya han sucedido y que pueden volver a ocurrir.

Con todo y su importancia, el análisis de las causas de los accidentes tiene algunas desventajas, de las que la principal es la más obvia, a saber, que se realiza después del hecho, o sea, cuando es muy tarde para prevenir las lesiones o pérdidas que produjo. Otra desventaja es que el objeto del análisis puede degenerar fácilmente en un ejercicio de culpar o identificar la responsabilidad legal. Sin olvidar estas desventajas, el análisis debe esforzarse por circunscribirse al objetivo de determinar qué procesos, procedimientos o prácticas administrativas hay que modificar para prevenir ocurrencias futuras del mismo accidente o similares.

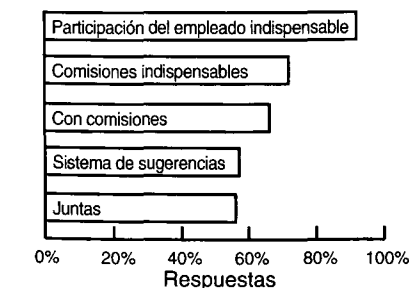
## ORGANIZACIÓN DE LAS COMISIONES

La utilidad de las comisiones de seguridad e higiene ha sido reconocida desde hace mucho tiempo. Los miembros provienen de las filas del personal de operación de la organización normal de línea. Los nombramientos son temporales, de tal forma que hay rotación entre todos los trabajadores de la empresa para que entren y salgan de la comisión con regularidad. Estos grupos hacen inspecciones a las instalaciones, evalúan las sugerencias de salud y seguridad, analizan las causas de accidentes y hacen recomendaciones.

Varias ventajas naturales de esta propuesta la hacen una estrategia fructífera. En general, el personal de operación sabe bastante más sobre sus procesos y máquinas que el gerente de seguridad e higiene. El personal de operación está en posición de ofrecer muchas ideas prácticas y valiosas, si el personal de asesoría está dispuesto a escuchar. Asimismo, los operarios aceptan con más facilidad nuevas políticas y procedimientos si se trata de propuestas de sus compañeros de operación. También está la ventaja de la exposición. Tarde o temprano, casi a todos les toca su turno en la comisión de seguridad, lo que significa que la actividad directa del programa de seguridad e higiene es producto de la participación de toda la planta. Algunos trabajadores no comprenden ni son sensibles a los riesgos de seguridad y de salud hasta que les toca su turno en la comisión. Así, indirectamente, la comisión se convierte en vehículo de capacitación en seguridad e higiene.

Los primeros años de la década de los noventa fueron una etapa de debate público general sobre si acaso las compañías debían tener comisiones de seguridad e higiene obrero patronales. En cuanto a las acciones del Congreso de los Estados Unidos, un elemento clave de la reforma de la ley era la obligatoriedad de programas de seguridad e higiene con tales comisiones de trabajadores y patronos. La idea resultó muy atractiva para los sindicatos, y, para probar la popularidad de dicha idea en todo el país, a finales de 1993 el Consejo de Seguridad Nacional realizó un estudio en el que recabó 249 respuestas de una muestra de 2 500 empresas no agrícolas. Si suponemos que estas respuestas eran representativas, el estudio reveló que un consenso general favorece tanto la participación del empleado como las comisiones de seguridad e higiene, como se confirma en la figura 2.6 (ref. 115).

A pesar de sus ventajas, hay escollos ocultos en la propuesta de las comisiones. El gerente de seguridad e higiene debe proveer recursos y orientación a la comisión, de forma que tenga las herramientas y los conocimientos necesarios para funcionar con eficacia. De lo contrario, es posible que la comisión haga sugerencias ridículas y se desilusione si la dirección no aprueba o no coopera con apoyo financiero. Además, hay que advertir a las comisiones que no esperen milagros. Es necesaria cierta orientación y capacitación para que sus miembros comprendan que el objetivo es eliminar los riesgos reconocidos e *irrazonables*, mas no todos. Por último, no se debe permitir que las comisiones se conviertan en partidas de espías dedicadas a desacreditar procesos o procedimientos de otros departamentos.



**Figura 2-6** Participación de los empleados en la seguridad y la salud. (Fuente: estudio de 1993 del National Safety Council [ref. 115].)

## ECONOMÍA DE LA SEGURIDAD Y LA SALUD

En ocasiones, los gerentes de seguridad e higiene se desaniman al descubrir que la alta dirección basa las decisiones respectivas en reflexiones monetarias. Pero la fría realidad es que el negocio está para obtener utilidades, y todo lo que hace está directa o indirectamente relacionado con consideraciones económicas. Los gerentes que sean tan ingenuos para pensar que el objetivo humanitario de la seguridad y la higiene del trabajador es más trascendente que los crudos temas de pérdidas y utilidades, deben hacerse la siguiente pregunta: ¿Qué *tanta* actividad de seguridad e higiene se justifica con un objetivo humanitario?

La prevención de lesiones y enfermedades puede formularse como un objetivo económico, formulación que tiene más sentido para la dirección que vagas aspiraciones humanitarias. Accidentes, lesiones y enfermedades tienen costos innegables, que no contribuyen en nada al valor de los productos o servicios de la empresa. Se ha estimado que sólo las lesiones laborales ascienden a un total de 115,000 millones de dólares al año (ref. 1). En muchas industrias, el costo anual de lesiones y enfermedades empuja el cuadro de las utilidades totales. Ésta es una realidad que casi cualquier alto directivo querrá considerar. Aunque es cierto que muchos de estos costos son sutiles y difíciles de calcular, su existencia no disminuye en nada por este hecho.

Una categoría obvia y directa de los costos por lesiones y enfermedades es el pago de primas de seguro por compensación al trabajador, basadas en el historial de lesiones y enfermedades de la empresa. Las empresas autoaseguradas tienen datos de demandas reales sobre los que calculan estos costos directos. Además de estas demandas están los costos médicos que pueden ser cubiertos por el seguro. Debido a que en los registros de contabilidad estos costos se identifican directamente con las enfermedades y las lesiones, a menudo se les llama “costos directos” de lesiones y enfermedades. Las primas de compensación se han elevado mucho en los últimos tiempos. Anteriormente, las primas sumaban entre el uno y el dos por ciento de la nómina total. Sin embargo, en años recientes han sido mucho mayores, como se indica en la tabla 2.2:

**Tabla 2.2** Muestra de las tasas de primas de seguros por compensación a los trabajadores

Categoría de empleo	Tasa de compensación (% de la nómina)
Tiendas departamentales	2.81
Panaderías	3.35
Talleres de ebanistería	7.30-8.46
Asilos	7.82
Fábricas de ladrillo	8.95
Carpintería (residencial ligera)	17.76
Construcción de techos	24.83

Fuente: ref. 128

A pesar de las primas considerablemente mayores, estos “costos directos” de lesiones y enfermedades han sido designados por algunos analistas como “la punta del iceberg”. Los costos intangibles de los accidentes, aunque ocultos, parecen ser mucho mayores que los llamados costos mayores. Toca al gerente de seguridad e higiene tratar de calcularlos y de mantener informada a la dirección, de forma que se puedan tomar decisiones racionales de inversión.

El Consejo de Seguridad Nacional, en su *Accident Prevention Manual for Industrial Operations*,<sup>2</sup> anota las siguientes categorías de costos ocultos de accidentes:

- Costo de los salarios pagados durante el tiempo perdido de trabajadores que no se lesionaron.** Se refiere a los empleados que dejaron de trabajar para observar o ayudar después del accidente o para hablar sobre ello, o bien que perdieron tiempo porque necesitaban utilizar el equipo dañado en el accidente, o porque necesitaban el resultado o la ayuda del trabajador lesionado.
- Costo de daños al material o equipo.** La validez de los daños a la propiedad como costo difícilmente puede ponerse en duda. A veces no hay daños a la propiedad, pero se incurre en un costo sustancial cuando se repara el material o el equipo que ha quedado descompuesto. No obstante, el cargo deberá limitarse al costo neto de reparar o volver a poner en servicio al material o el equipo dañado o descompuesto, o al valor presente del equipo menos su valor de recuperación, si está dañado sin remedio. La estimación de daños a la propiedad debe recibir la aprobación del contador de costos, sobre todo si el valor presente de la propiedad dañada utilizado en los cálculos de costos difiere del valor depreciado determinado por el departamento de contabilidad.
- Costo de los salarios pagados por tiempo perdido al trabajador lesionado,** además de los pagos de compensación. Los pagos hechos según las leyes de compensación por el tiempo perdido después del periodo de espera no están incluidos en este rubro de los costos.
- Costo adicional por trabajo en tiempo extraordinario necesario debido al accidente.** El cargo de un accidente por trabajo en tiempo extraordinario necesario debido al accidente es la diferencia entre los salarios normales y el salario por tiempo extraordinario durante el tiempo necesario para recuperar la producción perdida, y el costo de la supervisión, la calefacción, la luz, la limpieza y demás servicios adicionales.
- Costo de los sueldos pagados a supervisores por el tiempo requerido para actividades necesarias debidas al accidente.** La manera más satisfactoria de estimar este costo es sumar los sueldos pagados al supervisor por el tiempo que pasó fuera de sus actividades normales a resultas del accidente.
- Costo en salarios causado por la reducción en producción del trabajador lesionado después de su regreso al trabajo.** Si el nivel de salarios anterior del trabajador lesionado continúa, a pesar de una reducción de 40 por ciento en su producción, al accidente debe cargarse 40 por ciento de su salario durante el tiempo de producción reducida.
- Costo del periodo de aprendizaje del nuevo trabajador.** Si un trabajador sustituto, durante sus primeras dos semanas, produce sólo la mitad de lo que hubiera producido el trabajador lesionado por la misma paga, entonces la mitad de los salarios de las dos primeras semanas del nuevo trabajador deben considerarse parte del costo del accidente que obligó a su contratación. Un costo por el salario del tiempo que dedican los supervisores u otros a capacitar al nuevo trabajador también debe atribuirse al accidente.
- Costo médico no asegurado, cubierto por la empresa.** Por lo general, este costo es el de servicios médicos de la enfermería de la planta. No hay mayor dificultad en estimar un costo promedio por visita a la estación médica. Sin embargo, cabe preguntarse si este gasto debe ser considerado formalmente un costo variable; esto es, ¿una reducción de los accidentes daría por resultado menores gastos de operación en la enfermería?

<sup>2</sup> *Accident Prevention Manual for Industrial Operations: Administration and Programs* Volume, 8a. ed., Chicago, National Safety Council, 1981, págs. 214-215 (utilizado con permiso).

9. **Costo del tiempo empleado por la alta supervisión y los oficinistas** en investigaciones o en el proceso de los formularios de solicitud de compensación. El tiempo que la supervisión (además del supervisor o encargado incluido en el punto 5) y empleados de oficina dedican a investigar el accidente o a ocuparse de las demandas subsecuentes, se agrega al costo del accidente.

10. **Costos misceláneos usuales.** Esta categoría incluye costos menos típicos, cuya pertinencia debe ser demostrada a las claras por el investigador en los informes individuales de accidentes. Entre tales costos posibles están las demandas de responsabilidad a terceros, el costo de rentar equipo, la pérdida de utilidad en contratos cancelados o pedidos perdidos (si el accidente provoca reducciones netas a largo plazo de las ventas totales), la pérdida de bonificaciones de la empresa, el costo de contratar nuevos empleados (si el costo de contratación adicional es significativo), el costo de un desperdicio *excesivo* (arriba de lo normal) por parte de los nuevos empleados, y el costo de detención. Estos factores de costos y cualquier otro no mencionado tienen que estar bien justificados.

Cada empresa es diferente, y si el tiempo y los recursos de personal lo permiten, la mejor manera de estimar los costos ocultos de los accidentes es estudiar y analizar los datos de accidentes recientes en la empresa. Cuando se lleva a cabo este análisis, se debe recordar que los accidentes sin lesiones también pueden ser costosos y que en general son causados por la misma clase de condiciones y prácticas que producen accidentes con lesiones. Por eso, también deben incluirse los accidentes sin lesiones cuando se intenta evaluar los costos totales de accidentes.

La mayor parte de las empresas no se puede permitir el lujo de un estudio interno completo y estadísticamente confiable de los costos ocultos de los accidentes. Una alternativa es recurrir a estudios nacionales de costos promedio de diversas categorías de accidentes y tomarlos como estimaciones de los costos internos. Dos estudios muy conocidos de costos de accidentes no asegurados fueron realizados por Grimaldi y Simonds (ref. 64) e Imre (ref. 75) en 1975. Aunque los datos fueron reunidos durante varios años, cuando las cantidades se ajustaron por inflación a un año representativo, los resultados de ambos estudios se corroboraron, lo que puso de manifiesto el hecho de que una aproximación general es todo lo que se puede esperar de esos estudios.

Aunque los estudios de Grimaldi y Simonds y de Imre son clásicos en el campo de la estimación de costos de los accidentes, muchos profesionales de la seguridad los consideran demasiado antiguos y conservadores para aplicarse a los costos actuales. Incluso cuando se ajustan con el índice de precios al consumidor (IPC), las estimaciones clásicas a menudo se consideran muy bajas para ser realistas. Otro obstáculo de los estudios clásicos es que la clasificación de los accidentes no es clara. Las cuatro clasificaciones generales son “tiempo perdido”, “primeros auxilios”, “casos médicos” y “casos sin lesión”. Estas cuatro clases generales se superponen en algunos accidentes. Además, la clasificación de los decesos no parece estar resuelta de manera adecuada.

A mediados de los noventa, el Consejo de Seguridad Nacional (NSC) modernizó su planteamiento para estimar el costo de accidentes publicado en *Accident Facts* (ref. 1). La estimación de NSC del costo total promedio por muerte de trabajador es de 790,000 dólares. Para lesiones de trabajadores, la cifra correspondiente es de 28,000 dólares. Estas cantidades son mucho mayores que las que se obtendrían con los métodos clásicos de Grimaldi y Simonds y de Imre. Aún así, las estimaciones de NSC no incluyen ningún cálculo por costos de daño a la propiedad.

La Fuerza Aérea de los Estados Unidos ha compilado las estimaciones de las categorías de costos de accidentes para usarlas en sus investigaciones de accidentes de aeronaves y otros incidentes de pérdidas (ref. 3). A pesar de la dificultad de calcular las pérdidas humanas, la Fuerza Aérea ha tratado incluso de asignar alguna cifra de costo a la pérdida de la vida. Para la muerte de un oficial

calificado,<sup>3</sup> el costo estimado para la Fuerza Aérea es de 1'100,000 dólares, según la publicación de AFI 91-204 (1995). Para una incapacidad total permanente, el costo estimado es ligeramente mayor (1 300 000, incluyendo costos por días de trabajo perdidos y de hospitalización). El costo promedio estimado de una incapacidad parcial permanente es de 210,000 dólares. Para incapacidades temporales, la estimación del costo por día de trabajo perdido es de 425 dólares o 466 durante la hospitalización. Para una lesión que no ocasione días de trabajo perdidos, el costo promedio estimado es de 120 dólares. Los costos correspondientes a empleados civiles suelen ser menores, tal vez por la menor inversión del gobierno en su capacitación. La muerte de civiles está estimada en 460,000 dólares, las incapacidades totales permanentes en 385,000, las incapacidades parciales permanentes en 250,000 y los días de trabajo perdidos en 350 por día. Los días de hospitalización (466 dólares por día) y los casos sin pérdida de tiempo (120) se estiman de manera similar que los de los oficiales calificados.

De vuelta al ambiente no militar, el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DE) en los estudios de costo y los informes anuales asigna un valor similar en dólares a la vida humana (un millón por muerte) y a las lesiones informales (2 000 por caso). Además, en los casos que ocasionan días de trabajo perdidos, el DE calcula una pérdida de 1 000 dólares por día (refs. 33,15). Otra estimación (ref. 9) sitúa los costos ocultos de accidentes en cualquier punto entre 5 y 50 dólares por cada dólar de demanda de compensación.

Al principio de esta sección dijimos que el costo directo de las lesiones y enfermedades laborales, los costos del seguro por compensación, representaban la “punta del iceberg” en comparación con los gastos totales incurridos. Las últimas estimaciones del Consejo de Seguridad Nacional y las estimaciones de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos parecen demostrar esta teoría.

## CAPACITACIÓN

Quizá la capacitación o el apoyo a la capacitación sea la función de asesoría de mayor importancia que desempeña el gerente de seguridad e higiene. A pesar de la tendencia reciente a concentrarse en las condiciones inseguras, los expertos todavía atribuyen la mayor parte de las lesiones y enfermedades laborales a acciones inseguras. Los hábitos de trabajo inseguros tienen raíces profundas, incluso en los trabajadores nuevos y jóvenes. Nuestra sociedad y sus estilos de vida, influidos por los medios (especialmente la televisión), conceden gran valor a las actividades más riesgosas. Desde pequeños, los niños aprenden que los héroes son atrevidos y afortunados y que arriesgan sus vidas, sobre todo en su trabajo. En algunos empleos, como la exploración del espacio, la milicia, la ley y los bomberos, es a veces tanto necesario como racional correr grandes riesgos. Y sin duda aquellos que lo hacen ameritan ser llamados héroes. Sin embargo, el deseo de reconocimiento, estatus y estima entre los compañeros hace que la gente corra riesgos innecesarios en actividades que no lo merecen. Un buen ejemplo de este fenómeno se observa en la forma de conducir el automóvil de gente de todas las edades. Los hábitos poco seguros, de raíces profundas, y la falta de conocimientos sobre riesgos específicos laborales son los principales obstáculos a la seguridad y la salud del trabajador. A estos dos problemas debe dirigirse el programa de capacitación, y, repetimos, la capacitación es la función más difícil e importante del gerente de seguridad e higiene.

Uno de los mayores errores que comete el gerente de seguridad e higiene es suponer que es el principal instructor de seguridad e higiene. Los principales instructores de la seguridad o de la salud,

<sup>3</sup> El término “calificado” significa que el oficial está listo para el vuelo, lo que quiere decir que ha sido capacitado para ello y recibe una compensación extra por volar.

o de cualquier otro aspecto del trabajo, son los supervisores de línea. Su contacto directo con los trabajadores determinará cómo se hará el trabajo. Un corolario de este principio es que la mayor parte de la capacitación en la seguridad y la salud es informal y se lleva a cabo durante las labores. De hecho, la capacitación con el ejemplo es un método de educación muy importante, pues lo que el supervisor y los trabajadores experimentados *hacen*, no lo que *dicen*, tiene un efecto mayor en los nuevos trabajadores.

Así, aunque casi toda la capacitación tiene lugar entre supervisor y trabajador, todavía hace falta capacitar en un salón de clases para inculcar (en especial a los supervisores) los principios de seguridad e higiene y las normas, así como para enseñarlos a reconocer los riesgos. El gerente de seguridad e higiene puede dar esta capacitación directamente o bien actuar como facilitador aportando información útil y auxiliares didácticos sobre los temas que se requieran.

Ahora bien, digamos una palabra de advertencia: los gerentes de seguridad e higiene no deben “reinventar la rueda” al preparar su material de capacitación. Hay paquetes audiovisuales y síntesis disponibles, y cuando se considera el tiempo, incluyendo gastos generales, de estos gerentes es mucho más razonable adquirir o rentar materiales didácticos que crear material original interno. En el capítulo 1 citamos algunas fuentes de ayuda para el desempeño de este aspecto de su función. En el capítulo 3 abordaremos el tema de la capacitación y veremos cómo se convierte en una parte del objetivo general de prevención de riesgos.

## Alcoholismo y drogadicción

Los gerentes de seguridad e higiene asumen en la actualidad una posición más activa y confiada para controlar los efectos del alcoholismo y la drogadicción en el trabajo. El abuso de drogas y alcohol ha demostrado ser un problema mucho mayor de lo que se pensaba. Considere el historial de la planta de Aluminum Company of America de Vancouver, Washington (ref. 73). Siguiendo el ejemplo de una planta ALCOA hermana en Davenport, Iowa, la empresa decidió practicar una prueba de adicción a todos los candidatos antes de firmar ningún contrato. Para sorpresa de la dirección, en tres meses de pruebas la mitad de los 750 aspirantes no las pasaron. La prueba era un análisis de orina que revelaba si el sujeto había consumido drogas en los dos o tres días anteriores, y fue realizada por el servicio de laboratorio de un hospital. Los resultados indicaron que el consumo de la marihuana era el más común. ALCOA contrató a 130 de los aspirantes que pasaron la prueba y, de acuerdo con el gerente de personal, fueron mejores trabajadores que los que la empresa había tenido antes del establecimiento del examen de laboratorio como parte del proceso de contratación.

No es difícil justificar en cualquier empresa un plan de control de drogadicción y alcoholismo cuidadosamente planeado y ejecutado, y el gerente de seguridad e higiene debe tomar la delantera para establecer uno. De hecho, en ciertos sectores de la industria del transporte, sujetos a pruebas obligatorias de marihuana, cocaína, opiáceos, anfetaminas y PCP según las reglas impuestas por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos, no hay opción. El programa requiere pruebas al azar, antes del contrato, periódicas, por causa razonable y después de accidentes (ref. 40). Las pruebas de drogas y alcohol pueden tener incluso más sentido en otras industrias; y cuando se hace necesario un programa de tratamiento (ya sea por alcoholismo o drogadicción), pocos interesados tienen tanta influencia sobre la decisión del empleado de someterse al tratamiento como su patrono.

Una pregunta clave que conviene hacer a la dirección es si se ha considerado la posibilidad de que algún día haya que despedir a un empleado, porque su adicción excesiva a las drogas o el alcohol

ha minado su trabajo. Si la respuesta es afirmativa, la empresa se expone a demandas si no ha establecido una política al respecto. Si su empresa tiene reglamentos en contra del consumo de drogas, los empleados deben estar informados y se debe exigir a los nuevos trabajadores que consientan por escrito, como condición para su contratación, apegarse a la política sobre alcoholismo y drogadicción de la empresa (ref. 153). Al convertir la prueba previa en un requisito para el empleo, se previenen riesgos de seguridad e higiene, pero para ser congruente, la empresa debe aplicar las mismas reglas a los ya contratados; de lo contrario, puede enfrentar demandas por discriminación de un candidato a quien se le haya negado el empleo.

Además de los programas de pruebas para detectar el problema, ya sea en el caso de nuevos aspirantes o de empleados con antigüedad, muchos patronos están instituyendo *programas de asistencia* para enfrentar las dificultades de los empleados que han reconocido tener problemas de adicciones. El motivo es que algunos empleados, capacitados y competentes, son demasiado valiosos para perderlos por esta razón. Así, en lugar de ver el problema como un asunto de disciplina, se considera una enfermedad que requiere de tratamiento y terapia para devolver al trabajador a la vida útil. Estos programas tienen el beneficio intangible de que convencen a los empleados en general de que la empresa se preocupa por su bienestar y que prefiere verlos sanos a despedidos.

Puesto que el problema de la drogadicción y el alcoholismo está tan generalizado, no hay duda de que los gerentes de seguridad e higiene tendrán cada vez más responsabilidades en el establecimiento y el mantenimiento de programas de control de los riesgos que estos problemas presentan.

## PRUEBAS DE COLOCACIÓN

El éxito de las pruebas de laboratorio para revelar adicciones hace pensar que quizás se podrían utilizar otros exámenes para los candidatos de forma que se contrate a los más seguros y confiables. Estos exámenes ya se han utilizado, con resultados cuantificables y ampliamente validados. Uno de éstos, elaborado por Behavioral Science Technology, Inc., es el Perfil del Candidato al Puesto (*Job Candidate Profile*, JCP; ref. 79), cuya implantación ha traído reducciones drásticas en las demandas de compensación.

El programa de pruebas de colocación no se debe implantar a la ligera, ya que es posible entrar en conflicto con el Título VII del Acta de los Derechos Civiles de 1964. Las pruebas de evaluación previas a la contratación no deben discriminar a las mujeres o las minorías raciales. Por supuesto, es posible que un número más grande de mujeres y miembros de las minorías raciales no pasen una cierta prueba que los varones caucásicos. La Comisión de Igualdad de Oportunidades de Empleo (*Equal Employment Opportunity Commission*, EEOC) ha publicado lineamientos que establecen los límites de índices de reprobación en las pruebas o procedimientos de selección. Si el índice de reprobación de las minorías o las mujeres es inferior a 80 por ciento del índice de los varones blancos, se considera que el examen tiene un efecto adverso en aquellos grupos.

Otro tema que hay que considerar es el de la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (*Americans with Disabilities Act*, ADA), de 1990, que protege a los discapacitados de la discriminación laboral. Sin embargo, el Congreso no pretendía que la ADA prohibiera en los exámenes de selección la prueba de alcoholismo o drogadicción. Por lo tanto, aparte de que a veces estas adicciones se tomen como “enfermedad” o “discapacidad”, quienes las padecen no pueden esgrimir esta defensa para obligar a un patrono a considerarlos para un puesto pasando por alto su condición.

En el capítulo 4 exploraremos la ADA con más detalle. Como se observa, el problema de selección previa tiene sus complicaciones legales, pero si se superan, recurrir a pruebas de contratación con confiabilidad y validez comprobada es un método sólido y eficaz de reducir las lesiones en el trabajo.

## EL LUGAR DE TRABAJO LIBRE DE HUMO

La opinión pública se ha inclinado en dirección al respeto por los informes de los riesgos graves del humo de tabaco. En el pasado, la preocupación general se reducía a los efectos nocivos del tabaquismo en los propios fumadores, pero ahora los cuidados se orientan a la víctima abstinentes, al llamado “fumador pasivo”. Wells estima (ref. 152) que aproximadamente 46 000 estadounidenses no fumadores mueren cada año por exposición al humo de tabaco. Glantz (ref. 59) cita el humo de tabaco como fuente de más de 4 000 contaminantes químicos del aire, incluyendo 43 carcinógenos conocidos. Es evidente que la preocupación cada vez mayor de los trabajadores estadounidenses abstinentes por una exposición pasiva al humo del cigarro no puede ser ignorada por el gerente de seguridad e higiene ni por el Congreso y las dependencias federales. La OSHA ya ha dado algunos pasos para ocuparse de los fumadores en el lugar de trabajo, adelantándose a cualquier norma laboral que aborde específicamente el problema. Los funcionarios de la OSHA han testificado ante subcomisiones del Congreso sobre el particular (véase refs. 28, 142).

En 1994, la OSHA publicó en el *Federal Register* una Regla Propuesta sobre la Calidad del Aire Interior, que aunque se ocupa de otros contaminantes del aire interior, está claro que el humo del tabaco es su objetivo primario. En el caso del humo de tabaco, se les requeriría a los patronos ya sea que prohibieran fumar en todo el edificio o bien que establecieran áreas de fumar. La norma propuesta exige ventilación directa para el área y mantener de manera constante una presión negativa en la misma, de forma que el humo de tabaco quede contenido en el lugar. Si el sistema de ventilación falla, se debe prohibir fumar incluso en las áreas autorizadas hasta que se hagan las reparaciones. Incluso las actividades de limpieza y mantenimiento en el área de fumar estarán restringidas a los momentos en los que no haya personal fumando en el área.

No es difícil imaginar que la OSHA tendrá problemas al promulgar una nueva norma restrictiva tan penetrante como la Regla Propuesta sobre la Calidad del Aire Interior. Cuando se imprimía este libro, la nueva norma aún estaba en revisión. Sin embargo, hay en ambos lados del tema presión política. Una organización nacional antitabaquista llamada ASH (Action on Smoking and Health) ha estado presionando a la OSHA durante los últimos 20 años para que regule el consumo de cigarrillos en el trabajo (ref. 157). La ASH ha emprendido acciones legales para obligar a la OSHA a actuar de acuerdo con las conclusiones de varias dependencias federales en el sentido de que el humo de tabaco es un “carcinógeno del Grupo A”. La OSHA, por sus propias reglas, da prioridad a la promulgación de normas que enfrentan los riesgos carcinógenos. La ASH insiste en que la OSHA se apegue a estas prioridades con respecto al humo de tabaco, ahora que se ha descubierto que es un carcinógeno. En marzo de 1997, la Corte de Apelaciones de los Estados Unidos se negó a fijar un plazo para una reglamentación final de la OSHA, como a la ASH le hubiera gustado, pero le advirtió a aquella dependencia que “procediera con la debida rapidez incluso cuando no era obligatorio cumplir ningún plazo límite estatal o reglamentario”.

Un hito notable en la creciente oposición a fumar en público ocurrió el 20 de junio de 1997, cuando se sometió al Congreso una legislación para delinear un arreglo general entre la industria del tabaco y las demandas de los procuradores generales de 40 de los 50 estados. El arreglo tenía características arrolladoras, como una confirmación de la autoridad federal de la Dirección de Alimentos y Fármacos (*Food and Drug Administration*, FDA) para reglamentar los productos de tabaco, una compensación de la industria del tabaco a 25 años por 358,500 millones de dólares y la prohibición total de los anuncios exteriores, que se cree que están orientados a los fumadores jóvenes (ref. 150).

## PATÓGENOS TRANSMITIDOS POR LA SANGRE

Para decirlo con las palabras de Warner Green en *Scientific American* (ref. 62): “El SIDA es el problema inmunológico que define nuestro tiempo. El VIH se destaca como la amenaza predominante a la salud humana y, por lo tanto, es el virus más intensamente estudiado en la historia”. De acuerdo con la Coalición Mundial de Medidas contra el SIDA (*Global AIDS Policy Coalition*), la cantidad estimada de personas infectadas con el VIH al final de 1992 era de 19.5 millones (ref. 47). La alarmante crisis del SIDA ha llamado la atención no sólo de la profesión médica, sino también de los militares, los funcionarios electos y el público en general. Aunque el contacto en el trabajo es raro, algunas exposiciones laborales han dado por resultado la incidencia de enfermedades de la sangre y muerte subsecuente. Los trabajadores de algunas industrias se han sensibilizado ante la amenaza, y no es de sorprenderse que la OSHA haya respondido con la promulgación de una norma sobre patógenos transmitidos por la sangre, en vigor a partir del 6 de marzo de 1992.

El VIH está en el candelero debido al alarmante crecimiento de la epidemia, al hecho de que no hay cura ni inmunización preventiva y porque al cabo conduce al SIDA y a la muerte. Pero a pesar de estos siniestros aspectos del SIDA, en el campo laboral el virus de la hepatitis B (VHB) de hecho cobra más víctimas que el VIH.

Es bien sabido que las profesiones de la salud son las ocupaciones que más riesgos corren de contagio de patógenos transmitidos por sangre, y estos puestos son el interés principal de las normas de la OSHA. Desde hace tiempo, los hospitales conocen y enfrentan el riesgo de brotes de hepatitis B entre su personal. Aunque las profesiones médicas son, pues, el interés principal, la norma de la OSHA no está limitada a estos lugares. La pregunta que viene al caso es si el trabajador estará expuesto a la sangre o a otros materiales que pueden ser infecciosos, lo que incluye ciertos desechos y tejidos de animales infectados. Las precauciones para defenderse de la infección del VIH son básicamente las mismas que para el VHB, así que la norma de la OSHA se refiere a ambos.

Para lugares de trabajo con uno o más empleados sujetos a exposiciones, la OSHA pide que el patrono tenga un plan escrito de control de exposición, que debe estar al alcance de los empleados y actualizarse por lo menos cada año. El patrono debe identificar y hacer una lista de aquellos puestos en riesgo.

Al igual que con otros riesgos para la salud, la OSHA pretende antes que nada la eliminación de los riesgos de VHB y VIH mediante medidas de ingeniería y de control de prácticas laborales. Un gran porcentaje de las infecciones laborales de VIH proviene de contacto accidental con instrumentos “agudos”, como agujas y tubos de ensayo rotos para sangre humana. Una forma simple y razonable de desechar estos instrumentos es el primer paso práctico para controlar los riesgos y cumplir con la norma de la OSHA.

Un sistema ordenado y eficaz de limpieza, lavandería y desecho de desperdicios es otro paso importante para este objetivo. Lavar, limpiar y desinfectar las superficies expuestas es particularmente eficaz para la destrucción del VIH y el VHB. La medida para consumo y almacenamiento de alimentos debe contemplar la necesidad de separación para evitar posibles exposiciones. En las áreas donde hay alguna probabilidad razonable de exposición laboral, debe prohibirse la aplicación de cosméticos o de lápiz de labios y la manipulación de lentes de contacto. Se sospecha que los ojos son una vía un poco vulnerable de contagio de VIH o VHB.

Además de la ingeniería y el control de las prácticas laborales, todavía es preciso el equipo protector personal. El deber del patrono es proporcionar el equipo necesario y exigir que los empleados lo usen, a menos que en circunstancia inusuales un empleado decida no utilizarlo por razones profesionales. Cabe imaginar una situación de emergencia médica en la cual un galeno prescindiera del equipo de protección personal a fin de dar ayuda inmediata a las víctimas.

Los patógenos transmitidos por la sangre, especialmente el SIDA, son más una preocupación de la sociedad y de la profesión médica en general que del lugar de trabajo típico. Sin embargo, este tema vital es demasiado importante para ignorarlo y continuará recibiendo la atención de la OSHA y de aquellos gerentes de seguridad e higiene cuyos trabajadores corran el peligro de estar expuestos. La OSHA ha publicado guías, hojas estadísticas e incluso un ejemplo de plan de control: *Sample Bloodborne Pathogens Exposure Control Plan* (refs. 13,99,139).

## VIOLENCIA EN EL TRABAJO

Pregunte a la persona promedio cuál es la causa principal de las muertes en el trabajo. Lo más probable es que le contesten “caídas”, “electrocuciones” o quizás “asfixia”. No obstante, de acuerdo con las últimas estadísticas (ref. 36), la *violencia en el trabajo* es la causa principal de muertes en el trabajo en el caso de las mujeres, y la segunda entre los hombres. Por lo regular, la prevención de la violencia en el trabajo se considera la responsabilidad de otra persona, pero el gerente de seguridad e higiene toma cada vez más la iniciativa para controlar este importante riesgo. Por su parte, la OSHA también está examinando el problema, y aunque aún no ha promulgado norma alguna, a partir de abril de 1996 ha publicado guías para el debate público.

A nadie sorprenderá saber que la exposición más riesgosa a la violencia en el lugar de trabajo es la de los empleados de los establecimientos comerciales nocturnos, esto es, los dependientes de tiendas. Las guías de la OSHA señalan seis factores de riesgo que suelen estar presentes en esos medios (ref. 36):

1. Intercambian dinero con el público
2. Trabajan solos o en pequeño número
3. Trabajan a altas horas de la noche o a primeras horas de la mañana
4. Trabajan en áreas de mucha delincuencia
5. Guardan propiedades o posesiones valiosas
6. Trabajan en establecimientos comunitarios

Algunos de los factores de riesgo anteriores son inevitables en las operaciones de las tiendas comerciales nocturnas; sin embargo, las pautas de la OSHA recomiendan unas medidas que pretenden controlar o reducir la gravedad de los riesgos, entre las que se encuentran:

1. Compromiso por parte de la dirección y participación de los empleados
2. Análisis del sitio de trabajo
3. Prevención y control de riesgos
4. Capacitación y educación

Las recomendaciones de la OSHA son por fuerza generales y desde luego están destinadas a que patronos y empleados mediten sobre sus riesgos y se concentren en los métodos para reducir sus efectos. Al mismo tiempo, avanza la tecnología de detección y aprehensión de los delincuentes que atacan los centros de trabajo.

Las tiendas nocturnas son irrelevantes para los puestos de la mayoría de los gerentes de seguridad e higiene. Sin embargo, incluso en las industrias de fabricación, procesamiento, construcción y servicios, la violencia en el trabajo está aumentando. De hecho, de acuerdo con Moore (ref. 98), el homicidio en el trabajo es el delito de más crecimiento en los Estados Unidos. A diferencia del homicidio fuera del trabajo, no es apropiado culpar al alcohol o a las drogas en los homicidios que ocurren dentro. A menudo, el homicidio en el trabajo está relacionado con la desesperación debida a un recorte o un aviso de despido por alguna otra razón. Hay pruebas de que los homicidios en el trabajo se cometen de manera metódica y selectiva (ref. 124).

Los gerentes de seguridad e higiene necesitan estar alertas respecto a este riesgo y dar los pasos necesarios para tenerlo bajo control. Estos profesionales necesitan planes y procedimientos para tratar los incidentes cuando ocurren y prevenir la violencia de antemano. El primer paso lógico es capacitar a los supervisores en el manejo de conflictos y en la importancia de dar un trato justo a sus subordinados. Los gerentes también deben aportar ideas de inversión para implantar cambios significativos, si se hace obvio que hay riesgos de violencia. Algunas posibilidades incluyen teléfonos celulares para trabajadores en zonas peligrosas, mantenimiento más intenso y remplazo de vehículos de motor a fin de prevenir exposiciones por fallas, asignar tareas a parejas de trabajadores en vez de a uno solo y supervisar más de cerca los programas mediante informes a intervalos regulares.

## RESUMEN

La seguridad e higiene en el trabajo, lo mismo que la calidad de la producción y cualquier otra característica deseable en una fábrica, está en manos de los mismos trabajadores. Por lo tanto, el verdadero logro de la seguridad y la salud es una función de línea personal. Así, el gerente de seguridad e higiene tiene una función de asesoría para facilitar la organización de la línea, especialmente de los supervisores, para alcanzar la meta de la seguridad y la salud.

Con todo, no debe pensarse que la seguridad y la salud son realmente un “objetivo” de la gerencia de línea. Todos quieren seguridad e higiene en el trabajo en mayor o en menor grado, pero el gerente de seguridad e higiene debe evaluar y documentar el grado de compromiso que la dirección tiene con este objetivo.

Una vez que se ha comprobado decidido el compromiso de la dirección con la seguridad y la salud, el gerente a cargo está libre de adentrarse en las funciones importantes, la compensación a los trabajadores, la recolección y el estudio de los registros estadísticos, el análisis económico, la capacitación y el manejo de los riesgos y las violaciones a las normas de seguridad e higiene.

En los años noventa, a los gerentes de seguridad e higiene se les ha encargado la responsabilidad de dirigir nuevos programas que responden a los cambios en nuestra sociedad, gobierno y ambiente. La drogadicción y el alcoholismo son problemas de la sociedad y del lugar de trabajo. El gerente de seguridad e higiene debe estar a cargo de programas que protejan a los trabajadores y a sus empresas, sin caer en actos de discriminación. Del tema de la discriminación se ocupa también la Ley de Estadounidenses con Discapacidades, y asimismo concierne a la cuestión social de un lugar de trabajo sin humos de cigarrillos. Por último, la crisis del SIDA y otras enfermedades transmitidas por patógenos en la sangre son las principales preocupaciones que ocupan a la OSHA y al gerente de seguridad e higiene moderno.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 2.1 ¿Es la seguridad del empleado una función de línea o de asesoría?
- 2.2 ¿Cuál es la relación del gerente de seguridad e higiene con la organización de línea?
- 2.3 ¿Por qué a menudo es difícil que los gerentes de seguridad e higiene se ganen el respeto y la aprobación de la alta dirección?
- 2.4 ¿Qué principio está encarnado en la expresión de “la seguridad es asunto de todos”?
- 2.5 ¿Qué debe hacer el gerente de seguridad e higiene si la alta dirección no “hace lo que predica” en cuanto a sus políticas de seguridad e higiene?
- 2.6 ¿El programa de compensación a los trabajadores es federal o estatal? ¿Por cuánto tiempo ha existido?
- 2.7 ¿Cuáles son los propósitos ostensibles y ulteriores del sistema de compensación a los trabajadores?
- 2.8 ¿Deben los patronos asumir todo el riesgo de las lesiones de sus trabajadores?
- 2.9 ¿Quién paga las demandas de compensación de los trabajadores lesionados?
- 2.10 ¿Qué es un representante de control de daños?
- 2.11 ¿Qué es el sistema Z16.1?
- 2.12 ¿Por qué es difícil demostrar por estadísticas si la OSHA ha traído algún beneficio?
- 2.13 ¿Cuál es la desventaja de utilizar los días de trabajo perdidos como medida de la gravedad de una lesión o enfermedad?
- 2.14 ¿Qué constituye a una lesión o enfermedad registrable?
- 2.15 Una empresa que emplea a 300 trabajadores tiene 25 lesiones o enfermedades registrables al año. ¿Cuál es su tasa de incidencia de lesiones y enfermedades total?
- 2.16 ¿Cómo se compara la tasa de incidencia de lesión y enfermedad con el tradicional índice de frecuencia?
- 2.17 Compare los términos frecuencia, gravedad y seriedad.
- 2.18 ¿Qué hay de importante el 1º de febrero en la vida del gerente de seguridad e higiene?
- 2.19 ¿Cuánto tiempo se exige que se conserven los expedientes de registros?
- 2.20 ¿Hay ventajas y desventajas en el uso de comisiones de seguridad e higiene?
- 2.21 Compare la importancia de los costos directos y ocultos de los accidentes.
- 2.22 Nombre algunos costos ocultos de los accidentes.
- 2.23 ¿Cuál es la importancia para el gerente de seguridad e higiene de los registros de accidentes sin lesión?
- 2.24 ¿Quiénes son los principales instructores en seguridad e higiene en la industria?
- 2.25 Durante seis meses, una empresa con 50 empleados tuvo 18 lesiones y enfermedades que requirieron tratamiento médico. En cuatro de estos casos, el empleado perdió por lo menos un día de trabajo.
- (a) Calcule la tasa de incidencia de lesión y enfermedad general.
- (b) Calcule el índice de frecuencia tradicional.
- (c) ¿Es ésta una empresa muy peligrosa?
- 2.26 En el año de 1990, una empresa con 25 empleados tuvo dos lesiones de tratamiento médico, más una lesión por la cual el trabajador perdió tres días. Calcule la tasa de incidencia de lesiones y la TICDTP.
- 2.27 Una empresa tiene 62 empleados. Durante el año hubo siete casos de primeros auxilios, tres lesiones de tratamiento médico, un accidente en el cual un empleado lesionado pasó una semana en actividad restringida, una enfermedad laboral en la cual el trabajador perdió una semana, una enfermedad laboral en la cual el empleado perdió seis semanas y una muerte por electrocución. Calcule la tasa de incidencia total, la tasa de días de trabajo perdidos y la TICDTP.
- 2.28 La dirección general de una planta que da empleo a 135 trabajadores ha establecido un objetivo de seguridad e higiene para este año, que consiste en reducir su TICDTP a un nivel menor al promedio nacional: 3.6. Para el 1º de mayo, el gerente de seguridad e higiene ha registrado 12 casos de primeros auxilios, tres lesiones de pérdida de tiempo y dos enfermedades, ambas de hospitalización. Con base en estos resultados preliminares, ¿parece que la empresa cumplirá el objetivo de la dirección? Muestre los cálculos que justifican su conclusión.
- 2.29 Una planta química de 900 empleados (que trabajan semanas de 40 horas) tuvo el siguiente registro de seguridad e higiene en 1993:
- Expediente 1* Un montacargas tira una tarima de materia prima; no hay lesiones; se desperdició algo del material; la tarima está destruida; se requirió una limpieza exhaustiva.
- Expediente 2* Un trabajador sufre de golpes de calor (morbosos) por exposición continua a un proceso caliente; fue admitido en el hospital para tratamiento; se le dio dos semanas de descanso.
- Expediente 3* Un trabajador se quema la mano en tubería de vapor; recibió primeros auxilios y regresó a la estación de trabajo.
- Expediente 4* Un trabajador sufre dermatitis por contacto repetido con solvente; una semana de trabajo perdida; otras cuatro semanas de trabajo restringido a labores de armado.
- Expediente 5* Un trabajador se fractura un dedo en una máquina empaquetadora; enviado al hospital para tratamiento; regresó al trabajo el día siguiente.
- Expediente 6* Un trabajador de mantenimiento se lacera la mano cuando se le resbala el desarmador; se requirieron cinco puntos de sutura; regresó al trabajo el día siguiente.
- Expediente 7* Un recipiente a presión explota; hubo un gran daño al área de procesamiento; milagrosamente, no hay lesionados.
- Expediente 8* Un trabajador intoxicado con hiedra venenosa en una exposición la semana anterior mientras rastrojaba la cerca perimetral de la planta; recibe tratamiento médico, pero no pierde días de trabajo.
- Expediente 9* Un trabajador se enferma por exposición continua a fugas de sulfuro de hidrógeno en el área de calderas; pierde dos semanas de trabajo; se reparan las fugas.
- Expediente 10* Un trabajador se envenena gravemente con hiedra venenosa en un fin de semana con una tropa de niños exploradores; pierde dos días de trabajo.

*Expediente 11* Un trabajador de mantenimiento cae de la torre de fraccionamiento y muere

*Expediente 12* Un trabajador se fractura el brazo en el sistema de transmisión de energía que mueve el molino pulverizador; pierde tres días de trabajo y pasa otras seis semanas en la oficina de programación de producción, antes de regresar a sus labores habituales

(a) Calcule las siguientes tasas de incidencia:

1. TICDTP
2. Tasa de incidencia de lesiones total
3. Tasa de incidencia de enfermedades total
4. Tasa de incidencia de muerte
5. Tasa de días de trabajo perdidos (lesiones y enfermedades)
6. Tasa de incidencia de riesgo específico (fracturas)

(b) Compare el registro de seguridad e higiene de esta empresa con el de otras compañías fabricantes y la industria en general

2.30 El 1° de febrero, una empresa de 50 empleados publica su bitácora anual de la OSHA del año anterior, como se muestra en la figura 2.7. Complete la tabla y calcule lo siguiente:

- (a) Tasa de incidencia de lesiones total
- (b) Tasa de incidencia de enfermedades total
- (c) Tasa de días de trabajo perdidos
- (d) TICDTP

2.31 Cierta empresa grande con 1400 empleados, pagó en 1988 una prima de seguro de compensación de 120 000 dólares. El modificador de historial de esta empresa fue de 1.05 en 1988. En el año de 1991, la empresa demostró una mejora notable en seguridad e higiene de los trabajadores y, de acuerdo con esto, la mesa de evaluación de la aseguradora cambió el modificador de la empresa a 0.80. ¿Cuál fue el ahorro porcentual en la prima y la prima de compensación real de esta empresa en 1991, en comparación con la prima de 1988?

2.32 El Consejo de Seguridad Nacional entrega informes anuales de las estadísticas de incidencia realizados a partir de encuestas de las empresas miembros (ref. 1). Identifique qué combinaciones de los totales de las columnas de la bitácora OSHA 200 corresponden a cada una de las categorías consideradas por el consejo, como sigue:

- (a) Casos de días de trabajo perdidos
- (b) Casos que originan días fuera del trabajo y muertes
- (c) Casos no mortales con días de trabajo perdidos<sup>4</sup>
- (d) Casos totales
- (e) Días de trabajo perdidos<sup>4</sup>
- (f) Días fuera del trabajo

2.33 Complete los totales de las columnas en la bitácora OSHA 200 de la figura 2.7 para una empresa con 165 empleados. En la biblioteca de su escuela, revise resúmenes actuales del Consejo de Seguridad Nacional (ref. 1) para comparar las estadísticas de incidencia de esta empresa con los informes correspondientes del consejo para el año más reciente. Si su biblioteca no tiene la publicación del consejo, *Accident Facts*, compare las estadísticas de la figura 2.7 con las tasas de 1996 que se muestran en la figura 2.2.

<sup>4</sup> El NSC utiliza ahora la definición "día de trabajo perdido" de la OSHA para los días fuera del trabajo más los días de actividad restringida.

**Departamento del Trabajo de los Estados Unidos**

Año calendario 19\_\_ de \_\_\_\_\_ Página\_\_ de \_\_\_\_\_

Nombre de la empresa \_\_\_\_\_ Aprobación de forma O.M.B. Núm. 1220-0029

Nombre del establecimiento \_\_\_\_\_

Dirección del establecimiento \_\_\_\_\_

Gravedad del resultado de la lesión						Clase, gravedad y resultado de la enfermedad																		
Dcesos						Lesiones no mortales						Clase de enfermedad							Dcesos		Enfermedades no mortales			
Relacionados con la muerte		Lesiones con días de trabajo perdidos		Lesiones sin días de trabajo perdidos		marque sólo una columna por cada enfermedad (véase el otro lado del formulario para terminaciones o transferencias permanentes).							Relacionados con enfermedad		Enfermedad con días de trabajo perdidos				Enfermedad sin días de trabajo perdidos					
Anote fecha de la muerte	Ponga una marca si la lesión implicó días fuera del trabajo, días de actividad restringida de trabajo o ambos.	Ponga una marca si la lesión implicó días fuera del trabajo	Anote el número de días fuera del trabajo	Anote el número de días de actividad restringida	Ponga una marca si no se hizo una anotación en las columnas 1 o 2, pero la lesión es registrable según la definición de arriba	Enfermedades o lesiones epidémicas laborales							Anote la fecha de la muerte	Ponga una marca si la enfermedad implicó días fuera del trabajo	Ponga una marca si la enfermedad implicó días fuera del trabajo	Anote el número de días de actividad restringida de trabajo o ambos.	Anote el número de días de actividad restringida	Ponga una marca si no se hicieron anotaciones en las columnas 8 o 9						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)						
	✓			8																				
														✓										
														✓	✓			40						
														✓	✓	10								
	✓	✓	3																					
																			✓					
	✓	✓	5	10																				
														✓										
	✓	✓	2	6											✓	✓		2	10					
																			✓					
																			5					
																			✓					

La certificación de los totales del resumen anual la hizo \_\_\_\_\_ Puesto \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

OSHA Núm. 200 **coloque sólo esta porción de la última página EN UN CARTEL A MÁS TARDAR EL primero de febrero**

Figura 2-7 Resumen anual de la OSHA para el ejercicio 2.30.



- 2.34 En los estudios de análisis de costos, ¿qué costo en dólares asigna la Fuerza Aérea de los Estados Unidos a la muerte de un ser humano? ¿Cómo varía el costo entre oficiales calificados y el personal civil? ¿Por qué hay una diferencia?
- 2.35 ¿Cuál es la estimación del Consejo de Seguridad Nacional del costo de una muerte? ¿De cuánto es la estimación correspondiente de la lesión de un trabajador?
- 2.36 ¿Cuál es la estimación de la Fuerza Aérea del costo de una lesión que no origina uno o más días de trabajo perdidos?
- 2.38 ¿Qué es la organización ASH y por la promulgación de qué norma de la OSHA ejerce presiones políticas?
- 2.39 ¿Cuál es la causa principal de muertes laborales entre mujeres trabajadoras?
- 2.40 Analice las investigaciones de la ALCOA Company en relación con la prueba de adicciones.
- 2.41 ¿Qué riesgos legales debe considerar una empresa si despide a empleados adictos al alcohol o las drogas? Explique la conveniencia para estos casos de contar con políticas contra el alcoholismo y la drogadicción.
- 2.42 ¿Son las adicciones a los psicotrópicos un factor significativo en los homicidios en el trabajo? ¿Por qué?
- 2.43 ¿Por qué son las pruebas previas a la contratación un tema de controversia?
- 2.44 ¿Qué procedimientos básicos de planta son considerados más eficaces para controlar patógenos transmitidos por la sangre como el VIH y el VHB?
- 2.45 ¿Qué parte del cuerpo está considerada una vía de entrada particularmente vulnerable del VIH o del VHB en los medios laborales?

### EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 2.46 Busque en los medios de comunicación ejemplos notables de grandes multas de la OSHA por violaciones a las normas de los registros.
- 2.47 En este capítulo hemos dicho que la violencia en el trabajo está causando cada vez más muertes. Examine las investigaciones recientes para determinar si esta tendencia continúa.
- 2.48 Además del homicidio, ¿qué otros actos de violencia ocurren en el lugar de trabajo? Obtenga estimaciones anuales de cada clase, si están disponibles.
- 2.49 Averigüe el estado actual de los convenios entre las industrias cigarreras y los gobiernos. ¿Qué indemnización monetaria se le ha exigido a las industrias tabacaleras?
- 2.50 Encuentre informes recientes del índice acumulado de mortalidad por la epidemia de SIDA. Si es posible, determine qué porcentaje de las víctimas es atribuible a exposiciones laborales.

## C A P Í T U L O 3

# Conceptos de evasión de riesgos

Los peligros implican riesgos y probabilidades, y éstas son palabras que tratan sobre lo desconocido. Tan pronto como se elimina el elemento desconocido, el problema ya no es de seguridad o higiene. Por ejemplo, todos saben lo que sucedería si cualquiera saltara de un edificio de 10 pisos. La muerte inmediata es una certeza casi completa, y del acto no diríamos que es inseguro, sino suicida. Pero trabajar en el techo de un edificio de 10 pisos, sin intención de caerse, se convierte en un asunto de seguridad. Los trabajadores sin protección para caídas en el techo desguarnecido están expuestos a un riesgo reconocido. No estamos diciendo que morirán ni que sufrirán algún daño, sino que hay la probabilidad, el elemento desconocido.

Trabajar con lo desconocido hace difícil el trabajo del gerente de seguridad e higiene. Si lucha por una inversión de capital para mejorar la seguridad o la higiene, ¿quién será capaz de *demonstrar* después que la inversión valió la pena? Las estadísticas de mejoramiento en lesiones y enfermedades ayudan, y a veces impresionan, pero realmente no justifican que la inversión de capital haya valido la pena, porque nadie sabe lo que las estadísticas habrían mostrado sin la inversión. Está en el reino de lo desconocido.

Dado que la seguridad y la higiene tratan con lo desconocido, no hay receta que indique los pasos para eliminar los riesgos en el trabajo, sino conceptos o enfoques para reducirlos gradualmente. Todos los enfoques tienen algún mérito, pero ninguno es una panacea. Aprovechando sus propios puntos fuertes, distintos gerentes de seguridad e higiene tenderán a preferir ciertos enfoques que les son familiares. El objetivo de este capítulo es presentar tales enfoques, de forma que el gerente de seguridad e higiene tenga una variedad de herramientas (y no solamente una o dos) para encarar los elementos desconocidos de la seguridad y la higiene del trabajador. Veremos tanto lo positivo como lo negativo de cada enfoque. A menudo, lo positivo es obvio o se da por sentado, pero las desventajas deben enfrentarse también, de forma que los gerentes de seguridad e higiene vean sus limitaciones y saquen el mejor provecho de estos enfoques en el cumplimiento de su misión.

### EL ENFOQUE COERCITIVO

Éste es el primer enfoque que empleó la OSHA, aunque desde luego no fue la primera en aplicarlo. Casi desde que la gente empezó a tratar con riesgos ha habido reglas de seguridad con castigos para los infractores. El enfoque coercitivo puro dice que dado que la gente no evalúa correctamente los peligros ni toma las precauciones adecuadas, se le debe imponer reglas y sujetarla a castigos por romperlas.

El enfoque coercitivo es simple y directo; no hay duda de que surte un efecto. La coerción debe ser directa y segura y los castigos lo suficientemente severos, pero si se cumplen estas condiciones, la gente obedecerá las reglas hasta cierto punto. Con el enfoque coercitivo, la OSHA ha obligado a miles de industrias a cumplir con las reglamentaciones que han transformado el lugar de trabajo y han hecho que millones de puestos sean más seguros y saludables. La declaración anterior suena como una historia del brillante éxito de la OSHA, pero el lector sabe que el enfoque coercitivo no ha podido con toda la tarea. Es difícil detectar en las estadísticas de lesiones y enfermedades una mejoría general, resultado de la coerción, aunque algunas categorías como los derrumbes en zanjas y excavaciones han mostrado un notable progreso. A pesar de sus ventajas, hay algunos inconvenientes básicos en el enfoque coercitivo, como lo muestran las estadísticas, y los veremos a continuación.

En la base de cualquier procedimiento coercitivo se encuentra un conjunto de normas obligatorias, que deben ser enunciadas en términos absolutos, como “siempre haga esto” o “nunca haga aquello”. La redacción de complicadas excepciones puede ayudar algo con el problema, pero requiere prever todas las circunstancias posibles. En el marco del alcance de la norma, y reconociendo todas las situaciones de excepción, cada regla debe ser absolutamente obligatoria para que sea coercitiva. Pero el lenguaje obligatorio que emplea las palabras *siempre* y *nunca* es inapropiado cuando se trata de la incertidumbre de riesgos de seguridad e higiene. En el caso 3.1 veremos que esto es cierto.

### CASO 3.1

Suponga que un aparato eléctrico, correctamente aterrizado, para resucitar empleados lesionados, está equipado con una clavija de tres terminales. Ahora bien, en medio de una emergencia, se descubre que la toma de corriente de la pared es de tipo antiguo, no aterrizada, con dos entradas. Sin un adaptador a la vista y con la imperiosa necesidad del aparato, ¿quién no doblaría o cortaría la terminal de tierra para salvar la vida del empleado?

Por supuesto, este ejemplo es un caso extremo, y debemos ser “razonables” y utilizar nuestro “juicio profesional”. Pero en el área de la coerción y de las normas obligatorias, ¿quién va a decir qué es “razonable”? Todos saben lo que es razonable en dicho caso extremo, pero todos los días ocurren incontables casos difusos, en los cuales no se tiene la certeza de si el curso de acción apropiado es violar o no la regla. Considere el caso 3.2.

### CASO 3.2

Un peligroso incendio avanzaba al quemarse líquidos inflamables en unos tanques. Para segar la fuente de combustible, un empleado avisado cerró las válvulas del tanque adyacente, a fin de evitar un incendio más peligroso, que hubiera costado muchas vidas, además de los daños a la propiedad. ¿Se otorgó al empleado una medalla por su heroico acto? No, la compañía recibió un citatorio de la OSHA, porque el trabajador no llevaba guantes. Las válvulas estaban calientes, y como a pesar de ello el empleado perseveró hasta cerrarlas, se quemó las manos y se ganó para su empresa el citatorio.

Si una oficina de gobierno emitirá un citatorio por no usar guantes al cerrar una válvula durante una emergencia, ¿quién tendrá el valor de “ser razonable” y actuar, incluso cuando una violación es la consecuencia? Un ejemplo notablemente similar es el del caso 3.3.

### CASO 3.3

En un derrumbe de una zanja en Boise, Idaho, un trabajador quedó enterrado. En la emergencia sus compañeros, “buenos samaritanos”, saltaron a la zanja para liberar al trabajador sepultado. La OSHA respondió multando a la empresa con 8 000 dólares por la humanitaria respuesta de los trabajadores en el rescate de emergencia. Algunos senadores de los Estados Unidos ridiculizaron la medida y otorgaron a la OSHA el infame “Premio a la Ineficacia Burocrática” por el citatorio (ref. 115).

Aunque más tarde la OSHA canceló la multa del caso del rescate en la zanja de Idaho, es evidente que el enfoque coercitivo tiene sus problemas cuando es la única forma de tratar con riesgos de seguridad e higiene. Algunas veces, una multa es una respuesta negativa e inapropiada, en un inútil intento por asignar responsabilidades cuando ya ha ocurrido un accidente. Ante el enfoque coercitivo puro, muchos empleados y patronos de la industria se retraerán gradualmente a una posición defensiva, dejarán de producir y responsabilizarán al gobierno de su falta de productividad.

Como hemos dicho, la OSHA no inventó el enfoque coercitivo para tratar con los riesgos. Otras reglas y leyes obligatorias nos son familiares. A veces, reglas muy fervorosas y opresivas son contraproducentes pues desaniman a las mismas personas que intentan proteger. Un ejemplo notorio es la ley del casco obligatorio para motociclistas. Los fabricantes de cascos ostentan estadísticas impresionantes que muestran que su uso salva vidas, al menos en algunos accidentes. Dichas estadísticas son

una fuerte motivación para que los motociclistas porten el casco. Pero en ciertas situaciones, el casco tiene desventajas que hacen que los motociclistas odien la ley que los obliga a utilizarlo *siempre*. Así, es ilegal invitar a un amigo a un recorrido de prueba alrededor de la cuadra, si no se tiene otro casco para el pasajero en este único paseo. Si un salpullido en la piel o algún tratamiento temporal del cuero cabelludo impiden que un motociclista lleve el casco durante uno o dos días, debe dejar la motocicleta, incluso si es el único medio de transporte. Dónde dejar el casco durante una breve parada también puede resultar bastante incómodo en algunas situaciones. ¡Un motociclista en Houston se sentía tan frustrado que cumplió al pie de la letra con la ley y al mismo tiempo desafió el espíritu de la misma, conduciendo su motocicleta por toda la ciudad con el casco en el codo!

## EL ENFOQUE PSICOLÓGICO

En contraste con el enfoque coercitivo, hay uno que pretende premiar los comportamientos seguros. Se trata de un enfoque utilizado por muchos gerentes de seguridad e higiene, y suele recibir el nombre de enfoque psicológico. Sus elementos familiares son los carteles y letreros que recuerdan a los empleados trabajar con seguridad. Puede haber un letrero grande en la puerta principal de la planta que anote los días transcurridos desde que ocurrió una lesión con tiempo perdido. Para reconocer y premiar los comportamientos seguros, se utilizan las juntas de seguridad, premios departamentales, rifas, premios y las comidas campestres.

## Religión o ciencia

El enfoque psicológico destaca la religión de la seguridad y la higiene en comparación con la ciencia. Las juntas de seguridad en las que se utiliza el enfoque psicológico están caracterizadas por apelar a la persuasión, por las llamadas “exhortaciones”. La idea es premiar a los empleados para que deseen tener hábitos seguros de trabajo. Se puede aplicar la presión del grupo sobre un trabajador cuando todo el departamento estaría en dificultades si alguno de sus miembros se enfermara o lesionara.

## Apoyo de la dirección general

El enfoque psicológico es muy sensible al apoyo de la dirección; si no lo tiene, el enfoque es muy vulnerable. Los broches, certificados e incluso premios monetarios son una recompensa pequeña si los trabajadores sienten que al ganarlos no están persiguiendo los verdaderos objetivos de la dirección general.

Los trabajadores miden el alcance del compromiso de la dirección con la seguridad en sus decisiones diarias, no en las proclamas públicas en el sentido de que todos deben “estar seguros”. Una reglamentación que exija lentes de seguridad en el área de producción se debilita si los directivos no los utilizan cuando la visitan. Si se ordena que se hagan a un lado las reglas de seguridad cuando la producción debe acelerarse para completar a tiempo un pedido, los trabajadores se enteran de cuánto significa su seguridad e higiene para la dirección general. Casi todos los gerentes de seguridad e higiene desean conseguir el respaldo escrito del programa de seguridad de la planta por parte de la

dirección, pero no es muy valioso a menos que ésta comprenda y crea en el programa de seguridad e higiene. La verdadera orientación de los directivos se hace evidente pronto. Los gerentes de seguridad e higiene deben estar conscientes de esta desventaja cuando soliciten ese documento.

## Trabajadores jóvenes

Los nuevos trabajadores, en particular los jóvenes, están más sujetos al influjo del enfoque psicológico. Los trabajadores que se encuentran al final de la adolescencia o al principio de sus veinte, entran al trabajo provenientes de una estructura social que le da gran importancia a ser audaz y correr riesgos. Los nuevos trabajadores observan a sus supervisores y compañeros más experimentados para saber qué clase de comportamiento o hábitos de trabajo son los que se ganan el respeto en el entorno industrial. Si sus colegas mayores y de más experiencia utilizan mascarilla o protección para los oídos, es más probable que los trabajadores jóvenes adopten también estos hábitos de seguridad. Si los compañeros de mayor respeto se ríen o ignoran los principios de seguridad, los jóvenes tendrán un mal comienzo, y nunca tomarán en serio la seguridad y la higiene.

Los informes de accidentes confirman que en un gran porcentaje las lesiones son causadas por los actos inseguros de los trabajadores. Este hecho subraya la importancia del enfoque psicológico para que los trabajadores adquieran buenas actitudes hacia la seguridad y la higiene. El enfoque puede reforzarse con capacitación en los riesgos de operaciones determinadas. Una vez que se han dado a conocer los riesgos sutiles a los trabajadores, que no sabrían de ellos por su experiencia general, se hace más sencilla la adopción de actitudes de seguridad.

## EL ENFOQUE DE INGENIERÍA

Por décadas, los ingenieros de seguridad han atribuido la mayor parte de las lesiones laborales a actos inseguros de los trabajadores, no a condiciones inseguras. El origen de esta idea se encuentra en el gran trabajo, pionero en el campo, de H.W. Heinrich (ref. 71), el primer ingeniero de seguridad reconocido. Los estudios de Heinrich revelaron la bien conocida relación 88:10:2:

Actos inseguros	88%
Condiciones inseguras	10%
Causas inseguras	2%
Causas totales de accidentes en el lugar de trabajo	100%

Recientemente se han puesto en duda estas relaciones, y los esfuerzos por recuperar los datos originales de la investigación de Heinrich han producido resultados incompletos. La tendencia actual es prestar más atención a la maquinaria, el entorno, las protecciones y los sistemas de protección (es decir, a las *condiciones* en el trabajo). Los análisis de los accidentes se profundizan para determinar si accidentes que al principio parecieran causados por “descuidos del trabajador”, hubieran sido evitados mediante un rediseño del proceso. Este planteamiento ha aumentado en gran medida la importancia del “enfoque de ingeniería” para enfrentar los riesgos en el lugar de trabajo.

### Tres líneas de defensa

Se distingue en la profesión una preferencia definitiva por el enfoque de ingeniería para ocuparse de los riesgos a la salud. Cuando el proceso es ruidoso o presenta exposición a materiales tóxicos suspendidos, la empresa debería empezar por rediseñarlo o revisarlo para “eliminar mediante la ingeniería” el riesgo. Por lo tanto, los controles de ingeniería tienen la prioridad en lo que llamaremos las *tres líneas de defensa* contra los riesgos a la higiene:

1. Controles de ingeniería.
2. Controles administrativos o de prácticas de trabajo.
3. Equipo personal de protección.

Las ventajas del enfoque de ingeniería son obvias. Los controles de ingeniería desalojan, ventilan o suprimen los riesgos o, en general, hacen que el lugar de trabajo sea seguro y saludable. Esto elimina la necesidad de vivir con los riesgos y de minimizar sus efectos, en contraste con estrategias de control administrativo y el uso de equipo personal de protección. En los capítulos 9 y 11 veremos de nuevo esta preferencia por determinadas estrategias.

### Factores de seguridad

Desde hace mucho tiempo, los ingenieros han reconocido el elemento de incertidumbre en la seguridad y saben que tienen que aceptar márgenes de variación. El principio básico del diseño de ingeniería aparece en varios lugares en las normas de seguridad. Por ejemplo, el factor de seguridad para el diseño de componentes de andamios es de 4:1; para componentes de grúas, 5:1, y para las *cuerdas* de los andamios, 6:1 (es decir, las cuerdas de los andamios están diseñadas para poder soportar seis veces la carga).

La selección de los factores de seguridad es una responsabilidad importante. Sería bueno que todos los factores de seguridad pudieran ser de 10:1, pero hay desventajas que hacen que en algunas situaciones factores tan grandes sean irrazonables, cuando no imposibles. El inconveniente obvio es el costo, aunque no es el único. El peso, la estructura de soporte, la velocidad, la potencia y el tamaño pueden ser afectados por la selección de un factor de seguridad demasiado elevado. A fin de llegar a una decisión racional, los inconvenientes de factores altos de seguridad deben ser ponderados a la luz de las consecuencias de una falla del sistema, consecuencias que varían mucho con las situaciones. Así, compare la importancia del factor de seguridad en el desastre del hotel de Kansas City<sup>1</sup> de 1981, con una falla en la cual la única pérdida es algo de material o equipo dañado. Es evidente que la primera situación exige un factor de seguridad mayor que la segunda. La selección de factores de seguridad depende de la evaluación o clasificación del grado de riesgo, un tema que trataremos con mayor profundidad más adelante.

### Principios de protección contra fallas

Además del principio de ingeniería de los factores de seguridad, hay otros principios de diseño de ingeniería que consideran las consecuencias de la falla de los componentes del sistema. Aquí los llamaremos *principios de protección contra fallas*, que son tres:

<sup>1</sup>El 17 de julio de 1981, dos pasarelas cayeron en el vestíbulo de varios pisos del Hyatt Regency Hotel de Kansas City, Missouri. Murieron 113 personas.

1. Principio general de protección contra fallas.
2. Principio de protección contra fallas por redundancia.
3. Principio del peor caso.

Veremos ahora cada principio. Sus aplicaciones aparecerán una y otra vez en capítulos subsecuentes al tratar de riesgos específicos.

### Principio general de protección contra fallas

El estado resultante de un sistema, en caso de falla de alguno de sus componentes, debe quedar en un modo seguro.

Por lo regular, los sistemas o subsistemas tienen dos modos: activo o inerte. En la mayor parte de las máquinas, el modo inerte es el más seguro; por lo tanto, la ingeniería de seguridad de los productos es bastante simple: si se “desconecta” la máquina, no lastimará a nadie. Pero el modo inerte no es siempre el más seguro. Suponga que el sistema es complicado, con subsistemas integrados para proteger al operador y a los demás dentro del área en caso de falla. En este caso, desconectar la máquina desactivaría tales subsistemas esenciales de seguridad. En estos sistemas, desconectar la corriente puede hacerlos más inseguros que conectados. Los ingenieros de diseño tienen que seguir el principio general de protección contra fallas de forma que se aseguren de que una falla del sistema terminará en un modo seguro; por eso, quizá haga falta energía de respaldo para un funcionamiento adecuado de los subsistemas de seguridad. Los casos 3.4 y 3.5 ilustran el principio.

#### CASO 3.4

Un taladro eléctrico tiene un interruptor de gatillo que debe estar oprimido continuamente para operar la herramienta. El interruptor tiene un resorte, de forma que si ocurre alguna falla (en este caso, por parte del operador) que haga que se suelte, la máquina regresará a un modo seguro (desconectado). Se acostumbra llamar a estos interruptores *control de hombre muerto*. Este ejemplo ilustra la situación común en la cual el estado inerte del sistema es el más seguro.

#### CASO 3.5

Este ejemplo muestra una situación menos común, en la cual el estado inerte del sistema es el más peligroso. Considere un automóvil con dirección hidráulica y frenos de potencia. Cuando el motor se apaga, tanto dirigir como frenar el auto se vuelve muy difícil; así, por lo menos en lo que concierne a estos subsistemas, el estado inerte es más peligroso que el estado activo.

Como veremos en capítulos posteriores, los sistemas industriales tienen características similares a las de los casos anteriores. A veces las normas de seguridad exigen que las fallas del sistema se organicen de forma que los subsistemas de seguridad sigan operando.

El principio general de protección contra fallas es el que encarna el significado literal del término *de protección contra fallas*; sin embargo, la industria y la tecnología suelen asociar otro significado al término, a saber, el concepto de *redundancia*, enunciado como sigue:

### Principio de protección contra fallas por redundancia

Una función de importancia fundamental en un sistema, subsistema o componente puede preservarse mediante unidades alternas en paralelo o de reserva.

El principio de diseño redundante ha sido muy utilizado en la industria aeroespacial. Cuando los sistemas son tan complicados y de importancia tan crítica como en las aeronaves grandes o los vehículos espaciales, la función es demasiado importante para permitir que la falla de un componente diminuto haga que todo el sistema deje de funcionar. Por lo tanto, los ingenieros respaldan los subsistemas primarios con unidades de reserva. En ocasiones, las unidades duales pueden especificarse hasta llegar a nivel de componentes. Para las funciones fundamentales, se especifican hasta tres o cuatro sistemas de respaldo. En el campo de la seguridad y la higiene laboral, algunos sistemas se consideran tan vitales que requieren redundancia en el diseño. Las prensas mecánicas de potencia son un ejemplo.

Otro principio de diseño de protección contra fallas es el principio del peor caso:

### Principio del peor caso

El diseño de un sistema debe tomar en consideración la peor situación a la que podría estar sujeto durante su uso.

El principio es en realidad un reconocimiento de la *ley de Murphy*, que dice que “si algo puede fallar, fallará”. La ley de Murphy no es ninguna broma; es una simple observación del resultado de ocurrencias al azar durante un periodo largo. Los sucesos aleatorios que tienen un riesgo constante de ocurrir se conocen como *procesos Poisson*. El diseño de un sistema debe considerar la posibilidad de la ocurrencia de algún suceso inesperado que tenga un efecto adverso en la seguridad y la higiene.

Una aplicación del principio del peor caso se ve en las especificaciones de los motores a prueba de explosión en los sistemas de ventilación para espacios donde se manejan líquidos inflamables. Los motores a prueba de explosión son mucho más costosos que los ordinarios, y es probable que las industrias se opongan al requisito de instalar esos motores, sobre todo en procesos en los cuales los vapores de las sustancias mezcladas ni siquiera se acercan al punto de ignición. Pero imagine que en un cálido día de verano sucede un derrame. El clima aumenta la vaporización del líquido inflamable. Un derrame en un momento tan desafortunado incrementa en buena medida la exposición de la superficie líquida, lo que amplifica muchas veces el problema. En ningún otro momento sería más importante un sistema de ventilación. Pero si el motor no es a prueba de explosión y se expone a una concentración crítica de vapores, tan pronto como se activara el sistema de ventilación ocurriría una explosión catastrófica.

La idea de *conducción a la defensiva* es bien conocida por todos los conductores, y sirve para explicar el principio del peor caso. Los conductores a la defensiva controlan sus vehículos de forma tal que se preparan para el peor suceso aleatorio que puedan imaginar.

### Principios de diseño

Los ingenieros confían en una diversidad de enfoques o “principios de ingeniería de diseño” para reducir o eliminar riesgos. Referimos aquí algunos para estimular sus reflexiones sobre los diversos caminos que puede tomar cuando trate con riesgos.

1. **Eliminar el proceso o la causa del riesgo.** A menudo, un proceso ha sido realizado durante tanto tiempo que se piensa erróneamente que es esencial para la operación de la planta. Después de muchos años en operación, el proceso se vuelve institucional, y el personal tiende a aceptarlo sin preguntas. Sin embargo, es trabajo de los profesionales de la seguridad y la higiene poner en duda los procedimientos viejos y aceptados de hacer las cosas, si son riesgosos. Tal vez presenta riesgos que eran considerados aceptables cuando el proceso fue diseñado, pero ahora son inaceptables. La nueva forma de pensamiento puede llegar a una conclusión distinta sobre qué tan determinante es la necesidad de un proceso particular.
2. **Sustituir con otro proceso o material.** Si un proceso es esencial y debe conservarse, quizás sea posible cambiarlo por otro método o material no tan peligroso. Un buen ejemplo es la sustitución del benceno (que causa leucemia) con solventes menos peligrosos. Otro ejemplo es cambiar un proceso de maquinado para que se haga en seco, es decir, sin el beneficio de fluido de corte. Es cierto que muchas operaciones de corte en máquinas herramientas requieren de fluido de corte, pero quizás para algunos materiales y procesos no sea imprescindible y los inconvenientes sean más importantes que los beneficios.
3. **Proteger al personal de la exposición a los riesgos.** Cuando un proceso es absolutamente esencial para la operación de la planta y no hay forma de sustituirlo o cambiar los materiales peligrosos con los que se realiza, a veces es posible controlar la exposición al riesgo protegiendo al personal.
4. **Instalar barreras para mantener al personal fuera del área.** A diferencia de la protección, que se acopla a la máquina o al proceso, hay otras barreras que se instalan alrededor del proceso o de la máquina a fin de mantener al personal fuera del área de peligro. Dichas barreras parecerán más una función administrativa o un procedimiento operacional, pero el ingeniero que diseña el proceso puede especificar cuáles barreras se necesitan alrededor de un proceso y dónde hay que colocarlas.
5. **Advertir al personal con alarmas visibles o audibles.** En ausencia de otras características protectoras de diseño, el ingeniero diseña a veces la máquina o el proceso de forma que el sistema advierta al operador o al resto del personal cuando la exposición a un riesgo importante es inminente o posible. Para ser eficiente, la alarma debe ser usada con prudencia, de modo que el personal no ignore la luz parpadeante o el timbre, y siga operando a pesar de la exposición.
6. **Usar etiquetas de advertencia para prevenir al personal a fin de que evite el riesgo.** A veces una operación riesgosa esencial no puede ser eliminada, sustituida con un proceso o material menos riesgoso ni protegida adecuadamente a la exposición del personal. En estas situaciones, por lo menos es posible poner una etiqueta de advertencia que recuerde al personal los riesgos no controlados por la máquina ni por el proceso en sí. Este enfoque de diseño no es tan eficaz como los anteriores, porque sucede que el personal no lea o no preste atención a las etiquetas, pero a pesar de su eficacia limitada, las etiquetas son mejores que olvidar la existencia de riesgos en el diseño.

7. Colocar *filtros* para eliminar la exposición a emanaciones peligrosas. Ciertos riesgos requieren del ingeniero de diseño un planteamiento distinto. La ventilación de emanaciones peligrosas es un ejemplo. A veces, el ingeniero puede diseñar sistemas de filtración dentro de la máquina o el proceso para manejar gases o polvos indeseables.
8. Diseñar sistemas de *ventilación* para despejar las emanaciones del proceso. En ocasiones es demasiado riesgoso o impráctico filtrar los productos indeseables de un proceso del aire circundante. En estos casos, el mismo diseño del proceso o la máquina incluye características que vacían al exterior los agentes dañinos conforme se producen. De nuevo, estas características parecen ser la responsabilidad de alguien más, como el experto en ventilación o el ingeniero de mantenimiento de la planta, pero el diseñador del proceso en sí no debe pasar por alto las oportunidades de incorporar estas características en el diseño original del proceso o máquina.
9. Considerar el *uso*. Después de haber incluido los principios de ingeniería más directos para tratar los riesgos en el proceso de diseño, es buena idea revisar e identificar de nuevo todas las partes del proceso o de la máquina con las que tiene contacto el personal. ¿En qué puntos se hace necesario que las personas trabajen con la máquina? ¿En estos el personal está expuesto a riesgos? Estos puntos deben incluir los contactos tanto con el equipo como con el material, y hay que examinarlos de nuevo en busca de características de diseño que puedan controlar aún más los riesgos utilizando los principios de ingeniería enumerados en esta sección.

### Escallos de ingeniería

Es fácil quedar atrapado en la idea de que la tecnología resolverá todos nuestros problemas, incluyendo la eliminación de los riesgos en el trabajo. Desde luego, el inventor de un nuevo aparato para prevenir lesiones o enfermedades se aferra a él y presenta argumentos convincentes para instalar el nuevo invento en todos los lugares de trabajo. Cuando estos argumentos persuaden a los redactores de las normas, éstos ordenan que todas las industrias apropiadas instalen el nuevo dispositivo. Sin embargo, varias cosas pueden salir mal.

Volviendo al caso en contra del enfoque coercitivo, ciertas circunstancias no usuales pueden hacer que la solución de ingeniería sea inapropiada o incluso insegura. Un buen ejemplo es el uso de válvulas de cierre de resorte en las mangueras aéreas para herramientas neumáticas. El propósito de las válvulas es impedir que se sacuda la manguera al detener el flujo de aire, en el caso que la herramienta se separe accidentalmente de la manguera. El flujo repentino de aire vence a la válvula de resorte y la cierra, con lo que se detiene el flujo. El problema se presenta cuando se operan varias herramientas con la misma manguera principal y el flujo llega al máximo, incluso durante el uso normal. El corte entonces se convierte en una molestia que obstaculiza la producción.

Otro problema del enfoque de ingeniería está relacionado con el primero: los trabajadores suprimen o anulan el propósito de los controles de ingeniería o de los dispositivos de seguridad. El ejemplo más obvio es la eliminación de las protecciones en las máquinas. Antes de culpar al trabajador, observe con atención el diseño de las protecciones: algunas son tan incómodas que hacen casi impo-

sible el trabajo; otras, son tan imprácticas que uno se pregunta cuáles fueron los motivos del fabricante del equipo. Hay una razón legal para instalar protecciones imprácticas en una máquina nueva, de forma que los usuarios tengan que quitarla antes de poner en servicio el aparato. Como al retirar tal protección el usuario modifica de hecho la máquina, el fabricante queda libre de responsabilidades por cualquier accidente, que en teoría la protección hubiera evitado.

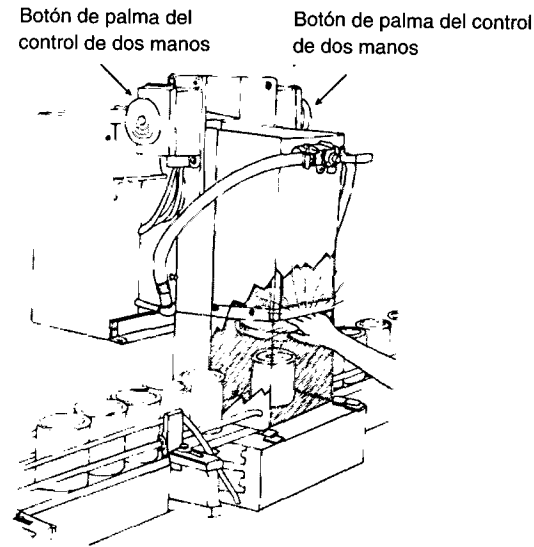
Una ironía del enfoque de ingeniería es que si el sistema no hace el trabajo para el que está destinado, puede hacer más mal que bien, pues crea una falsa sensación de seguridad.

### CASO 3.6 UNA FALSA SENSACIÓN DE SEGURIDAD

Un operador enseñaba orgullosamente una nueva impresora a su familia en una celebración pública dedicada a mostrar los dispositivos de seguridad de tecnología de punta incorporados al nuevo equipo. Una de las características de vanguardia era un sensor fotoeléctrico diseñado para detectar cualquier objeto (digamos, las manos del operador) que penetrara la zona de peligro en el punto de alimentación de los rodillos de impresión. El sistema estaba preparado para detener los rodillos en el instante en que detectara un objeto. El operador estaba tan orgulloso del sistema que lo exhibía metiendo repetidamente la mano en la zona de peligro. Por fin, tuvo éxito y consiguió derrotar al sistema: la impresora le amputó la punta de un dedo. Este caso, que parece increíble, realmente sucedió. Uno se siente inclinado a cuestionar el juicio del operador al probar la máquina de manera tan tonta, pero hay la tendencia a confiar implícitamente en la ingeniería. Por lo tanto, los trabajadores quedan expuestos a riesgos debido a la falsa sensación de seguridad que a veces crean los sistemas de ingeniería.

Esta sensación de falsa seguridad puede incluso conducir a nuevos procedimientos que dependen del dispositivo de seguridad para controlar la operación de forma que el trabajo se acelere. El mejor ejemplo que viene a la mente es el interruptor límite del malacate de una grúa viajera. Se activa el interruptor (que apaga el motor del malacate) si el montón de carga del malacate se aproxima demasiado al puente. La idea suena bien, pero el operador puede aprovecharse del dispositivo y *depender* del interruptor para que éste detenga la carga durante la operación normal. El interruptor límite del malacate no está diseñado como control de operación, pero los trabajadores lo usan de esa manera. La única defensa contra este uso es la capacitación apropiada y actitudes seguras por parte del operador, esto es, el enfoque psicológico.

Finalmente, la ingeniería del sistema puede a veces causar un riesgo, como se ilustra en el siguiente ejemplo, en el cual el martillo de una prensa neumática aplastó la mano de un operador en la *carrera hacia arriba* (véase la figura 3-1). La prensa estaba equipada con un control de dos manos, diseñado para que por seguridad no fuera posible activar la prensa si el operador no empleaba ambas



**Figura 3-1** El martillo de una prensa neumática aplasta la mano del operador en la subida; el dispositivo de control de seguridad de dos manos impide que el operador reactive la prensa para liberar la mano.

manos. Irónicamente, el control creó un riesgo. La prensa fue rediseñada para colocar una protección frente al martillo, de forma que el operador no pudiera introducir la mano por encima de éste.

Los controles de pie para las máquinas son un buen ejemplo de los conflictos que surgen entre los riesgos que se supone que elimina la ingeniería y los que crea. El encendido accidental de estos controles es un problema, de forma que los ingenieros han diseñado resguardos tales que el operador debe insertar el pie antes de pisar el control. Ahora bien, estos resguardos complican el manejo del control. Se requiere más atención por parte de los operadores para mover el pie correctamente, introducirlo en el resguardo y operar el pedal. En teoría, esto es bueno, porque un movimiento descuidado no activará la máquina; sin embargo, debido a los movimientos adicionales y a veces difíciles que requiere el resguardo, algunos operadores se colocan de forma que mantienen un pie sobre el pedal todo el tiempo, “montando el pedal”, como le llaman. Montar el pedal incrementa la posibilidad de que el operador active por accidente la máquina, el mismísimo riesgo que el resguardo debía evitar. Este problema ha sido estudiado extensamente por Triodyne Inc. (ref. 10).

Veamos otro ejemplo. Se utilizan robots para trabajar en entornos calientes y ruidosos, para levantar objetos pesados y en general para cualquier cosa que implique riesgos para los seres humanos. La mayor parte de los robots industriales son simples brazos mecánicos programados por computadora, que alimentan material a máquinas o hacen soldaduras. Pero el movimiento inconsciente de estos brazos mecánicos puede lesionar a quienes se pongan en el camino. La ironía es que el robot crea un riesgo, cuando su principal propósito era reducirlos. Una solución es perfeccionar el robot añadiéndole sensores que detecten la interferencia de objetos o personas. Otra, consiste en instalar barreras alrededor del robot o mantener de alguna forma al personal fuera de la zona de peligro.

En resumen, el enfoque de ingeniería es bueno y merece la atención que recibe. Sin embargo, hay peligros ocultos, y el gerente de seguridad e higiene necesita cierta preparación para apreciar tanto las ventajas como las desventajas en las inversiones de capital en equipo propuestas en sistemas de seguridad e higiene. Al revisar los ejemplos anteriores de los peligros ocultos de la

ingeniería, se observa que casi todos se resolverían pensando un poco más en el diseño del equipo o su supuesta operación. La conclusión es que la ingeniería puede resolver problemas de seguridad e higiene, pero el gerente no debe cometer el error de suponer que todas las soluciones serán simples.

## EL ENFOQUE ANALÍTICO

Para enfrentar los riesgos, el enfoque analítico estudia sus mecanismos, analiza los antecedentes estadísticos, calcula las probabilidades de accidentes, realiza estudios epidemiológicos y toxicológicos y pondera los costos y beneficios de la eliminación de los riesgos. Muchos de los enfoques analíticos (pero no todos) incluyen cálculos.

### Análisis de accidentes

El análisis de los accidentes y los incidentes (casi accidentes) es tan importante que ya lo hemos estudiado extensamente en el capítulo 2. Ningún programa de seguridad e higiene de una planta industrial está completo sin alguna revisión de los percances ocurridos. Mencionamos de nuevo el tema sólo para clasificarlo dentro del enfoque analítico y mostrar su relación con otros métodos de prevención de riesgos. Su único defecto es que es *a posteriori*, esto es, el análisis se lleva a cabo después del hecho, demasiado tarde para evitar las consecuencias de un accidente ya ocurrido. Pero su valor para la prevención de accidentes es vital.

El análisis de los accidentes no se utiliza lo suficiente para fortalecer los otros enfoques para evitar riesgos. El enfoque coercitivo sería mucho más tolerable para el público si la dependencia encargada pasara más tiempo analizando los historiales de los accidentes, de forma que sólo enviara citatorios por las violaciones más importantes. También el enfoque psicológico se reforzaría mucho si respaldara sus argumentos persuasivos con resultados de accidentes reales. El enfoque de ingeniería necesita el análisis de accidentes para saber dónde están los problemas y diseñar la solución para tratar todos los mecanismos del accidente.

### Análisis de modos y efectos de las fallas

Algunas veces un riesgo tiene varios orígenes, y debe realizarse un análisis detallado de las posibles causas. Los ingenieros en confiabilidad utilizan un método llamado *análisis de modos y efectos de las fallas* (*failure modes and effects analysis*, FMEA) para rastrear el efecto de las fallas de cada componente en la falla general o “catastrófica” del equipo. Dicho análisis está orientado al equipo, no al riesgo. En su propio interés, los fabricantes de equipo suelen llevar a cabo un FMEA antes de sacar a la venta un producto nuevo. Los usuarios pueden aprovechar el análisis del fabricante, para determinar qué hizo que una pieza del equipo fallara.

El análisis de modos y efectos de las fallas es importante para el gerente de seguridad e higiene cuando la falla de una pieza del equipo puede dar lugar a una lesión o enfermedad industrial. Si una pieza es vital para la seguridad o la higiene de los empleados, conviene que el gerente pida un informe del análisis de modos y efectos de las fallas realizado por el fabricante o comerciante potencial del

equipo. Sin embargo, en la práctica los gerentes de seguridad e higiene ignoran el FMEA hasta que ha ocurrido un accidente. Ciertamente los gerentes de seguridad e higiene deben saber por lo menos qué significan las siglas FMEA, de forma que no queden asombrados ante el término en un juzgado, si los fabricantes lo esgrimen para defender la seguridad de sus productos.

Una forma provechosa de servirse del FMEA *antes* que ocurra un accidente es el mantenimiento preventivo. Todo componente tiene algún mecanismo sujeto a una falla final. Usar el equipo hasta que acabe por fallar puede tener consecuencias trágicas. Por ejemplo, piense en el cable de una grúa, los eslabones de las cadenas de una eslinga o los frenos de un montacargas. El FMEA dirige la atención hacia los componentes esenciales que deben someterse a un mantenimiento preventivo que los inspeccione y remplace *antes* de que fallen.

### Análisis del árbol de fallas

Un método muy similar pero más general que el FMEA es el *análisis del árbol de fallas*. En tanto que el FMEA se ocupa de la confiabilidad de los componentes, el análisis del árbol de fallas se concentra en el resultado final, que es por lo regular un accidente o en alguna otra consecuencia adversa. Los accidentes se originan con la misma frecuencia de errores de procedimiento que de fallas en el equipo, y el análisis del árbol de fallas toma en consideración todas estas causas. El método fue preparado a comienzos de los años sesenta por Bell Laboratories, en un contrato con la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. El objetivo era evitar un desastre potencial en el sistema de misiles.

El término *árbol de fallas* se debe a la apariencia del diagrama lógico utilizado para analizar las probabilidades de las diversas causas y sus efectos. Las hojas y ramas del árbol de fallas son las innumerables circunstancias o sucesos que pueden contribuir a un accidente. La base o tronco del árbol es el accidente catastrófico u otro resultado indeseable. La figura 3.2 tiene un ejemplo de un diagrama del árbol de fallas de la red de relaciones causales que contribuyen a la electrocución de un trabajador que maneja un taladro eléctrico portátil.

El diagrama de la figura 3.2 utiliza dos símbolos del código de las relaciones causales, que se explican en la figura 3.3. Es esencial que el analista sea capaz de distinguir las relaciones Y y O para las condiciones del suceso. Cuando estas condiciones están vinculadas por una compuerta Y, es necesario que estén presentes todas las condiciones causales para que ocurra un resultado. En cambio, cuando las condiciones están relacionadas por una compuerta O, es suficiente sólo una de ellas. Por ejemplo, se requiere que estén presentes el oxígeno, el calor y el combustible para producir fuego, así que están conectados por una compuerta Y, como se muestra en la figura 3.4. Pero *tanto* una flama abierta como una chispa estática pueden ser suficientes para producir calor de ignición en una sustancia, de forma que estas condiciones están conectadas por una compuerta O, como se muestra en la figura 3.5. Observe que las figuras 3.4 y 3.5 podrían combinarse para iniciar la elaboración de una rama de un árbol de fallas.

Una dificultad del análisis del árbol de fallas es que requiere que cada condición se enuncie en lenguaje absoluto de "sí/no" o "pasa/no pasa". El análisis se derrumba si una condición tal y como está enunciada puede o no causar un resultado específico. Cuando el analista se enfrenta ante una situación de "quizás", por lo general significa que la causa no ha sido analizada lo suficiente para determinar qué condiciones adicionales son necesarias para lograr el resultado. La dificultad de tratar con una situación "quizás" obliga al analista a examinar con más profundidad las relaciones de las fallas, por lo que, después de todo, la "dificultad" puede convertirse en un beneficio.

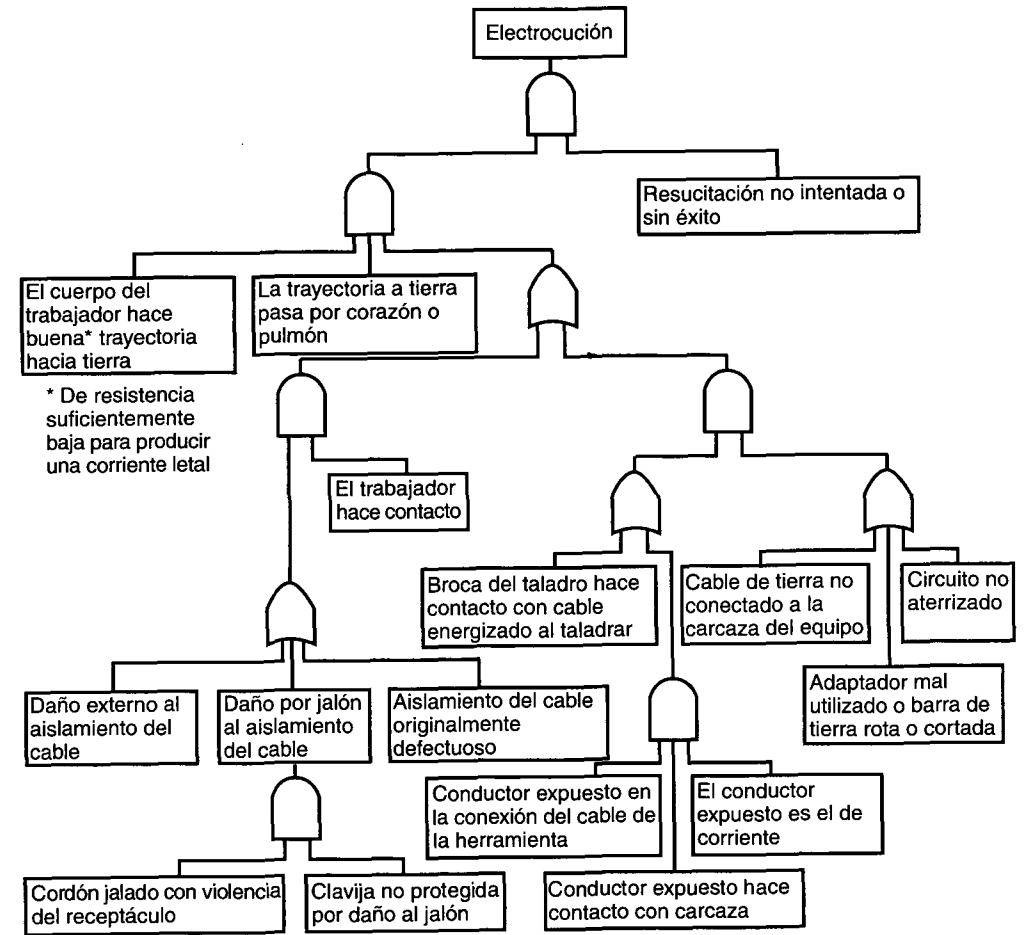


Figura 3-2 Análisis del árbol de fallas de los orígenes de riesgos de electrocución con taladros electrónicos portátiles (sin doble aislamiento).

Los análisis del árbol de fallas permiten al analista calcular medidas cuantitativas de la probabilidad de ocurrencia de accidentes. No obstante, el cálculo es complicado y en el mejor de los casos es sólo tan bueno como las estimaciones de probabilidad de ocurrencia de condiciones causales. Uno se sentiría inclinado a sumar las probabilidades de sucesos que llevan a una compuerta O y multiplicar las probabilidades de los que llevan a una compuerta Y. Esta impresión es errónea en ambos casos, y

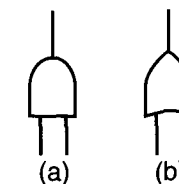


Figura 3-3 Código lógico de los diagramas de los árboles de fallas: (a) Símbolo de compuerta Y; (b) Símbolo de compuerta O.



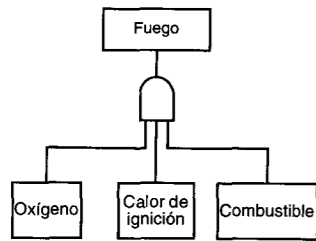


Figura 3-4 Ejemplo del uso de la compuerta Y en los diagramas de árbol de fallas.

lo demostraremos para la compuerta O. Suponga en el ejemplo de la figura 3.5 que las probabilidades de ocurrencia de las dos causas de suceso fueran como sigue:

Causa del suceso	Probabilidad de ocurrencia (%)
Flama abierta	50
Chispa estática	50

Si se suman las dos probabilidades obtendríamos una probabilidad de 100 por ciento de alcanzar el “calor de ignición”, un resultado obviamente erróneo. Una probabilidad de 50-50 de cualquiera de las dos causas posibles es una base insuficiente para encontrar una certeza de 100 por ciento de cualquier suceso. Para que la lógica sea todavía más convincente, volvamos al ejemplo utilizando las siguientes probabilidades:

Causa del suceso	Probabilidad de ocurrencia (%)
Flama abierta	60
Chispa estática	70

Obviamente, ningún resultado puede tener un probabilidad de 130 por ciento. El cálculo correcto de probabilidades consiste en sustraer la “intersección”, o la probabilidad que ambas causas independientes ocurrirán, como sigue:

$$\begin{aligned}
 P[\text{calor de ignición}] &= P[\text{flama abierta}] + P[\text{chispa estática}] - P[\text{flama abierta}] \times P[\text{chispa estática}] \\
 &= 0.6 + 0.7 - 0.6 \times 0.7 \\
 &= 1.3 - 0.42 = 0.88 = 88\%
 \end{aligned}$$

En las compuertas O en las que hay varias causas, el cálculo se vuelve muy complejo. Además, está la cuestión de si las causas son *independientes*, es decir, si la ocurrencia de una no influye en la posibilidad de que ocurra otra u otras. Un caso especial de sucesos *dependientes* son los *mutuamente*

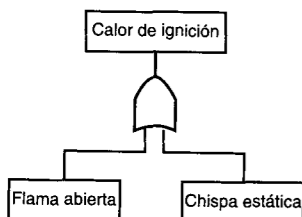


Figura 3-5 Uso de muestra de la compuerta O en los análisis del árbol de fallas.

*excluyentes*, es decir, que la ocurrencia de uno *impide* la ocurrencia del otro u otros. La condición mutuamente excluyente simplifica el cálculo, pero por lo regular las causas en los diagramas no son de esta clase.

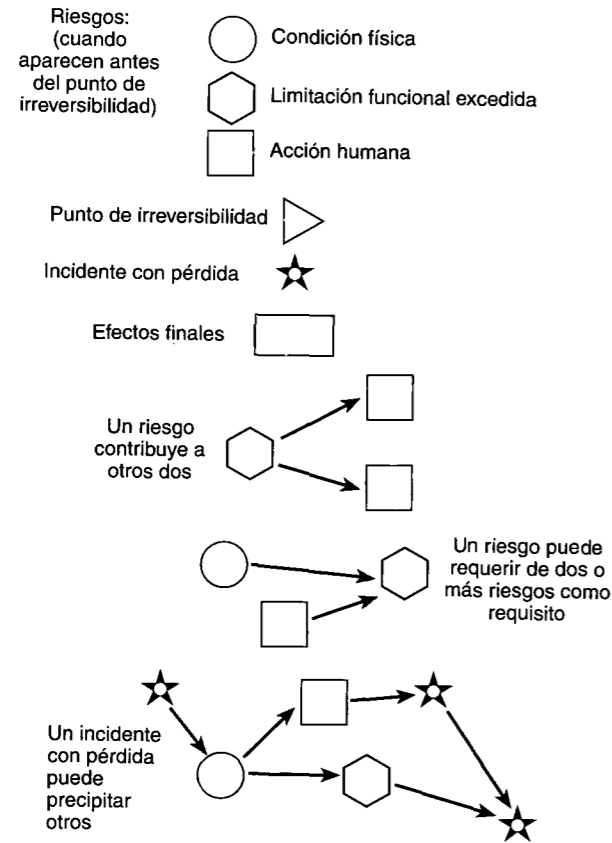
La resolución completa del problema de los cálculos de los árboles de fallas requeriría de un tratado sobre la teoría de las probabilidades, que queda fuera del alcance de este libro. Es suficiente decir aquí que los cálculos de probabilidades de los árboles de fallas son más complejos de lo que la mayor parte de la gente piensa, y por lo general se hacen incorrectamente.

A pesar de estos problemas de cálculo, el diagrama del árbol de fallas es una herramienta analítica útil. El solo proceso de elaborar diagramas obliga al analista a pensar en las diversas causas de los sucesos y sus relaciones con el problema principal. El diagrama terminado permite llegar a algunas conclusiones lógicas sin tener que realizar cálculos. Por ejemplo, en la figura 3.2, el suceso “trabajador hace contacto” es clave, porque a partir del diagrama se puede ver que la prevención de este acontecimiento evitará que cualquiera de los cinco de la parte izquierda inferior del diagrama causen electrocución. Incluso más importante es el suceso “cuerpo del trabajador hace una buena trayectoria a tierra”, cuya prevención basta para impedir la electrocución, de acuerdo con el diagrama. El lector puede sin duda sacar otras conclusiones interesantes de la figura 3.2, que ayudarán a comprender el riesgo más a fondo y a llevar a revisiones que hagan el diagrama más realista. Dicho proceso colabora al objetivo general de evitar los riesgos.

### Modelos causales de incidentes con pérdida

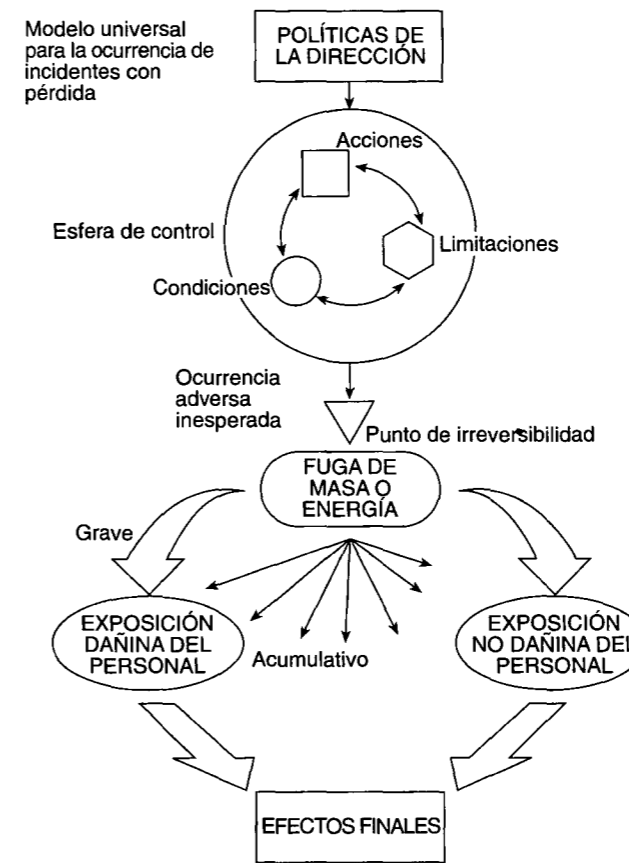
Hay un modelo, diseñado por Robert E. McClay (ref. 93), muy relacionado tanto con los análisis del árbol de fallas como con los análisis de modos y efectos de las fallas, que se concentra en las causas de los “incidentes con pérdida”, ya sea que el incidente resulte en una lesión personal o no. El modelo de McClay pretende asumir un punto de vista universal desde el cual se examine todo el sistema causal, incluyendo las causas primarias, llamadas causas *cercanas*, y las secundarias, llamadas *lejanas*. Una causa cercana sería un riesgo directo, en el sentido convencional de la palabra; por ejemplo, la falta de una protección en una prensa troqueladora. En contraste, un ejemplo de causa lejana incluiría una actitud o unas medidas administrativas deficientes en la asignación de recursos y la atención a la eliminación de los riesgos. Las causas lejanas son tan importantes como las cercanas, ya que aunque su efecto es menos directo e inmediato, son las que crean y dan forma a las causas cercanas.

Un punto vital en la progresión del modelo causal de incidentes con pérdida es el *punto de irreversibilidad*, que McClay define como el punto en el cual la acción recíproca de las causas cercanas dará por resultado un incidente con pérdida. A pesar de la cantidad y variedad de las causas cercanas, sólo en unos pocos casos se dará una secuencia de sucesos que alcance el punto de irreversibilidad. Cuando esto ocurre, es inevitable un incidente con pérdida. No estamos diciendo que habrá una lesión, pues es posible que surjan incidentes con pérdida que no expongan al personal o, si lo hacen, que no causen daños. Factores como la exposición del personal influyen en la gravedad de los efectos del incidente después de que se haya superado el punto de irreversibilidad. Estos factores que alteran el resultado pueden ser negativos o positivos, esto es, pueden ser *factores agravantes*, que hacen que el resultado sea más grave, o *factores mitigantes*, que aminoran la gravedad del resultado.



**Figura 3-6** Símbolos utilizados al elaborar diagramas de incidentes con pérdida. (Fuente: Reimpreso con permiso de Professional Safety, Des Plaines, IL.)

McClay ha propuesto una regla convencional de elaboración de diagramas para ayudar al analista a visualizar el modelo causal universal. La figura 3.6 define los símbolos que se emplean para trazar el modelo. Observe que las causas cercanas están representadas por tres símbolos diferentes que significan respectivamente tres categorías de riesgo: condiciones físicas, limitaciones funcionales excedidas y acciones humanas. Cada una de estas tres clases de riesgos pueden tener una relación causal con cualquiera de las otras dos, y hasta un incidente con pérdida puede a su vez tener una relación causal con otras causas cercanas u otros incidentes con pérdida, como se ilustra en los ejemplos del diagrama. La figura 3.7 resume el modelo universal causal de incidentes con pérdida; muestra la relación entre las causas distantes y cercanas y representa la región anterior al punto de irreversibilidad como *esfera de control*. La importancia de visualizar en un diagrama (como el de la figura 3.7) un sistema causal de incidentes con pérdida es que permite al analista o al gerente de seguridad e higiene distinguir los factores y las condiciones que son controlables y percibir las consecuencias, buenas y malas, que se deriven de dedicar recursos a eliminar riesgos o mitigar sus efectos. El enfoque analítico puede ser útil en tanto que ayuda al gerente de seguridad e higiene a definir y cumplir *objetivos razonables*, como explicamos en el capítulo 1.



**Figura 3-7** Modelo universal para la ocurrencia de incidentes con pérdida. (Fuente: Reimpreso con permiso de Professional Safety, Des Plaines, IL.)

### Toxicología

La toxicología es el estudio de la naturaleza y los efectos de los venenos. La toxicología industrial se preocupa en especial de identificar qué materiales o contaminantes industriales pueden perjudicar a los trabajadores y qué debe hacerse para controlarlos. Se trata de un enunciado general, porque casi todos los materiales son dañinos a los organismos si la concentración o cantidad de exposición es lo bastante grande.

Muchos estudios toxicológicos se realizan en animales para fundar las conclusiones sobre los riesgos para los seres humanos. Estos estudios son esenciales porque la mayor parte de los experimentos toxicológicos causarían la muerte o daños serios a sujetos humanos. La desventaja es que las defensas de los animales a diversas sustancias tóxicas varía con las especies. Sin embargo, entre más avanza el campo de la toxicología, más materiales tóxicos se clasifican y mejor se predicen sus efectos incluso antes del experimento. Cada vez se conocen mejor las equivalencias en las respuestas a diversos agentes de los sistemas inmunes de los seres humanos, por un lado, y conejos, monos, ratones y conejillos de indias, por el otro.

Un campo que se relaciona tanto con la farmacología como con la toxicología es la *farmacocinética*, que Bischoff y Lutz (ref. 11) definen como “la descripción de la absorción, disposi-

ción, metabolismo y eliminación de productos químicos del organismo, útil tanto para la farmacología como para la toxicología". Así como es importante que el farmacólogo comprenda la acción de los productos químicos médicos en el cuerpo, de manera similar es importante que el toxicólogo industrial comprenda el efecto en el organismo de los productos químicos tóxicos.

### Estudios epidemiológicos

La epidemiología se diferencia de la toxicología en que sus estudios se realizan con personas, no con animales. Como es evidente, el término proviene de la voz *epidemia*, y en el sentido literal es, pues, el estudio de las epidemias. El enfoque epidemiológico consiste en examinar las poblaciones para asociar diversas pautas causales patológicas con la ocurrencia concreta de enfermedades. Se apoya en buena medida en las herramientas analíticas de la estadística.

Un estudio epidemiológico clásico asoció la rubéola en mujeres embarazadas con los defectos de nacimiento en los productos. El estudio comenzó como una curiosidad que en 1941 observó N. McAlister Gregg, un oftalmólogo australiano: que en 1939 y 1940 presentaron cataratas los niños nacidos de mujeres que habían sufrido rubéola durante el embarazo. El fenómeno pudo haber pasado inadvertido, de no ser por la epidemia en Australia de esa dolencia durante la Segunda Guerra Mundial. Más adelante, años de estudios epidemiológicos estadísticos confirmaron la relación de la rubéola durante el embarazo y una amplia variedad de defectos de nacimiento.

Por lo regular, las epidemias atacan a la población en general en un momento específico y en determinada área geográfica. Ejemplos son la peste bubónica en Europa a mediados del siglo XIV y la epidemia de rubéola en Australia de 1939 a 1940. Pero hay epidemias más sutiles, que atacan a grupos específicos de personas que pueden estar distribuidas en el tiempo y en el espacio. En otras palabras, las víctimas no viven en un solo lugar o en la misma época, sino que tienen otra característica en común, digamos, lo que *hacen*. Este aspecto de la epidemiología es lo que la hace importante para la seguridad y la higiene laboral. Así, quizá la fibrosis pulmonar no sea una enfermedad muy común en ningún lugar o en ningún momento, pero cuando se examina a quienes han trabajado con asbesto, se observa que después de un periodo largo de latencia, la fibrosis aparece como una epidemia. Los estudios epidemiológicos, que relacionan este problema con el asbesto, han llevado a la identificación de cierta clase de fibrosis pulmonar conocida como *asbestosis*. Otros vínculos epidemiológicos son el *pulmón café* de los trabajadores textiles, el *pulmón negro* de los mineros del carbón y el angiosarcoma de los trabajadores del cloruro de vinilo. El caso 3.7 refiere un estudio epidemiológico reciente.

#### CASO 3.7

##### Estudio epidemiológico

Este estudio, financiado por IBM, fue realizado a principios de los años noventa por investigadores de la Universidad John Hopkins (ref. 24). La población estudiada eran las mujeres embarazadas que trabaja-

ban con éter de dimetil glicol dietileno y acetato de éter de monoetil glicol etileno, productos químicos utilizados en la fabricación de chips de computadora. Sólo se estudió a 30 mujeres de la población objetivo, pero los resultados fueron significativos, debido al alto porcentaje de abortos que ocurrieron en el grupo. De las 30 mujeres estudiadas, 10 tuvieron abortos, es decir, un índice de 33.3 por ciento, en comparación con 15.6 por ciento de las mujeres no expuestas a los productos químicos.

Del caso 3.7 se desprende que un estudio epidemiológico puede ser una herramienta poderosa para vincular un riesgo posible con enfermedades laborales observadas. Se convierte en excelente paso preliminar para estudios más profundos, que pongan de manifiesto las relaciones causales del vínculo observado.

Tanto la epidemiología como la toxicología son elementos importantes en el enfoque analítico de evitar riesgos, pero por lo común el gerente de seguridad e higiene no llevará a cabo tales estudios. Los estudios sirven de base para las normas obligatorias que luego se imponen con el enfoque coercitivo. Los gerentes de seguridad e higiene pueden utilizar también los resultados de estos estudios para fundamentar el enfoque psicológico o como justificación de un enfoque de ingeniería para un problema de higiene.

### Análisis de costos y beneficios

En el capítulo 1 dejamos en claro la importancia del costo de los riesgos. Nos guste o no, la gente hace juicios de costos sobre la seguridad y la higiene laboral (no sólo la dirección, sino que también los trabajadores). En el mundo real, los fondos tienen un límite, y hay que recurrir a los análisis de costos y beneficios para comparar alternativas de inversión de capital. Los gerentes de seguridad e higiene que se crean capaces de justificar a cualquier costo propuestas de inversión de capital que tienen la posibilidad de evitar lesiones y enfermedades parecerán ingenuos. Siempre hay más de una posibilidad de mejorar la seguridad y la higiene, y los análisis de costos y beneficios dan la base para decidir cuáles emprender primero.

La mayor dificultad de los análisis de costos y beneficios es la estimación del lado de la moneda correspondiente al beneficio. Los beneficios a la seguridad y a la higiene consisten en la reducción de riesgos, y para efectuar los cálculos de los análisis de costos y beneficios se debe tener alguna estimación cuantitativa de los riesgos. Ahora bien, las probabilidades de lesión o enfermedad son muy difíciles de determinar. Se están compilando datos estadísticos en cada estado, como vimos en el capítulo 2, pero estos datos aún no profundizan lo suficiente para determinar en forma cuantitativa los riesgos existentes. Además de esta determinación, es preciso calcular los riesgos esperados *después* de la mejora, dado que en general no se puede suponer que todo progreso en la seguridad y la higiene acabará con todos los riesgos. El caso 3.8 ilustra el método de análisis de costos y beneficios.

En el caso 3.8, el lector encontrará que se especula mucho con las estimaciones del costo de los riesgos, lo que vuelve dudoso el análisis; pero es mejor especular y calcular, que ignorar del todo el equilibrio de costos y beneficios. Éste es un momento oportuno para pasar a la siguiente sección del capítulo: la clasificación de los riesgos. Hay mucho que ganar de un análisis subjetivo del costo de los

riesgos, sin recurrir a análisis cuantitativos demasiado complicados, cuya credibilidad quizás no pueda ser documentada con datos "sólidos".

### CASO 3.8

Análisis de costos y beneficios de instalar la protección de una máquina específica

#### Costo

Amortización de la inversión inicial

Costo inicial

Vida útil esperada \$ 4 000

Valor de rescate 8 años

Costo de interés en el capital invertido 0

Costo anual = \$ 4 000 × (20% factor de interés por 8 años) 20%

= \$ 4 000 × 0.26061 =

Costo esperado de mantenimiento anual (si hay) \$ 1 042

Costo anual esperado debido a la reducción de la velocidad de producción (si hay) 0

Costo anual esperado total 800

**\$ 1 842**

#### Beneficio

Costo tangible estimado por lesión de este tipo \$ 350

Costo intangible estimado por lesión de este tipo 2 400

Costos totales por lesión \$ 2 750

Cantidad promedio de lesiones anuales en esta máquina debidas a este riesgo 1.2

Cantidad esperada de lesiones de este tipo después de la protección 0.1

Reducción esperada de lesiones al año 1.1

Beneficio esperado = \$ 2 750 × 1.1

**\$ 3 025**

Dado que el beneficio esperado total de 3 025 dólares es mayor que el costo total esperado de \$ 1 842, la conclusión es que valdría la pena instalar esta protección a la máquina.

- Violaciones no serias
- Violaciones mínimas

En el capítulo 4 explicamos las categorías con mayor detalle. Estas categorías están definidas de manera algo vaga, y se distinguen principalmente por el monto de la penalización de cada una. La categoría de peligro inminente autoriza a la OSHA a solicitar una orden de una corte de distrito de los Estados Unidos para obligar al empleador a suprimir el riesgo o bien a enfrentar un cierre, ordenado por la corte, de la operación. Por el contrario, las violaciones mínimas son meras violaciones técnicas que tienen poca relación con la seguridad o la higiene y que no suelen dar lugar a ninguna penalización monetaria. Pero las descripciones de qué violación entra en qué categoría de riesgo son muy poco claras.

Quizás es imposible definir categorías precisas en todos los casos, pero se gana mucho si se tiene alguna clasificación subjetiva de los riesgos en el lugar de trabajo. La tesis de este libro es que se debe ensayar una escala del 1 al 10, por burda que resulte. Mientras la gente no empieza a hablar de grados de riesgo en tal escala cuantitativa, no se podrá avanzar mucho en el establecimiento de una estrategia eficaz y ordenada de eliminación de riesgos. En una escala de 10 puntos, "10" representa al peor riesgo imaginable y "1" el menos significativo o el más ligero.

Se recomienda la escala de 10 puntos porque se ha vuelto muy popular en el lenguaje cotidiano. Con la ayuda de los medios, especialmente de la televisión, el público entiende enunciados como "en una escala del 1 al 10, este elemento (partido de tenis, pendiente de esquí, beso, etc.) representó por lo menos un 9". La familiaridad de lenguaje sirve para caracterizar riesgos en el lugar de trabajo.

La tabla 3.1 es el primer intento para describir subjetivamente los 10 niveles de riesgo. Las definiciones se refieren básicamente a cuatro riesgos: decesos, riesgos para la higiene, riesgos por ruido industrial y riesgos de seguridad (lesión). Desde luego, es difícil una definición precisa y clara, y sin duda algunos lectores no estarán de acuerdo con la redacción. Las críticas a la escala reflejarán tanto la limitación de las definiciones como los prejuicios de los críticos mismos. Por ejemplo, quizás los expertos en acústica deseen insistir en los riesgos por ruido excesivo. Otros especialistas querrán enfatizar otras áreas.

**Tabla 3.1** Descripciones de categorías para una escala de 10 puntos de riesgos en el trabajo

1. "Violaciones técnicas"; infringen normas de la OSHA, pero no se incurre en ningún riesgo laboral real para la seguridad o la higiene.
2. No hay peligro de muerte real  
Riesgos para la higiene menores o no verificados  
Hasta lesiones menores son poco probables
3. Riesgo de muerte no es motivo de preocupación  
Riesgos para la higiene han excedido niveles de acción designados  
o  
Niveles de exposición al sonido excedidos (por ejemplo, exposición continua en el intervalo de 85-90 dB).

## ESCALA DE CLASIFICACIÓN DE RIESGOS

La ausencia de datos sólidos para apoyar los análisis cuantitativos de costos y beneficios deja un vacío para el uso de herramientas o marcas de referencia por parte del gerente de seguridad e higiene, de la comisión de seguridad o de otros en los cuales recaiga la responsabilidad de decidir las mejoras a la seguridad y la higiene. Es necesaria alguna forma de clasificación o escala para distinguir los riesgos serios de los menores, de forma que se tomen las decisiones racionales para eliminar los riesgos siguiendo el principio de primero el peor.

La OSHA reconoce cuatro clases de riesgos o de violaciones a las normas:

- Peligro inminente
- Violaciones serias

- o Hay riesgos menores de lesiones, pero un riesgo de lesión mayor es muy poco probable
- 4. Riesgo de muerte remoto o inexistente  
Riesgos para la higiene caracterizados por enfermedades temporales; es posible que no se requieran controles o equipo de protección personal
- o Resultará en un daño temporal al oído si no se utiliza control o protección, y algunos trabajadores pueden sufrir un daño parcial permanente
- o Lesiones menores probables, como cortadas o abrasiones, pero el riesgo de lesiones mayores es bajo
- 5. Riesgo de muerte remoto o no aplicable  
La higiene a largo plazo *puede* estar en riesgo; la OSHA *recomienda* o *requiere* controles o equipo de protección personal
- o Sin controles o protección el daño al oído puede ser permanente (por ejemplo, exposición continua de ocho horas en el intervalo de 95-100 dB)  
Lesiones mayores como amputación son poco probables
- 6. Riesgo de muerte poco probable  
Higiene a largo plazo definitivamente en riesgo; la OSHA *requiere* el uso de controles o equipo de protección personal
- o Sin controles o protección, probable daño permanente al oído (por ejemplo, exposición continua de ocho horas en el intervalo de 100-105 dB)
- o Lesiones mayores como amputación son poco probables, pero definitivamente *podrían* ocurrir
- 7. Muerte no muy probable, pero puede considerarse
- o Están comprobados serios riesgos para la higiene a largo plazo; controles o equipo de protección personal esenciales para prevenir *serias* enfermedades laborales
- o Sin utilizar protección, evidentemente el daño al oído sería *grave* y permanente (por ejemplo, exposición continua de ocho horas a más de 105 dB)
- o Lesiones mayores como amputación podrían ocurrir fácilmente
- 8. Muerte posible; esta operación nunca ha producido una muerte, pero fácilmente podría ocurrir en cualquier momento
- o Los riesgos para la higiene a largo plazo son *obvios*; los controles o equipo personal de protección son esenciales para prevenir enfermedades laborales *mortales*
- o Lesiones mayores probables; amputaciones u otras lesiones mayores *ya* han ocurrido en esta operación en el pasado

- 9. Muerte probable; condiciones similares han producido muertes en el pasado; condiciones demasiado riesgosas para la operación normal; las operaciones de rescate de trabajadores lesionados son llevadas a cabo por rescatistas que utilizan equipo personal de protección
- 10. Muerte inminente; los riesgos son graves; algunos empleados ya han muerto hoy o están muriendo; las condiciones son demasiado riesgosas hasta para intentar operaciones de rescate, a no ser quizás con protección extraordinaria

Una prueba crítica se cumple con la escala propuesta. En cada tipo de riesgo, cada nivel sucesivo en la escala describe un riesgo más grave. Las industrias pueden redactar definiciones más adecuadas, pero la idea es empezar a hablar y pensar en los riesgos en términos de una escala de 10 puntos.

En las definiciones de la escala omitimos el costo de cumplimiento o el de corrección de un riesgo dado. El costo es un criterio diferente y es prácticamente independiente del nivel de riesgo. Esto es, puede costar igual o más corregir un riesgo de la categoría 2 que uno de la categoría 9. El costo es un criterio importante en el algoritmo de la toma de decisiones, pero se omite en las definiciones de la escala a fin de tener primero una jerarquía clara de las prioridades de riesgo. Una vez que los riesgos han sido clasificados, se pueden estimar los costos de corregirlos y asignar el capital de acuerdo con una política de inversión racional.

Otro criterio omitido, éste quizás más evidente, es cualquier referencia a las definiciones legales de la OSHA para *peligro inminente*, *violación seria*, etc. La colocación de estas designaciones legales en posiciones fijas de la escala reduciría el objetivo de la clasificación. Muchas personas tienen una noción preconcebida de qué penalización legal se impondría o no en determinada situación riesgosa. Este prejuicio es común en los funcionarios de la OSHA y también en sus contrapartidas industriales. Por ejemplo, si el gerente de seguridad e higiene de una planta cree que una situación dada no es lo bastante seria para merecer el cierre de las instalaciones, tenderá a prohibir la selección de cualquier designación que incluya la designación legal de la OSHA "peligro inminente", a pesar del hecho de que la razón colocaría la definición de la categoría 10 en la de peligro inminente.

En la figura 3.8 aparecen tres perfiles creíbles de la clasificación legal de la OSHA superpuestos sobre la escala de 10 puntos propuesta. El perfil A tiene sabor industrial y representa los puntos de vista de algunos ejecutivos empresariales. No cabe considerarlo como una posición extrema, porque

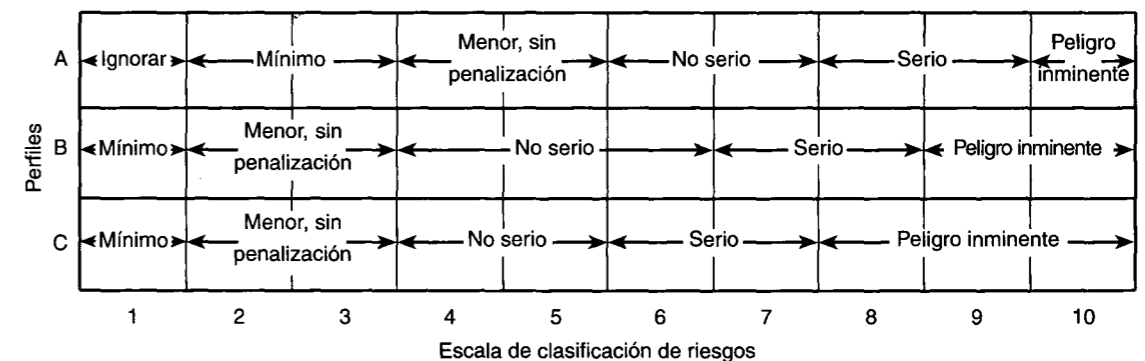


Figura 3-8 Tres perfiles de las designaciones legales para los riesgos, superpuestas en la escala de clasificación de riesgos de 10 puntos.

miles de empresas estadounidenses están dirigidas por personas que creen que ningún funcionario del gobierno debería tener el derecho de cerrar sus compañías, con o sin una orden judicial, cualquiera que sea el riesgo. Por lo tanto, algunos ejecutivos no reconocen la categoría legal de "peligro inminente". El perfil A por lo menos reconoce la categoría de peligro inminente, aunque el perfil está inclinado hacia la derecha. El perfil C muestra una posición contrastante, inclinado hacia la izquierda. Algunos funcionarios de la OSHA han mostrado que su posición es muy próxima al perfil C. Como quiera que sea, este perfil no es el último en el extremo de la izquierda, ya que algunas personas creen que cualquier riesgo de muerte o amputación debería estar clasificado como serio, sin importar lo remoto que sea el riesgo. El perfil B representa una posición intermedia.

Una consideración final en la clasificación de riesgos es el entorno industrial en el que se muestra el riesgo. Lo que parece riesgoso para un obrero de estructuras de acero que trabaja a 30 metros del suelo sobre una angosta viga está en una clasificación completamente distinta a lo que le parece riesgoso a un contador. Una comparación similar podría hacerse entre un minero de carbón y un analista de computadoras. Sólo se pretende que, al menos como primer paso los mineros sepan lo que sus compañeros quieren decir cuando hablan de riesgos de categoría 4. Del mismo modo, los contadores deben tener un concepto homogéneo de los riesgos de, digamos, la categoría 9.

A excepción de algunas categorías muy generales, como "serio" y "no serio", la ley federal tiene muy poco que decir sobre grados de riesgos. No hay criterios coherentes al alcance de los gerentes de seguridad e higiene, y entonces deben decidir de qué problemas ocuparse primero. La escala de 10 puntos que recomendamos aquí para la evaluación de riesgos para la higiene ofrece la oportunidad de poner algún orden a este molesto problema. La escala es un vehículo para alentar a todas las partes a concentrarse en el grado de cada riesgo, de forma que se puedan tomar decisiones racionales para corregir los problemas más importantes.

Es más útil clasificar los riesgos si se asigna un coeficiente a la probabilidad de que ocurra el accidente o incidente con pérdida. Por supuesto, un riesgo de muerte es grave en términos de resultados, pero si la probabilidad de ocurrencia es muy remota, como por ejemplo en el transporte aéreo, no se puede decir que el riesgo en sí mismo sea grave. El análisis de riesgos se ocupa de este problema, y la Fuerza Aérea de los Estados Unidos ha elaborado un "Código de Evaluación de Riesgos (*Risk Assessment Code, RAC*)" (ref. 2), que considera cuatro niveles de "gravedad" y cuatro de "probabilidad de percances", como se muestra en la tabla 3.2:

**Tabla 3.2** Códigos de evaluación de riesgos

		<i>Probabilidad de incidentes</i>			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<b>Gravedad</b>	I	1	1	2	3
	II	1	2	3	4
	III	2	3	4	5
	IV	3	4	5	5

**Gravedad del percance**

- I. Muerte o discapacidad total permanente, pérdida de recursos o daño por fuego en exceso de 1'000,000 de dólares.

- II. Discapacidad parcial permanente, discapacidad total temporal por más de tres meses, pérdida de recursos o daño por fuego de 200,000 dólares o más, pero inferior a 1'000,000.
- III. Percance con días de trabajo perdidos, pérdida de recursos o daño por fuego de 10,000 dólares o más pero menos que 200,000.
- IV. Primeros auxilios o tratamiento médico menor, pérdida de recursos o daños por fuego menores a 10,000, dólares o la violación de un requisito de alguna norma.

**Probabilidad de percances**

- A. Es probable que ocurra inmediatamente o en un plazo breve.
- B. Ocurrirá probablemente con el tiempo.
- C. Ocurrirá posiblemente con el tiempo.
- D. Es improbable que ocurra.

**Designaciones RAC**

1. "Peligro inminente"
2. "Serio"
3. "Moderado"
4. "Menor"
5. "Insignificante"

*Fuente: AFig1-202 (ref. 2)*

En la tabla 3.2 se aprecia que el sistema RAC de la Fuerza Aérea produce una escala del 1 al 5, después de considerar tanto gravedad como probabilidad del percance. Tal vez la escala es algo arbitraria, pero tiene sentido y los códigos RAC imponen algún orden tanto sobre la gravedad como sobre el riesgo de ocurrencia con un solo código. El caso 3.9 muestra cómo se produce un código de evaluación de riesgos para un caso dado de gravedad y probabilidad de percance.

**CASO 3.9**  
**CÓDIGO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS**

Se ha observado una condición defectuosa en el panel de instrumentos de una aeronave militar. El panel a menudo indica erróneamente una falla en el sistema de oxígeno. A veces, los pilotos ignoran esta indicación, en la creencia de que era una falla del instrumento, no del sistema de oxígeno. El resultado, aunque muy improbable, podría ser que no se detectara un riesgo real del sistema de oxígeno, lo que podría llevar a la pérdida de la aeronave en vuelo y a varias muertes. La evaluación de la gravedad de este riesgo lo sitúa en la categoría I, y la evaluación de probabilidad de percance en la categoría D. Según la tabla 3.2, el RAC apropiado de este riesgo sería código 3.

Una norma británica, titulada "Standard Code of Practise for Safety of Machinery" (BS5304:1988) establece un sistema de clasificación que asigna puntos en función de tres criterios de riesgo: gravedad, posibilidad de lesión y frecuencia de acceso:

### Gravedad

Mortal/LTD	Pérdida de vida o discapacidad a largo plazo que requiera hospitalización o tratamiento intensivo	6 puntos
Mayor	Discapacidad permanente, pérdida del oído o la vista, etcétera.	4 puntos
Serio	Pérdida de la consciencia, quemaduras, laceraciones, huesos rotos; cualquier cosa que requiera tratamiento en el hospital	3 puntos
Menor	Hematomas, pequeñas cortadas, abrasiones ligeras; cualquier cosa que pueda requerir no más que la asistencia médica local	1 punto

### Posibilidad de lesión

Seguro	6 puntos
Probable	4 puntos
Posible	2 puntos
Improbable	1 punto

### Frecuencia de acceso:

Frecuente	Varias veces al día	4 puntos
Ocasional	Una o dos veces al día	2 puntos
Rara vez	A la semana o menos	1 punto

El procedimiento consiste en sumar los puntos totales de las tres categorías para llegar a un nivel o puntaje de riesgo general que se emplea en la toma de decisiones para aminorar el riesgo (ref. 147). El caso 3.10 ejemplifica el procedimiento.

### CASO 3.10 NORMA BRITÁNICA DE CLASIFICACIÓN DE RIESGOS

Una prensa troqueladora es accionada a mano en una operación de alta producción con una velocidad normal de 720 ciclos por hora. El operador alimenta la prensa cada ciclo. Si se cerrara la prensa con la mano del operador dentro de la zona de peligro, sería casi segura una amputación. Obviamente, cada vez que el operador alimenta la prensa, el riesgo está presente, pero controles eficaces de ingeniería, con dispositivos de dos manos, hacen muy remota la posibilidad de lesiones en cada ciclo. El problema es examinar la gravedad, el potencial de lesión y la frecuencia de acceso para llegar a una estimación general del nivel de riesgo. Si nos referimos a las definiciones de cada categoría, hacemos la siguiente evaluación. La gravedad es código 2, porque el riesgo es una amputación. El potencial de lesión es muy

bajo, debido al buen control de ingeniería, código 1. La frecuencia de acceso es miles de ciclos al día, así que se le asigna un código 4. La evaluación general se obtiene sumando los tres códigos, lo que da una evaluación general de  $2 + 1 + 4 = 7$ .

Podemos profundizar el concepto de clasificación de los riesgos y aplicarlo a las decisiones nacionales de invertir miles de millones en la eliminación de riesgos. Hay una creciente preocupación por la necesidad de un sistema de evaluación que reconozca cierto nivel de riesgo asociado con las diversas prioridades nacionales de eliminación de riesgos. John C. Nemeth (ref. 103) escribe: "Estoy convencido de que una evaluación de riesgos bien fundada y congruente es la única manera de proceder en forma racional. Necesitamos ponernos a trabajar y normalizar". Jeremy Main (ref. 90) se pregunta si el gobierno asigna de manera racional sus gastos de eliminación de riesgos. Main compara los 8'000,000 de dólares que se dedican cada año a los riesgos por exposición al asbesto, que se piensa que causan de cero a ocho muertes de cáncer al año, con los 100,000 dólares anuales dedicados a los riesgos del radón, que se cree que causan hasta 20,000 muertes por cáncer en el mismo lapso. Quizás los que formulan las políticas nacionales deberían utilizar alguna escala de clasificación de riesgos, a fin de determinar dónde se debe gastar más dinero, en vez de ceder ante cualquier empuje políticamente popular en ese momento.

### RESUMEN

El gerente de seguridad e higiene empeñoso no se contenta con un solo enfoque para enfrentar los riesgos en el trabajo. Hay demasiadas incertidumbres como para resolver los enormes problemas con un único enfoque, por ejemplo "premios por no haber tenido accidentes con pérdida de tiempo" o "multas para cualquiera que viole las reglas". Estos dos enfoques, y todos los demás, tienen su sitio, pero un programa integrado que utilice los puntos fuertes de todos tiene las mayores probabilidades de éxito.

Conforme su profesión gana en complejidad, los gerentes de seguridad e higiene pueden caer en la trampa de aferrarse a sus análisis de apariencia impresionante, sus fórmulas científicas y sus estadísticas. Algunos de los mejores análisis pueden ser subjetivos, no cuantitativos. La escala de clasificación de riesgos de 10 puntos que propusimos en este capítulo es una oportunidad para que los gerentes de seguridad e higiene hablen y piensen sobre riesgos laborales en términos de *grado*. La alta dirección de las corporaciones ha estado esperando años a que surja esta raza de gerente de seguridad y higiene, la que distinga los problemas verdaderamente significativos de los ordinarios y triviales.

### EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 3.1 Nombre las cuatro categorías de seriedad de riesgos, según la OSHA.
- 3.2 ¿Cuál es la designación de la OSHA para las violaciones menores a normas que tienen poca o ninguna relación con la seguridad y la higiene?
- 3.3 Considere los siguientes riesgos y clasifíquelos en una escala del 1 al 10 (10 el peor). También clasifique cada uno en las cuatro categorías de la OSHA, según su opinión:

- (a) La de tierra (tercera barra) está cortada del cordón de electricidad de una computadora de oficina.
  - (b) La terminal de tierra está cortada del cordón de electricidad de la aspiradora de un taller.
  - (c) Un taladro eléctrico con alambrado defectuoso hace que un empleado reciba una fuerte descarga y que se niegue a usarlo. Otro empleado menosprecia el riesgo, clama que él es “demasiado rudo para 110 volts” y recoge la herramienta para continuar la tarea.
- 3.4 Una regla de seguridad bien conocida es no desconectar la clavija de la toma de corriente de la pared tirando del cordón. ¿Ha roto usted esta regla? ¿Lo hace regularmente? ¿Cuál es la razón de esta regla? ¿Cree que sea una regla prudente?
- 3.5 ¿Cree usted que las reglas de seguridad o higiene están “hechas para romperse”? ¿Por qué?
- 3.6 Nombre cuatro enfoques básicos para evitar riesgos.
- 3.7 Recuerde a su primer supervisor en su primer trabajo de tiempo completo. ¿Alguna vez mencionó la seguridad o la higiene en el trabajo? ¿Fue positiva, negativa o neutral la influencia de su supervisor en sus hábitos de seguridad?
- 3.8 ¿Qué es la relación Heinrich?
- 3.9 ¿Cuáles son las tres líneas de defensa contra riesgos para la higiene?
- 3.10 ¿Cuál es el factor de seguridad normal para los cables de grúa? ¿Para los andamios?
- 3.11 Nombre tres principios de protección contra falla generales. ¿Se le ocurre algún ejemplo en el mundo real?
- 3.12 ¿Qué tiene que ver la ley de Murphy con la seguridad y la higiene laboral?
- 3.13 ¿Cuál es el propósito del FMEA?
- 3.14 Trace un diagrama de árbol de fallas que describa las causas posibles de incendio en áreas de pintura con pistola. Compare su análisis con el de otros de la clase.
- 3.15 Trace un diagrama de árbol de fallas que describa la manera en que un par de dados tiren “7”. Calcule el “riesgo” o probabilidad de sacar 7.
- 3.16 Explique la diferencia entre toxicología y epidemiología.
- 3.17 Altere el diagrama del árbol de fallas de la figura 3.2 para considerar la posibilidad de que el taladro eléctrico portátil pueda tener doble aislamiento (es decir, cubierto en una carcasa de plástico aprobada para impedir un contacto eléctrico con la carcasa metálica de la herramienta).
- 3.18 En el modelo universal causal de incidente con pérdida, ¿cuál es la diferencia entre los factores cercanos y los lejanos? ¿A qué categoría pertenecen las políticas de la dirección?
- 3.19 Explique el concepto del punto de irreversibilidad. ¿Garantiza este punto que ocurrirá una lesión personal? ¿Cuál es la participación de los factores agravantes y mitigantes?
- 3.20 Las causas de accidente A, B y C tienen una probabilidad de ocurrencia de aproximadamente 1 en 1000, pero las causas son mutuamente excluyentes. Suponga que la causa B ocurre de hecho en una situación dada. ¿Cuál es la probabilidad de que la causa A ocurrirá en esta situación?
- 3.21 Utilizando un par de dados como dispositivo de simulación, suponga que un resultado de 11 representa un accidente industrial.
- (a) Trace un diagrama de árbol de fallas para ilustrar las maneras en que podría ocurrir el accidente.
  - (b) Calcule la probabilidad que el accidente ocurra en cualquier tiro de dados.
  - (c) ¿Se excluyen mutuamente las causas de este accidente?

3.22 A continuación aparecen algunas causas de resbalones y caídas:

- (a) Fugas de aceite de los montacargas.
- (b) Agua o cera en el piso durante operaciones de limpieza.
- (c) Hielo en los pasillos o en las plataformas de descarga durante el invierno.
- (d) Suelas resbalosas en los zapatos.

Desde el punto de vista de un programa total de seguridad de planta, ¿son estas causas mutuamente excluyentes? ¿Por qué? Para un solo accidente dado, ¿son estas causas mutuamente excluyentes? ¿Por qué?

3.23 A continuación citamos tres de las muchas causas de lesiones entre los operadores de prensas troqueladoras:

- (a) Las barreras de protección son del tamaño adecuado, pero muy altas; el trabajador puede meter la mano por debajo de la protección.
- (b) Las barreras de protección son del tamaño adecuado, pero muy bajas; el trabajador puede meter la mano por encima de la protección.
- (c) Las separaciones entre barreras de protección son muy grandes; el trabajador puede meter la mano a través de la protección.

¿Cuáles de estas causas son mutuamente excluyentes?

3.24 Cierta lesión tiene costos tangibles de 15,000 dólares por incidente y costos intangibles estimados en 250,000, también por incidente. La frecuencia de la lesión es de 0.01 al año, pero se reduciría a la mitad con la instalación de un nuevo sistema de control de ingeniería. ¿Qué beneficios anuales proveería el nuevo sistema?

3.25 Cierta sistema de ventilación le costaría a una empresa aproximadamente 60,000 dólares, suma que se amortizaría en su vida útil a un costo de 15,000 dólares al año. Se espera que los costos de mantenimiento anual sean de 600 dólares, y los costos de operación mensuales (servicios) de 150. Se espera que el sistema facilite la producción, al reducir los requisitos de limpieza de la máquina, además de que traiga ahorros anuales de 1 200 dólares. Se espera que el beneficio principal del sistema de ventilación propuesto sea la eliminación de la necesidad de respiradores, que cuestan a la empresa 4 000 dólares al año en equipo, mantenimiento, capacitación a los empleados y administración del sistema de ventilación. Se espera que el sistema de ventilación reduzca al año las quejas de enfermedad a corto plazo en un promedio de seis, y por enfermedad a largo plazo en un promedio de 0.2. Las enfermedades a corto plazo tienen un costo de 600 dólares por ocurrencia, incluyendo intangibles. Las enfermedades a largo plazo tienen un costo total de 30,000 dólares por ocurrencia, también incluyendo intangibles. Aplique un análisis de costos y beneficios para determinar si se debe instalar el sistema de ventilación. ¿Cuál es el beneficio principal del sistema?

3.26 En una escala del 1 al 10 (10 el peor), ¿cómo calificaría usted cada uno de los siguientes riesgos?

- (a) Balcón a tres metros de altura sin barandal. Los trabajadores operan regularmente cerca del borde todos los días, sin protección para caídas.
- (b) Lo mismo que en el inciso (a), excepto que la superficie de trabajo está en el exterior y en clima lluvioso es muy resbalosa.
- (c) No hay barandal en un balcón a tres metros utilizado solamente dos veces al año por un trabajador de mantenimiento al dar servicio a un acondicionador de aire.
- (d) Un techo plano sin protección al que sube sólo el personal de mantenimiento del acondicionador de aire. La mayor aproximación necesaria al borde es de 7.5 metros.
- (e) Peldaño de escalera roto (el peldaño de en medio de una escalera de 3.5 metros).



- (f) Receptáculos de basura demasiado llenos en la cafetería.
- (g) Cable de grúa de dos toneladas con alambres peligrosamente deshilachados o rotos en varios haces.
- (h) Cíncel o cortafrío con cabeza en forma de hongo.

**3.27** Considere la siguiente relación de un accidente:

El 4 de julio de 1980, tres trabajadores de 14, 16 y 17 años estaban instalando un letrero en una tienda de carnadas al lado de una autopista estatal. Empleaban una escalera metálica extensible montada en un camión para descargar y colocar un soporte de acero para el letrero. Dos de los trabajadores sostenían y guiaban el soporte de acero mientras que el tercero estaba de pie sobre la plataforma del camión operando los controles de la escalera. Ésta entró en contacto con una línea de energía eléctrica de 13,200 volts. Los dos trabajadores que guiaban el soporte de acero estaban de pie en tierra y se electrocutaron de inmediato. El tercero intentó deshacer el contacto con la línea eléctrica operando los controles, estaban inutilizados, probablemente porque el alambrado se había quemado debido al alto voltaje. Entonces, el trabajador saltó del camión y corrió al frente para tratar de mover el vehículo y romper el contacto. Cuando agarró la manija de la cabina todavía estaba en tierra, lo que proporcionó una trayectoria para la corriente a través de su cuerpo. La empresa de servicio público eléctrico había equipado la línea con un “restaurador” que en estas condiciones normalmente hubiera abierto el circuito, pero en este caso por una diversidad de razones dejó de hacerlo. Por lo tanto, la energía siguió conectada durante un periodo bastante largo. El alto voltaje y la corriente acabaron por destruir la resistencia dieléctrica de las llantas de hule y estallaron. Esto cambió la posición del camión y el contacto con la línea de energía se rompió, pero no antes de que uno de los trabajadores se hubiera quemado a la mitad y que ambas piernas de otro quedaran totalmente quemadas. Los tres trabajadores murieron. ¿Cómo se podrían evitar accidentes de esta clase? Compare los cuatro enfoques básicos para evitar riesgos a fin de prevenir estos accidentes.

- 3.28** ¿Qué delimita la región de la esfera de control y qué factores le pertenecen?
- 3.29** ¿En qué circunstancias es incorrecto utilizar la simple suma de probabilidades de sucesos causales para calcular la probabilidad de que dos sucesos causales suficientes den por resultado determinado acontecimiento?
- 3.30** El suceso A tiene una probabilidad de ocurrencia  $p_a$ , el suceso B tiene una probabilidad de ocurrencia  $p_b$  y A y B son independientes. Tanto A como B son causa suficiente para que ocurra un suceso C de incidente con pérdida. Calcule la probabilidad de ocurrencia un incidente con pérdida C.
- 3.31** El suceso A tiene una probabilidad de ocurrencia 0.3, el suceso B una probabilidad de ocurrencia 0.2 y A y B son independientes. Tanto A como B son causa suficiente para que ocurra un suceso C de incidente con pérdida. Calcule la probabilidad de ocurrencia de un incidente con pérdida C.
- 3.32** Estudie las normas de la OSHA para encontrar ejemplos de la aplicación de cada uno de los tres principios de protección contra falla.
- 3.33** ¿Qué concepto de ingeniería parece haber estado mal aplicado en el desastre de las pasarelas colgantes de Kansas City?
- 3.34** ¿Qué es un “control de hombre muerto”? Dé un ejemplo aparte de los que referimos en el libro.
- 3.35** Ofrezca un ejemplo de “redundancia” en el diseño de ingeniería, diferente de los que hemos visto aquí.
- 3.36** ¿La conducción a la defensiva es un ejemplo de la aplicación de cuál de los tres principios de protección contra falla?
- 3.37** Explique en qué sentido el FMEA es un beneficio para un programa de mantenimiento preventivo.

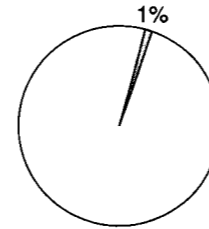
- 3.38** Se puede decir que casi cualquier sustancia es venenosa para los seres humanos. Explique esta aseveración y cite un ejemplo de una sustancia aparentemente inofensiva.
- 3.39** Explique el término “farmacocinética” y cómo se aplica a la higiene y a la seguridad laboral.
- 3.40** ¿En qué manera es útil el campo de la epidemiología a la seguridad e higiene laboral?
- 3.41** ¿Qué personas o instituciones llevan a cabo estudios de toxicología y epidemiología y por qué? ¿Normalmente se esperaría que los gerentes de seguridad e higiene fueran los que llevaran a cabo dichos estudios?
- 3.42** ¿Cuál piensa usted que es un riesgo más serio, el radón o el asbesto? ¿Por qué?

## EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 3.43** A partir de su propia experiencia, de una investigación en biblioteca o de entrevistas con otros, redacte el historial de un caso real de accidente mortal que se haya atribuido a un descuido, pero que se hubiera evitado con un mejor diseño de ingeniería.
- 3.44** Seleccione un riesgo real y reúna información sobre las causas que llevarían a un accidente importante. Trace un diagrama del árbol de fallas que relacione las causas con el suceso de pérdida.
- 3.45** Busque en Internet detalles del desastre de las pasarelas colgantes de Kansas City.

## C A P Í T U L O 4

# El impacto de la reglamentación federal



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA para la industria en general relacionadas con este tema*

A principios de los años setenta, el campo de la seguridad y de la higiene industrial dio un gran paso. Sin embargo, se duda sobre si tal paso fue hacia adelante o hacia atrás. El 29 de diciembre de 1970, el Congreso aprobó la Ley Williams-Steiger sobre la Seguridad e Higiene Laboral, que instituyó la Dirección de Salud y Seguridad Laboral u OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), dependiente del Departamento del Trabajo de los Estados Unidos. La OSHA tuvo un mal comienzo y de inmediato se convirtió en el blanco de agudas críticas por parte del público. Pero al mismo tiempo, la oficina llamó de inmediato la atención sobre el campo de la seguridad y la higiene industrial. Los cambios en el gobierno federal han modificado los métodos de la OSHA, métodos que vamos a examinar ahora, junto con los planteamientos básicos sobre los cuales se fundamenta esa dependencia. Cualquiera que sea el futuro de la OSHA, su impacto en el campo es permanente, y este libro no estaría completo si no lo examinara.

La mayoría de la gente piensa en la OSHA cuando se menciona el tema de la reglamentación federal sobre seguridad e higiene. Pero también se encuentra la Dirección de Higiene y Seguridad en la Minería (*Mine Safety and Health Administration*, MSHA), la Ley de Control de Substancias Tóxicas (*Toxic Substances Control Act*, TOSCA) y la Comisión de Seguridad de los Productos del Consumo (*Consumer Product Safety Commission*, CPSC). Casi todas estas dependencias y la legislación concerniente a la seguridad y a la higiene siguen los lineamientos de la OSHA y su legislación. En consecuencia, en este capítulo examinaremos los planteamientos básicos de la OSHA y su efecto en el campo.

### NORMAS

El cambio más significativo que trajo a la industria la OSHA fue un libro de normas federales. Casi toda la industria nunca antes había estado sujeta a reglas de seguridad e higiene laboral prescritas por la federación y obligatorias. Este conjunto de reglas formó la base de inspecciones, notificaciones, sanciones y de prácticamente toda actividad relacionada con la OSHA. Sin embargo, faltaba una regla; es la más importante de todas y será la primera que estudiemos.

## Cláusula de obligación general

El Congreso decidió establecer una regla general para que la obedecieran todos, y la incluyó en su totalidad en el texto de la ley que creó la OSHA. Esta regla, llamada cláusula de obligación general y que podría considerarse el primer mandamiento de la OSHA, dice lo que sigue:

### Ley Pública 91-596

Sección 5(a) Cada patrono [...]

(1) debe proveer a cada uno de sus empleados un empleo y un lugar de trabajo libre de riesgos reconocidos que estén causando o que tengan probabilidad de causarles la muerte o un daño físico serio [...]

La OSHA cita la cláusula de obligación general siempre que se alega una violación seria de la seguridad o de la higiene para la cual no parece aplicable ninguna regla particular. Esto ha causado ciertas críticas de parte de la industria, porque después de ocurrido un accidente serio, es fácil concluir que la situación era insegura; sin embargo, antes que ocurriera podría no estar claro lo que se debería haber hecho, especialmente en ausencia de alguna regla que sirviera de guía. Algunas veces, una regla específica es aplicable en parte, y la OSHA cita tanto la cláusula de obligación general como esa regla. Cuando una situación es claramente una violación a una norma específica, la OSHA no se molesta en citar la cláusula de obligación general.

Si la cláusula de obligación general es el primer mandamiento de la OSHA, el segundo también está ahí:

### Ley Pública 91-596

Sección 5(b) Todo empleado debe cumplir con las normas de seguridad e higiene y con todas las reglas, reglamentaciones y órdenes emitidas por esta ley que sean aplicables a su propia acción y conducta.

Observe que la sección 5(a)(1) se refiere a una responsabilidad de las empresas, en tanto que la sección 5(b) atañe a los trabajadores. Están prescritas sanciones por violación de parte de las empresas, pero no las hay para los empleados. La sección 5(a)(1) ha sido citada con bastante frecuencia, pero hasta donde sé, la OSHA nunca ha citado la sección 5(b).

## Promulgación

Además de la cláusula de obligación general, la ley que creó la OSHA también estableció los mecanismos para que la dependencia emitiera nuevas normas demasiado técnicas y detalladas para ser incluidas una por una en el texto de la ley aprobada por el Congreso. La ley proporciona salvaguardas destinadas a asegurar que la OSHA sea justa y dé a todas las partes interesadas la oportunidad de fortalecer u objetar las nuevas normas propuestas. Además de la promulgación de nuevas normas, a la OSHA también se le permite revisar las viejas o incluso revocarlas, siguiendo el mismo procedimiento de preparación de reglamentación, con las salvaguardas prescritas.

## Consenso nacional

La ley de la OSHA reconocía la existencia de normas de consenso nacional ya en uso antes de su promulgación. Ésta es una parte muy importante de la ley, porque dio a la OSHA la facultad de ignorar las salvaguardas del procedimiento que acabamos de mencionar y de emitir normas sin consultar al público. El principio era que las normas, debido a su existencia previa, ya habían sido aceptadas. La autoridad de la OSHA para emitir normas de consenso nacional expiró a principios de 1973, dos años después de la fecha de vigencia de la ley. Por lo tanto, al cabo de dos años, a la OSHA ya no se le permitía “patrocinar” normas de seguridad y de higiene. Casi todas las normas de consenso nacional fueron establecidas por las dos organizaciones normativas principales, el Instituto Estadounidense de Normas (*American National Standards Institute*, ANSI) y la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (*National Fire Protection Association*, NFPA).

Además de las normas de consenso nacional, también se permitía adoptar cualquier norma establecida federalmente como norma general de la OSHA. Las normas federales habían tenido aplicación sólo en grupos limitados, como la industria de la construcción o los contratos con el gobierno. Con la ley de la OSHA, el Congreso le permitió a la dependencia extender estas normas a prácticamente todas las empresas.

El problema más importante de las normas de consenso nacional era si alguna vez representaron tal consenso. Casi ninguna de las normas había sido obligatoria, y el lenguaje utilizado hacía obvio que los redactores de muchas nunca habían pretendido que fueran reglas obligatorias por imponerse mediante sanciones monetarias a los patronos infractores. Examinaremos más a fondo este asunto en la sección “Comoción pública”.

## Estructura

Al analizar las normas, en este libro usaremos a veces los términos “norma horizontal” y “norma vertical”, que el gerente de seguridad e higiene debe comprender. Antes de la OSHA, los estados imponían códigos de seguridad y de higiene por rama industrial y publicaban distintos manuales de reglas para cada una. Éstas son las normas verticales. Por el contrario, el método básico de la OSHA consiste en generalizar y organizar las normas por fuente de riesgo, sin importar la rama industrial. Se trata entonces de normas horizontales. La OSHA limita el alcance de ciertas normas a una sola rama industrial, pero son la excepción; la estructura básica de las normas es horizontal.

La OSHA casi estuvo obligada a utilizar el método horizontal. La naturaleza de la ley de la OSHA era facultar a la nueva oficina para que generalizara normas específicas. Imagine el embrollo de libros que se habría generado si la OSHA hubiera tratado de redactar un libro de normas para cada rama industrial, seleccionándolas entre las de consenso nacional para determinar cuáles se deberían incluir en cada rama. Con un esquema vertical, las inevitables categorías industriales poco usuales “se escurrirían por las lagunas” y caracterizándose por quedar fuera de cualquier norma.

Al optar por el método horizontal, la OSHA dejó que fuera la opinión pública la que llevara a cabo la tarea de buscar entre las normas. Así, publicó un libro de normas, titulado *General Industry, Part 1910*, para cubrir prácticamente todas las ramas industriales. Un fabricante de tazas de té debe

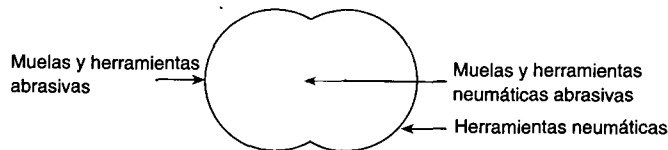
obtener la información del mismo libro que una aerolínea, y ambos deben determinar si necesitan preocuparse de una provisión titulada “ampio entablado”.

La industria de la construcción es una de las ramas industriales para la cual la OSHA publicó una norma vertical, titulada *Construction Standards, Part 1926*, pero incluso estas categorías especiales están también cubiertas por la Parte 1910, más general respecto a cualquier riesgo para el que no haya una norma vertical más específica. La OSHA facilitó un poco el cumplimiento al publicar un *Construction Standard* más grande, que incluía aquellas partes de la norma de la industria en general, que la OSHA pudiera citar en las construcciones. Sin embargo, no abdicó al derecho de volver a las normas de la industria en general, que en la versión grande del *Construction Standard* no estaban incluidas.

El concepto de normas verticales contra horizontales se extiende hacia abajo en las subdivisiones y los párrafos de las normas de la OSHA. Por ejemplo, la norma 1910.106 se refiere a líquidos inflamables y combustibles y es básicamente una norma horizontal aplicable a la industria en general. Sin embargo, dentro de esta norma está el párrafo 1910.106(i), titulado “Refinerías, plantas químicas y destilerías”, que debe considerarse una norma vertical que sólo se aplica a esas ramas industriales.

Un problema al determinar la amplitud de las normas, y de las verticales en particular, es la imposibilidad de una clasificación exclusiva de las industrias y del equipo. Considere el diagrama en la figura 4.1 (llamado diagrama de Venn), que relaciona dos clases de equipo. Los círculos representan las dos clases, y el área sombreada es la coincidencia entre ambos grupos. Los círculos también podrían considerarse normas de seguridad y, por lo tanto, el equipo representado por el área sombreada estaría sujeto de ambas normas.

Otra clasificación de las normas las divide en normas de especificación y de desempeño. Las de especificación son más fáciles de imponer porque explican en detalle qué es lo que el patrono debe hacer y cómo. Por su parte, las de desempeño tienen sus ventajas, puesto que dan al patrono libertad para establecer maneras innovadoras de eliminar o reducir riesgos. En pocas palabras, la norma de especificación destaca el método en tanto que la de desempeño el resultado. La diferencia se aprecia mejor con un ejemplo.



**Figura 4-1** Diagrama de Venn que representa la relación de dos clases de equipo que se superponen.

### Ejemplo 4.1

- (a) Ejemplo de una norma de especificación:  
Norma 1910.110 de la OSHA Almacenamiento y manejo de gases de petróleo licuados
- (c) Sistemas de cilindros
  - (5) Recipientes y equipo utilizado dentro de edificios o estructuras
    - (vi) Se permite el uso de recipientes en procesos industriales con propósitos de procesamiento, de investigación o experimentales, como sigue:
      - (a)...
      - (b) Contenedores conectados a un múltiple deben tener una capacidad total de agua no mayor a 735 libras (capacidad 300 libras nominales de gas LP) y no más de uno de dichos múltiples deben estar localizados en una misma habitación, a menos que estén separados 20 pies de una unidad similar.
- (b) Ejemplo de norma de desempeño: Norma 1910.36 de la OSHA Requisitos generales (bajo la subparte E: Modos de salida)
- (c) Requisitos fundamentales
  - (2) Todo edificio o estructura debe construirse, organizarse, equiparse, mantenerse y operarse de forma que se eviten el peligro a la vida y la seguridad de sus ocupantes contra el fuego, humo, emanaciones o el pánico resultante durante el tiempo razonablemente necesario para escapar del edificio o estructura en caso de incendio u otra emergencia.

La norma en la parte (a) no deja dudas al lector respecto a lo que se debe hacer y especifica los límites de contenedores y múltiples dentro de una habitación. No hay opción para que el patrono diseñe una mejor manera —quizás más segura y menos costosa— de minimizar los riesgos. Sin embargo, una vez que se han cumplido estas normas, el patrono está a salvo de una notificación.

En la norma de desempeño de la parte (b), se observa que las empresas tienen toda la libertad para diseñar sus edificios a fin de evitar un “riesgo excesivo”. Si se crea una nueva alarma contra el humo y se pone en el mercado, el patrono tiene la opción de instalarla o de adoptar una estrategia diferente para mejorar la seguridad en caso de “incendio u otra emergencia”. Pero con la norma de desempeño, puede surgir un desacuerdo entre un inspector de imposición y el patrono respecto a la eficacia de los métodos seleccionados por este último para proteger de “riesgos excesivos”.

La mayor parte de las normas no cabe exactamente en ninguna de estas clases, sino más bien se ajustan en forma aproximada a una u otra. Las empresas tienden a preferir normas de desempeño, en tanto que los inspectores se inclinan por las de especificación. Sin embargo, este punto no divide claramente a los dos grupos. A veces las empresas prefieren las normas de especificación, porque es más fácil determinar si una instalación o equipo cumple con la norma de especificación. Asimismo, algunos inspectores prefieren normas de desempeño porque si ocurriera un accidente, tendería a reforzar el caso de una notificación, sin importar los pasos dados por la empresa para prevenir el riesgo.

## NIOSH

El Instituto Nacional de Salud y Seguridad Laboral (*National Institute for Occupational Safety and Health*, NIOSH) fue fundado por la ley de la OSHA para que se ocupara de la investigación y la capacitación. Lo citamos aquí debido a su importante función de recomendar nuevas normas a la OSHA. Ésta tiene la autoridad exclusiva para la promulgación de nuevas normas, pero el NIOSH establece los criterios para las nuevas normas y realiza las investigaciones para justificar su necesidad. A menudo se piensa que el NIOSH se preocupa sobre todo de la higiene y de los materiales tóxicos, pero es importante recordar que también tiene la responsabilidad de la investigación y el establecimiento de las normas de seguridad.

El NIOSH antecedió a la OSHA, aunque la ley de esta dependencia le dio un nuevo significado al instituto. Ya en 1914, el NIOSH formaba parte del Departamento de Higiene y Sanidad Industrial en Pensilvania. En 1937, se convirtió en la División de Higiene y Sanidad Industrial, como parte del Instituto Nacional de la Higiene. Observe que durante ese periodo se excluyó la palabra “seguridad”. Esta orientación persistió por décadas; en 1944, el instituto se convirtió en parte de la Oficina de Servicios Estatales y en 1968, de la Oficina de Higiene Ocupacional. Dos años después, la ley de la OSHA amplió el instituto para que incluyera la seguridad y lo hizo parte del Departamento de Higiene, Educación y Bienestar (*Department of Health, Education, and Welfare*, HEW), que luego se convirtió en el Departamento de Higiene y Servicios Humanos (*Department of Health and Human Services*, HHS).

## IMPOSICIÓN

La seguridad y la higiene laborales deberían ser temas de vital interés e importancia con o sin la OSHA, pero la mayoría de nosotros no lo habría advertido si en los años setenta no se hubiera dado a la OSHA la autoridad de inspeccionar industrias e imponer sanciones monetarias.

## Inspecciones

La primera ley de la OSHA daba a sus funcionarios el derecho de entrar a una fábrica u otro lugar de trabajo sin demora (en momentos razonables) a la presentación de sus credenciales, que consistían en la identificación del funcionario, pero no en una orden de inspección emitida por un tribunal. El derecho de los funcionarios gubernamentales de hacer esto fue objetado más tarde por un empresario de Idaho, y la Suprema Corte de los Estados Unidos falló a su favor en la famosa decisión Barlow de 1978. Las empresas pueden ahora invocar la Cuarta Enmienda de la Constitución de los Estados Unidos y exigir que la OSHA recabe una orden judicial para realizar la inspección.

Algunos directivos asumen la postura de que ningún momento es un “momento razonable” para ser visitados por el inspector de la OSHA. Argumentan que su planta tiene tantos procesos de propiedad registrada que una visita del funcionario pondría en riesgo secretos comerciales. El Congreso previó esta excusa y decretó que toda información que pudiera revelar un secreto comercial sería mantenida confidencial. De hecho, esta provisión fue esencial para impedir que la OSHA entrara en conflicto con leyes que protegen los secretos comerciales.

Las inspecciones de la OSHA siguen las siguientes prioridades:

1. Peligro inminente
2. Decesos y accidentes mayores
3. Quejas de empleados
4. Industrias de alto riesgo

El peligro inminente sería una situación en la que se podrían esperar muertes o daños físicos serios de inmediato. El tiempo es esencial en estas situaciones, y los procedimientos ordinarios impositivos de coerción pueden llegar muy tarde para proteger a los trabajadores. En una situación de peligro inminente, la OSHA puede ir a una corte de distrito de los Estados Unidos y obtener una orden judicial temporal para retirar a los empleados del área de trabajo. Dicha acción sería poco frecuente y debe ser razonable y permitir que algunos empleados se queden para corregir la situación y garantizar un cierre seguro y ordenado. Si el proceso es continuo, un cierre repentino podría dañar el equipo e incluso resultar inseguro. La OSHA está consciente de esto, y en el caso de operaciones de proceso continuo, no exige que se detenga completamente, sino que acepta que permanezca un equipo piloto que mantenga la capacidad del proceso para poder reanudar la operación normal.

La OSHA exige una llamada telefónica u otra notificación dentro de las ocho horas siguientes a un accidente mortal o a accidentes en los cuales hayan sido hospitalizadas tres o más personas. Esta notificación conducirá sin falta a una inspección de la OSHA, la segunda en prioridad. De hecho, al principio los decesos eran considerados de mayor prioridad, pero más tarde se decidió que sería mejor asignar el primer sitio a riesgos serios y quizás mortales, antes de que ocurriera el accidente. Sin embargo la OSHA tiene la política de investigar ambos incidentes dentro de las 24 horas siguientes a la notificación.

Para que un empleado pida que la OSHA investigue un peligro, debe presentarle una queja que describa el riesgo que cree que existe en su lugar de trabajo. Para que sea válida, la queja debe estar firmada por el empleado. Muchos trabajadores temen recriminaciones u otras represalias si son identificados por su firma. Pero la OSHA está obligada por la ley a guardar en secreto la fuente de una queja de empleado, si éste así lo pide. En todo caso, el empleado goza de otras garantías contra la discriminación, como veremos más tarde.

Después de las quejas, siguen en prioridad las inspecciones a industrias que, de acuerdo con los registros estadísticos, son particularmente riesgosas. En los inicios de la implantación del programa impositivo de la OSHA, se designó a un conjunto de industrias objetivos y, enseguida, un grupo objetivo de normas de higiene. El interés en el Programa de Industrias Objetivos (*Target Industries Program*, TIP) cambió luego por un programa de énfasis especial, que designó el derrumbe de zanjas y excavaciones como la preocupación principal. Después siguió el Programa Nacional de Énfasis (*National Emphasis Program*, NEP), que se concentraba en las fundiciones y las prensas de estampado de metal.

Desde la creación de la OSHA, se le ha dado un creciente énfasis a la industria de la construcción, generalmente reconocida como riesgosa, sobre todo desde el punto de vista de la seguridad. Otras industrias están identificadas como riesgosas por las pruebas estadísticas de que su promedio nacional de días perdidos por accidente TICDTP (*Lost-workdays incidence rate*,) en la Clasificación Industrial de Normas (*Standard Industrial Classification*, SIC) de cuatro dígitos es mayor que el promedio TICDTP nacional de todas las ramas industriales. El TICDTP es un objetivo en movimiento, que suele mejorar con disminuciones todos los años.

## Notificaciones

Después de la inspección, la OSHA puede emitir una notificación por violaciones supuestas de las normas o de la cláusula de obligación general. El límite, según estatutos, es de seis meses, así que si después de ese plazo no se ha recibido notificación, la empresa puede estar segura de que no recibirá ninguna. Un porcentaje cada vez mayor de las empresas no recibe notificaciones después de una

inspección. La OSHA ha señalado este porcentaje en ocasiones y señala a estas empresas “en cumplimiento”. Sin embargo, esta designación puede ser equívoca, porque la profundidad de las inspecciones varía considerablemente. Es casi seguro que una inspección completa, de pies a cabeza, de una planta de fabricación de cualquier tamaño (excepto en las más pequeñas) revele algunas violaciones a la OSHA. El funcionario de cumplimiento de la OSHA puede resistirse a emitir una notificación e ignorará algunos elementos menores, si piensa que la empresa ha hecho un esfuerzo de buena fe para cumplir con las normas.

La OSHA reconoce que algunas situaciones, aunque pueden representar una violación a la letra de la ley, no tienen relación directa o inmediata con la seguridad o la higiene. En estos casos, quizás emita un aviso de ‘mínimo’ en lugar de una notificación. Los avisos de ‘mínimo’ no incluyen sanción monetaria.

Si se emite una notificación, no es un asunto muy privado. Por desgracia, para el gerente de seguridad e higiene, la notificación debe ser colocada de inmediato cerca del lugar donde ocurrió la violación. Tanto los empleados como la dirección pueden leer la notificación y tomar nota de la supuesta violación. Esto aumenta la conciencia general del poder coercitivo de la OSHA y puede provocar quejas de los empleados por otras posibles violaciones. En cuanto a la dirección, el gerente de seguridad e higiene puede prepararla explicando que muchas empresas reciben notificaciones después de una inspección de la OSHA; no es ninguna desgracia que se les encuentre en falta por incumplimiento de algunas disposiciones detalladas de las normas.

La tabla 4.1 muestra la estructura de las sanciones máximas estatutarias para violaciones a la OSHA. Observe que, curiosamente, muchas de las multas comienzan con el número “7”. El Congreso estableció las sanciones máximas en números redondos, como 1 000 dólares (por una violación no seria) y 10 000 (por violaciones deliberadas o repetidas). Sin embargo, la Ley General de Ajuste Presupuestario (*Omnibus Budget Reconciliation Act*) de 1990 autorizó un aumento de siete veces la cantidad de las sanciones de la OSHA (ref. 53).

Las sanciones de la OSHA pueden ser bastante severas, como lo indica la tabla 4.1, pero las multas en sí son por lo general poco importantes. Las sanciones por violaciones no serias suelen ser menores a 100 dólares. La OSHA tiene una fórmula para calcular una sanción reducida, tomando en consideración el tamaño de la empresa (se tiende a asignar multas menores a negocios más pequeños), el historial de violaciones previas y la “buena fe” que muestre el patrono. Para cuando se emite una notificación, ya se ha aplicado la fórmula para calcular una posible reducción en la sanción.

**Tabla 4.1** Sanciones de la OSHA (máximos estatutarios, en dólares)

<i>Falta</i>	<i>Sanción máxima</i>	<i>Infractor</i>
Violaciones no serias	7 000	Patrono
Violaciones serias	7 000	Patrono
Violaciones deliberadas (min. 5 000)	70 000	Patrono
Violaciones repetidas	70 000	Patrono
Falla en corregir una violación	7 000 <i>por día</i>	Patrono
Violación deliberada resultante en muerte de empleado (min. 5 000)	70 000 y/o seis meses en prisión	Patrono
Segunda infracción: violación deliberada resultante en fallecimiento	20 000 y/o un año en prisión	Patrono
No publicar avisos, notificaciones, etcétera.	7 000	Patrono
Dar aviso por adelantado de una inspección	7 000 y/o seis meses en prisión	Cualquiera
Falsificación de registros o informes	10 000 y/o seis meses en prisión	Cualquiera
Matar un inspector de la OSHA	Cadena perpetua	Cualquiera

Fuente: Ref. 125

Aunque la mayor parte de las sanciones de la OSHA son pequeñas, es posible que las multas se conviertan en bastante graves. Observe que la sanción por no hacer que desaparezca la violación es por cada día que permanece sin corregir. Algunas violaciones deliberadas y repetidas han dado lugar a la aplicación de multas por cientos de miles de dólares a una sola empresa, aunque estos casos no son frecuentes.

Además de la lista de categorías de sanciones estatutarias de la tabla 4.1, en los años ochenta la dependencia estableció una categoría administrativa adicional, la violación extraordinaria. Peor que una violación deliberada, una violación extraordinaria es una violación manifiesta o flagrante, que puede merecer sanciones incluso mayores. Las notificaciones por violación extraordinaria requieren la aprobación de las oficinas nacionales de la OSHA en Washington, D.C.

Las siguientes preguntas se formulan a menudo en los seminarios sobre la OSHA:

1. ¿Quién en la organización es el que va a prisión cuando a “la empresa” se le encuentra culpable de violación deliberada resultante en muerte?
2. ¿A dónde va el dinero de las multas de la OSHA? ¿Al presupuesto de la OSHA para el pago de inspectores?

En respuesta a la primera pregunta, en una organización compleja puede entenderse que el patrono representa a toda la cadena de supervisión, desde el supervisor del empleado víctima hasta el presidente ejecutivo de la empresa. Sin embargo, los pocos casos que han sido llevados a juicio indican que la OSHA intentará centrar toda la culpa en una sola persona para que vaya a prisión. El razonamiento es que la OSHA intenta enjuiciar al gerente de mayor autoridad que sabía acerca de la violación y, aun teniendo la autoridad de corregirla, lo omitió y causó con ello la muerte de un empleado. Estudiaremos en el capítulo 7 una notable excepción, un caso en el cual tres miembros de la dirección de una sola empresa, incluido el dueño, fueron acusados de violación criminal.

La otra pregunta, “¿adónde va el dinero?”, parece proceder de ciertos esquemas de coerción estatales y locales. Difícilmente sería razonable depositar el dinero de las multas en las cajas de aquellos funcionarios de las oficinas que las imponen. Pero la idea errónea de que a la OSHA se le permite guardar el dinero de las multas recolectadas persiste en la mente del público. El origen de esta idea parece estar en la tradición de los reglamentos de la oficina estatal de inspección de calderas, que estipulan que el dinero recavado por multas se deberá depositar en las cuentas de la división de inspección de calderas. Pero la OSHA no se sirve de las multas que recaba, sino que se depositan directamente en la Tesorería de los Estados Unidos. De cualquier modo, las multas de la OSHA serían insuficientes para su operación, dado que la cantidad total recolectada anualmente es muy baja en comparación con el presupuesto anual de la OSHA. Se debe admitir que el movimiento presupuestal de 1990 del Congreso para aumentar siete veces la estructura de sanciones de la OSHA, con toda seguridad tuvo el efecto de dar credibilidad a la opinión de que se esperaba que las multas sirvieran para proveer de fondos al presupuesto de la OSHA.

Un gran error que cometen algunos gerentes es pagar las multas de la OSHA y después considerar cerrado el asunto. Tal estrategia ignora el aspecto más importante de la notificación: el periodo prescrito de corrección. La multa de la OSHA por sí misma es lo de menos; el gran impacto de la notificación, si es aceptada, es que cada elemento referido debe ser corregido, sin importar el costo. El costo de corregir violaciones de la OSHA es por lo general mucho mayor que el monto de la sanción.

Así, una estimación reciente del costo de corregir las violaciones a las normas excede los 33'000,000 de dólares al año (ref. 100). Se debe reconocer que esta estimación no toma en cuenta los beneficios de reducir los costos directos e indirectos por lesiones y enfermedades evitadas.

Antes de aceptar una notificación, el gerente de seguridad e higiene debe detenerse a pensar si es posible corregir la violación. Sólo hay un plazo de 15 días (hábiles) para decidir si se objeta la notificación. Las apelaciones incluso pueden llevarse mediante procesos judiciales incluso hasta la Suprema Corte.

Las apelaciones no se deben confundir con desavenencias. Las apelaciones son para los patronos que ya han sido notificados. Las desavenencias son para los patronos que necesitan tiempo para cumplir o tienen una alternativa de cumplimiento más práctica que de cualquier modo protege a los empleados.

Los plazos prescritos de corrección pueden ser muy importantes. Es muy fácil ignorarlos y concentrarse en la naturaleza de las violaciones y de las sanciones propuestas. Pero el plazo se vence con rapidez y entonces la empresa está sujeta a una posible reinspección y a sanciones más rigurosas. La OSHA es conocida como muy razonable para extender los plazos de corrección si el patrono se comunica y da buenas razones para solicitar una prórroga. Pero si no hace nada y el funcionario de cumplimiento de la OSHA regresa, es muy probable que aplique una sanción grave. La OSHA suele pecar de optimista en cuanto a los programas de cambios en instalaciones, y concede un tiempo que es insuficiente para aprobaciones administrativas, entregas de equipo atrasadas, programas de instalación y, por supuesto, la ley de Murphy. Es responsabilidad del gerente de seguridad e higiene tratar el tema del plazo de corrección y asegurarse de que la OSHA establece límites razonables.

### Discriminación de empleados

En la tabla 4.1 no aparece una sanción que a veces resulta costosa. Es la sanción que paga el patrono que ha discriminado a algún empleado porque presentó una queja a la OSHA, durante una inspección contestó a las preguntas del funcionario de cumplimiento o ejerció algún otro derecho laboral legal. La gerencia de las empresas debe ser muy cuidadosa al documentar las razones de despido de cualquier empleado, en particular si tiene antecedentes de quejas por riesgos de seguridad e higiene. Estas quejas no justifican un despido, y más tarde el patrono puede ser obligado a reinstalar al empleado, con una compensación. No hay multas que pagar al gobierno por tal infracción, pero si el caso ha estado abierto durante varios meses, el costo de reinstalación y compensación puede ser elevado.

Además del despido, la OSHA reconoce otra forma más sutil de discriminación. Así, considera discriminación ilegal cualquiera de las siguientes acciones del patrono, si se utilizan como castigo por ejercer el empleado sus derechos:

- Terminación de contrato
- Degradación
- Asignación a un trabajo o turno indeseable
- Negación de ascenso

- Amenazas o acoso
- Poner al empleado en lista negra de otros patronos

La OSHA incluso ha informado a los trabajadores que el patrono puede estar cometiendo una violación a la ley, si castiga repentinamente a un empleado por hacer alguna otra cosa mal después de haber protestado por una situación riesgosa. Sería en particular incriminatorio sancionar a un solo empleado por alguna acción no relacionada por la que no se castiga a los demás empleados. Como se aprecia, todo el asunto puede ser en extremo delicado, y el gerente de seguridad e higiene debe asegurarse de que todos los miembros de la administración, a partir de los supervisores, estén conscientes y tengan cuidado de no discriminar directa ni indirectamente a ningún empleado por quejarse de violaciones a la seguridad y la higiene, ya sea durante el tiempo que ocupe el puesto en la empresa o después, si está buscando colocación en otro lugar.

Un “derecho” laboral cuestionable es si el empleado puede ausentarse del trabajo debido a condiciones inseguras o insalubres y pedir que le paguen. Las cortes han fallado contra empleados que exigen ser pagados por no trabajar cuando se han ausentado debido a situaciones inseguras o insalubres.

### CONMOCIÓN PÚBLICA

La OSHA sobrevivió a una primera década muy tormentosa. A pesar de la validez de sus propósitos, rápidamente se convirtió en una de las oficinas más odiadas del gobierno federal. A veces pareció inminente su desaparición, pero siguió con vida.

En la raíz de las críticas a la OSHA están sus normas. Se ha hablado mucho de “inspectores quisquillosos”, “multas injustificadas” y “técnicas tipo Gestapo”, pero estas críticas nunca habrían surgido, si las normas hubieran sido redactadas de otra manera.

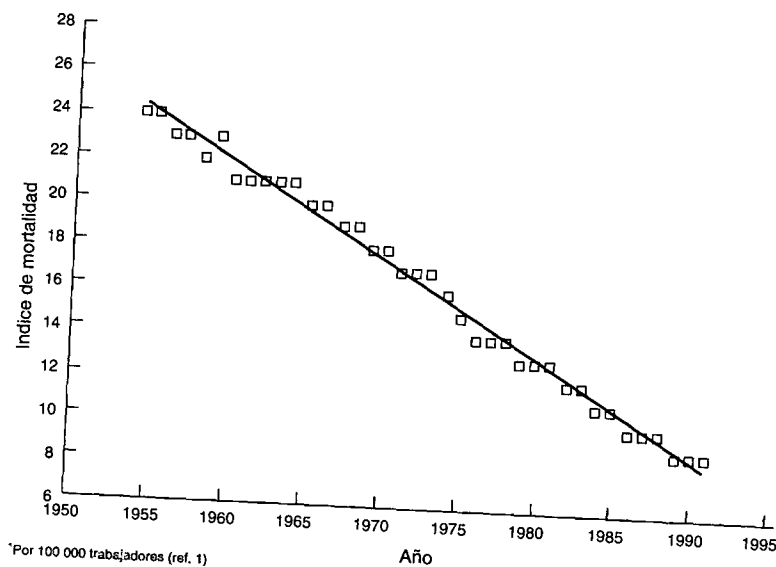
Las normas originales contenían algunas cláusulas arcaicas y obsoletas que luego fueron eliminadas. Otro problema fue que cláusulas de asesoría, que contenían palabras como “debería”, fueron incorporadas como reglas obligatorias, con conjugaciones como “debe”. A las cortes no les pareció, ni tampoco al público. Desde entonces, el gobierno se ha esforzado por eliminar las cláusulas de asesoría de las normas. Las normas federales también han sido criticadas por su nivel de detalle, vaguedad, redundancia e irrelevancia.

Ciertas normas federales parecen haber hecho más por las industrias que fabrican equipo de seguridad que por la protección del trabajador. Un buen ejemplo eran las normas para los extintores contra incendio. Ahora, la OSHA permite, para muchas aplicaciones, otras alternativas.

Una de las armas favoritas de los críticos de la OSHA es la vieja pregunta “¿ha hecho algún bien?” Se sienten a gusto con esta pregunta, sin ningún examen a los registros, porque creen que la OSHA no puede aportar ningún efecto benéfico medible. Es difícil evaluar el impacto de la reglamentación federal sobre la seguridad y la higiene de los trabajadores, porque incluso los registros estadísticos han cambiado desde que la OSHA fue creada. Ni siquiera se han puesto de acuerdo sobre si los cambios en los registros han hecho que las tasas de seguridad e higiene sean mejores o peores. Algunos creen que la institución de la OSHA, cuyos funcionarios examinan registros de lesiones y enfermedades, ha tentado a la gerencia a ocultar lesiones y enfermedades, de modo que el registro general aparece mejor de lo que realmente es. Otros creen que ya que la ley obliga a

registrar las lesiones y enfermedades que requieren tratamiento médico, los resúmenes estadísticos mostrarán más lesiones y enfermedades, y por lo tanto harán que la OSHA se vea peor. Sin embargo, no hay duda de que en algunas áreas la OSHA ha tenido un efecto en la seguridad y la higiene del trabajador. Se han hecho públicas disminuciones radicales en los fallecimientos en derrumbes en zanjas y excavaciones. La imagen general del efecto de la OSHA en los decesos no es impresionante, como lo revela la figura 4.2. Aunque a lo largo del siglo la tendencia general de las muertes en el trabajo ha mostrado una notable tendencia decreciente, ninguna mejora aparece como resultado directo de la OSHA. Griffin (ref. 48) estudió el significado estadístico del efecto de la OSHA en los decesos, y no encontró ningún efecto estadístico importante. De hecho, cuando analizó 38 años de datos (de 1954 a 1991) descubrió que la tendencia seguía una línea recta muy cercana a un coeficiente de correlación estadístico ( $r^2$ ) de 0.99. La figura 4.2 muestra esta relación tan lineal sin cambios en la tendencia en ningún lugar cercano al inicio de la institución de la OSHA en 1971 o en ningún año posterior.

El concepto de eficacia del costo continúa ganando importancia; por lo tanto, la vieja pregunta "¿hace la reglamentación federal algún bien?" está cambiando por "¿hace la reglamentación el suficiente bien para justificar el costo de cumplirla?". El costo de cumplimiento es una consideración mucho mayor que el costo de las sanciones monetarias asignadas por las oficinas reguladoras.



**Figura 4-2** El índice de mortalidad en el trabajo sigue una tendencia decreciente muy lineal, sin ningún cambio asociado con la llegada de la OSHA. (Fuente: Ref. 63.)

## LA FUNCIÓN DE LOS ESTADOS

Antes de la OSHA, la seguridad y la higiene laborales se consideraban responsabilidad de los estados, no del gobierno federal. El sentimiento general entre los que estaban a favor de la OSHA era que los estados no habían hecho lo suficiente para establecer e imponer normas adecuadas de seguridad e higiene laboral. Sin embargo, reconociendo que algunos estados pudieran implantar normas eficaces y programas de imposición de seguridad e higiene laboral, la ley de la OSHA preve que los planes de los estados sean sometidos a esta dependencia para su aprobación.

### Imposición

Antes que nada, debe decirse sobre la imposición a nivel estatal que a la misma OSHA no se le ha dado autoridad para regular las oficinas de los estados, de los condados o de los municipios. Hasta las oficinas federales están exentas de la coerción normal de la OSHA (un punto doloroso para algunos patronos privados) pero la ley de la OSHA estipula la cobertura de oficinas federales como parte de la responsabilidad de los jefes de las diversas dependencias. Como es evidente, no sería práctico que el gobierno federal se notifique y penalice a sí mismo, así que la OSHA lleva a cabo las inspecciones, pero no emite notificaciones a las dependencias hermanas. En lo que a los estados se refiere, si el gobierno federal emitiera notificaciones y determinara sanciones a gobiernos estatales y locales, se presentarían problemas de soberanía, por lo que está prohibido.

Pero si un estado somete a la aprobación de la OSHA un plan de normas de seguridad e higiene laboral y coerción, éste debe contener un programa aplicable a los empleados de las oficinas estatales y subdivisiones políticas del estado. Además, las normas y la coerción estatales deben ser por lo menos tan eficaces como las equivalentes federales. Aproximadamente la mitad de los estados han alcanzado el estatus de "tan eficaz como" y han conseguido que la aprobación de sus planes estatales (véase el apéndice G). Los gerentes de seguridad e higiene que operan en cualquiera de los estados con plan estatal deben acudir a los funcionarios apropiados para obtener copias de normas y procedimientos de coerción. En la mayor parte de los estados con plan propio, las normas son prácticamente idénticas a las normas federales de la OSHA.

El estatus de los programas estatales fue cuestionado inmediatamente al ocurrir uno de los peores incendios en la historia de la nación en Hamlet, Carolina del Norte, la mañana del 3 de septiembre de 1991 (ref. 81). En el capítulo 7 estudiaremos con más detalle las causas y los pormenores de esta tragedia; en resumen, murieron 25 personas y otras 56 resultaron lesionadas. Irónicamente, la catástrofe ocurrió en Carolina del Norte, el estado que eligió la OSHA como el primero aprobado para remplazar a los inspectores federales de la OSHA con inspectores estatales para la imposición de normas que se suponía eran "tan eficaces como" las federales. No es ninguna sorpresa que la tragedia precipitara una revisión completa del plan estatal de normas y coerción en ese estado. El resultado final fue que se permitió a Carolina del Norte continuar operando su plan estatal, pero para asegurar su eficacia se ordenaron varios cambios. La evaluación del plan de Carolina del Norte se convirtió en el primer paso de un extenso programa de evaluación de todos los planes estatales. Alrededor de un año después del accidente, la OSHA anunció que todos los planes estatales habían sido evaluados, que se había logrado un progreso considerable y que todos los planes aprobados tenían permiso de continuar (ref. 114).



## Consultas

Además de los programas de normas y coerción, la OSHA también delega en los estados la autoridad y la responsabilidad de la asesoría en seguridad e higiene laboral, a solicitud del patrono. La OSHA tiene la autoridad para dar subvenciones federales a los estados para que apoyen la imposición, la consulta y otros fines de la ley. Las tendencias políticas recientes se han inclinado por transferir la autoridad y las actividades de la dependencia federal a la jurisdicción de los estados. La OSHA sigue esta trayectoria con los programas estatales de consulta. En algunos casos, la cooperación con las oficinas estatales puede dar lugar incluso a una inmunidad temporal a las notificaciones de la OSHA. Vale la pena analizar la posibilidad, y los gerentes de seguridad e higiene deberían considerar una consulta estatal como parte de sus estrategias generales. No hay cargo por consultas estatales, y al momento de escribir este libro, estaban disponibles de alguna forma en todos los estados.

## TENDENCIAS FUTURAS

A pesar de sus problemas, la OSHA parece ser bastante duradera y ha sobrevivido repetidos intentos de eliminarla o modificarla. Muchos pensaban que el gobierno republicano de los años ochenta sería el fin de la OSHA, pero no fue así. Y cerca del final de la década, la fuerza de la OSHA pareció intensificarse, con la imposición de algunas sanciones excepcionalmente elevadas. Este periodo también incluyó el nacimiento del concepto de las violaciones extraordinarias.

El fallo Barlow fue importante, pero realmente no influyó en las operaciones de coerción de la OSHA tanto como el público pensó al principio que lo haría. Aquellas empresas que exigen órdenes de inspección son visitadas más tarde; el procedimiento sólo retrasa un poco la inspección.

Un intento por exentar a los negocios pequeños y las granjas familiares sólo cambió el énfasis de la imposición. Lo mismo puede decirse de una estrategia de inspeccionar sólo aquellas empresas que tienen una tasa de días de trabajo perdidos por encima del promedio nacional. La exención en una categoría significa el acento en otra, siempre que el personal y la organización de la oficina permanezcan intactos.

Un indicador del futuro de la OSHA son las leyes del Congreso redactadas según la ley de la OSHA y que han sido aprobadas a pesar de las críticas dirigidas a la dependencia. Las leyes que gobiernan la seguridad y confiabilidad de los productos y la seguridad en las minas fueron aprobadas en los años setenta y fueron elaboradas y redactadas de manera similar a la ley de la OSHA. Esto confirma que el Congreso sigue apoyando el concepto de la OSHA.

La evolución de las normas de la OSHA es muy lenta. Una vez que una norma ha sido adoptada como el consenso nacional, es muy difícil revocarla diciendo que, después de todo, no representa el "consenso nacional". Tal acción descalifica o por lo menos demerita miles de notificaciones que citaron dicha norma en inspecciones anteriores a la revocación. Cualquier revisión de las normas que pudiera considerarse subjetiva o de controversia puede ser impugnada en los tribunales. Todo esto tiende a preservar el *statu quo*, a pesar de las controversias difundidas. La OSHA ha sido capaz de superar la inercia de las normas actuales haciendo cambios más bien generales en algunas, de las que el ejemplo más notable es la norma de protección contra incendios.

## Progresos

Gilbert J. Saulter (ref. 140) resumió su evaluación del sentimiento público de finales de los años ochenta, diciendo que la OSHA estaba alcanzando la "madurez". Citó los éxitos en lograr la concientización pública, al observar que desde 1970 el número de programas académicos universitarios sobre seguridad e higiene se había triplicado. Saulter destacó también el éxito del programa de exención en la consulta, en el que los patronos solicitan asesoría gratuita, que por lo general brindan los estados y que por lo tanto concede una inmunidad limitada contra notificaciones. El Programa Voluntario de Protección (*Voluntary Protection Program, VPP*) es un procedimiento para reconocer programas de seguridad e higiene notables en empresas que de grado hacen un buen trabajo. Hay tres niveles de reconocimiento, en nivel ascendente de logros: demostración, mérito y estrella. (ref. 84)

Uno de los puntos que más ha resaltado la OSHA en los últimos tiempos es la administración de la seguridad y la higiene, planteamiento que adoptamos en este libro. La OSHA ha mostrado un interés creciente en la capacitación y en la eficacia de las comisiones de empleados para la seguridad y la higiene. Se insiste el análisis de riesgos y la realimentación para corregir los problemas, de forma que no vuelvan a ocurrir las mismas lesiones y enfermedades.

Similar al énfasis en la administración es el acento que la OSHA pone en la aplicación de un enfoque de sistemas para ocuparse de los riesgos. Esta forma de ver la seguridad y la higiene como un complejo problema de sistemas que afecta muchas otras facetas del sistema de producción, es otra indicación que la dependencia está madurando. El personal capacitado de la OSHA ahora ve más allá de la notificación y la corrección de violaciones aisladas y busca soluciones fundamentales.

## Ergonomía

En ningún campo es el enfoque de sistemas más evidente que en el énfasis en la ergonomía (estudio de las capacidades humanas en relación con el entorno de trabajo). Por lo regular, las soluciones a los problemas ergonómicos requieren de análisis complicados, lo que incluye quizás un rediseño de la estación de trabajo para que corresponda al proceso. Hay un ejemplo en el problema del síndrome de túnel carpal, una enfermedad crónica de la muñeca que ocurre por movimientos repetitivos de las manos. Si se considera el movimiento aislado de la mano resulta inofensivo, pero cuando un mismo movimiento se repite miles de veces por turno, se puede adquirir el síndrome. Cuando se utiliza un enfoque de sistemas, el análisis de la estación de trabajo y el rediseño pueden traer mejoras notables en la seguridad y la higiene, así como un considerable efecto positivo en la producción.

El énfasis de la OSHA en la ergonomía es muy visible para el público en la forma de sanciones rigurosas, especialmente en la industria empacadora de carne. Un ejemplo es la inspección y la notificación a un fabricante de comida rápida que le imponían 1'384,000 dólares en sanciones por supuestas violaciones, incluyendo 875,000 dólares por enfermedades por repetición de movimientos, a 5,000 cada una (ref. 116). Se espera que la tendencia continúe y cause en la producción un impacto que trascienda el tema de la seguridad y la higiene.

## Estatus de "empresa extrarriesgosa"

En este capítulo nos hemos concentrado en la OSHA como la principal dependencia que reglamenta e impone las normas de seguridad e higiene, pero hay otras oficinas y leyes. En el capítulo 2 exami-

namos el sistema de compensación al trabajador y dijimos que está creciendo de su función original de compensación de los lesionados a una más general que comprende reglamentación y coerción. Uno de los aspectos prominentes de esta novedad es la creación de la designación “empresa extrarriesgosa” (ref. 69). La dirección de una empresa lamentablemente descubre que ha recibido esta designación cuando se lo notifica la Comisión de Compensación Laboral del estado de residencia. La designación está determinada por un cálculo de la tasa de incidencia de lesiones con tiempo perdido y la comparación con la “tasa esperada” para la rama industrial de la empresa (SIC). Cuando la tasa de la empresa excede el nivel que puede “esperarse razonablemente”, es designada “empresa extrarriesgosa”.

El nombramiento de “extrarriesgosa” trae ciertas responsabilidades para la dirección. La primera es conseguir asesoría en seguridad dentro de un plazo breve, por lo general de 30 días. Las opciones de la consulta incluyen al Departamento de Trabajo del estado, a la compañía de seguros de la empresa o a un asesor profesional aprobado por la División de Compensación Laboral del estado de residencia.

A continuación, la empresa se vale del informe escrito por el asesor de seguridad para establecer un “plan de prevención de accidentes” obligatorio, que debe ser algo más que un documento general y enfrentar todos los riesgos y las prácticas inseguras que señale el informe. El plan debe incluir también cláusulas para lo siguiente:

1. Enunciado de las políticas de seguridad de la empresa.
2. Análisis de los riesgos.
3. Registros.
4. Educación y capacitación.
5. Auditorías e inspecciones internas.
6. Investigación de accidentes.
7. Revisión periódica de la eficacia de abatimiento.
8. Programa de implantación.

El plan debe ser más que un “montón de papel”. Seis meses después de que la empresa presenta el plan, la División de Compensación vuelve y efectúa una inspección de seguimiento para determinar si el plan fue implantado de verdad. Las sanciones son una opción si la empresa no ha cumplido.

La descripción anterior del programa de “empresa extrarriesgosa” se basa en programas de algunos estados, en particular de Texas y Arkansas. Otros pueden utilizar métodos diferentes. Como dijimos en el capítulo 2, el propósito principal de las medidas de reforma de compensación a los trabajadores es reducir los enormes aumentos en las demandas, con beneficios tanto para los patronos como para los trabajadores. El programa “empresa extrarriesgosa” está considerado como un enfoque preventivo o activo, que intenta reducir la cantidad de lesiones o enfermedades en el trabajo antes de que se conviertan en una demanda en el sistema de compensación a los trabajadores.

El programa “empresa extrarriesgosa” de las oficinas estatales de compensación laboral también puede considerarse como un medio de requerir que los patronos establezcan programas y planes de seguridad e higiene, aunque los mismos intentos de la OSHA no han encontrado aprobación política. Los programas de compensación más agresivos también aparecen como una amenaza a la autoridad de la OSHA para imponer normas de seguridad e higiene, lo que suscita controversias políticas sobre quién tiene la autoridad para imponer estas normas en el trabajo y, en última instancia, podría llevar a una confrontación constitucional sobre los derechos del estado y los federales de imponer la seguridad y la higiene en el trabajo.

### Ley de Estadounidenses con Discapacidades

El 26 de julio de 1990 se promulgó la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (*Americans with Disabilities Act*, ADA) y se convirtió inmediatamente en el centro de la atención de patronos y de instituciones que tratan con el público. La ley fue una respuesta al descubrimiento de que alrededor de 43 000 000 de estadounidenses padecen una o más discapacidades físicas o mentales (ref. 126). Se espera que este número aumente conforme la población envejezca.

El público y los negocios estadounidenses por igual estaban familiarizados con el término discriminación, según lo aplica la legislación de Derechos Civiles, que prohíbe la discriminación sobre la base de la raza, el color, la religión, el sexo y el origen nacional. La ADA amplió este concepto a los inválidos en relación con el empleo y el acceso a instalaciones y servicios públicos. En concreto, la ADA prohíbe la discriminación de discapacitados en los procedimientos de solicitud de empleo, contratación, promoción o despido, compensación laboral, capacitación en el puesto y otros términos, condiciones y privilegios de los empleos.

La ADA ha tenido un efecto significativo en el campo de la seguridad y la higiene de los trabajadores, porque ha sido práctica común discriminar candidatos cuya seguridad o la de sus compañeros pudiera estar en riesgo si tienen impedimentos físicos o mentales que pudieran afectar el trabajo para el cual se les contrata. La ADA no prohíbe los exámenes médicos ni las pruebas de selección para el empleo, pero los ha regulado para que todos los candidatos se sometan a pruebas justas, no sólo los impedidos, y que todas las características examinadas sean realmente significativas para la higiene y la seguridad del trabajador y sus compañeros. Además, la ADA pide que los resultados de los exámenes médicos sean confidenciales.

Un tema de controversia con respecto a las pruebas médicas y el examen previo es el asunto de la prueba de adicción a drogas y alcohol. La pregunta relevante es: ¿Se consideran las adicciones un impedimento físico y por lo tanto quien las padece está protegido contra la discriminación por la ADA? El Congreso se adelantó a esta pregunta y no prohibió la prueba de drogas en su aprobación de la ADA. Los consumidores de drogas o de alcohol pueden ser despedidos del trabajo por el patrono, pero quienes han culminado un programa supervisado de rehabilitación son elegibles para el empleo; de hecho, están protegidos de la discriminación general en el proceso de contratación. Las empresas deben evitar una política que excluya a antiguos drogadictos. Éstos deben ser evaluados para determinar si representan una “amenaza directa” a ellos mismos o a la higiene y la seguridad de otros que no pueda ser eliminada o reducida con un acomodo razonable, como se muestra en el caso 4.1.

### CASO 4.1 EEOC DEMANDA A EXXON

La Corporación Exxon fue demandada en 1995 por la Comisión de Igualdad de Oportunidades de Empleo (*Equal Employment Opportunity Commission*, EEOC) por poner en práctica una política de exclusión de ciertos trabajos a todos los empleados con historial de uso de psicotrópicos (ref. 60). La descripción de trabajos incluida en el caso era "ingeniero de vuelo de aeronave", una posición de seguridad "designada". Aunque se reconoció que el trabajo de "ingeniero de vuelo de aeronave" tenía una relación directa con la seguridad, el tema de controversia era si un sujeto rehabilitado era todavía un riesgo en este trabajo. Aunque el trabajo atañía a la seguridad, Exxon fue demandada porque supuestamente no estaba claro que dicho sujeto contribuyera al riesgo del trabajo.

Como se aprecia en el caso 4.1, los patronos deben tener el cuidado de evitar políticas generales de no emplear a personas rehabilitadas. La ley requiere que las empresas determinen caso por caso y mediante evaluaciones basadas en análisis médicos u otras pruebas objetivas basadas en hechos si el candidato representa una amenaza directa, antes de excluir a nadie de un puesto.

Una controversia relacionada gira en torno de la definición de impedimento. Si según la ADA una condición mental o física califica como "impedimento", quien lo padezca queda protegido de discriminación en el trabajo, esto es, el patrono debe hacer los ajustes razonables para aceptarlo en el empleo. La ley excluye de la protección características de comportamiento como el travestismo y el transexualismo, pero no enfermedades como el SIDA ni el diagnóstico positivo de VIH. La ley también excluye el juego compulsivo, la cleptomanía y la piromanía.

Otro efecto de la ADA en el campo es en la construcción y la remodelación de edificios e instalaciones. La ley exige que el patrono haga un acomodo razonable para que los empleados discapacitados desempeñen su trabajo de la manera más parecida al de los empleados no discapacitados. Se reconocen las situaciones en las que proporcionar dichos acomodos razonables causaría una penuria indebida al patrono (se juzga la "penuria indebida" según cada caso, considerando el grado de dificultad y el costo de cumplir con la ley). Los factores por considerar son la naturaleza y el costo de los arreglos, los recursos financieros generales y el tamaño de la empresa.

## RESUMEN

En este capítulo echamos un vistazo al efecto que tiene la reglamentación federal en el campo de la seguridad y la higiene industrial y la controversia que esta reglamentación ha generado. La primera dependencia que influye en el campo es la OSHA, pero hay otras oficinas y leyes reglamentarias, como la ADA, que también tienen su impacto. A pesar de la controversia sobre la reglamentación gubernamental, es muy difícil combatirla una vez que se ha impuesto. En los noventa, la preocupación por eliminar reglamentaciones federales innecesarias pareció tomar un renovado vigor en la elección presi-

dencial de 1992. En la segunda mitad de los noventa, todavía queda por verse qué cambios ocurrirán. Lo que sea que pase, no se puede cuestionar que la OSHA y la reglamentación gubernamental han tenido un profundo efecto en el campo de la administración de la seguridad y la higiene industrial.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 4.1 ¿Qué es el NIOSH? ¿Cuál es su función?
- 4.2 ¿Por medio de qué procedimiento puede una empresa pedir más tiempo para cumplir con una norma de la OSHA antes de una inspección de coerción?
- 4.3 Describa el procedimiento que deben seguir los patronos que crean que la OSHA ha emitido una notificación injusta.
- 4.4 ¿Qué derechos legales extiende la OSHA a los empleados? (Identifique por lo menos tres).
- 4.5 ¿Qué es la cláusula de obligación general?
- 4.6 ¿Qué es una norma de consenso nacional según la OSHA? ¿Han sido aceptadas estas normas en los noventa? ¿Por qué?
- 4.7 Compare las normas de desempeño con las de especificación.
- 4.8 Compare las normas horizontales con las verticales.
- 4.9 Explique el significado del fallo Barlow.
- 4.10 Explique la diferencia entre apelación y desavenencia en lo que se refiere a la OSHA.
- 4.11 Suponga que usted es un redactor de nuevas normas. Escoja un riesgo familiar y escriba un párrafo de dos o tres enunciados para una posible norma de protección. Hágalo primero en el estilo de las normas de especificación y después en el lenguaje de las de desempeño.
- 4.12 Compare las ventajas de las normas de especificación contra las normas de desempeño desde el punto de vista del patrono y después desde el punto de vista de la dependencia encargada.
- 4.13 Señale en orden de prioridad las cuatro categorías de inspección de la OSHA.
- 4.14 ¿Cuál es la diferencia entre una violación repetida y la incapacidad de corregir una violación? ¿Cómo difieren las sanciones?
- 4.15 Nombre algunas críticas públicas a las normas de la OSHA.
- 4.16 Describa algunos impedimentos que la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (ADA) prohíbe discriminar.
- 4.17 Nombre algunas características de comportamiento que no califican como impedimento según la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (ADA).
- 4.18 ¿Está prohibido discriminar a los cleptómanos rehusándoles el empleo? ¿Por qué?
- 4.19 En este capítulo hemos indicado que la prioridad de inspección de la OSHA es la categoría de "peligro inminente". Sin embargo, en realidad muy pocas inspecciones de peligro inminente se llevan a cabo. Explique esta anomalía.
- 4.20 ¿Cuánto gasta la industria cada año para cumplir con la OSHA?
- 4.21 ¿Cuál es el origen de la dependencia que al cabo se convirtió en el NIOSH? ¿Cuándo se agregó la seguridad a la misión del NIOSH?
- 4.22 ¿En qué circunstancias es permissible que una empresa deje personal piloto trabajando, cuando la OSHA consigue una orden de detención para impedir que los trabajadores entren a un área de "peligro inminente"?

- 4.23** Cuando ocurre un deceso o un accidente mayor, el patrono debe informar rápidamente a la OSHA. ¿Qué plazo tiene el patrono? De acuerdo con la política de la OSHA, ¿qué tan rápido después del informe responderá con una inspección?
- 4.24** ¿Qué rama de la industria ha recibido la mayor atención de la OSHA desde su creación?
- 4.25** ¿Cómo se ha convertido la “soberanía” de los estados en un problema en relación con la coerción de la OSHA?
- 4.26** ¿En qué circunstancias están cubiertas las oficinas estatales y las subdivisiones políticas por las normas y la imposición de la seguridad y la higiene?
- 4.27** ¿Qué trágico accidente en 1991 precipitó una revisión general de la eficacia de los planes estatales de normas e imposición de la seguridad y la higiene?
- 4.28** ¿Por qué es especialmente difícil revocar una norma una vez que ha entrado en vigor?
- 4.29** La ADA fue aprobada en respuesta a que millones de estadounidenses tienen una o más discapacidades físicas o mentales. ¿Cuántos millones de estadounidenses se calculó que se encuentran en esta categoría?

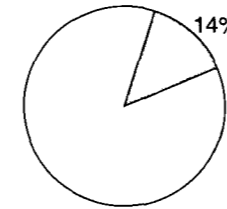
## EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 4.30** Investigue para dar una estimación del número actual de habitantes de su propio país que tienen una o más discapacidades físicas o mentales.
- 4.31** Estudie el efecto de la cláusula de obligación general de la OSHA examinando la cantidad de notificaciones de esta cláusula en industrias con más de 250 empleados. ¿Qué grupo de industrias es notificado con más frecuencia? ¿Qué porcentaje de todas las notificaciones es para empresas que tienen a 250 empleados o más?
- 4.32** Revise las estadísticas de la OSHA para averiguar si la cláusula de obligación general para empleados [Sección 5(b)] ha sido notificada alguna vez en el año fiscal actual.
- 4.33** Encuentre los nombres de cinco empresas de asesoría que podrían ayudar a los gerentes a cumplir con la Ley de Estadounidenses con Discapacidades.
- 4.34** Revise las estadísticas del gobierno para estimar la cantidad total de trabajadores discapacitados empleados por el gobierno federal. ¿Qué porcentaje de la fuerza de trabajo federal total está discapacitada?
- 4.35** Visite la página “What’s New at NIOSH” en <http://www.cdc.gov/niosh/> ¿Qué supone usted que significan las letras “cdc” en la dirección?
- 4.36** En este capítulo estudiamos la ADA y los requisitos de hacer arreglos razonables para emplear a inválidos. Busque en Internet y en otras fuentes historias reales de patronos demandados o multados por no hacer estos arreglos para contratar discapacitados. ¿Cuál es la multa más grande que pudo encontrar?
- 4.37** Revise los programas estatales de compensación al trabajador para buscar políticas en relación con las empresas designadas como “extrarriesgosas”. ¿Qué estados tienen dichos programas?

- 4.38** En el ejercicio 4.37, su respuesta debe haber incluido el estado de Texas. ¿Cuál es la multa monetaria en Texas por no establecer un “plan de prevención de accidentes”?
- 4.39** ¿Es posible que la OSHA notifique por una violación “extraordinaria” si la infracción es sólo por los registros? Busque en los medios noticiosos un ejemplo de violación extraordinaria en los registros.
- 4.40** Examine la cuenta de la notificación de Samsung Guam, Inc. (SGI), una de las multas de la OSHA más elevadas. ¿Qué sanción en dólares propuso la OSHA? En el arreglo final, ¿cuánto accedió a pagar SGI?

## CAPÍTULO 5.

### Sistemas de información



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

Hay dos corrientes de opinión en relación con la responsabilidad de los riesgos en el lugar de trabajo. La más ambiciosa asigna toda la responsabilidad a la empresa, no sólo identificar los riesgos, sino también eliminarlos de forma que al empleado se le garantice un lugar de trabajo seguro y saludable, sin importar la naturaleza de los riesgos. En su mayor parte, ésta es la postura de quienes redactaron la ley de la OSHA. Es verdad que la ley contiene una cláusula de obligación general tanto para los trabajadores como para la empresa, pero no hay duda de que las provisiones de coerción de la ley son para confirmar el cumplimiento por parte de la empresa, no del empleado.

La segunda corriente de opinión es más conservadora en cuanto que reconoce la incapacidad de la empresa de eliminar por completo algunos riesgos y, por ende, asigna algo de la responsabilidad al empleado y exige que los sistemas de información le entreguen datos que especifiquen la naturaleza y el grado de riesgo asociado con el puesto. El argumento de esta corriente es que el empleado cuenta así con los datos necesarios para evaluar los riesgos y actuar en consecuencia.

Conforme la OSHA entraba a su segunda década, se desplazó hacia esta postura más conservadora, que reflejaba un clima político más tradicional que trajo el cambio de gobierno de los Estados Unidos en 1980. Hasta los críticos de la OSHA reconocieron la equidad de un sistema de revelar al empleado la información sobre los riesgos a los que se expondría y de la que la empresa tenía conocimiento. Así comenzó el movimiento que se conoció como el *derecho a saber*, junto con reglamentaciones que exigían *hojas de datos de seguridad de materiales (Material Safety Data Sheets, MSD)* y etiquetar los materiales riesgosos a los cuales se podrían exponer los trabajadores o el público.

Aunque es más conservador en concepto, el movimiento del derecho a saber no debe interpretarse como un debilitamiento de la protección de los derechos del trabajador a tener un entorno laboral seguro y saludable. Al contrario, conocer los riesgos es un arma poderosa en la lucha del empleado

por más seguridad y salud, y la empresa está consciente de este poder. El espectro de demandas futuras por riesgos presentes es un estímulo poderoso para que el patrón tenga un interés especial, sobre todo si la empresa es grande y los abogados pueden demostrar que tiene el “bolsillo hondo”. A pesar de las exenciones de las leyes de compensación laboral, las empresas están cada vez más sujetas a acciones legales por exponer a trabajadores y terceros a riesgos, y los sistemas de información que difunden el conocimiento de estos peligros aumentan la probabilidad de que ocurran tales acciones legales.

## COMUNICACIÓN DE RIESGOS

Las actividades del movimiento del derecho a saber fueron precipitadas por la OSHA a fines de 1983, cuando promulgó la norma sobre Comunicación de Riesgos (29 CFR 1910.1200), en la que una cláusula importante exigía que los fabricantes e importadores etiquetaran los contenedores que embarcasen y presentaran una hoja de datos de seguridad de materiales (*material safety data sheets*, MSDS) por cada producto químico peligroso que produjeran o importaran. Las industrias que hacen uso de sustancias peligrosas también tienen la responsabilidad de mantener programas de comunicación de riesgos, a fin de proteger a sus trabajadores.

### Etiquetado de los contenedores

La norma de Comunicación de Riesgos asignaba la responsabilidad de etiquetar al fabricante o importador de la sustancia. Casi cualquier contenedor imaginable está incluido, excepto tuberías, cuyo etiquetado está sujeto a otras normas de la OSHA. Además, como el etiquetado de algunas sustancias está regido por los lineamientos de otras dependencias y según otras razones, algunas sustancias están excluidas del requisito de etiquetado de la OSHA:

- Pesticidas
- Comida, medicinas o cosméticos
- Bebidas alcohólicas
- Sustancias incluidas en los requisitos de etiquetado de la Comisión de Seguridad de los Productos de Consumo (*Consumer Product Safety Commission*, CPSC)
- Desechos peligrosos
- Tabaco o productos de tabaco
- Madera o productos de madera
- “Artículos”

El término *artículos* se refiere a objetos fabricados siguiendo una forma o diseño específico, del que depende su uso, y que durante su vida normal no da como resultado ninguna exposición química peligrosa. La distinción corresponde en realidad a si se trata de un material o de una pieza de manufactura. En algunos casos, es difícil distinguir entre artículos y materiales. Un ejemplo común es el de

un escritorio, que es un artículo, en contraste con una tabla de madera, que se considera un material, aunque ambos se consideren objetos hechos de madera.

### Hojas de datos de seguridad de materiales

Además del etiquetado, los fabricantes y los importadores de productos químicos deben presentar hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS) para sustancias peligrosas. La norma comprende una lista de categorías específicas de información que es preciso incluir en tales hojas. En la figura 5.1 se encuentra la muestra de un formulario en blanco, utilizado como formato general para cumplir con la norma.

Un tema delicado respecto a las MSDS concierne al manejo de los secretos comerciales. No hay rama más sensible en cuanto al tema que la industria química, y la norma de la OSHA se ocupa de la cuestión en detalle. El fabricante o importador, y en su caso la empresa, pueden omitir determinadas identidades químicas en las MSDS, pero sólo si están en posición de justificarse amparados en los criterios contenidos en la norma. Incluso así, otros criterios de la misma norma regulan la obligación de revelar, a solicitud de la parte, algunas identidades químicas a profesionales de la salud. En situaciones no de emergencia, el fabricante, importador o empresa pedirá un acuerdo de confidencialidad. Como se prevén disputas como consecuencia de los conflictos de intereses entre los fabricantes y quienes aseguran que necesitan conocer una identidad química, las normas estipulan el recurso a la OSHA para examinar las pruebas de las dos partes y, si procede, sujetar al fabricante, importador o empresa a una notificación.

Otro problema es el de cómo manejar mezclas en las que la sustancia peligrosa es sólo uno de los ingredientes. Lo que se deba hacer dependerá de las circunstancias, lo que se ilustra mejor con un diagrama de decisión (véase la figura 5.2).

### Programa de comunicación de riesgos a los trabajadores

Después de que el producto químico fabricado o importado es distribuido a terceros, la responsabilidad de proteger de exposiciones a los trabajadores pasa a la empresa que “usa” (es decir, “empaca, maneja, procesa o transfiere”) las sustancias peligrosas. Una exigencia primordial para tales empresas es que tengan un programa de comunicación de riesgos por escrito. El gerente de seguridad e higiene debe asegurarse de que los trabajadores estén informados respecto al programa, porque es posible que los interroguen los inspectores federales. Un componente obligatorio del programa escrito es una lista de los productos químicos peligrosos que se sabe que se encuentran en el lugar de trabajo. Por cada uno de los productos anotados, debe haber una hoja de datos de seguridad de materiales al alcance de los trabajadores. Si la sustancia fue adquirida antes de la era del derecho a saber y no se dispone de una MSDS para cierta sustancia, es necesario que la empresa consiga o elabore una. Los gerentes de seguridad e higiene pueden recurrir a los fabricantes o distribuidores actuales o bien redactar sus propias hojas. A veces una oficina estatal de consulta, como explicamos en el capítulo 4, ayuda a identificar sustancias peligrosas y a preparar las MSDS.

Las normas federales permiten que se conserven las MSDS en cualquier forma, incluso dentro de procedimientos de operación. A veces es más práctico ocuparse de varios riesgos como si se tratara de un proceso y no como productos químicos peligrosos independientes. Sin embargo, al diseñar el

**Hoja de datos de seguridad de material**  
 Puede utilizarse para cumplir con la norma  
 Comunicación de Riesgos de OSHA,  
 29 CFR 1910.1200. Debe consultarse la norma  
 para requisitos específicos.

**Departamento del Trabajo de los Estados Unidos**  
 Dirección de Salud y Seguridad Laboral  
 (formulario no obligatorio)  
 Formulario aprobado  
 OMB Núm. 1218-0072

**IDENTIDAD** (como se utilizó en etiqueta y lista) *Nota: no se permiten espacios en blanco. Si algún elemento no es aplicable o no hay información disponible, debe marcarse el espacio para indicarlo.*

**Sección I**

Nombre del fabricante \_\_\_\_\_ Número de teléfono de emergencia \_\_\_\_\_  
 Dirección (número, calle, número, ciudad, estado, y código postal) \_\_\_\_\_ Número de teléfono para información \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Fecha de preparación \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Firma del preparador (opcional) \_\_\_\_\_

**Sección II—Ingredientes peligrosos/Información de identidad**

Componentes peligrosos (identidad del producto químico específico: nombre(s) común)	OSHA PEL	ACGIH T/V	Otros límites recomendados	% (opcional)

**Sección III—Características físicas/químicas**

Punto de ebullición _____	Gravedad específica (H <sub>2</sub> O = 1) _____
Presión de vapor (mm Hg.) _____	Punto de fusión _____
Densidad de vapor (AIRE = 1) _____	Tasa de evaporación (butil acetato = 1) _____
Solubilidad en agua _____	
Apariencia y olor _____	

**Sección IV—Datos de riesgo de incendio y explosión**

Punto de inflamación (método utilizado) _____	Límites inflamables _____	LEL _____	UEL _____
Medio de extinción _____			
Procedimientos especiales de extinción de incendio _____			
Riesgos no comunes de incendio y explosión _____			

(reproducir localmente) OSHA 174, Sept. 1985

Figura 5-1 Hoja de datos de seguridad de materiales

**Sección V—Datos de reactividad**

Estabilidad	Inestable	Condiciones a evitar
	Estable	

Incompatibilidad (materiales que hay que evitar) \_\_\_\_\_  
 Descomposición o subproductos residuales peligrosos \_\_\_\_\_

Polimerización peligrosa	Puede ocurrir	Condiciones que hay que evitar
	No ocurrirá	

**Sección VI—Datos de riesgos a la salud**

Ruta(s) de entrada:  Inhalación?  Piel?  Ingestión?

Riesgos a la salud (agudos y crónicos) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Carcinogénesis:  NTP?  Monógrafos IARC?  Regulado por la OSHA?

Señales y síntomas de exposición \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Condiciones médicas generalmente agravadas por exposición \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Procedimientos de emergencia y primeros auxilios \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Sección VII—Precauciones para manejo y uso seguros**

Pasos en caso de que se libere o se derrame material \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Método de eliminación de desechos \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Precauciones durante su manejo y almacenamiento \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Otras precauciones \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Sección VIII—Medidas de control**

Protección respiratoria (especifique)

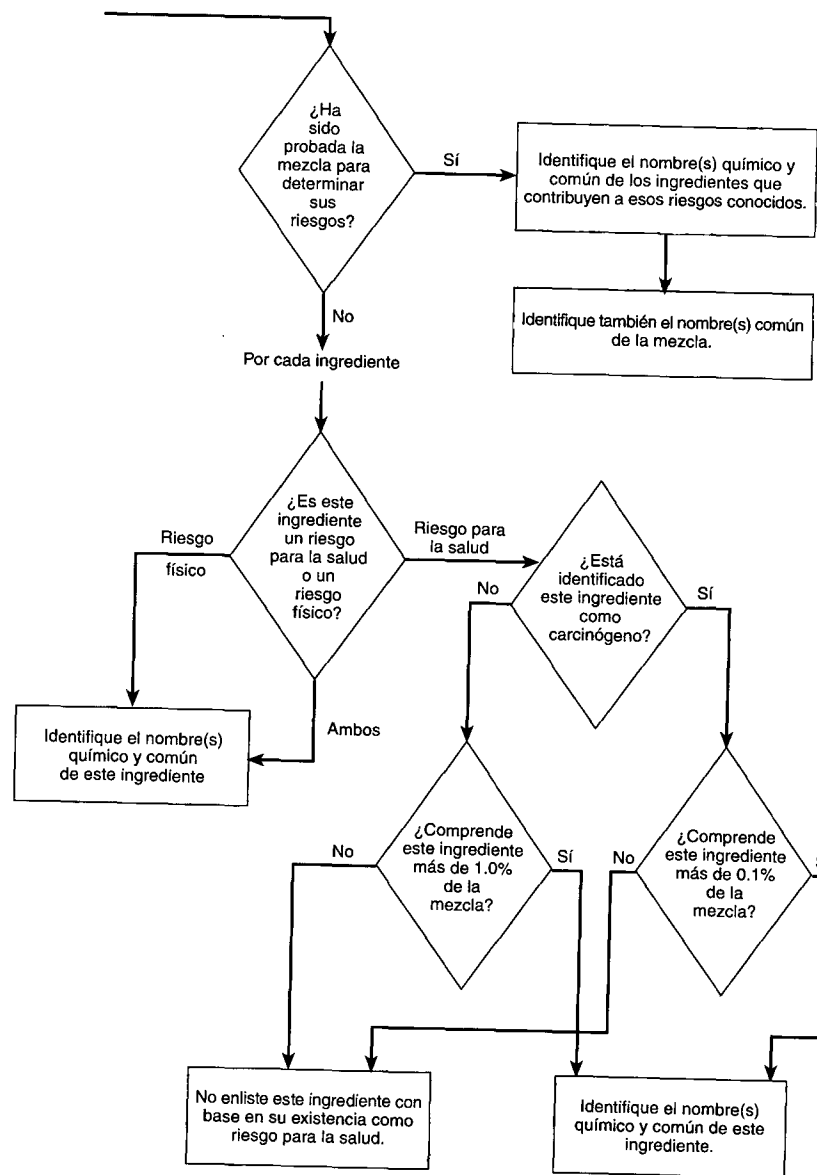
Ventilación	Escape local	Especial
	Mecánica (general)	Otro

Guantes protectores \_\_\_\_\_ Protección ocular \_\_\_\_\_

Otra ropa o equipo de protección \_\_\_\_\_  
 Prácticas de trabajo e higiene \_\_\_\_\_

Página 2 \* U.S.G.P.O. 1988-491-528/45775

Figura 5-1 (Continuación)



**Figura 5-2** Diagrama de decisión para informar del contenido de mezclas en una hoja de datos de seguridad de materiales (MSDS).

sistema del derecho a saber, el gerente de seguridad e higiene debe asegurarse de que se disponga de la información requerida para cada sustancia peligrosa del conjunto de los materiales de un proceso y de que los trabajadores de cada turno tengan acceso a ella con facilidad.

Además de retener y conservar las MSDS, la empresa debe guardar las etiquetas del fabricante o importador de la sustancia, excepto cuando no se requieran, en el caso de contenedores portátiles e interiores concebidos para uso inmediato.

### Retención de registros

Los registros son de importancia cada vez mayor. El gerente de seguridad e higiene debe establecer sistemas de información que señalen identidad, lugar y hora de uso de las sustancias peligrosas, junto con la exposición de cada empleado durante un periodo de retención de *por lo menos 30 años*. Los registros médicos de los trabajadores, excepto los de demandas de seguro médico, que deben conservarse por separado, deben guardarse por la duración del empleo *más 30 años*. La razón de este lapso tan largo es que permite rastrear la causa de enfermedades con periodos latentes muy prolongados después de la exposición a una sustancia peligrosa. Dicha responsabilidad, por necesidad, presupone un sistema de información complicado y a menudo computarizado.

La venta o el cierre del negocio no libera a la empresa de la responsabilidad de conservar los registros. A la venta, se requiere que el sucesor los reciba y conserve. Si el negocio cierra permanentemente, se exigirá a la empresa que los transfiera al Instituto Nacional de Salud y Seguridad Laboral (*National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH*), dependiendo de los requisitos de las normas que se ocupan de las sustancias riesgosas en cuestión.

### OFICINA DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE

En el capítulo 1 dijimos que el gerente de seguridad e higiene suele cargar con la responsabilidad de cumplir con las reglas de la Oficina de Protección al Ambiente (*Environmental Protection Agency, EPA*). En esta sección examinaremos esta importante responsabilidad adicional que se asigna frecuentemente al gerente de seguridad e higiene. En las décadas de los setenta y los ochenta los estadounidenses gastaron más de 850'000,000,000 de dólares en limpiar el ambiente (ref. 21). Ésta es una inversión seria por parte de la sociedad, una inversión que ha sido pagada en su mayor parte por la industria y a su vez por la gente en mayores costos de servicios y sobre todo de bienes producidos por estas industrias. Las medidas de eficacia y eficiencia con las cuales la empresa administra esta inversión determinan en gran parte su competitividad y vitalidad. Así, el gerente de seguridad e higiene con iniciativa verá la protección al ambiente como una oportunidad para tener un efecto significativo en la dirección de su empresa.

Las funciones dobles de la OSHA y la EPA fueron reconocidas con la promulgación de la Ley de Enmiendas y Reautorización del Superfondo de 1986 (*Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986, SARA*), el 17 de octubre de ese año. La OSHA respondió con su norma 29 CFR 1910.120: operaciones de desperdicios peligrosos y respuesta de emergencia, a menudo llamada HAZWOPER. La norma de la OSHA cubre las operaciones de respuesta a sustancias peligrosas según la Ley de Respuesta, Compensación y Responsabilidades Ambientales Generales (*Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act, CERCLA*) de 1980 y las principales acciones correctivas en operaciones de limpieza al amparo de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act, RCRA*) de 1976.

Una parte de las cláusulas de la SARA, el Título III, es la Ley de Planeación para Emergencias y Derecho a Saber de la Comunidad (*Emergency Planning and Community Right-to-Know Act*) de 1986 (ref. 149). El Título III impone a los gobiernos federales, estatales y locales y a la industria ciertos requisitos respecto a la planeación para las emergencias y la obligación de informar sobre materiales peligrosos y tóxicos.

Cuando se promulgó la SARA, la EPA publicó su lista inicial de 402 sustancias de riesgo extremo. La lista está sujeta a revisión de la EPA en cualquier momento; la última publicada cuando este



libro se hallaba en prensas aparece en el apéndice E. Es esencial que el gerente de seguridad e higiene tenga esta importante lista a la mano y actualizada como referencia, para que la empresa cumpla sus obligaciones si utiliza cualquiera de los materiales referidos. Se exige informar de estas sustancias, y hay normas federales que protegen a los trabajadores que puedan quedar expuestos.

### Vigilancia médica

Los requisitos de vigilancia médica constituyen uno de los elementos de las normas de la OSHA que conciernen a las sustancias peligrosas de la lista de la EPA. Además, dondequiera que haya un programa de vigilancia médica, hay registros médicos. En el concepto del derecho a saber, es fundamental el derecho de los trabajadores a ver los registros médicos que la empresa lleva de ellos. Es necesario un programa de vigilancia médica para lo siguiente:

1. Todos los trabajadores que pudieran estar expuestos a riesgos de salud en o por encima de los límites de exposición permisibles durante 30 días o más al año, ya sea que utilicen o no mascarilla como protección para respirar.
2. Todos los trabajadores que utilizan un respirador 30 días al año o más.
3. Los trabajadores designados por la empresa para detener, parchar o hacer temporalmente cualquier cosa para controlar o detener fugas de los contenedores de sustancias peligrosas o riesgos para la salud [es decir, los miembros de los equipos de material peligroso (HAZMAT)].

El programa de vigilancia médica sirve tanto para determinar si la persona es apta para trabajar con materiales peligrosos como para reconocer cualesquier efecto adverso debido a la exposición. En el capítulo 11 veremos que varias condiciones, como problemas cardíacos, el uso de barba o incluso un tímpano perforado, pueden descalificar al empleado para trabajar en puestos que requieren el uso de mascarilla.

La vigilancia de los efectos adversos de una exposición es el otro propósito del programa de vigilancia médica, y, quizás más importante, es el que más se relaciona con el derecho a saber. El trabajador quiere conocer todo lo que la empresa sabe respecto a su salud y a su posible deterioro debido a exposición peligrosa en el trabajo.

Las normas federales fijan los intervalos a los cuales se deben hacer los exámenes y las consultas médicas. Los plazos normales son:

1. Antes de la asignación a tareas que conduzcan a una exposición a material peligroso.
2. Por lo menos cada 12 meses durante el trabajo en dicha tarea.
3. Al término de dicha tarea, a menos que el empleado haya pasado un examen en los últimos seis meses.

Además de estos plazos normales, se precisa un examen tan pronto como sea posible si un empleado manifiesta señales o síntomas que indiquen la posibilidad de haber sufrido una exposición excesiva, o bien si estando sin protección queda expuesto en una situación de emergencia. Asimismo, el médico examinador podría dictaminar que desde el punto de vista clínico es necesario incrementar la frecuencia de los exámenes; en estos casos, la empresa estará obligada a cumplir. Se requiere que todos los exámenes y procedimientos médicos sean llevados a cabo bajo supervisión de un profesional certificado, en horas y lugares razonables, sin costo para el trabajador y sin pérdida de sueldo por el tiempo que pierda.

Es obligación del gerente de seguridad e higiene estar al tanto de las circunstancias que requieren un programa de vigilancia médica y asegurarse de que la dirección de la empresa lo establezca, si no lo ha hecho. Cuando presente su recomendación, el gerente puede señalar ciertos beneficios legales para la empresa, además de las ventajas de más seguridad y salud de los trabajadores y de evitar las multas de la OSHA. Es posible que el registro del examen médico se convierta en una prueba valiosa de condiciones o síntomas previos en el caso que se manifiesten durante la exposición de un trabajador. Ahora bien, quizá la dirección ya está al tanto, pero muchos miembros del personal administrativo han pasado por alto la importancia del examen médico al final del empleo, cuyo propósito es documentar condiciones y síntomas (o su ausencia) al terminar el periodo de riesgo. En esta era del derecho a saber, los trabajadores están conscientes de que pueden emprender acciones legales en fechas posteriores, si más adelante aparecen síntomas relacionados con la exposición al material peligroso. En ese entonces, los resultados del examen médico final tendrán un valor palpable para la empresa, así como para el trabajador.

La entrega de toda la información, según el espíritu del derecho a saber, se extiende también al médico. La empresa está obligada a dar al profesional que realiza el examen una copia de la norma que cubre los exámenes médicos y los datos concernientes a las actividades que desempeña el trabajador, los niveles de exposición anticipados, el equipo de protección personal que se utiliza y la información sobre exámenes anteriores.

Es responsabilidad del patrono recabar y entregar al trabajador una copia de la opinión escrita del médico con los resultados del examen, incluyendo cualquier comentario o recomendación concerniente a un aumento en los riesgos o a la limitación del trabajo asignado. Sin embargo, por razones de confidencialidad se prohíbe que este escrito revele información o diagnósticos no relacionados con la exposición ocupacional.

### Informes

El Título III de la SARA exige que la EPA haga un inventario de las emisiones tóxicas de ciertas plantas, que es de hecho un requisito de información para instalaciones fabriles (los códigos SIC<sup>1</sup> 20xx a 39 xx) con 10 o más trabajadores y que hayan fabricado, procesado o utilizado de cualquier manera productos químicos tóxicos por arriba de las cantidades límites (umbrales) especificadas. El adjetivo *enlistados* se refiere a las sustancias muy peligrosas de la lista de la EPA (véase el apéndice E). Las cantidades límites varían, y fueron establecidas a fines de los ochenta en un periodo de tres años. También difieren dependiendo de si la instalación usa o fabrica la sustancia tóxica. Se requiere que las instalaciones de las industrias fabricantes (códigos SIC 20xx a 39xx) que *utilizan* las sustancias tóxicas de la lista en cantidades superiores a 10 000 libras en un año calendario entreguen formularios de liberación de productos químicos tóxicos (formulario R de la EPA) a más tardar el 1° de julio del año siguiente. Para las empresas que *fabrican* o *procesan* estos materiales, el umbral es de 25,000 libras al año; para cantidades mayores, la empresa está obligada a entregar el formulario de liberación de productos químicos tóxicos.

En cuanto a las empresas que fabrican y utilizan la misma sustancia, si exceden el umbral en cualquiera de las dos situaciones, deben rendir un informe, como se ilustra en el caso 5.1. En el caso 5.2 no se excede ninguno de los dos umbrales.

<sup>1</sup> SIC son las siglas en inglés de Clasificación Industrial de Normas (*Standard Industrial Classification*). Los códigos 20 a 39 se refieren a las industrias fabricantes. El apéndice F señala las principales categorías de fabricación en el código SIC.

**CASO 5.1**

Una fábrica de fertilizantes (código SIC 2873) produce 22 000 libras de amoníaco, de las cuales 16 000 se utilizan dentro de la planta. ¿Debe la empresa informar a la EPA y, de ser así, de qué manera?

*Solución:* Sí, la empresa tiene un SIC de fabricante (28xx a 39xx) y excede el umbral de "uso"; por lo tanto debe informar a la EPA utilizando el Formulario R Toxic Chemical Release Inventory Reporting, de acuerdo con el Título III de la SARA de 1986. Dado que excedió uno de los umbrales (el umbral de "uso"), debe llenar un informe completo, basado en todas las actividades y emisiones de amoníaco desde su instalación, no sólo las emisiones de la actividad de uso (este caso supone que la empresa tiene 10 o más trabajadores).

**CASO 5.2**

Durante un año de operaciones, un fabricante de recubrimientos químicos (código SIC 2821) procesa 20 000 libras de cresol y utiliza 6 000 libras en la planta. ¿Debe informar a la EPA y, de ser así, de qué manera?

*Solución:* No, no es necesario que la empresa informe ni por el procesamiento ni por el uso del cresol, porque no excedió el umbral de "uso" ni de "procesamiento".

Debemos hacer hincapié en otro punto respecto a las cantidades límites. El almacenamiento de un material que no se procesa ni se utiliza en la planta no cuenta al calcular si se ha excedido el umbral. La EPA puede solicitar informes sobre cuál es la cantidad almacenada total en el transcurso de recolección de datos sobre un producto químico del que ha excedido su umbral, pero el almacenamiento no constituye ni procesamiento ni uso.

Las empresas que fabrican o procesan materiales en exceso de la cantidad límite al año deben presentar el formulario de liberación de productos químicos tóxicos. El formulario viene en cuatro partes y es muy extenso para incluirlo aquí, pero se puede obtener en las oficinas regionales o nacionales de la EPA (solicite el Formulario R de la EPA) o en las oficinas estatales designadas. El formulario está destinado a reunir datos para un sistema nacional automatizado de información y comprende entradas para datos básicos sobre el proceso de la planta, incluyendo cantidades máximas en sitio, corriente receptora o volumen de agua (si es aplicable), cantidades liberadas a la atmósfera, lugares de desecho fuera del sitio y métodos y eficacia del tratamiento de desechos.

Además de la obligación de presentar el formulario de liberación de productos químicos tóxicos, en emergencias se requiere notificación por teléfono, radio o en persona si hay emisiones de una

sustancia peligrosa de la lista por arriba de su límite tolerable. Esto incluye las sustancias enlistadas por la EPA como muy peligrosas (véase el apéndice E) y las sujetas a requisitos de notificación de emergencia por la CERCLA. Cada notificación debe estar seguida por una confirmación escrita que añada información sobre las acciones de respuesta que se emprendieron, cualquier dato conocido o previsto sobre riesgos a la salud crónicos asociados con la liberación, así como recomendaciones sobre la atención médica necesaria para los sujetos expuestos. Los requisitos para el flujo de información entre las empresas privadas y las diversas oficinas del gobierno que desempeñan una función en el control de riesgos de sustancias tóxicas forman una compleja red de información, que se aprecia mejor en un diagrama (véase la figura 5.3).

**SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE INFORMACIÓN**

En la sección anterior hablamos de un sistema nacional automatizado de información para datos sobre productos químicos tóxicos. Los gerentes de seguridad e higiene, tanto dentro como fuera del gobierno, recurren cada vez con mayor frecuencia a las bases de datos computarizadas para encontrar con rapidez hechos detallados sobre miles de sustancias tóxicas y otros riesgos en el trabajo. Esta tendencia continúa, y a veces se coordina con sistemas computarizados de información para administración e información sobre los requisitos de registro de la OSHA, como explicamos en el capítulo 2.

**Inteligencia artificial y sistemas expertos**

Una de las tecnologías más prometedoras para la administración de los sistemas de información de seguridad y salud es el campo general de la inteligencia artificial, o más en concreto, de los sistemas expertos. La inteligencia artificial es el área de investigación que pretende que las computadoras "piensen" o respondan a situaciones problemáticas de manera parecida a los seres humanos. Los sistemas expertos conforman una parte del campo de la inteligencia artificial que abarca los pro-

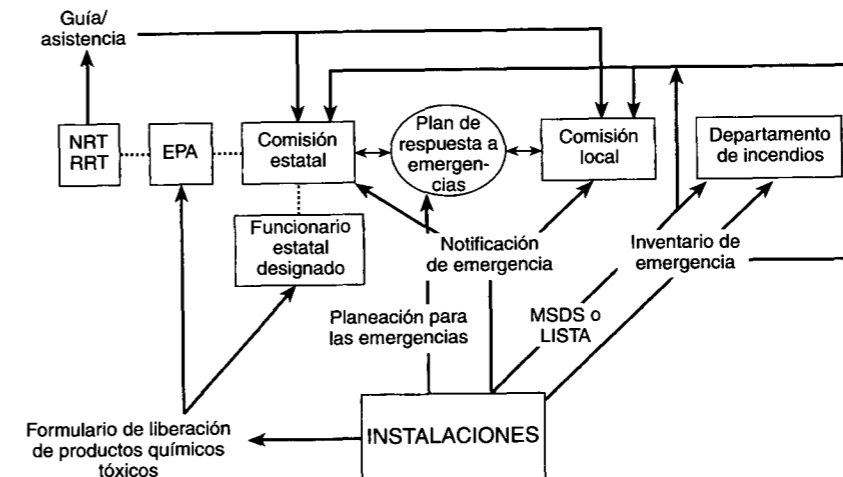


Figura 5-3 Requisitos principales de flujo de información según el Título III de la SARA.

gramas de computadora que aconsejan a partir de una base de conocimientos de reglas lógicas aportadas por un experto humano. Así, la computadora es capaz de responder a preguntas de una amplia variedad de situaciones problemáticas y de brindar consejo o ayuda de forma muy parecida a los expertos humanos. Un punto clave que se debe comprender es que no se ha programado en la computadora una lista exhaustiva de respuestas a preguntas específicas, sino que un experto humano ha proporcionado la lógica básica o las reglas empíricas y la máquina elige de esta base de conocimientos lo que necesita saber para responder preguntas concretas. Además de la lógica, se cuenta con la potencia de la computadora para señalar rápidamente hechos a los que accede en tablas enormes contenidas en sistemas de datos en línea. Un elemento notable en el avance de los sistemas expertos es la evolución de las interfaces de *lenguaje natural* con los que la computadora entiende solicitudes expresadas en el habla cotidiana, y no en los rígidos formatos de los lenguajes formalizados. Dichas interfaces a menudo se denominan *frentes inteligentes*, en referencia a que se sitúan en la parte frontal de los sistemas de administración computarizados de base de datos, a fin de hacerlos estos sistemas más fáciles de manejar para el usuario y más capaces de comprender las peticiones de respuestas.

### Base de datos de riesgos químicos industriales

Se han realizado investigaciones recientes sobre seguridad e higiene en la Universidad de Arkansas (ref. 118) para elaborar un sistema prototipo que responda preguntas sobre riesgos de seguridad e higiene. El sistema, llamado Base de Datos de Riesgos Químicos Industriales (*Industrial Chemical Hazards Database, ICHD*) está estructurado utilizando la herramienta que relaciona la base de datos R:BASE®. Las consultas a la base de datos se hacen con la herramienta de acceso de lenguaje natural CLOUT®.<sup>2</sup>

El diseño de la base de datos relacional consta de una tabla primaria con tablas secundarias para referencia cruzada. Cada producto químico está en clave con su número CAS.<sup>3</sup> Este identificador se utiliza como clave del nombre químico de una gran variedad de sinónimos que acostumbran diversos trabajadores o usuarios que consulten la base de datos en las terminales de las computadoras. El usuario no necesita saber el número CAS, pues es una herramienta de referencia cruzada, interna a la base de datos. Así, mediante el lenguaje natural, el usuario puede preguntar sobre la “nafta de brea de carbón”; la base de datos relacional reconocerá que es un sinónimo del benceno, y contestará a las preguntas del usuario como si fueran sobre benceno. El usuario puede preguntar sobre particularidades como la protección requerida o recomendada para los ojos, si la hay, las instrucciones de primeros auxilios o quizás las de lavado. Si no sabe con qué producto químico está tratando, pero tiene síntomas de exposición o conoce los órganos afectados, la base de datos emplea su capacidad de establecer una referencia cruzada para entregar respuestas a las preguntas, además de identificar el producto químico o el grupo de productos que coinciden con los síntomas. En la figura 5.4 hay un diagrama de las relaciones de los diversos archivos en la base de datos ICHD listos para recuperación en respuesta a las preguntas del usuario. El caso 5.3 presenta una aplicación de la base de datos relacional ICHD que hace una pregunta formulada en lenguaje natural.

<sup>2</sup> R:BASE y COUT son marcas registradas de Microrim, Inc.

<sup>3</sup> Chemical Abstracts Number, una lista de referencia bien conocida para sustancias.

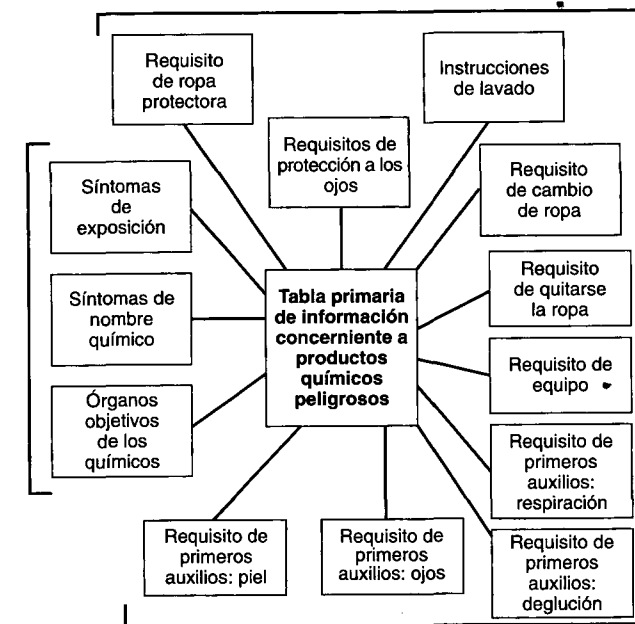


Figura 5-4 Diseño de la base de datos de riesgos químicos industriales.

### CASO 5.3

Suponga que un examen médico revela que un trabajador muestra síntomas de daño renal. El gerente de seguridad e higiene se interesa por saber si algunos de los productos químicos peligrosos que se utilizan en la planta podrían estar asociados con esta lesión y formula la siguiente pregunta: “Dame una lista de todos los productos químicos que dañan el riñón”. El sistema ICHD examinaría automáticamente todas las tablas relevantes en la base de datos relacional para encontrar la información deseada, y la combinaría con la clave de referencia cruzada, el número CAS, para dar la respuesta.

La interfase de lenguaje natural CLOUT® tiene características incorporadas para desglosar la estructura del enunciado e interpretar su significado utilizando un vocabulario básico de 300 palabras. Además, brinda la posibilidad de que el usuario personalice el sistema con otras 500 palabras o frases comunes utilizadas en la industria en la cual esté implantando el sistema ICHD. El sistema es dinámico, en el sentido de que el lenguaje puede ser actualizado en cualquier momento para dar cabida a la nueva terminología adoptada por los usuarios. Es posible instruir al sistema para que memorice las nuevas palabras sólo durante cierto tiempo y luego las descarte, o bien para que las recuerde indefinidamente.

## RESUMEN

En este capítulo hemos dado un vistazo a los adelantos actuales en la administración y la accesibilidad de los enormes volúmenes de datos detallados necesarios para proteger a los trabajadores de riesgos en el trabajo. La evolución es el resultado de dos tendencias: los avances en la tecnología de la información y un creciente interés por parte de los trabajadores y el público en ejercer su derecho a conocer cuáles son las sustancias peligrosas a las que están o podrían estar expuestos. Regulados tanto por la EPA como por la OSHA, los riesgos químicos fueron los primeros en recibir la atención del movimiento del derecho a saber, pero se preve que seguirá la necesidad de un sistema de información de riesgos de seguridad y mecánicos.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

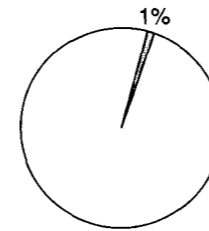
- 5.1 En relación con la responsabilidad por los riesgos en el trabajo, explique el cambio de dirección que ocurrió a principios de los ochenta.
- 5.2 ¿El derecho a saber representa un refuerzo o un debilitamiento de los poderes del trabajador en su lucha por mejorar la seguridad e higiene? Explíquelo.
- 5.3 ¿Qué contenedor está expresamente exento de la norma de comunicación de riesgos para etiquetado?
- 5.4 Para fines de comunicación de los riesgos, ¿cuál es la diferencia entre un artículo y un material?
- 5.5 ¿Cómo pueden las empresas químicas proteger sus secretos comerciales, a pesar de los requisitos de preparar las hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS)?
- 5.6 ¿Se requieren MSDS para mezclas en las cuales algunos ingredientes sean peligrosos y otros no? Explíquelo.
- 5.7 ¿Se requiere una MSDS para un producto químico adquirido por una planta antes de la norma de comunicación de riesgos?
- 5.8 ¿Por cuánto tiempo deben conservarse los registros para tener rastro de las sustancias peligrosas? ¿Por qué?
- 5.9 ¿Por cuánto tiempo se deben conservar los registros médicos de los trabajadores?
- 5.10 ¿Qué debe hacer el gerente de seguridad e higiene con los registros si la empresa decide salir del negocio?
- 5.11 ¿Qué representan las siglas SARA, CERCLA y RCRA, y cómo se relacionan con la OSHA?
- 5.12 ¿Cuál es la función de un equipo HAZMAT?
- 5.13 ¿En qué circunstancias se requiere un programa de vigilancia médica para un trabajador en particular? ¿Con qué frecuencia se requieren exámenes médicos para tal trabajador?
- 5.14 Si se requiere una notificación de emergencia por la liberación accidental de un producto químico tóxico, ¿a quién se debe enviar la notificación?
- 5.15 ¿Qué son los sistemas expertos?
- 5.16 ¿Qué herramientas comerciales para bases de datos relacionales se emplean en la Base de Datos de Riesgos Químicos Industriales (*Industrial Chemical Hazards Database, ICHD*)?
- 5.17 ¿Qué representa el término HAZWOPER?
- 5.18 ¿Cuántos miles de millones de dólares se estima que han gastado los estadounidenses en limpiar el ambiente en los setenta y ochenta?

## EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 5.19 Utilice su explorador de red favorito y averigüe cuántos sitios de Internet están relacionados con el término "HAZWOPER".
- 5.20 Determine los criterios para saber cuánta capacitación en HAZWOPER se precisa para diversos puestos. (*Sugerencia: ¿Qué es lo que determina si un puesto requiere de ocho, 24 o 40 horas de capacitación?*)
- 5.21 Encuentre los nombres de las cinco empresas o instituciones que ofrecen cursos de 40 horas de capacitación en HAZWOPER para sus clientes.
- 5.22 Busque en Internet una hoja de datos de seguridad de materiales (MSDS) para sulfato de hidrazina.

## C A P Í T U L O 6

# Seguridad de los procesos



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

La promulgación de la norma de la OSHA para la Administración de la Seguridad de los Procesos de Químicos Muy Peligrosos tuvo un gran impacto en el campo de la administración de la seguridad y la higiene. La década de los ochenta fue testigo de grandes accidentes por explosiones y liberaciones catastróficas de productos químicos peligrosos que produjeron numerosos decesos tanto de empleados como de terceros. Estas tragedias tuvieron tal importancia que llamaron la atención de todo el mundo.

La tragedia más notable fue el desastre de Bhopal, India, en el cual murieron 2,500 civiles en un accidente de una empresa de productos químicos, como dijimos en el capítulo 1. No hay duda de que esta catástrofe influyó en las políticas de los Estados Unidos y en la institución de la norma de seguridad de procesos. Otra tragedia importante fue la de Phillips Petrochemical Plant en octubre de 1989, en la cual una explosión e incendio en una planta cerca de Houston, Texas, mató a 24 trabajadores y lesionó a otros 128. Como era de esperarse, después del incidente la OSHA realizó una inspección completa de Phillips y le impuso una multa elevada. Pero este desastre también impulsó a la OSHA a buscar algo más que un enfoque de inspecciones y multas después de los hechos. El resultado fue una nueva norma que pretendía evitar tales catástrofes. La norma de seguridad de procesos entró en vigor en 1992.

Llegados a este punto, algunos lectores se sentirán inclinados a saltarse el capítulo, pensando que no es aplicable a sus funciones. La “seguridad de los procesos” parecería aplicable sólo a plantas químicas y refinerías de petróleo, pero advirtamos que en los primeros años de imposición de la norma la OSHA ha adoptado una definición agresiva de la palabra “proceso”. Por ejemplo, una planta procesadora de aves se considera sujeta a la norma de seguridad de procesos, porque, digamos, emplea cloro para refrigeración, un producto químico peligroso. Incluso una planta de artículos sueltos puede utilizar ácidos peligrosos en sus operaciones de acabado, por tanto se encuentra sujeta a la norma de seguridad de procesos, en tanto que procesa o almacena un producto químico peligroso en cantidades mayores al umbral.

### INFORMACIÓN DE PROCESOS

En el capítulo 5 destacamos la creciente influencia de los sistemas de información en el campo de la seguridad y la higiene industrial. Esta influencia se manifiesta en el contenido de la norma de seguridad de procesos de la OSHA. Antes de que inicie cualquier análisis de procesos, la OSHA requiere que el patrono reúna información sobre los productos químicos peligrosos que usa o produce, el equipo que se maneja y la tecnología del proceso en sí. Está claro que la intención de la OSHA es que esta información esté al alcance del sindicato o de cualquier otro representante de los empleados de la planta.

El gerente de seguridad e higiene o quien sea el designado para ocuparse de los riesgos y normas de seguridad de procesos debe empezar por enfrentar el problema de dónde encontrar información sobre los productos químicos utilizados en el proceso. En el capítulo 5 estudiamos el principal documento de información concerniente a los productos químicos que se emplean en las plantas industriales: la hoja de datos de seguridad de materiales (MSDS), proporciona toda la información que se precisa para cumplir con las necesidades de seguridad de los procesos (en caso contrario, conviene recurrir a los libros de consulta sobre las propiedades de los productos químicos peligrosos). El gerente de seguridad e higiene se ganará la confianza de las comisiones o los equipos de ingenieros, trabajadores y representantes designados para analizar un proceso peligroso, si conoce estos libros de consulta y se apoya en ellos cuando le piden asesoría. A continuación citamos algunos libros populares que se ocupan de los productos químicos peligrosos:

- Irving Sax, *Dangerous Properties of Industrial Materials* (ref. 141).
- Robert E. Lenga, *Sigma-Aldrich Library of Chemical Safety Data*.
- Gessner G. Hawley, *The Condensed Chemical Dictionary* (ref. 68).
- NIOSH *Registry of Toxic Effects of Chemical Substances*.

Nos servimos de estas fuentes para redactar el caso 6.1.

Límites de exposición permisibles	Concentraciones letales por inhalación (para el 50% de la población): Ratas: 104 ppm durante cuatro horas Cobayos: 50 ppm durante cuatro horas OSHA PEL: ocho horas promedio tiempo ponderado (TWA): 0.5 ppm
Datos físicos	Transparente, incoloro, líquido con emanaciones Punto de fusión: -111.8° Celsius Punto de ebullición: 76° Celsius Densidad: 1.574 a 21° Celsius Presión de vapor: 100 mm de mercurio a 21° Celsius Densidad de vapor: 4.75
Datos de reactividad	Muy reactivo con una variedad de ácidos, óxidos, incluso con agua y vapor. Riesgo de incendio y explosión.
Datos de corrosión	Clasificación del Departamento de Transporte: material corrosivo
Estabilidad térmica y química	Peligroso: cuando se calienta hasta la descomposición, emite vapores muy tóxicos de cloruros y PO <sub>2</sub> . Puede reaccionar con materiales oxidantes.
Mezclas peligrosas	Potencialmente explosivo con ácido nítrico, peróxido de sodio, oxígeno (por encima de 100° Celsius). Reacción violenta con el agua que genera cloruro de hidrógeno y gas difosfórico, que luego se encienden. Reaccionará con agua, vapor o ácidos para producir calor y vapores corrosivos tóxicos.

<b>CASO 6.1</b> <b>INFORMACIÓN SOBRE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS</b> <b>PARA EL ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE PROCESOS</b>	
Nombre del producto químico	Cloruro fosfórico (PCl <sub>3</sub> ), a veces conocido como tricloruro fosfórico
Información de toxicidad	Veneno por inhalación. Moderadamente tóxico por ingestión. Irritante corrosivo para la piel, ojos (a dos partes por millón) y membranas mucosas. Dosis letal (para el 50% de la población): Ratas (oral): 550 mg/kg

El caso 6.1 muestra cómo se pueden aprovechar los datos de los libros de consulta de química para proporcionar los datos necesarios para el análisis de procesos peligrosos. No todos los datos contenidos en los libros de consulta son necesarios; por ejemplo, en el caso 6.1, bajo la clasificación de “mezclas peligrosas”, sólo se incluyen los materiales que pudieran ser mezclados inadvertidamente con el producto químico peligroso del proceso en estudio.

Aparte de las propiedades de los productos químicos utilizados en el proceso, la OSHA quiere que los patronos documenten la tecnología del proceso, incluyendo por lo menos un diagrama de flujo de bloque (figura 6.1) o por lo menos un diagrama simplificado (figura 6.2). Además, se deben dar los datos químicos del proceso, máximo inventario esperado y límites superiores e inferiores seguros para temperaturas, presiones, flujos o composiciones. Cualquier desviación de la norma que pueda afectar la seguridad y la salud de los trabajadores debe evaluarse para ponderar las consecuencias. Tal vez ya se cuente con estos datos, pero de no ser así, es posible generarlos en el análisis de riesgos del proceso, que explicamos en la sección siguiente.

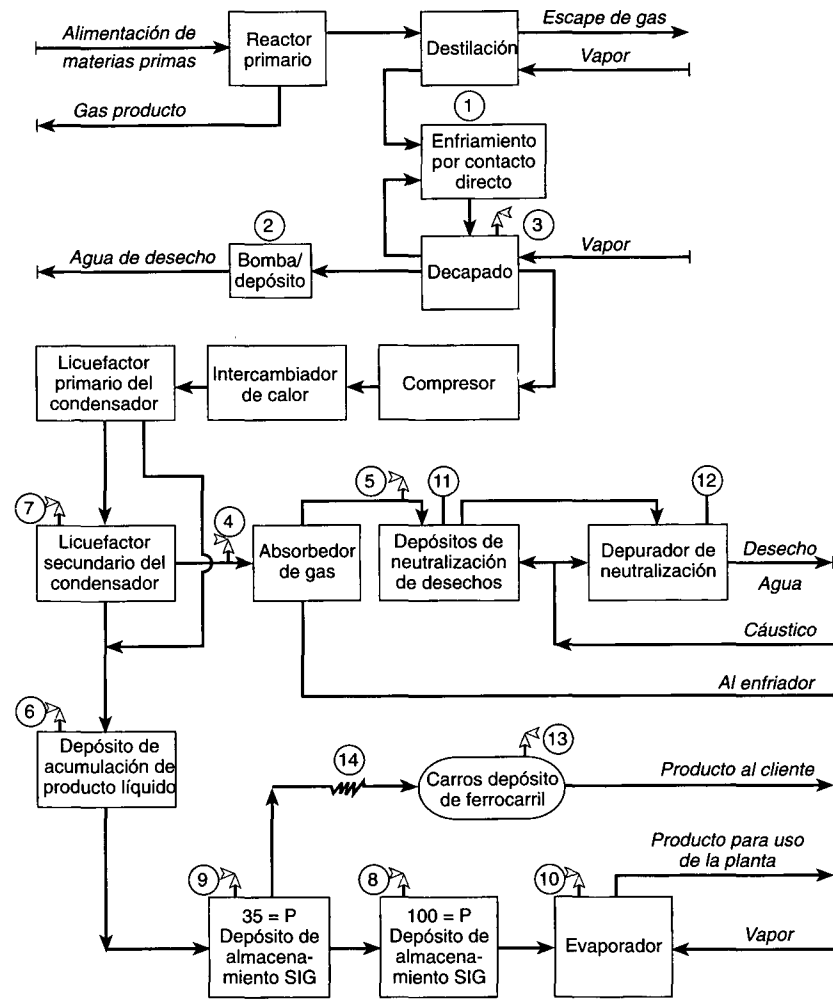


Figura 6-1 Ejemplo de diagrama de flujo de bloque. (Fuente: OSHA Std 1910.119.)

El equipo del proceso también debe ser documentado y descrito con detalles tales como los materiales de construcción y las tuberías y diagramas de instrumentos. Se pone particular interés en las características de seguridad, como el diseño del sistema de alivio, la ventilación, los códigos y las normas de diseño, los equilibrios de material y energéticos y los sistemas de seguridad (enclavamientos, sistemas de detección y supresión). Las normas federales exigen que el equipo del proceso siga las “prácticas sanas, reconocidas y aceptadas de la ingeniería”. Sobre todo en relación con equipo adquirido antes de la norma de seguridad de procesos, sería recomendable acudir a un ingeniero profesional certificado para llevar a cabo la evaluación de estas “prácticas sanas de ingeniería”.

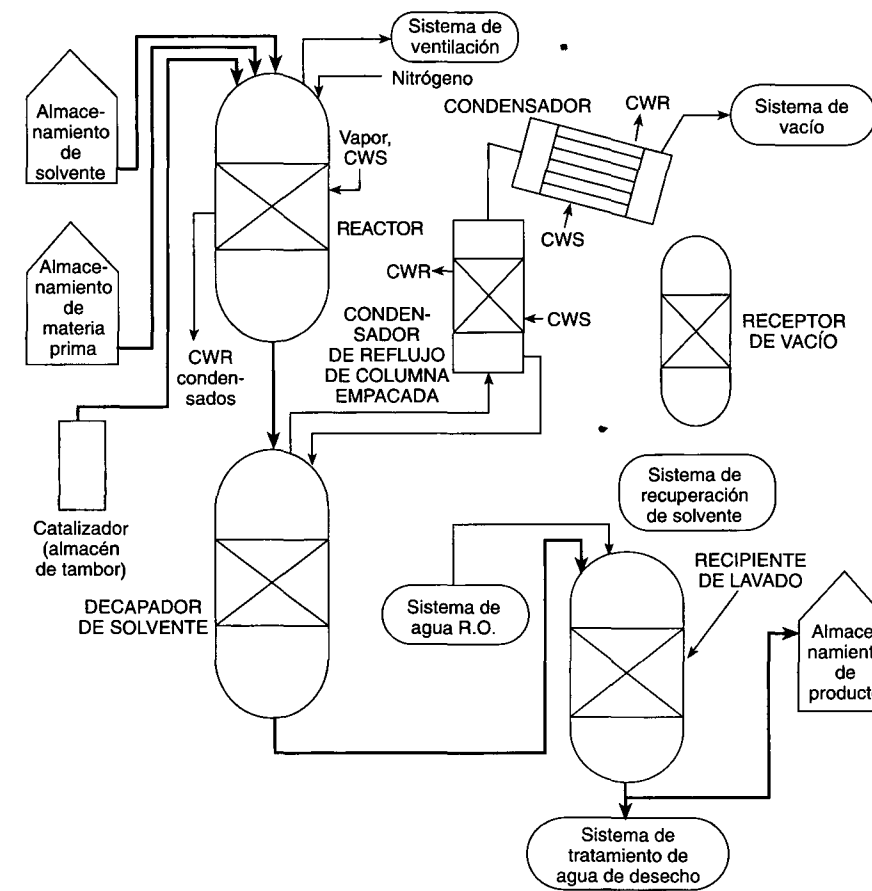


Figura 6-2 Ejemplo de diagrama de flujo del proceso. (Fuente: OSHA Std 1910.110.)

Considerando el alcance de la información que solicita la OSHA sobre productos químicos, procesos y equipos del proceso, es indispensable que el patrono establezca una estrategia para cumplir con la norma. A primera vista lo más sencillo parecería ser acumular toda la información disponible en un archivero, pero este enfoque tiene sus dificultades. Los departamentos tienen la responsabilidad de diferentes partes del problema; por ejemplo, mantenimiento puede ser el responsable del funcionamiento adecuado del equipo de proceso, pero la documentación de las propiedades de los productos químicos procesados quedaría entre las obligaciones de ingeniería o de operaciones. Sería muy bueno poder mostrar al inspector de la OSHA lo que es probable que quiere ver: un único archivero lleno de información que cumpla con todas las cláusulas de la norma, pero por lo general no es una solución práctica. Especialmente en lo relativo a cambios y actualizaciones, mantener el archivo central actualizado puede convertirse en una pesadilla. Lo que menos quiere el patrón es que el inspector de la OSHA encuentre un bonito archivo central que luego resulte que tiene información incorrecta u obsoleta sobre el proceso, pues los departamentos responsables han hechos cambios.

Una solución más práctica es lo que Lastowka (ref. 83) llama el “enfoque del mapa de carretera”. Los documentos se quedan en sus respectivas áreas de responsabilidad, mientras que en un archivo central, cómodo para el inspector de la OSHA, para los representantes de los empleados y para cualquier otra parte interesada, hay un “mapa de carretera” que identifica cada requisito de documentación de la norma e indica exactamente dónde encontrar en la planta la información detallada pertinente que se requiere.

## ANÁLISIS DE PROCESOS

En la sección anterior vimos que las normas federales exigen documentar una gran cantidad de información sobre los procesos. Sin embargo, la fuerza principal de las normas está en el análisis de los datos, cuya intención es superar el estudio del equipo, los productos químicos y de cómo funciona el proceso, para investigar qué es lo que puede salir mal y cómo enfrentar estos riesgos. Los requisitos de análisis de la norma de seguridad de procesos recuerdan los métodos que aprendimos en el capítulo 3, incluido el análisis de árbol de fallas y el análisis de modos y efectos de las fallas. Algunos se refieren a “análisis de qué pasa si” y “listas de verificación de qué pasa si”, que plantean preguntas sobre las relaciones del proceso y los acontecimientos exteriores, además de los modos de falla del proceso en sí. También hay que incluir los análisis de incidentes pasados, que pudieron haber tenido consecuencias catastróficas.

Debe tomarse en cuenta el valor de los sistemas de control de ingeniería, que detectan y advierten a tiempo de sucesos catastróficos inminentes, y que muchas veces están constituidos por un sistema computarizado de supervisión del proceso con instrumentos y alarmas. Por supuesto, la computadora que vigila el proceso puede fallar, y también deben tomarse en cuenta las consecuencias de esta posibilidad. Incluso la ubicación de las instalaciones entra en el análisis; por ejemplo, si se encuentran sobre una falla geológica, hay que considerar la posibilidad de terremotos. Además, no debe ignorarse el elemento humano. Si las fallas humanas pueden contribuir a la posibilidad de una catástrofe, el análisis debe considerarlas y estudiar cómo mitigar las consecuencias de errores humanos. Los factores humanos entran también en las decisiones de diseño relacionadas con el proceso.

Es evidente que el análisis de seguridad de procesos es un tema importante, y el gerente de seguridad e higiene debe estar alerta para recomendar a la dirección que asuma estas responsabilidades con seriedad. Los analistas profesionales más reconocidos, asignados al equipo de análisis del proceso, pueden hacer mucho para establecer la buena fe del patrono en esta tarea. Por otro lado, las opiniones de operadores y personal de mantenimiento, que están tan familiarizados con el proceso, suelen ser incluso más valiosas para el análisis.

Al documentar el análisis de riesgos del proceso, se debe tener cuidado de no dejar problemas sin resolver; por ejemplo, sin una estrategia documentada de solución. Si el proceso presenta un riesgo grave, documentarlo constituye un “reconocimiento” del mismo. Recuerde que en el capítulo 4 examinamos la importancia de la palabra “reconocido” en la enunciación de la cláusula de obligación general de la OSHA. Sobre todo en el caso de un accidente o incidente mayor, es de esperar que el inspector de la OSHA busque pruebas de que la empresa “reconoció” el riesgo que causó “daños físicos serios” a uno o más empleados.

Dada la responsabilidad general que tienen los patronos de realizar análisis de riesgos de los procesos, se especificó un procedimiento por fases a lo largo de cinco años después de la fecha de los

datos de la norma. Entonces, cada cinco años hay que actualizar y evaluar los análisis para verificar que sean congruentes con el proceso actual. Por supuesto, estas acciones deberán documentarse, y conservar los registros durante toda la vida del proceso.

## PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN

Después de que se haya reunido y analizado la información sobre el proceso, las conclusiones deben transformarse en procedimientos de operación que aseguren el control de los riesgos previstos. Los procedimientos dependen de la fase de operación a la que se refieran. Es buena práctica de seguridad e higiene reconocer una diferencia entre *operaciones temporales* y *normales*. A veces, durante las operaciones *temporales* o *iniciales* es preciso ignorar ciertos sistemas automáticos de protección, pero aun así es necesario enfrentar de alguna otra manera los riesgos que quedan al descubierto. Durante una emergencia, algunos procesos deben continuar sus funciones en un modo de *operación de emergencia*. Es de particular interés la necesidad de saber en qué condiciones es imprescindible un cierre de emergencia y, llegado el caso, qué deberá hacerse.

Una característica clave en la operación segura del proceso es la capacidad de reconocer cuándo algo ha salido mal. Para esto, hay que imponer en el proceso límites para las variables que se controlan; por ejemplo, una bomba centrífuga en una tubería opera normalmente con una presión de succión mínima y una presión de descarga máxima previamente especificadas. Cada vez que en el lado de entrada de la bomba la presión baje más del mínimo prescrito, para proteger la bomba se efectúa un cierre automático. Una presión de descarga superior a los límites establecidos puede exceder los límites de diseño de la tubería. Cualquiera de estas condiciones dispara una acción de emergencia a fin de evitar una situación más seria, especialmente cuando se trata con productos químicos peligrosos. El plan de operación debe indicar a los trabajadores cuáles son las consecuencias de rebasar los límites de control, así como qué hacer para recuperar el control del proceso. Las pantallas de despliegue de AYUDA de respuesta rápida son un recurso para obtener tal información a tiempo a fin aprovecharla en las emergencias.

## CAPACITACIÓN

Es bien sabido que muchas veces los procedimientos de operación están contenidos en alguna carpeta de anillas que nadie lee o a la que no hacen caso. Sin embargo, cuando hay la posibilidad de una liberación catastrófica de productos químicos peligrosos, los “planes de papel” para la seguridad de los procesos no son suficientes. Debe capacitarse al personal necesario para la ejecución del plan. Un buen plan de capacitación tiene cuatro ingredientes:

1. Capacitación inicial de nuevos operadores o en los nuevos procesos.
2. Capacitación de actualización a intervalos prescritos y, en cualquier caso, por lo menos cada tres años.
3. Verificación o examen para comprobar que los empleados comprenden el proceso y los procedimientos de seguridad y que están actualizados.
4. Documentación para confirmar que la capacitación y las pruebas se han llevado a cabo.



Un método de documentación consiste en mantener tarjetas de los trabajadores que verifiquen su actualización en el proceso. El problema de esta estrategia es que los trabajadores pueden perder u olvidar las tarjetas. Las normas federales no dicen que ellos deban portar la documentación; así, es más conveniente que el patrono conserve los registros que comprueben la capacitación de los empleados que se ocupan del proceso.

## PERSONAL DEL CONTRATISTA

Iniciamos este capítulo con un análisis de algunos desastres que condujeron a la formulación de la norma de seguridad de procesos. En la catástrofe de Phillips Petroleum de 1989, algunos de los trabajadores muertos y lesionados eran empleados de contratistas externos, no de Phillips. No hay duda de que este accidente provocó una respuesta de la OSHA, que modificó la redacción de la nueva norma de seguridad de procesos, en preparación en ese momento, para proteger al personal de los contratistas. La OSHA ya tenía conocimiento de que un considerable número de empresas petroquímicas y otras recurrían a contratistas externos para trabajar en sus plantas. Después del accidente de Phillips, la OSHA ordenó al Instituto John Gray de la Universidad Lamar un estudio sobre temas de seguridad e higiene en lo que correspondía al trabajo de los contratistas en la industria petroquímica.

Así, en la norma de la OSHA apareció un requisito de que el patrono principal extendiera las medidas de control a las operaciones contratadas y el proceder de los empleados del contratista. La mayor parte de los patronos ya tenían procedimientos para controlar el acceso a sus instalaciones del personal del contratista; sin embargo, la nueva norma les exigía que revisaran el registro de seguridad de los candidatos antes de contratarlos. La información conocida sobre riesgos de los procesos debe ser comunicada a los contratistas, así como las precauciones aplicables del plan de acción de emergencia del patrono principal. Además, se requiere que éste realice evaluaciones periódicas para verificar que el contratista desempeña su trabajo según las normas de seguridad de procesos de la OSHA. Quizás el requisito más evidente de todos es que se obliga a los patronos principales a mantener una bitácora de lesiones y enfermedades de los empleados del contratista.

Independientemente de las nuevas responsabilidades asignadas al patrono principal, el contratista es todavía responsable de proveer lugares de trabajo seguros y saludables a sus propios trabajadores. Por ejemplo, la capacitación de estos trabajadores sigue a cargo de la empresa contratista. Incluso en el caso de las reglas de seguridad para procesos peligrosos implantadas por el patrono principal, son los contratistas quienes deben ver que sus trabajadores las siguen.

Desde siempre, una estrategia de la dirección para manejar asuntos difíciles de seguridad e higiene ha consistido simplemente en hacer que un contratista ejecute las operaciones peligrosas o las partes peligrosas de una operación. El motivo de esta estrategia ha sido asignarle la responsabilidad de la seguridad y la salud. Entonces, cuando el inspector de la OSHA visitara las instalaciones, el patrono principal podría decir que las normas de la OSHA no son aplicables, pues sus propios empleados no estuvieron expuestos al riesgo. Ahora, la norma de seguridad de procesos ha eliminado en buena medida los incentivos para optar por esta forma de librarse de la responsabilidad de cumplir con las normas de seguridad e higiene.

## RESUMEN

Grandes accidentes, de los que el mayor sigue siendo el terrible desastre de Bhopal, llamaron la atención del mundo sobre los riesgos que los procesos que utilizan productos químicos peligrosos traen no sólo para los trabajadores de las plantas, sino también para el público en general. A principios de los noventa, la OSHA respondió con la norma de seguridad de procesos, que ha tenido un gran efecto en la industria de los Estados Unidos, en particular en las plantas químicas. La norma impone un enfoque sistemático, que incluye reunir información sobre los procesos peligrosos y analizarla para prever catástrofes y enfrentarlas de antemano. El análisis se basa en principios reconocidos de ingeniería y análisis de seguridad, y también se sirve de las herramientas de la ingeniería química, por ejemplo diagramas de flujo de bloque y gráficas de flujo de procesos. Una vez que el análisis está terminado, hay que establecer procedimientos de operación e instituir un programa de capacitación para garantizar que se aprovechan los frutos del análisis.

En reconocimiento de la parte del personal del contratista en los accidentes de los procesos químicos ya ocurridos, a los patronos principales se les ha asignado una mayor responsabilidad que comprende también a los trabajadores del contratista. Esta faceta de la norma de seguridad de procesos le quita al patrono la excusa de que la seguridad de estos trabajadores no es su obligación.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 6.1 ¿Cuáles fueron los dos graves accidentes de los ochentas que influyeron en la política nacional respecto a la seguridad de procesos?
- 6.2 Cuando se reúne la base de datos de información concerniente a los procesos de productos químicos peligrosos, ¿cuál es la fuente primaria de información relativa a los productos químicos en sí?
- 6.3 Mencione dos diagramas que se emplean como métodos de documentación de la tecnología de un proceso peligroso.
- 6.4 Haga una lista de ejemplos de detalles de hardware para diseños de ingeniería que podrían incluirse en la documentación de la tecnología de un proceso.
- 6.5 Explique el término *análisis de qué pasa si*.
- 6.6 Dé un ejemplo de la forma en que la ubicación de la planta influye en el análisis de la seguridad de procesos.
- 6.7 ¿Cómo se cuenta el factor humano en un análisis de seguridad de procesos?
- 6.8 ¿De qué manera beneficiarían a la empresa los servicios de analistas profesionales que estudiaran la seguridad de un proceso?
- 6.9 ¿Cuál es la principal ventaja al ocupar a operadores y a personal de mantenimiento internos en el equipo de análisis del proceso?
- 6.10 ¿Con qué frecuencia deben hacerse los análisis de procesos para tenerlos actualizados?
- 6.11 ¿Por cuánto tiempo deben conservarse los registros para documentar procesos y la actualización de los análisis de su seguridad?
- 6.12 ¿Hay alguna situación en la que sea legal ignorar los sistemas automáticos de seguridad del proceso? Si es así, dé un ejemplo.
- 6.13 ¿Es recomendable en algún caso continuar operando un proceso peligroso durante una emergencia? ¿Lo prohíbe la OSHA?

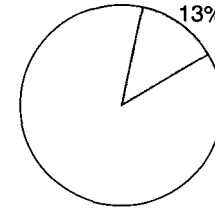
- 6.14 Explique cómo reconoce el sistema de control la aparición de un riesgo en el proceso.
- 6.15 Haga una lista de los cuatro elementos de un buen programa de capacitación para la seguridad de procesos.
- 6.16 ¿Qué desventaja tiene el sistema de tarjetas de empleados para documentar la capacitación en la seguridad de los procesos?
- 6.17 La relación tradicional del patrono principal y del contratista determina que aquél es responsable de los riesgos de sus empleados y éste de los suyos propios. ¿Cómo ha cambiado esta relación la norma de seguridad de procesos?
- 6.18 ¿En qué circunstancias dictamina la OSHA que el patrono tiene que mantener una bitácora de lesiones y enfermedades para otros trabajadores aparte de los suyos?
- 6.19 ¿De qué popular táctica se han valido los patronos para evadir la responsabilidad de la seguridad y la higiene de sus empleados? ¿Cómo la ha restringido la norma de seguridad de los procesos?
- 6.20 **Presentación de caso.** Utilice los recursos de biblioteca y el formato del caso 6.1 para reunir información de libros sobre productos químicos con la que documente los peligros del ácido clorhídrico.
- 6.21 ¿Qué es el enfoque del “mapa de carretera” para cumplir con la norma de seguridad de procesos y cuál es su principal ventaja?
- 6.22 ¿Cómo podría una planta procesadora de aves quedar sujeta a la norma de seguridad de procesos?
- 6.23 ¿Cómo concierne a un fabricantes de llaves y herramientas la norma de seguridad de procesos?
- 6.24 ¿Qué escollo hay en la documentación del análisis de riesgos de procesos que deja problemas importantes sin resolver?
- 6.25 ¿En qué circunstancias es especialmente importante solicitar los servicios de un ingeniero profesional titulado para evaluar el equipo del proceso?

### EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 6.26 Busque en Internet detalles sobre el desastre de Phillips Petroleum de octubre de 1989.
- 6.27 Estudie desastres internacionales, como Chernobyl y Bhopal. ¿Cuál fue peor? ¿Son los peores desastres de la historia? ¿Por qué?

## C A P Í T U L O 7

### Edificios e instalaciones



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

Pasemos ahora a examinar los riesgos en diversas categorías, para resaltar las normas aplicables y proponer métodos de eliminarlos o reducirlos. La mayor parte de las empresas comienza con un edificio en el que realizarán las operaciones, y éste es un buen lugar para iniciar el examen de los riesgos. El cometido será feliz si la administración se ocupa de los riesgos y las normas de seguridad e higiene apropiadas durante las etapas de diseño del edificio.

Por lo regular, las normas de seguridad para los edificios, ya sean municipales, estatales o federales, se denominan *reglamentos*. En su mayor parte, estos reglamentos se aplican a la construcción o modificación de nuevos edificios. Así, aunque estos reglamentos cambian de continuo, no se requiere que aquellos edificios construidos o remodelados antes de alguna modificación sean demolidos y vueltos a levantar o a acondicionar de acuerdo con las nuevas exigencias. Como es evidente, la mayor parte de los edificios no cumple con las últimas estipulaciones.

Se ha aplicado ciertas normas federales a todos los edificios, sin importar su antigüedad. Tales normas comprenden aspectos de permanencia relativa, como pisos, pasillos, puertas, cantidad y localización de salidas y longitud, amplitud, diseño, ángulos, y espacios para desplazarse hacia arriba o hacia abajo por las escaleras. La industria ha objetado que estas normas son injustas, no sólo porque se aplican a edificios ya construidos, sino también porque son vagas y están enunciadas de manera general. Pero a pesar de estos problemas, las industrias han emprendido gran cantidad de programas de reconstrucción para actualizar sus edificios e instalaciones y satisfacer las normas federales.

En defensa de las normas federales para edificios e instalaciones está el hecho de que algunas de las categorías más frecuentes de lesiones y muertes de trabajadores son las de diseños arquitectónicos inadecuados, falta de barandales e inconvenientes con las salidas. La infraestructura del edificio se diseña y construye sin suficiente consideración del trabajador que ha de tener acceso, junto con su equipo, para limpiar, dar mantenimiento, reparar, remplazar focos o dar cualquier otro servicio al edificio o las instalaciones. Algunos trabajadores incluso están en ubicaciones de donde

les sería imposible salir en caso de incendio. Muchas veces, la amplitud de los pasillos se establece arbitrariamente, sin pensar en dejar espacio para el movimiento de maquinaria y personal.

Las normas federales para edificios e instalaciones comprenden las siguientes categorías:

- Superficies para transitar y trabajar
- Medios de escape
- Plataformas motorizadas, canastillas para mantenimiento y plataformas de trabajo montadas en vehículos
- Controles generales del ambiente

Algunas de las estipulaciones de estas normas generan casi todos los problemas, así que las singularizaremos enseguida para analizarlas y explicar cómo debe el gerente de seguridad e higiene reducir los riesgos y cumplir las normas.

## SUPERFICIES PARA TRANSITAR Y TRABAJAR

Uno no acostumbra llamar al piso *superficie para transitar o trabajar*, así que ¿por qué los que escriben las normas escogen una terminología tan complicada? Para responder hay que reflexionar sobre los sitios riesgosos en los que la gente trabaja. Muchos accidentes, en particular los resbalones y caídas, ocurren en pisos, pero piense en otras superficies para transitar y trabajar, por ejemplo mezzanines y balcones; también están las plataformas, los pasillos elevados y los pasos colgantes, incluso más riesgosos, y no se deben olvidar rampas, desembarcaderos, escaleras fijas y escaleras de mano.

### Protección de pisos y plataformas abiertas

La norma más citada en la parte correspondiente a las superficies para transitar y trabajar es también de las más referidas de todas las normas de la OSHA. Debido a su importancia, la transcribimos completa.

Norma OSHA 1910.23: Protección de aberturas y hoyos en pisos y paredes

#### (c) Protección de pisos, plataformas y accesos al descubierto

(1) Todo piso o plataforma al descubierto a 1.22 metros o más de altura sobre el piso o suelo adyacente, debe estar protegido con un pasamanos común [o su equivalente, según se especifica en el párrafo (e)(3) de esta sección] en todos sus lados descubiertos, excepto donde esté la entrada a una rampa, escalera o escalera de mano fija. El pasamanos debe tener un zócalo de guarda, por debajo de los costados descubiertos, por donde

- (i) Puedan pasar personas
- (ii) Haya maquinaria en movimiento
- (iii) Haya equipo que, por la caída de sus materiales, pudiera crear un riesgo.

A muchos les parecerá que 1.22 metros son una altura inofensiva, pero se trata de una ilusión debida a que se piensa en saltar, no en caer. Casi todos han *saltado* sin lastimarse de elevaciones superiores, pero pocos adultos *caen* de esa altura sin lesiones. Ocurre un número sorprendente de *decesos* por caídas de apenas 2.5 metros. Las estimaciones del Consejo de Seguridad Nacional colocan las caídas en tercer lugar entre las principales causas de muertes relacionadas con el trabajo, después de la violencia laboral (ref. 1).

La ilusión de seguridad de las plataformas que se encuentran entre los 1.22 y los 4.27 metros de altura ha hecho que los diseñadores de edificios e instalaciones, así como los gerentes de seguridad e higiene, se vuelvan indulgentes. A la persona promedio, le parecería tonto pararse justo en el borde de un precipicio del Gran Cañón sin barandal de seguridad. Pero muchas “personas promedio” no tendrían inconveniente en pararse sobre un depósito sin protección a tres metros de altura. En tal situación, un incidente inesperado haría que el trabajador, por una acción refleja, tuviera una caída mortal.

De acuerdo con lo anterior, la parte superior de un tanque sería considerada una *superficie de trabajo* que el diseñador de la instalación debe tener presente, punto importante que hay que recordar. Incluso si la superficie es la parte superior de un tanque (o hasta la parte superior de una pieza de maquinaria que está en proceso de fabricación), funciona temporalmente como superficie para transitar y trabajar. Pero en estas situaciones inusuales hay otras maneras de dar protección temporal para evitar las caídas, como veremos en el capítulo 16.

Otra área problemática es la protección del personal contra caídas de las plataformas de carga. Algunas tienen poco menos de 1.22 metros de altura, con lo que se evita el problema. Muchos gerentes de seguridad e higiene han hecho que el área adyacente se construya más alto para cumplir con las normas, pero esto es de dudoso valor para prevenir lesiones. Otros han instalado barandales temporales y desmontables, y algunos más han dispuesto puertas con cadenas, que no califican como “barandales comunes” pero a veces han sido aceptadas como sustitutos prácticos, en un intento de enfrentar un riesgo en una situación difícil.

Para los obreros techadores, los tejados son superficies para transitar y trabajar, lo que nos lleva a la pregunta de si se necesitan barandales, protecciones contra caídas o alguna otra forma de protección para los perímetros de los techos cuando haya gente trabajando. Una cláusula de la norma de construcción de la OSHA indica *plataformas de aterrizaje*, a menos que:

1. El techo tenga una barda protectora
2. La pendiente del techo sea inferior a 10 centímetros en 30 centímetros
3. Los trabajadores estén protegidos por un cinturón de seguridad enganchado a una cuerda salvavidas
4. El techo tenga una altura menor a 4.88 metros desde el piso hasta los aleros

El término *barandales comunes* que menciona la norma de protección para plataformas está definido luego en las normas federales, y sus principales características se muestran en la figura 7.1. Se permiten ciertas variaciones razonables; por ejemplo, que se emplee algún otro material en vez del riel intermedio, siempre que aporte una protección equivalente; asimismo, la altura no tiene que ser exactamente de 107 centímetros, y se toleran barandales de 91 si no representan un riesgo y cumplen con las otras especificaciones. Esto evita la necesidad de desmantelar y volver a montar barandales buenos para cumplir con los reglamentos actuales, como lo han hecho algunas empresas, según se muestra en la figura 7.2.

Unos barandales que definitivamente no son comunes, pero que aún así en ciertos casos pueden dar una protección razonable, son las líneas de ductos o tubos paralelos a lo largo de los lados que están al descubierto. En muchos casos, estos elementos suprimen por completo los riesgos de suelos, plataformas o pasarelas que tienen los lados descubiertos. De hecho, se podría decir que dichos pisos, plataformas o pasarelas ni siquiera son de “lados descubiertos”, dado que la estructura paralela es suficientemente rígida.

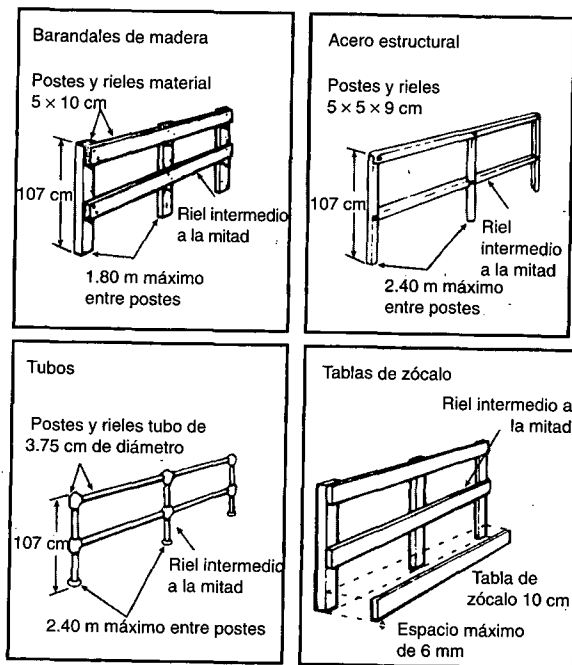


Figura 7-1 Barandales comunes. (Fuente: NIOSH).

En la norma 1910.23(c)(1) de la OSHA ya citada se enumeran tres condiciones, de las que una requiere *tablas de zócalo*, que son barreras verticales a lo largo de los bordes expuestos de la superficie para transitar o trabajar, a fin de evitar la caída de *materiales*. Una tabla de zócalo normal tiene 20 centímetros de alto y entre el piso y ella no hay un espacio mayor de seis milímetros. Si la tabla de zócalo no es de material sólido, su apertura no debe ser mayor de 2.50 centímetros.

Aunque en general 1.22 metros es la altura máxima para plataformas abiertas, situaciones especiales requieren protección *sin importar* la altura de la superficie. Entre los ejemplos se encuentran los pozos, los tanques, las tinas y las zanjas abiertas. Cuando es pequeño el tamaño de la abertura peligrosa, pudiera ser más práctico colocar una cubierta desmontable sobre el agujero, en lugar de un barandal a su alrededor. Algunos gerentes de seguridad e higiene han ahorrado a sus empresas grandes sumas llamando la atención sobre esta alternativa. Otra situación especial son las superficies para transitar y trabajar adyacentes a equipo peligroso, cuando son apropiados los barandales comunes.

### Pisos y pasillos

A juzgar por la actividad impositiva de la OSHA, la consideración más importante para pisos y pasillos no es cómo están contruidos, sino cómo se les da mantenimiento. Las normas de limpieza federales requieren que las áreas “se mantengan limpias y ordenadas y en condiciones sanitarias”. La pregunta obvia es: ¿Cómo va a saber el gerente de seguridad e higiene lo que significa “limpias y ordenadas y en condiciones sanitarias”? No hay una respuesta clara, pero se puede sacar alguna información de casos anteriores de notificaciones de la OSHA:

#### Ejemplo 7.1

En el patio de ferrocarril de una industria acerera, cerca de las vías había pilas de desechos como rieles de ferrocarril y cables que representaban riesgos de tropezones para los empleados que debían trabajar en el área de vías. Un factor adicional de complicación era que parte de los desechos estaba oculta por yerba.

#### Ejemplo 7.2

Se encontraron acumulaciones peligrosas de polvo de granos en muchas partes de un elevador de granos. El polvo estaba tan concentrado que no sólo era un riesgo para la salud del personal de limpieza, sino que también presentaba un riesgo serio de explosión. Dado que esta situación ya había sido señalada, la notificación la incluyó como “seria y repetida” y la penalización se fijó en 10,000 dólares.

#### Ejemplo 7.3

Un taller atiborrado tenía obstrucciones que algunos de los empleados debían saltar o rodear al hacer su trabajo.

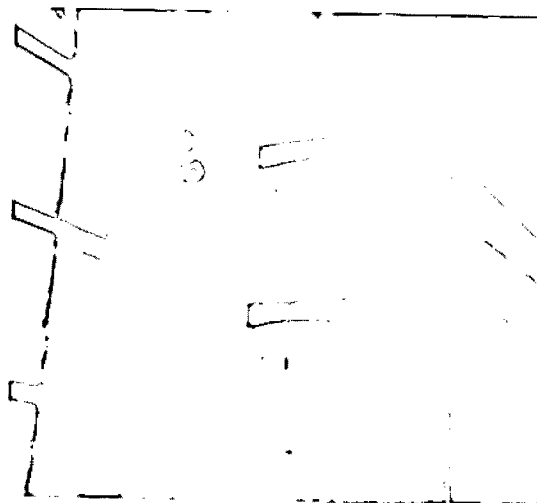


Figura 7-2 Nuevos barandales. En los primeros años de vigencia de la OSHA, algunos patronos desmontaron sus barandales y los reconstruyeron 7.5 o 10 cm más alto para cumplir con las normas. Observe las marcas de pintura en la pared, donde estaban sujetos los barandales anteriores. Desde entonces, la OSHA ha hecho un poco menos estricta esta regla.

### Ejemplo 7.4

Cilindros hidráulicos con fuga tiraban aceite sobre el piso de un área de trabajo. Nadie era responsable de limpiar el aceite derramado.

Algunas situaciones pueden *parecer* malas pero no representan un riesgo; por ejemplo, un funcionario de la OSHA entregó una notificación por las pilas (de aproximadamente 60 centímetros de alto) de aserrín alrededor de un cepillo y una juntera en un taller de carpintería, pero la empresa se opuso a la notificación porque en el área se movían pocos empleados, y el aserrín les estorbaría más que ponerlos en peligro. La empresa ganó el caso.

También se reconoce que en el curso de muchos trabajos es necesario que haya objetos y materiales tirados cerca. Esto es especialmente cierto en trabajos de reparación y desmontaje, así como en la construcción. Lo que por lo general se considera excesivo es la acumulación de materiales en el área inmediata en mayor cantidad a lo que se necesita para hacer el trabajo o bien que el material de desecho esté peligrosamente cerca del área de trabajo en mayor cantidad que lo acumulado en un día.

Una medida directa de lo inadecuado del programa de limpieza es la cantidad de accidentes, como tropezones y caídas, que ocurren en el área. Observe que redactamos el enunciado anterior en sentido negativo, ya que demasiados accidentes indican un programa inadecuado, pero “sin accidentes registrados” no es prueba de que el área de trabajo esté *libre* de riesgos. Por cada accidente que aparece en el archivo de la planta, un gerente de seguridad e higiene experimentado habrá documentado las medidas que se tomaron para eliminar o reducir de modo razonable el peligro, cualquiera que sea el riesgo que el análisis haya determinado.

Finalmente, los gerentes de seguridad e higiene pueden recurrir a su propia rama industrial en busca de lineamientos. Cualquier persona sensata sabe que la definición de “limpio, ordenado y en condiciones sanitarias” es diferente en una fundición y en una planta de productos farmacéuticos. Si la rama industrial tiene alguna guía de prácticas de trabajo, como las que ofrecen las asociaciones gremiales, serían muy útiles para ilustrar lo que es razonable en determinada industria.

La norma de limpieza general está dirigida a un riesgo muy común y a una fuente frecuente de demandas de compensación: resbalones y caídas. Tan importante es este riesgo para las compañías de seguros, que algunas veces tienen centros de investigación de “tribología” (ref. 87), el estudio de los mecanismos y fenómenos de la fricción, y que se aplica al estudio de tropezones y caídas así como a la lubricación y el desgaste de superficies contráctiles (ref. 82).

El agua en el piso es un problema en muchas industrias, y es necesaria una vigilancia constante para mantener el piso limpio y seco. En la fase de diseño de edificios e instalaciones, la atención al problema de procesos con agua sugerirá pendientes y sistemas de drenaje de pisos para resolver el problema. Otro dispositivo útil es el uso de un piso falso o un tapete, para que el trabajador que deba laborar en un proceso con agua tenga un sitio seco donde pararse.

Algunos edificios no están contruidos para facilitar la limpieza. En otros, los pisos no sólo son pobres desde el punto de vista de limpieza, sino que presentan riesgos de tropezones, como clavos que sobresalen, astillas, hoyos o tabloncillos sueltos.

Los riesgos por tropezones debidos a pisos dispares pueden acarrear lesiones serias. En un caso, en una laminadora de acero había una diferencia de 2.54 a 7.62 centímetros en el punto en el que una reja y una placa se unían en el piso. El empleado que trabajaba en esa área cumplía la tarea de guiar cabos de acero al rojo vivo del final de una línea de laminación, de modo que una caída lo habría puesto en peligro de tocar los cabos ardientes.

Los pasillos son importantes, y las normas respectivas especifican que los que son permanentes deben mantenerse despejados de obstrucciones peligrosas y tener las señales apropiadas. Irónicamente, entre mejor señalizados estén los pasillos, más se notarán las obstrucciones o materiales que se permita acumular en ellos. Por el contrario, entre más materiales u obstrucciones se despejen para montacargas u otros recorridos, más se notará que le faltan las señales necesarias.

De la ironía anterior hay que extraer una moraleja. Hay una tendencia entre los gerentes de seguridad e higiene a ir por toda la planta trazando indiscriminadamente pasillos, que luego se enorgullecen de señalar de acuerdo con las normas apropiadas. Está en la naturaleza humana de algunos gerentes el deseo por demostrar a todos que se emprenden las medidas para mejorar la seguridad y cumplir con las normas establecidas. El desafortunado resultado es que los pasillos quedan demasiado reglamentados y se dedica tanto tiempo a reglamentarlos que se pierde eficiencia de producción. De hecho, el efecto sobre la seguridad y la salud puede volverse negativo, pues patronos y trabajadores acaban por cuestionarse sobre si “de veras necesitan en la planta a ese gerente”. Los procedimientos de señalamiento de pasillos son una ilustración perfecta de cómo una acción demasiado ambiciosa en aras de la seguridad y la salud hace más daño que bien. Cada vez que se toma la decisión de colocar señales en un pasillo, el gerente de seguridad e higiene debe detenerse y preguntarse: “¿Podemos mantener este pasillo libre de materiales y otras obstrucciones?”.

Es notoria en las normas federales para pasillos la falta de alguna medida del ancho mínimo de los mismos. Los reglamentos estatales, que siguen el Código de Seguridad de Vida de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios especifican a menudo un ancho mínimo de acceso para la salida de 70 centímetros. Pero el reglamento federal calla sobre este punto, excepto por la expresión “se deberán incluir suficientes rutas seguras de evacuación”. Los pasillos en áreas de máquinas forjadoras reciben atención especial: “amplitud suficiente para permitir el libre movimiento de los empleados”, pero esta norma tampoco especifica una dimensión de ancho mínimo. Por lo tanto, las dos son buenos ejemplos de “normas de desempeño”.

La norma de señalización de pasillos de la OSHA ha dejado su propia marca en la industria. El término “apropiadamente señalizado” significaba al principio con negro o blanco o combinaciones de blanco y negro para pasillos. Las industrias desembolsaron incontables miles de dólares para cambiar las líneas amarillas, tan utilizadas en pasillos, por líneas blancas que aceptara la OSHA; ahora bien, las líneas blancas no eran tan duraderas, y los frustrados superintendentes de las instalaciones volvieron, en su desesperación, a las más duraderas líneas amarillas a fin de conservar alguna señalización. La regla del blanco y negro se volvió cada vez menos popular, hasta que finalmente la OSHA revocó el reglamento de color de pasillos por superfluo. En resumen, el gerente de seguridad e higiene debe estar seguro de que los pasillos estén bien señalizados, pero la elección del color para las líneas es de poca importancia. Así, la norma de señalización de pasillos fue primero de especificación, pero ahora es de desempeño.

Hasta aquí, en nuestro análisis de los pisos nos hemos ocupado de la protección de los espacios abiertos, superficies, mantenimiento, y señalizaciones adecuadas. Nada hemos dicho sobre el diseño estructural del piso en sí o si acaso puede soportar las cargas que se le aplican. Recuerde aquel edificio de estacionamiento de ocho pisos, en el cual el octavo cayó sobre el séptimo, que estaba bien construido pero era incapaz de soportar la carga por impacto de la caída del octavo, y de ahí en adelante todos los pisos fueron cayendo como fichas de dominó. Un recordatorio aun más sombrío es la tragedia del hotel de Kansas City en 1981, que referimos en el capítulo 3. Casi nadie se preocupa por saber si un piso está sobrecargado. Todos han escuchado sobre algún colapso estructural en algún

lado, pero los pocos incidentes que ocurren parecen tan remotos y poco frecuentes que pocos nos preocupamos del problema.

Las normas federales exigen letreros indicadores de las cargas del piso aprobadas por el “funcionario de edificios”. Una de las quejas más frecuentes de los gerentes de seguridad e higiene es que esta norma de cargas no explica el término *funcionario de edificios*. La confusión sobre el término ha provocado llamadas telefónicas a diversas oficinas tratando de localizar algún funcionario *público* que vaya a la instalación a hacer la determinación de ingeniería que servirá de base para los letreros indicadores de cargas del piso. Como, pues, el término “funcionario de edificios” no está definido, lo mejor que puede hacer el gerente de seguridad e higiene es solicitar los servicios de un ingeniero profesional competente, ya sea dentro o fuera de la empresa. Esto demostraría un esfuerzo de buena fe por cumplir con la norma y prácticamente eliminaría la posibilidad de algún riesgo.

Los letreros indicadores de cargas del piso son de poco valor si los empleados los ignoran. El apego a los límites de carga es un asunto administrativo o de procedimiento, y por lo tanto requiere vigilancia. Un buen sistema de registros e inventarios puede incorporar pesos y localizaciones a la base de datos del sistema de información general de la administración. Si el sistema está automatizado, la computadora vigilará la carga a toda hora y enviará un mensaje de advertencia en el improbable caso de que una distribución del inventario excediera el límite.

Dicho sistema computarizado parece una reacción desmesurada al problema, y de hecho lo sería en la mayor parte de las empresas de tamaño pequeño a mediano. Pero en un sistema computarizado de bodegas a gran escala, el sistema de vigilancia de carga de los pisos representaría una función tan pequeña para el monitor computarizado general que requeriría al mes sólo de unos cuantos segundos de tiempo de computadora. El sistema podría programarse para imprimir informes del estado cada mes o por excepción, siempre que las cargas excedieran o quizás cuando se aproximaran a los límites. Los informes de estado mensuales serían preferibles a los informes de excepción, porque aportan pruebas de apego a las normas aprobadas.

Viene a colación una advertencia. Si en verdad hay en la planta una violación a los límites de carga del piso, ningún elegante sistema de información computarizado va a ocultarlo. Es posible realizar cálculos manuales para determinar si se ha excedido un límite de carga, y síntomas como pisos aplastados, torcidos o agrietados son tan vergonzosos como peligrosos.

Todo el problema del diseño de pisos y pasillos y su mantenimiento se amplifica con el uso de equipo mecánico de transporte, como por ejemplo los montacargas. Estos vehículos agravan las dificultades y, siempre que hay problema con los pisos, se vuelven también más peligrosos. Veremos de nuevo el problema en el capítulo 13.

## Escaleras

Los reglamentos y normas de construcción de escaleras están bien establecidos, pero muchas fábricas y negocios tienen escaleras que no cumplen con ellos. Si las escaleras tienen cuatro pisos o más, necesitan barandales comunes o pasamanos y deben mantenerse libres de obstrucciones. Observe el uso de los términos *barandal* y *pasamanos*: *no son lo mismo*. Un pasamanos, de acuerdo con la norma, es una sola barra o tubo sostenido en la pared para proporcionar un asidero en caso de un tropiezo. En cambio, un barandal es una *barrera* vertical levantada a lo largo de los lados expuestos

de escaleras y plataformas a fin de evitar caídas. Por supuesto, es posible combinar pasamanos y barandales en una misma unidad, pero los dos términos no son iguales.

La norma de la OSHA es muy flexible respecto al tema de colocación de descansos en las escaleras, y usa expresiones como “evitar” (largos tramos de escaleras) y “se debe prestar atención a”.

La colocación de los descansos de las escaleras es una consideración de seguridad. Muchas personas piensan que el propósito de los descansos o plataformas de las escaleras es dar al que sube la oportunidad de descansar, y claro que éste es un objetivo complementario; sin embargo, su propósito principal es acortar la distancia de las caídas, por lo que tienen una función importante en la seguridad de edificios e instalaciones. Como es evidente, los tramos de escaleras demasiado largos son más peligrosos que las escaleras interrumpidas por descansos. Para que sean adecuados, deben tener un ancho no menor al de la escalera, y una longitud de por lo menos 76 centímetros en dirección de la misma.

## Escaleras de mano

Las escaleras de mano no son los dispositivos simples que la gente cree. El diseño es crucial, porque la construcción no debe ser demasiado fuerte ni demasiado débil. Una escalera de mano débil es peligrosa, pero una sobrediseñada es difícil o imposible de manejar. Una larga y pesada escalera de mano puede ser de un riesgo tan grande al transportarla como al trepar por ella. Es fácil ver por qué las escaleras de mano deben fabricarse según normas precisas.

Las empresas compran las escaleras de mano a fabricantes respetables, y el gerente de seguridad e higiene puede estar bastante seguro que estarán bien construidas. Lo que es más importante para la seguridad industrial es cómo se utilizan y se da mantenimiento a las escaleras de mano. Las escaleras defectuosas deben ser reparadas o destruidas, y mientras esperan cualquiera de estos destinos deben ser marcadas como “Peligrosa: no utilizar”. En entrevistas personales, los gerentes de seguridad e higiene han indicado que a menudo cortan en dos partes las escaleras defectuosas, antes de correr el riesgo de volverlas a usar. Cuando es necesario hacer un trabajo y no hay una escalera de mano ordinaria a la vista, es demasiado grande la tentación para el personal de mantenimiento o de otro departamento de quitar la etiqueta de peligro y hacer uso inmediato de una escalera defectuosa. En el mejor de los casos, la reparación de una escalera de mano defectuosa no tiene muy buen aspecto y despierta sospechas incluso si es segura. Se necesita un buen ingeniero para convencer a cualquiera de que la escalera reparada está como nueva, aun si el ingeniero ha sido capaz de convencerse él mismo.

Las escaleras metálicas portátiles comparten riesgos comunes con las de madera; sin embargo, una diferencia importante, es el hecho que las metálicas conducen la electricidad, y muchos trabajadores están conscientes de que corren más riesgos de electrocución cuando las emplean. Las suelas de hule o de cualquier otro material no conductor son una buena precaución en estas escaleras, pero el riesgo sigue presente y no debe permitirse que tales aditamentos se presten a condescendencias.

Ya sea que la escalera portátil esté hecha de madera o metal, sobre todo la manera de utilizarla determinará su seguridad. Casi todos conocen la admonición de que es inseguro ascender o descender de las escaleras de espaldas a la misma; pero es menos obvio el hecho de que no están destinadas a servir como plataforma o andamio y que se debilitan mucho si se colocan en ángulos cercanos a la horizontal.

Un error común estriba en valerse de escaleras demasiado cortas; por ejemplo, para subir a un techo, la escalera necesita extenderse por lo menos 90 centímetros por encima del punto de apoyo

superior. En las escaleras de mano ordinarias, no debe usarse el escalón superior. Otra costumbre poco juiciosa es colocar la escalera sobre cajas, barriles u otras bases inestables para ganar altura. Algunas personas unen incluso escaleras cortas para hacerlas más largas.

La primera consideración para el uso de una escalera portátil es su estado, especialmente el de los escalones. Después del riesgo de los escalones rotos, el riesgo más grande es el de la escalera que resbala o se mueve porque su colocación es inestable. La proporción adecuada es de 1.20 metros en dirección vertical por 30 centímetros de dirección horizontal. Un método seguro consiste en amarrar la escalera por su parte superior, de manera que no se mueva o resbale. Con todo, no siempre es factible, y otras soluciones pueden resolver el problema de deslizamiento. Algunas veces se puede estabilizar la escalera colocándola donde la estructura de la pared o el edificio limite su movimiento y la asegure. Otra solución es utilizar bases antideslizantes, pero este método no funciona en algunas superficies, por ejemplo las aceitosas, de metal, de concreto o resbalosas. En particular, las escaleras de metal tienden a resbalar y necesitan equiparse con buenas zapatas de seguridad, que además de impedir resbalones previenen electrocuciones. En algunas superficies, incluso son convenientes unas púas para asegurar la posición. Si la escalera se usa sin zapatas sobre una superficie dura, se necesita una tabla al pie que evite que resbale.

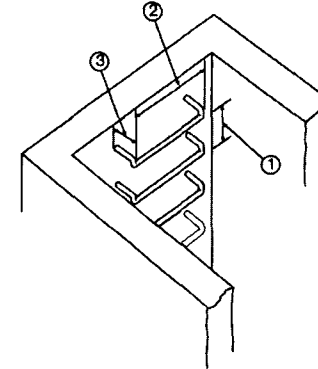
### Escaleras de mano fijas

Desde el punto de vista de la seguridad y la higiene, las escaleras de mano fijas requieren de un trato algo diferente de las portátiles, en las que lo más importante es su cuidado y uso correcto, como acabamos de ver. En las escaleras fijas, lo que más cuenta es su diseño y construcción. Está fuera del alcance de este libro especificar todos los detalles de diseño de las escaleras fijas. Si es necesario construirlas, el diseñador debe seguir las detalladas especificaciones de las normas establecidas, no este libro.

Aquí sólo pretendemos alertar al gerente de seguridad e higiene sobre los problemas que causan las escaleras de mano fijas. Quizá algunas fueron construidas hace mucho tiempo o bien sin las intrucciones de las normas. Es deber del gerente de seguridad e higiene avisar a la empresa si encuentra que las escaleras fijas están construidas de manera incorrecta. Entonces, recomendará que se sigan los detalles de diseño cuando se reconstruyan.

Para que el gerente se prepare para reconocer los problemas comunes que suelen presentar las escaleras fijas, necesita algunos conocimientos sobre su diseño. En aras de la brevedad, en este libro elegimos algunos problemas fáciles de observar, los que se ilustran en la figura 7.3. El desplazamiento vertical de los escalones sirve para impedir que el pie resbale sobre los extremos. Otros elementos, como los rieles laterales, también serían aceptables.

Son peligrosos los tramos largos continuos, y las normas exigen que se dividan, separándolos mediante un resalto con una plataforma de descanso cada nueve metros. Se precisan jaulas protectoras cuando la escalera tiene más de seis metros, pero menos de nueve; ahora bien, muchos gerentes de seguridad e higiene no se percatan de que hay una alternativa. En escaleras de torres, depósitos de agua y chimeneas de tramos continuos de más de nueve metros, es posible colocar dispositivos de seguridad en lugar de jaulas. Estos dispositivos son una combinación del equipo fijo de la propia escalera y el equipo personal para quien sube. Una clase se sirve de una polea que se mueve a lo largo de un riel fijo. La polea está unida al cinturón de quien la aborda. Cuando el usuario sube o baja, la polea se mueve con facilidad por el riel en el mismo sentido, pero en caso de una caída se activa un



1. Distancia entre escalones no mayor a 30 centímetros y uniforme
2. Longitud mínima del escalón de 40 centímetros
3. Espacio mínimo por detrás de 17.5 centímetros. Esta dimensión es la más violada, de acuerdo con la frecuencia de las notificaciones de la OSHA.

**Figura 7-3** Problemas fáciles de reconocer en escaleras fijas; los tres están considerados por la OSHA. Observe el desplazamiento del escalón para evitar que el pie resbale. (Basado en normas de OSHA.)

freno que la detiene. En los dispositivos de riel y polea, es imprescindible asegurarse de que están equipados para funcionar con hielo en el riel si la escalera está localizada en un clima en el que se den heladas (la mayor parte de los sitios exteriores en los Estados Unidos). El problema de seguridad con el hielo en el riel es un tanto indirecto; la polea no se puede mover por un riel cubierto de hielo, lo que inutiliza el sistema. Pero es en ese momento cuando más se necesita el dispositivo de seguridad. El problema no carece de solución, puesto que hay dispositivos de deshielo para los sistemas de polea. No obstante, los gerentes de seguridad e higiene deben elegir sus sistemas de protección con cuidado, luego de considerar todos los factores, incluyendo el problema del hielo, a fin de evitar molestias e inversiones perdidas por parte de la empresa. En la figura 7.4 se aprecia un ejemplo del sistema de seguridad de escaleras de riel y polea.



**Figura 7-4** Ejemplo de un dispositivo de seguridad para escaleras.

## Tablones de descarga

Los tablones de descarga, o placas puentes, proporcionan una superficie temporal para transportar carga, sobre todo para maniobras de carga y descarga de vehículos. Uno de los principales riesgos de seguridad de estos tablones es que pueden moverse cuando están en uso. También es posible que se desplacen las superficies que comunican, como cuando el vehículo de carga se mueve. Finalmente, el mismo tablón puede no ser lo bastante resistente para soportar la carga.

## SALIDAS

Como las salidas son puertas que dan al exterior, desde el punto de vista de la seguridad se consideran medios de escape, especialmente en caso de incendio. Estas consideraciones son exactas pero incompletas. El gerente de seguridad e higiene debe ampliar el concepto con el término general de *medios de escape*, que comprenden:

1. La ruta de acceso a la salida
2. La salida en sí
3. La ruta de evacuación de la salida

Al pensar en medios de escape en vez de meras salidas, el gerente de seguridad e higiene está en posición de estudiar todo el edificio para determinar si en todas sus áreas hay vías continuas y sin obstrucciones para trasladarse a un espacio público. De esta manera, se debe pensar en escaleras, salones intermedios, puertas interiores cerradas y corredores de acceso limitado. Fuera del edificio, hay que detenerse en patios, almacenes exteriores de materiales, cercas, plazas y áreas con arbustos. Uno pensaría que ni los arbustos ni los jardines tienen que ver con la seguridad y la salud; sin embargo, podría ocurrir que los empleados, al escapar de un edificio en llamas (o, digamos, con una tubería de cloro rota) por una puerta de salida, se encontraran con que conduce a un patio confinado por una cerca, árboles densos u otra obstrucción.

Casi todos los gerentes de seguridad e higiene experimentan en algún punto de su carrera la molestia de una salida *cerrada con llave*. Se trata de un arma de dos filos, porque muchos gerentes son responsables de la seguridad de la planta. En muchos casos, la única solución práctica es colocar barras de pánico u otros mecanismos para impedir el paso desde el exterior, en tanto que la vía de salida se mantiene libre y sin obstrucciones. En los lugares en los que una salida sin autorización sea un problema de seguridad tan importante como una entrada no autorizada, quizás la única alternativa consista en una puerta con alarma sonora automática. Los diseñadores de instalaciones colocan cada vez más salidas de emergencia sin cerrojo y con esta alarma. Más a menudo que las salidas cerradas, se encuentran salidas obstruidas o bloqueadas. La presencia de materiales apilados que obstaculizan la puerta o la ruta de traslado traiciona la finalidad de la salida.

Si alguna vez alguien receló de la importancia del requisito de la OSHA de mantener las salidas sin cerrojo y libres de obstáculos, despejó sus dudas en ocasión de la tragedia ocurrida en Hamlet, Carolina del Norte, la mañana del 3 de septiembre de 1991. En uno de los peores accidentes industriales de la historia de los Estados Unidos, 25 personas murieron y otras 56 quedaron heridas en un incendio que arrasó la planta de procesamiento de aves de Imperial Foods (ref. 80). El infierno fue controlado en sólo 35 minutos, pero el daño ya había ocurrido. El edificio de 28,000 metros cuadra-

dos, una planta de helados de los años veinte remodelada, prácticamente no tenía ventanas, y cuando poco después del inicio del incendio las luces se apagaron, los 90 trabajadores presentes se tuvieron que arrastrar en la oscuridad por todo el laberinto del equipo de procesamiento tratando de encontrar una salida. Según se dice, para evitar el robo de productos y mantener alejadas a las moscas, siete de las nueve puertas de salida siempre estaban cerradas o atrancadas desde el exterior. La tragedia cerró la planta permanentemente, y tres miembros de la dirección fueron acusados (cada uno) de 25 homicidios involuntarios: el propietario de la empresa, ahora en bancarrota, el hijo del propietario, que se desempeñaba como gerente de operaciones, y el gerente de planta.

## Ley de Estadounidenses con Discapacidades

La aprobación de la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (*Americans with Disabilities Act*, ADA) en 1990 le dio mayor significado a la atención a edificios e instalaciones. La ley ordena que los patronos hagan adaptaciones razonables para empleados discapacitados, en lugar de negarles el empleo. Esto quiere decir que se volvieron obligatorios muchos cambios a las superficies para transitar y trabajar, las salidas, los niveles de los bebederos, los baños y otras instalaciones. A menudo se le asigna al gerente de seguridad e higiene la responsabilidad de cumplir con la ADA, sólo por el simple hecho que está acostumbrado a tratar problemas de cumplimiento de otras reglamentaciones federales, como las normas de la OSHA.

Tanto la industria como las instituciones públicas toman en serio la ADA. Es posible contratar asesores expertos en las normas de acceso de discapacitados para que realicen una auditoría de las instalaciones. Algunos de estos asesores son también discapacitados, y se ganan la vida visitando en sus sillas de ruedas las instalaciones, cuyos accesos verifican de manera práctica. Cuando una persona en silla de ruedas trata de entrar a un edificio o de utilizar las instalaciones, como bebederos o baños, y no puede, se tiene un argumento convincente en favor de invertir en infraestructura. Al mismo tiempo, el gerente de seguridad e higiene debe asegurarse de que en el rediseño de los edificios e instalaciones se toman en cuenta no sólo las normas de la ADA, sino también las de la OSHA.

## ILUMINACIÓN

Ya hemos tocado este tema. La iluminación, o la falta de ella, puede ser un riesgo de seguridad, pero no está reglamentada la mínima iluminación segura, excepto en las áreas especializadas; por ejemplo, si en cierta área de la planta se operan montacargas, el nivel de iluminación general mínimo es de dos lúmenes por pie cuadrado, a menos que los montacargas mismos cuenten con luz. Todo letrero de salida debe estar bien iluminado, con una fuente de luz confiable, con un valor no menor a cinco lúmenes por pie cuadrado sobre la superficie iluminada. Esto no significa que el letrero de salida deba estar iluminado *desde dentro*, de modo que una alternativa es luz artificial *externa*. Tampoco hay nada malo en confiar en la iluminación *natural* (luz del sol) si incide en el letrero de salida con no menos de cinco lúmenes por pie cuadrado. Ahora bien, la iluminación natural es un problema si tienen acceso al área los trabajadores del segundo o el tercer turno. Dicho sea de paso, cinco lúmenes por pie cuadrado no es mucha iluminación. Normalmente, la mayor parte de las áreas de las plantas están iluminadas por niveles de luz mucho más elevados.



## INSTALACIONES MISCELÁNEAS

### Plataformas de mantenimiento

Ya señalamos la importancia de la planeación de las actividades de mantenimiento al construir un nuevo edificio. Muchos edificios modernos tienen sistemas de suspensión integrados y seguros para la limpieza externa de las ventanas y otras actividades externas de mantenimiento. Los trabajadores de mantenimiento de los edificios que no cuentan con estas facilidades son menos afortunados y tienen que trabajar sobre andamios suspendidos de la misma clase que los andamios de construcción que estudiaremos en el capítulo 16. Pero no sólo los trabajadores son menos afortunados, sino también sus patronos y los gerentes de seguridad e higiene que deben preocuparse por la seguridad de los andamios, de asegurarlos bien del techo del edificio y de otros aspectos previstos por las normas aplicables.

Los gerentes de seguridad e higiene que sí gozan de edificios equipados con plataformas eléctricas para el mantenimiento exterior, deben dirigir la mayor parte de su atención no a cómo están hechas, sino a cómo se manejan y cómo se les da mantenimiento. Al fabricar una plataforma de mantenimiento eléctrica, el productor de este equipo tendrá mucho cuidado de seguir estrictamente las normas. Los problemas habituales de estas plataformas son la falta de barandales, zócalos de guarda y malla lateral, los dispositivos de seguridad inutilizados y las inspecciones o registros de inspección inadecuados.

En lo que se refiere al equipo en sí, algunas empresas han sido penalizadas por no tener placa de carga nominal en la plataforma. La clasificación de carga debe estar expuesta en letras de por lo menos seis milímetros de altura. El cable de acero que sostiene la plataforma también debe estar marcado con una etiqueta metálica que indique su resistencia máxima a la ruptura y otros datos, incluyendo mes y año de su instalación.

Los trabajadores de ciertas clases de plataformas eléctricas necesitan estar equipados con cinturones de seguridad; en otras plataformas, están seguros sin cinturón. Una plataforma soportada por cuatro o más cables de acero puede diseñarse de forma que la superficie de trabajo conserve su posición normal incluso si falla un cable. Sin embargo, muchas plataformas eléctricas sólo están suspendidas por dos cables y se inclinarán peligrosamente si uno falla. Uno de los tipos de plataforma más peligroso es el conocido como “tipo T”, cuyos operarios deben llevar cinturones de seguridad unidos a cables de salvamento. Si la plataforma es del tipo T, cambiará de posición cuando falle un solo cable, pero no caerá al suelo; por lo tanto, el cable de seguridad puede sujetarse a la estructura del edificio o a la plataforma de trabajo. Compare esto con las normas de la industria de la construcción (capítulo 17), que exigen que los cables estén sujetos a un ancla o a un miembro estructural, y no al andamio.

Los trabajadores de empresas de servicio público y los podadores de árboles utilizan a menudo plataformas montadas en vehículos, como canastas aéreas, escaleras telescópicas, plataformas con pluma o botalón y torres elevadoras. De nuevo, la mayor parte de los accidentes se deben más a un uso inadecuado de la plataforma que a una falla del equipo o del diseño. Esto es aún más cierto en las plataformas montadas en vehículos que en los modelos colocados en edificios.

El riesgo más serio en las plataformas montadas en vehículos es el contacto con conductores eléctricos de alto voltaje, accidente que cada año causa la muerte de muchos trabajadores. El riesgo es tan grave que en todo momento se debe mantener una distancia de seguridad, excepto, por supuesto, en el caso de las empresas de servicios públicos eléctricos, que por la naturaleza de su trabajo deben acercarse más. Por seguridad, las empresas de servicio deben aislar los dispositivos aéreos que fun-

cionan más cerca que la distancia establecida de seguridad. Por ejemplo, para las empresas particulares, la norma aceptada en el caso de cables de 40 kilovolts, es de tres metros de distancia. Las distancias de seguridad cambian según los voltajes de las líneas. Veremos estas distancias con mayor detalle en el capítulo 16, cuando estudiemos las grúas móviles.

A veces se instalan en la pluma o botalón sensores especiales, conocidos como “dispositivos de advertencia de proximidad”, para anunciar al operador que la canasta está demasiado cerca para su seguridad. Sin embargo, estos dispositivos de advertencia no protegen, y, por lo tanto, no deben ser considerados como una excusa para acercar la pluma a la línea más de lo que permiten los mínimos autorizados.

### Elevadores

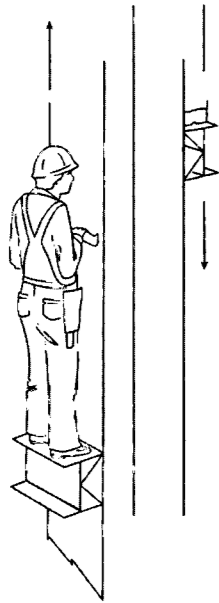
Hay ascensores en todos lados, pero ¿cuándo recuerda usted que se haya caído uno? La idea de una caída catastrófica de un elevador es tan terrible que desde hace ya mucho tiempo el público estableció reglas de seguridad. La jurisdicción quedó en manos de los estados, y la mayor parte de éstos realizan la inspección de elevadores mediante comisiones de “trabajo” o de “trabajo e industria”. La próxima vez que se suba a un elevador, busque la etiqueta con el certificado de inspección colocado dentro del mismo.

Los elevadores deben ser examinados cuando están nuevos (o remodelados) y después periódicamente. Muchos estados solicitan incluso permisos de construcción expedidos por la oficina autorizada de inspección antes de que se inicie la instalación de cualquiera. Algunos estados requieren también permisos y cuotas de operación. No todos los inspectores deben ser funcionarios de una dependencia oficial, pero tal vez sean aplicables los procedimientos estatales de licencia para estos individuos.

Los ascensores de personal se utilizan como elevadores, pero, a diferencia de éstos, están sujetos a las normas federales. Los ascensores de personal son mucho más baratos y más eficaces, por lo que se utilizan en vez de los elevadores. Sin embargo, como se aprecia en la figura 7.5, son por sus características más peligrosos. Es irónico que los elevadores —que son más seguros que los ascensores de personal— estén regidos por estrictas inspecciones, licencias, permisos y aprobaciones estatales. En el caso de los ascensores de personal es responsabilidad del gerente de seguridad e higiene interpretar las normas generales e identificar los riesgos. En la Figura 7.5 se hace patente que el mayor riesgo de estos ascensores, se corre al subirse y bajarse. La salida es esencial, ya que la banda es continua, y quedarse sobre ella después del último piso superior o inferior sería o imposible o muy peligroso.

### Calderas

Las calderas de vapor y los recipientes a presión son tan seguros en nuestros días que la mayor parte de la gente ni siquiera piensa en ellos. No siempre fue así. Aunque las calderas de vapor no son tan populares actualmente como sistemas de calefacción, hay muchas en uso todavía; además, los procesos industriales utilizan cientos de miles de calderas y recipientes a presión. Así, nuestra falta de familiaridad con accidentes de calderas no se debe a que éstas escaseen; son los accidentes los que son poco frecuentes. Cuando alguno ocurre, la energía liberada por la explosión es tan devastadora, que por lo general es una catástrofe.



**Figura 7-5** Ascensor de personal: una banda en movimiento continuo para que los trabajadores suban y bajen.

Los graves riesgos de una caldera insegura llevaron a reglamentar y proteger muy pronto estos recipientes. Al igual que con los elevadores, el desarrollo histórico de los reglamentos de calderas ha entregado su jurisdicción a los estados. El control estatal ha sido muy eficaz para mantener los accidentes de calderas a un mínimo absoluto.

El gerente de seguridad e higiene necesita asegurarse de que las calderas y los recipientes a presión de la planta sean inspeccionados y que se sigan los procedimientos estatales. Una pregunta que surge inmediatamente es qué recipientes a presión están cubiertos por las reglas. La mayor parte de los estados exigen a contenedores de gases de petróleo líquido (*liquefied petroleum gases*, LPG), ya que éstos están cubiertos por otras reglamentaciones. Lo mismo puede decirse en lo general de los recipientes aprobados por el Departamento de Transporte para el tránsito en vías públicas de líquidos y gases bajo presión. Algunos estados también exigen los recipientes utilizados en cuestiones de producción, distribución, almacenamiento o transmisión del petróleo o gas natural. Sin embargo, observe que esta relación no exime a las refinerías ni las plantas químicas que generen *productos* de petróleo. En la industria, el término *producción de petróleo* se refiere a la excavación y la extracción, o “minería”, del petróleo, no a su refinación. La única manera de verificar cuáles son las exenciones en un estado, es acudir a la oficina encargada.

El momento de detenerse a pensar sobre las reglas para la seguridad de calderas y recipientes a presión es cuando se va a adquirir, instalar, modificar, mover o vender una pieza de esa clase. La soldadura puede debilitarlas, y es motivo de cuidadoso examen por parte del inspector, aunque no está terminantemente prohibida. Hasta los depósitos de almacenamiento de agua caliente deben ser instalados o reinstalados por personas con la licencia adecuada para el trabajo.

## HIGIENE

La higiene en los comedores parece un asunto sencillo y evidente, pero las decisiones de saneamiento pueden ser más complicadas de lo que parecen. Si se toma la decisión de permitir a los empleados

comer en la planta, se deben observar principios de higiene. El gerente de seguridad e higiene debe estar seguro de que haya suficiente cantidad de botes de desperdicios de modo que no se saturen. Pero antes de extralimitarse, tiene que estar al tanto de que también puede haber *demasiados* botes de desperdicios. Si así ocurriera, el personal de mantenimiento descuidará el vaciado de los que tienen poco uso, lo que acarrearía otros problemas de higiene.

La presencia de materiales tóxicos complica todo el problema del servicio, consumo y almacenamiento de alimentos. Desde luego, no hay que almacenar alimentos ni bebidas en áreas en las que quedarán expuestos a materiales tóxicos. Algunos pensarán que esta regla es obvia, pero el gerente de seguridad e higiene debe considerar no sólo la cafetería o el comedor de la planta, sino también al empleado que trae bocadillos de su casa y quizá los guarda en áreas donde estarán expuestos a esos materiales.

Algunos materiales tóxicos, como el plomo, son en especial peligrosos de ingestión con los alimentos. Otros materiales, como el cloruro de vinilo y el arsénico, son de tanto cuidado que hay normas estrictas y específicas para su control. En el capítulo 8 estudiaremos con más detalle las sustancias tóxicas.

## RESUMEN

Los gerentes de seguridad e higiene que están dispuestos a planear para el futuro ahorrarán a sus empresas grandes sumas prestando atención a los reglamentos de construcción y de instalaciones *antes* de comenzar la construcción o ampliación del espacio de planta. Esta planeación es clave para cumplir con las normas para pisos, pasillos, salidas y escaleras. Se pueden agregar barandales, escaleras de mano y plataformas, pero éstos también merecen cierta consideración anticipada para ver que su instalación cumpla los requisitos.

Los gerentes de seguridad e higiene deben tener el cuidado de no entusiasmarse demasiado y trazar muchos pasillos o salidas. Un pasillo o salida de más con mantenimiento o señalización inadecuados puede causar problemas y, de hecho, ni siquiera va de interés de la seguridad.

Quizá el tema de edificios e instalaciones no sea el que más emocione al gerente de seguridad e higiene. Sin embargo, hasta asuntos triviales como la limpieza y la higiene merecen una atención y un juicio cuidadosos en el afán de fortalecer la seguridad y la salud a un costo razonable.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 7.1 ¿Cuál es la altura de un barandal común en superficies para transitar y trabajar?
- 7.2 Se necesita una escalera portátil para subir a un techo de 4.20 metros de altura. ¿Qué longitud debe tener?
- 7.3 ¿Cuáles son los dos requisitos federales principales para los pasillos de las plantas industriales?
- 7.4 Explique por qué el título de una gran subdivisión de la OSHA es “Superficies para transitar y trabajar” en lugar de simplemente “Pisos”. Mencione 10 diferentes superficies para caminar y trabajar.
- 7.5 ¿En qué ilusión radica el peligro de un piso o plataforma con un lado abierto de sólo 1.20 metros de alto?
- 7.6 Suponga que en su planta los soldadores deben trabajar en la parte superior de un tanque de tres metros de alto para terminar operaciones de fabricación. ¿Qué se tiene que hacer, si es que se debe hacer algo, para protegerlos de caídas?
- 7.7 ¿Cuál es el propósito de una tabla de zócalo?
- 7.8 Explique en qué condiciones y cómo deben los trabajadores de techado ser protegidos del riesgo de caer.
- 7.9 ¿Cuándo debe equiparse con un barandal un piso o plataforma que tiene un lado abierto?

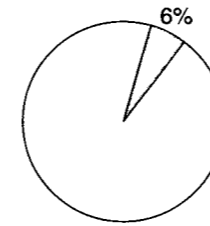
- 7.10 ¿Cuándo debe la OSHA exigir protección en un pozo de servicio para su uso en el mantenimiento de vehículos? ¿Cómo protegería usted ese pozo?
- 7.11 Explique cómo una limpieza defectuosa podría dar lugar a una notificación de la OSHA que clasifique la violación como “seria”.
- 7.12 Como gerente de seguridad e higiene, ¿cómo trataría los problemas de limpieza?
- 7.13 Explique el peligro de señalar demasiados pasillos permanentes.
- 7.14 Explique la diferencia entre un pasamanos y un barandal.
- 7.15 Describa los propósitos y requisitos de los descansos en escaleras.
- 7.16 Describa los puntos importantes que hay que considerar en la seguridad de las escaleras de mano portátiles.
- 7.17 ¿En qué condiciones se indican las jaulas de escalera? ¿Cuándo se emplean dispositivos de seguridad en las escaleras? ¿Cuáles son sus ventajas y desventajas?
- 7.18 Defina el término *medios de escape*.
- 7.19 ¿Cuál es el mayor problema de las salidas?
- 7.20 ¿Qué son plataformas montadas en vehículos? ¿Cuáles son sus principales riesgos?
- 7.21 Explique por qué causan problemas de higiene tanto demasiados como muy pocos botes de desperdicios.
- 7.22 Refiera un caso en el que las salidas cerradas causaron numerosos fallecimientos, acusaciones penales, bancarrota de la empresa y el cierre permanente de la planta.
- 7.23 La década de los noventa ha visto un incremento en la importancia del diseño de edificios e instalaciones. ¿Qué legislación importante marcó este aumento?
- 7.24 ¿Qué nueva responsabilidad se puso en manos de muchos gerentes de seguridad e higiene en la década de los noventa y por qué?
- 7.25 De acuerdo con el Consejo de Seguridad Nacional, ¿en qué lugar se encuentran las caídas entre las principales causas de decesos en el trabajo?
- 7.26 Analice el problema de la promulgación de normas federales para los reglamentos de construcción.
- 7.27 ¿Qué estudia la “tribología” y por qué es importante para la seguridad y la salud laboral?
- 7.28 Compare la norma del llamado Código de Seguridad de Vida con la norma de la OSHA para la amplitud de pasillos en plantas industriales. ¿Cuál está redactada en lenguaje de desempeño y cuál en uno de especificación?
- 7.29 ¿De qué forma ha cambiado la norma de la OSHA para señalización de pasillos del lenguaje de especificación al de desempeño?
- 7.30 Explique el propósito de un “tablón de pie de escalera”.
- 7.31 Explique por qué es aceptable en la industria en general asegurar el cable de seguridad del trabajador al mismo andamio, si éste es del “tipo T”.
- 7.32 ¿Es correcto que cualquiera instale un depósito de agua caliente? ¿Por qué? Explique.

## EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 7.33 Busque en Internet detalles sobre el desastre de Imperial Foods de 1991.
- 7.34 Busque en Internet detalles sobre el desastre de Triangle Shirtwaist de 1911. ¿Qué lecciones se hubieran podido aprender de este accidente que hubieran evitado el desastre de Imperial Foods 80 años más tarde?

## CAPÍTULO 8

# Salud y sustancias tóxicas



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

Los riesgos a la salud tienen gran impacto porque son grandes las posibilidades de lesiones entre los empleados expuestos y el costo de corregir un solo riesgo puede ascender a millones de dólares. Durante muchos años, los higienistas industriales han afirmado que los riesgos a la salud merecen mayor atención. En respuesta a estas presiones, casi desde que la institución de la OSHA inició se ha manifestado un cambio en las actividades de seguridad por las de la salud. Al principio, la OSHA no tenía un equipo suficiente de profesionales de la salud para evaluar estos riesgos, y su interés se centraba en la seguridad. Pero desde principios de los años setenta la proporción de especialistas de la salud con los que cuenta la OSHA ha aumentado mucho.

En el capítulo 1 analizamos los orígenes de la competencia y las fricciones entre los profesionales de la seguridad y los de la salud. Ambos grupos tienen objetivos comunes, pero como su preparación es muy distinta, surgen los conflictos. Ahora bien, los profesionales de más éxito en los dos campos se empeñan en adoptar las características del campo opuesto, de modo que sus diferencias comienzan a desaparecer.

Por las mismas definiciones de *salud* y *seguridad*, siempre será más difícil detectar los riesgos para la *salud* que los riesgos de *seguridad*. Como observamos en el capítulo 1, la salud se ocupa de los efectos crónicos a largo plazo por exposición, en tanto que la seguridad trata de los efectos agudos, más obvios, que causan daños de inmediato.

## EXÁMENES BASE

Prácticamente todo el mundo ha pasado un examen físico antes de ser aceptado en un puesto, pero pocos comprenden su importancia en relación con el programa general de seguridad e higiene. En este examen se establece el estado general de salud del candidato, información crucial para colocarlo en el puesto correcto y detectar cualquier deterioro causado por exposición en el trabajo. Estas expo-

siciones son la razón de más peso para los exámenes físicos previos a la contratación, debido a la naturaleza crónica de los riesgos a la salud. Si un empleado ya sufre de enfisema o cualquier otro trastorno pulmonar, es esencial que este hecho quede establecido al momento de la contratación. Lo mismo se puede decir de la sordera, como veremos en el capítulo 9.

## SUSTANCIAS TÓXICAS

La exposición a sustancias tóxicas es el “problema de salud” por excelencia, así que nos valdremos de su estudio como modelo de todo el tema del control ambiental y de la salud. Aquí, la elección de los términos puede ser de importancia. Por ejemplo, a veces decimos *materiales peligrosos* para referirnos a sustancias tóxicas, pero el adjetivo *peligroso* es mucho más general e incluiría riesgos a la seguridad, como los que presentan los explosivos y los líquidos inflamables y combustibles. Este libro sigue la regla convencional popular que tiende a asociar el término *materiales* con riesgos a la seguridad y el término *sustancias* con riesgos a la salud. En el capítulo 10 nos ocuparemos casi en exclusiva de riesgos de seguridad.

El gerente de seguridad e higiene necesita conocimientos generales sobre los efectos de las sustancias tóxicas en el organismo. Tales conocimientos serán útiles para convencer tanto a los trabajadores como a la dirección de que las sustancias tóxicas deben controlarse por el bien de la salud de los empleados, así como para evitar una notificación de la OSHA. En nuestro análisis describiremos algunas sustancias tóxicas de acuerdo con sus efectos en el organismo.

### Irritantes

Los irritantes inflaman las superficies del cuerpo por su acción corrosiva. Algunos afectan la piel, pero una cantidad mayor lastima las superficies más húmedas, especialmente los pulmones. La víctima de un irritante débil del tracto respiratorio superior puede detectarlo con facilidad, pero los irritantes del tracto respiratorio inferior a veces pasan inadvertidos.

Cuando el irritante es algún polvo, la enfermedad pulmonar que origina se llama *pneumoconiosis*. Éste es un término general que incluye lo mismo una reacción a polvos molestos como la fibrosis, una reacción más seria que produce tejido cicatricial fibroso que perjudica la capacidad pulmonar. Ejemplos de pneumoconiosis son la siderosis (causada por polvo de óxido de hierro), la estañosis (por polvo de estaño), la bisonosis (por polvo de algodón) y la aluminosis (por polvo de aluminio). Las fibrosis más peligrosas son la asbestosis (por fibra de asbesto) y la silicosis (por la sílice).

Todos estamos familiarizados con el fuerte olor del amoníaco. Este gas y la humedad de las membranas mucosas del cuerpo se combinan para formar hidróxido de amonio, un agente muy tóxico. Es fácil comprender que irrite y lesione los delicados tejidos de nariz, tráquea, pulmones y otras partes con las que entre en contacto. Con la misma lógica, cualquiera de los gases que se combinen con el agua para formar ácidos serán irritantes, igual que las partículas suspendidas en el aire de los propios ácidos.

Las operaciones de electrodeposito lanzan neblinas ácidas al aire, ya que los tanques a menudo salpican, están calientes y contienen ácido. La neblina de ácido crómico es particularmente dañina y causa un mal de nombre ominoso, *agujeros de cromo*. El ácido crómico también destruye el tabique nasal, que separa las dos fosas nasales.

Otro irritante bien conocido es el gas de cloro, un producto químico industrial de uso amplio. Los halógenos parientes del cloro, el flúor y el bromo también son irritantes, especialmente el flúor, el más potente de todos los halógenos. Hasta las sales solubles del flúor son venenosas. Menos conocidas son las sustancias que irritan el fondo de los pulmones, como los óxidos de nitrógeno y de fosgeno. El fosgeno es mejor conocido como un gas de guerra química, lo que prueba su toxicidad. Pero también se puede generar inadvertidamente fosgeno en el lugar de trabajo al exponer solventes de hidrocarburos clorados a la radiación de la soldadura.

Una exposición crónica a irritantes durante un periodo largo puede originar tejido cicatricial en los pulmones. Algunas de estas sustancias no producen ningún efecto irritante inmediato apreciable, pero son peligrosas a largo plazo. El más notorio de estos agentes cicatriciales son las fibras de asbesto. El polvo de carbón también es un agente cicatricial. Los agentes cicatriciales se presentan en forma de diminutas partículas sólidas, y su acción sobre los pulmones es mecánica, a diferencia de los venenos sistémicos, analizados en la sección siguiente.

### Venenos sistémicos

Más insidiosos que los irritantes son los venenos, que atacan órganos o sistemas, a veces según mecanismos tóxicos aún no comprendidos. Por ejemplo, a los hidrocarburos clorados, comunes en solventes y desengrasantes, se les acusa de dañar el hígado.

Probablemente el plomo es el veneno sistémico mejor conocido entre los que se encuentran en el trabajo. El plomo está desapareciendo de los pigmentos de pintura, debido a su reputación, pero todavía aparece en el plomo tetraetilo, que se añade a la gasolina. El autor de este libro trabajó en una planta de plomo tetraetilo, y sabe que desde hace décadas sus trabajadores estaban conscientes de lo que el plomo puede hacerle al organismo: ataca la sangre, el sistema digestivo y el sistema nervioso central, incluyendo el cerebro. Las autopsias han demostrado también daños en riñones, hígado y sistema reproductor, pero estos resultados no son concluyentes. Otros metales tóxicos son el mercurio, el cadmio y el manganeso. El magnesio, que a veces es confundido con el manganeso, es menos tóxico.

Otro veneno sistémico importante es el bisulfuro de carbono. El bisulfuro de carbono es poco común en el sentido de que sus riesgos son extremos, tanto desde el punto de vista de la seguridad (incendio y explosión) como de la salud. Es muy utilizado en la industria como solvente, desinfectante e insecticida. Como veneno sistémico, el bisulfuro de carbono ataca el sistema nervioso central. El alcohol metílico (metanol), un solvente popular, también es un veneno sistémico al sistema nervioso central, pero es mucho menos potente que el bisulfuro de carbono. De hecho, el metanol es incluso aceptable, en pequeñas cantidades, como aditivo en alimentos. El alcohol metílico también presenta riesgo de incendio y explosión.

### Depresores

Ciertas sustancias actúan como depresores o narcóticos del sistema nervioso central, y como tales, son útiles como anestésicos médicos. A diferencia de los venenos sistémicos, la acción de depresores sobre el sistema nervioso central es temporal. Sin embargo, algunas sustancias, como el alcohol metílico, son tanto venenos sistémicos como depresores. Además de afectar a la salud, los depresores también pueden tener un efecto adverso en la seguridad, porque interfieren con la concentración de trabajadores que operan maquinaria.

El depresor más familiar es el *alcohol etílico* (el que se bebe), algunas veces llamado *etanol* en la industria. Sus efectos dañinos como riesgo industrial son mínimos, en comparación con los efectos al beberlo. De hecho, el mayor riesgo del etanol en el trabajo está sin duda en la “ingestión voluntaria” de botellas introducidas por los empleados a la fábrica. El etanol no es tan tóxico como el metanol.

El acetileno, el gas combustible más utilizado para soldar, es un narcótico, pero su peligro para la salud es mínimo en comparación con el riesgo para la seguridad que presenta por incendio y explosión. El acetileno ha sido utilizado en anestesia médica.

El benceno es un producto químico industrial muy popular, utilizado principalmente como solvente. Es un depresor del sistema nervioso central, un irritante, un veneno sistémico y recientemente ha sido señalado como causante de leucemia. Además, el benceno es un peligroso riesgo de incendio y explosión. La OSHA tiene una película que relata dramáticamente el testimonio, desde la cama del hospital, de un joven que trabajaba con benceno y que ahora está muriéndose de leucemia.

## Asfixiantes

Los asfixiantes evitan que el oxígeno llegue a las células del cuerpo; en general, cualquier gas puede ser un asfixiante, si se encuentra en concentraciones suficientes para desplazar la proporción esencial de oxígeno del aire. Mucha gente ha cometido suicidio respirando gas natural, que básicamente es metano. Este gas es un simple asfixiante, ya que sólo desplaza la proporción de oxígeno del aire inhalado. El metano puede estar presente en entornos industriales, puesto que se trata de un producto de la fermentación. Otros asfixiantes simples frecuentes son los gases inertes, como el argón, el helio y el nitrógeno utilizados en soldadura.

Puede parecer incorrecto clasificar al nitrógeno como contaminante del aire y asfixiante, cuando es el principal constituyente (78 por ciento) del aire normal. Pero demasiado nitrógeno reducirá la proporción normal de oxígeno (21 por ciento) del aire. Cualquier proporción de oxígeno menor al 19.5 por ciento es considerada deficiente. La deficiencia de oxígeno es muy peligrosa, una situación más seria de lo que la mayoría de la gente piensa. El caso 8.1 es la descripción de un accidente procedente de los registros federales de defunciones en el lugar de trabajo (ref. 44).

### CASO 8.1

Se asignó un empleado por contrato para que limpiara con chorro de arena el interior de un recipiente reactor durante actividades de limpieza en una refinería petroquímica. En vez de utilizar los compresores de aire de la empresa contratista siguiendo las políticas de ésta, el supervisor contratista conectó el respirador de aire del empleado a una manguera que contenía lo que él pensó era aire normal, pero que en realidad era nitrógeno. Ambas mangueras eran idénticas, a excepción de las marcas sobre la válvula de cierre. El empleado entró al recipiente, descendió hasta el fondo, se colocó la capucha del respirador y murió asfixiado.

La causa de esta muerte fue la falta de oxígeno, y la ironía es que el trabajador estaba respirando nitrógeno casi puro, el constituyente principal del aire. La falta de oxígeno es un serio riesgo que hay que considerar cuando deben entrar trabajadores a un depósito, recipiente o espacio confinado. Ocurren muchas muertes al año por esta causa. En los años noventa, la OSHA se ha concentrado en la entrada a espacios confinados, tema que veremos en detalle en el capítulo 11.

El bióxido de carbono es uno de los asfixiantes simples más importantes, aunque en cantidades normales es un constituyente inofensivo del aire. El fuego es la fuente principal de concentraciones industriales peligrosas de este gas. El bióxido de carbono es más pesado que el aire, lo que hace que se acumule en espacios bajos y confinados, lo que aumenta sus riesgos. Los espacios confinados son los más peligrosos, no sólo en cuanto atañe al bióxido de carbono, sino con todos los contaminantes del aire.

Los asfixiantes que hemos visto hasta ahora son *asfixiantes simples*, sustancias no tóxicas que reemplazan el contenido de oxígeno del aire; pero hay otra clase, la de los *asfixiantes químicos*, que interfieren con la oxigenación de la sangre en los pulmones o bien con la oxigenación de los tejidos. El asfixiante químico más notorio es el monóxido de carbono, una sustancia por la que la hemoglobina de la sangre tiene mayor afinidad que por el oxígeno (una afinidad más de 200 veces mayor). El compuesto resultante, la carboxihemoglobina, es una sustancia muy estable, que impide el intercambio vital de oxígeno y de bióxido de carbono por medio de su vehículo, la hemoglobina.

Otro asfixiante químico bien conocido es el cianuro de hidrógeno, un insecticida industrial, mejor conocido por su aplicación en las cámaras de gas de las prisiones. El gas se produce dejando caer píldoras de cianuro de sodio en un pequeño contenedor de ácido. Algunos lugares de trabajo corren el riesgo de convertirse en cámaras de gas. En una inspección de trabajo en California, se encontró un laboratorio en el cual se almacenaban ácidos fuertes en botellas de vidrio sobre repisas justo encima de sales de cianuro de sodio.

## Carcinógenos

Los carcinógenos son sustancias que se sabe o sospecha que causan cáncer. Desde la aparición de la OSHA, se ha puesto mucha atención a la carcinogénesis, pero el origen de esta preocupación no se remonta sólo a esa dependencia. El NIOSH, la Comisión de Seguridad de los Productos de Consumo (*Consumer Product Safety Commission*, CPSC) y otras oficinas se han ocupado en carcinógenos. La opinión pública está ahora muy consciente, y gran número de trabajadores y consumidores por igual se han vuelto muy cautelosos respecto a su exposición a carcinógenos. Una de las cosas más atemorizantes respecto a estos agentes es que el cáncer tiene un periodo de latencia tan largo. A veces transcurren 20 y hasta 30 años entre la exposición y la aparición de tumores cancerosos.

Todos los años se descubren nuevos carcinógenos, y muchas de las sustancias culpables son materiales industriales de uso común, como el benceno y el cloruro de vinilo. Podría modificarse el familiar dicho “todo lo que hago es ilegal, inmoral o engorda” para incluir “o causa cáncer”. Se han encontrado en pruebas de laboratorio sobre animales tantas sustancias carcinógenas, que posiblemente se esté creando alguna clase de indiferencia entre el público.

El cloruro de vinilo, que ya citamos como ejemplo de carcinógeno, es muy peligroso desde muchos aspectos. Representa un grave riesgo de explosión, y cuando se quema, es muy difícil de

apagar. Además, durante incendios de cloruro de vinilo se corre el peligro de liberar un fosgeno muy tóxico. Exposiciones agudas de la piel al cloruro de vinilo pueden causar lesiones, ya que la piel se congela por la rápida evaporación de la sustancia. Ahora ha quedado demostrado que su inhalación crónica produce un cáncer de hígado, el angiosarcoma. También se cree que el cloruro de vinilo es un teratógeno, como explicaremos en la siguiente sección.

Pero antes de pasar a los teratógenos, distingamos entre el muy peligroso cloruro de vinilo y el cloruro de polivinilo (PVC). El PVC es una clase de plástico, sintetizado al polimerizar el monómero inestable de cloruro de vinilo en el polímero estable de cloruro de polivinilo. La figura 8.1 ilustra la disposición de los átomos en el peligroso monómero de cloruro de vinilo y el inofensivo y estable polímero del cloruro de polivinilo.

## Teratógenos

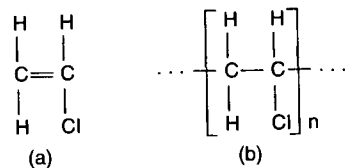
Los *teratógenos* afectan al feto, así que su efecto tóxico es indirecto. Las mujeres deben tener cuidado de no exponerse a ciertas sustancias durante el embarazo, especialmente durante el primer trimestre. Los teratógenos no deben confundirse con los mutágenos, sustancias que atacan los cromosomas y por lo tanto a la especie, y no al individuo. Los teratógenos hacen daño después de la concepción pero antes del nacimiento, en tanto que los *mutágenos* hacen daño antes de la concepción. Los mutágenos pueden afectar los cromosomas de futuros padres o madres.

Una delicada pregunta legal es si una industria puede prohibir a mujeres, en edad de procrear, a trabajar en puestos en los que podrían quedar expuestas a teratógenos, podría considerarse que esto constituye una discriminación sexual. Quienes responden con una afirmación dicen que los teratógenos deben ser controlados por la industria, de forma que la mujer embarazada tenga las mismas oportunidades y la seguridad de trabajar en los mismos puestos ofrecidos a los hombres. Los que se oponen aseguran que tiene más sentido económico, de seguridad y social dar empleo a las mujeres en otros puestos durante el embarazo.

## Vías de entrada

El término *sustancia tóxica* puede considerarse sinónimo de *veneno*, una palabra familiar a todos nosotros, que de niños fuimos enseñados a no comer ni beber venenos. El veneno aparece hasta en los cuentos de hadas, como “Blanca Nieves y los siete enanos”. Puede ser cierto que el mayor peligro de los venenos en el hogar está en su ingestión (tragarlo), pero en el trabajo el mayor peligro está en su aspiración. De hecho, se ha dicho que el orden de importancia de las vías de entrada al cuerpo para las sustancias tóxicas es el exacto opuesto en el trabajo que en el hogar, como se ve en la figura 8.2.

Las diversas vías de entrada de las sustancias tóxicas tienen más relaciones mutuas de lo que cree la mayor parte de los trabajadores. Las sustancias tóxicas inhaladas se acumulan en las membranas mucosas;



**Figura 8-1** Comparación de la molécula del cloruro de vinilo con la del cloruro de polivinilo: (a) monómero de cloruro de vinilo; (b) polímero de cloruro de polivinilo.

Vías de entrada	Importancia	
	En el hogar	En el trabajo
Ingestión	Mayor importancia	Menor importancia
Contacto con la piel	De importancia moderada	De importancia moderada
Inhalación	Importancia menor	Mayor importancia

**Figura 8-2** Vías de entrada de sustancias tóxicas al organismo. Observe la secuencia inversa de importancia en el trabajo en comparación con el hogar.

luego, el moco es expulsado con la tos y no es posible evitar que cierta parte se trague. Las sustancias tóxicas en contacto con la piel también suelen ser ingeridas, ya que se incrustan bajo las uñas y en las manos, que más adelante tocan los alimentos. Los polvos tóxicos del aire también se recogen en el cabello y luego se depositan en la almohada durante el sueño, con lo que generan una entrada indirecta al cuerpo.

Conociendo las vías de entrada de las sustancias tóxicas es fácil ver lo importante de la higiene. Algunos de los principios de higiene que analizamos en el capítulo 7 adquieren más importancia cuando se toman en cuenta las sustancias tóxicas. El almacenamiento apropiado de la comida y las instalaciones de duchas y lavabos son esenciales para el control de la cantidad de sustancias tóxicas que pasan al organismo del trabajador.

## Contaminantes del aire

Lo que más preocupa respecto a las sustancias tóxicas es la contaminación del aire, y así es como debe ser (según se muestra en la figura 8.2). Los contaminantes del aire adquieren muchas formas físicas, y en el lenguaje diario la mayoría de la gente las confunde. El gerente de seguridad e higiene debe saber cuál es la diferencia, por ejemplo, entre vapores y humos. Aunque el aire está formado esencialmente por gases, su *contaminación* consiste en cualquiera de los tres estados de la materia: sólidos, líquidos o gases.

Los *gases* contaminan fácilmente el aire porque está constituido precisamente por gases, que se mezclan con más facilidad. El gas tóxico más familiar es el monóxido de carbono. También son peligrosos en el entorno industrial el sulfuro de hidrógeno y el cloro. Incluso gases “inofensivos” como el bióxido de carbono y el nitrógeno inerte se vuelven peligrosos si se dejan acumular en grandes cantidades, pues se convierten en asfixiantes al desplazar el oxígeno.

Los *vapores* son también gases, pero son líquidos o quizás hasta sólidos que liberan pequeñas cantidades de gases al aire circundante. Algunos de nuestros líquidos industriales más útiles, como la gasolina y los solventes, tienen una fuerte tendencia a liberar estos vapores.

Los *vahos* se componen de diminutas gotas de líquido, tan pequeñas que quedan suspendidas en el aire durante largos periodos, como en las nubes. Ya que los líquidos son más pesados que el aire, al cabo caen o se condensan en gotas más grandes, que se precipitan en forma de lluvia. Sin embargo, mucho antes de que esto pase pueden ser inhalados por el trabajador. Cuando los vapores se condensan en nubes se generan vahos finos. Los vahos gruesos se producen en operaciones de salpicado o atomizado, como en los aceites de corte para máquinas herramientas o en el electrodeposito. En general, el rocío pesticida también es un vaho.

Los *polvos* se reconocen como partículas sólidas. Técnicamente hablando, las partículas de polvo tienen diámetros de 0.1 a 25 micrómetros. Todo mundo está expuesto al polvo, y algunos son

relativamente inofensivos. Los polvos peligrosos incluyen los de asbesto, plomo, carbón, algodón y los radiactivos. El polvo de sílice en operaciones de rectificado también se reconoce como un riesgo, aunque el polvo de tierra ordinario es sobre todo sílice. Las partículas de polvo de asbesto tienen forma de fibras en vez de ser redondos, y esto contribuye a su peligrosidad.

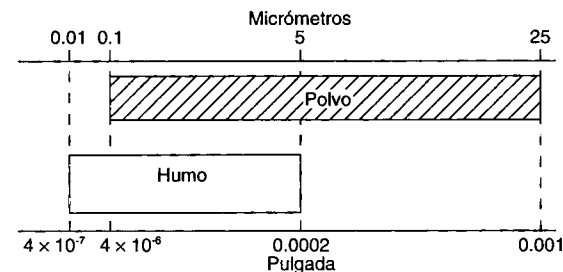
Los humos son también partículas sólidas, pero son demasiado finas para llamarlas polvos. Ahora bien, el tamaño de las partículas de humo y de polvo se superpone, como se observa en la figura 8.3. En tanto que las partículas de polvo se dividen por medios mecánicos, los humos se forman por resolidificación de vapores de procesos muy calientes, como la soldadura. Las reacciones químicas también pueden producir humos, pero los gases y vapores que se generan en los procesos químicos no deben ser confundidos con humos. Los humos metálicos son los más peligrosos, especialmente los de los metales pesados.

Las partículas son una clasificación general que incluye todas las formas de contaminantes del aire, tanto sólidas como líquidas (es decir, polvos, humos y vahos). Por lo tanto, su tamaño varía en gran medida; algunas son visibles a simple vista, pero la mayoría no. La figura 8.4 muestra algunos ejemplos de tamaños de partículas, de las visibles diminutas, a las grandes moléculas submicroscópicas.

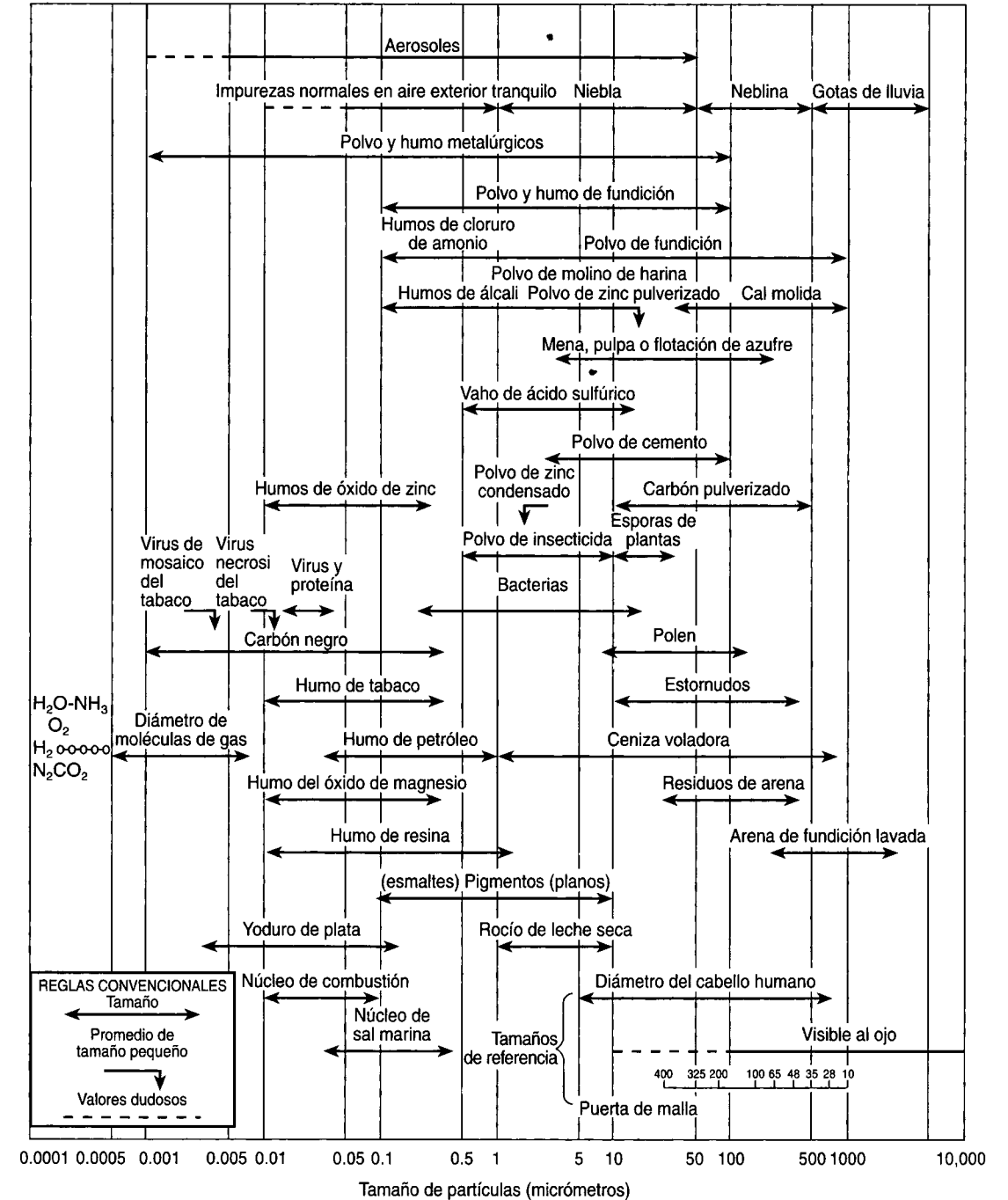
En este momento será evidente que la industria y tecnología no eliminan el riesgo de exposición a las sustancias tóxicas, sino que sólo la controlan para mantenerla dentro de límites aceptables. Es a la vez ingenuo e innecesario que el gerente de seguridad e higiene adopte la estrategia de eliminar totalmente la exposición de los trabajadores a sustancias tóxicas. No hay ningún veneno conocido al cual el ser humano no pueda ser expuesto sin sufrir daño de consideración, siempre que la exposición sea lo bastante pequeña y esté distribuida en un tiempo lo bastante prolongado para que el organismo lo asimile o lo elimine. Por otro lado, hasta el más débil de los venenos puede ser mortal si el trabajador está expuesto constantemente a dosis masivas. Y tales dosis se encuentran en exposiciones industriales más que en cualquier otro entorno.

**Límites de los umbrales**

Dado que ningún veneno es mortal en dosis lo bastante pequeñas y que todos los venenos son letales en dosis grandes, no hay una línea clara que separe el entorno de trabajo dañino del benigno. Con todo, ha de trazarse una línea para que sirva de base para las acciones de control de las sustancias tóxicas. En especial en relación con los contaminantes transportados por el aire, es necesario identificar cierta concentración por debajo de la cual no hace falta preocuparse de exposiciones de los



**Figura 8-3** Comparación de tamaño de partículas de polvo y humo (no a escala).



**Figura 8-4** Tamaño de contaminantes transportados por el aire. (Observe la escala logarítmica). (Fuente: Cortesía de Mine Safety Appliances Company.)

trabajadores. Así, la expresión *umbral límite* (UL) ha cambiado hasta representar la concentración máxima a la que el trabajador puede estar expuesto durante el día de labores sin daños significativos. Por supuesto, el umbral límite varía según la toxicidad del contaminante, y toda sustancia tóxica tiene su propio UL.

Hasta ahora, hemos realizado nuestro análisis de los UL desde un punto de vista genérico, y por lo tanto toda sustancia tóxica tiene un UL incluso si nadie lo conoce o si no sabe que alguna sustancia sea tóxica. Pero en el caso de las sustancias tóxicas *conocidas*, hay un *UL enlistado*, que es una cifra establecida por una comisión de la Reunión Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (*American Conference of Government Industrial Hygienists*, ACGIH) y aparece en el “manual UL”. Cuando utilicemos la abreviatura UL en lugar de las palabras *umbral límite*, nos referiremos a la lista de la ACGIH.

El que una comisión decida el UL de una sustancia no quiere decir que los patronos deben controlar los entornos de trabajo para cumplir con dicho nivel. Algunos UL están basados en datos científicos sólidos y son un criterio muy firme para actuar. Otros se fundan en datos bastante más incompletos, y por lo tanto se necesita un juicio profesional para determinar las acciones que conviene emprender para controlar el entorno de trabajo. Los mismos UL pueden variar de un año al otro, conforme se dispone de más información. Así, en rigor, uno debe revisar la fecha de la lista cuando se cite un UL; por ejemplo, “el umbral límite, UL, de 1983, para el monóxido de carbono era de...” Incidentalmente, cuando los UL cambian, en general disminuyen pues se tiene nueva información sobre los riesgos.

### Límites de exposición permisibles

En este libro nos concentramos en lo que las dependencias oficiales requieren, no en la lista la ACGIH, pero en definitiva ambas instancias están vinculadas. Al comienzo de las labores de la OSHA, cuando estaba permitido adoptar normas por consenso nacional, sin promulgación formal, la oficina adoptó cientos de UL, la mayoría de los cuales representaban niveles publicados en 1968 por la ACGIH. Dado que la lista publicada por la OSHA tenía carácter reglamentario, se acudió a la expresión *límite de exposición permisible* (LEP) para distinguir entre el nivel prescrito por la OSHA y el UL de la ACGIH. En su mayor parte, los LEP han permanecido estáticos, ya que la OSHA ha tenido dificultades para que el público acepte niveles de control cada vez más estrictos. Sin embargo, los umbrales límites siguen cambiando, ya que la ACGIH modifica de continuo su lista, cada vez que el juicio profesional colectivo de la comisión decide que debe agregarse un nuevo UL o bien que alguno de los anteriores debe ajustarse, por lo general en el sentido de una reducción.

Con los años, la disparidad entre los LEP de la OSHA y los UL de la ACGIH creció de tal manera que la primera emprendió un plan audaz para modificar todos los LEP de inmediato en una sola promulgación, en vez de revisar penosamente cada uno, dando reglamentaciones para cada sustancia. Así, en 1989, la OSHA añadió 164 nuevas sustancias a la lista de contaminantes del aire y al mismo tiempo redujo los LEP de 212 sustancias ya inscritas. La OSHA llevó a cabo su trabajo con sumo cuidado porque detrás de cada uno de los nuevos LEP, que había denominado *límites finales*, había *límites transitorios* de respaldo a los niveles LEP anteriores. Los límites transitorios debían permanecer en vigor durante un lapso de implantación especificado. Como medida de seguridad

legal, la OSHA agregó una nota al pie que validaba los límites transitorios, en caso de que sus opositores entablaran demandas para eliminar las nuevas reglas.

La estrategia parecía funcionar, porque el movimiento fue tan completo y revolucionario que los oponentes no fueron capaces de manejar tantos cambios de una vez. Pero la victoria fue ilusoria, porque casi cuatro años después, en 1992, la Corte de Apelaciones del Undécimo Circuito eliminó la lista completa de modificaciones de LEP, en lo que Labar (ref. 81) dijo que era “la peor derrota de la dependencia en sus 22 años de historia”. Se esperaba que la atónita OSHA impugnara la decisión en la Suprema Corte de los Estados Unidos, pero en 1993 anunció que el procurador general de aquel país no intentaría apelar. Se instó a la OSHA a probarle al público que cada nuevo LEP y cada ajuste de los anteriores estaba justificado. La OSHA no tuvo más opción que volver a su lista original de 264 LEP adoptados por consenso nacional en 1971.

La tabla completa de LEP, vuelta en 1993 a sus niveles originales, se encuentra en los apéndices A.1, A.2, y A.3, que corresponden a las designaciones Z.1, Z.2 y Z.3 de la OSHA. La tabla del apéndice A.1 es la principal y contiene la mayor parte de los LEP, anotados alfabéticamente de acuerdo con el nombre de la sustancia, con *CAS Núm.* (resúmenes sobre químicos) como referencia. Es un error común suponer que no hay riesgos si la sustancia no está en la lista de la tabla principal, ya que algunas de las más peligrosas y que aparecen con más frecuencia en los medios industriales son las que se encuentran en la segunda tabla, la del apéndice A.2. Esta tabla proviene de una versión publicada antes (y anterior a la OSHA) por el ANSI para ciertas sustancias. La tabla del apéndice A.3 es de polvos minerales, que se consideran por separado, debido a que se miden y se toman muestras de las partículas sólidas con métodos diferentes a los gases, vahos y vapores tóxicos.

### MEDIDAS DE EXPOSICIÓN

Las tablas del apéndice A.1 son largas y complicadas, y las muchas de las columnas especificadas para cada sustancia tóxica merecen una explicación. La razón de esta complicación es que es difícil medir los niveles de contaminación atmosférica en el lugar de trabajo. El problema es complicado debido a los diversos estados físicos (partículas sólidas, gotas líquidas, vahos, moléculas gaseosas) en los que el contaminante puede presentarse en la atmósfera. Más aún, los datos médicos que identifican un veneno pueden señalar peligro en una sola exposición de corta duración o por el contrario efectos perniciosos por exposiciones prolongadas.

#### Promedios ponderados por tiempo

La medida más popular de exposición a contaminantes en el aire es el *promedio ponderado por tiempo* (PPT). Se sobreentiende que los LEP son PPT, a menos que se especifique lo contrario. El PPT es una concentración ponderada promedio durante un turno de ocho horas. Dicho cálculo reconoce que la concentración de contaminantes en el aire cambia con el tiempo, y que a veces es permisible que la concentración en un lugar de trabajo exceda el umbral límite si en otros momentos del día laboral la exposición es bastante inferior, de forma que la exposición promedio durante el turno sea menor al nivel especificado.

Para calcular el PPT se utiliza la siguiente fórmula:



$$E = \frac{\sum_{i=1}^n C_i T_i}{8} = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_n T_n}{8} \quad (8.1)$$

donde  $E$  = concentración promedio equivalente ponderada por tiempo de ocho horas  
 $C_i$  = concentración observada del contaminante en el tiempo  $i$   
 $T_i$  = duración del tiempo  $i$   
 $n$  = tiempos estudiados

En el caso 8.2 se ilustrará este cálculo.

<b>CASO 8.2</b>			
Calcule el PPT de turno completo de ocho horas para las concentraciones siguientes.			
Tiempo. $i$	Concentración observada. $C_i$	Duración del periodo. $T_i$ (hr)	$C_i \times T_i$
1	2	1-1/2	3
2	4	2-1/2	10
3	7	1	7
4	5	2	10
5	3	1	3
Total		8	$33 = \sum_{i=1}^5 C_i T_i$
 <i>Solución:</i>			
$E = \frac{33}{8} = 4.125$			

El cálculo mostrado es bastante adecuado si sólo hay una sustancia tóxica presente en la atmósfera industrial. Sin embargo, las mezclas presentan un problema difícil. Por ejemplo, suponga que la concentración PPT atmosférica industrial del ácido nítrico esté apenas por debajo del LEP especificado de cinco miligramos por metro cúbico. Pero digamos ahora que esa misma atmósfera mostrara concentraciones PPT justo por debajo de los límites prescritos de un miligramo por metro cúbico de ácido sulfúrico y 25 miligramos por metro cúbico de ácido acético *al mismo tiempo*. Consideradas por separado, ninguna de estas tres concentraciones de ácido viola la norma, pero el sentido común indica que las tres concentraciones, presentes al mismo tiempo, son peligrosas.

El efecto sinérgico de la combinación de sustancias tóxicas es un tema complicado. La mayor parte de la investigación se ha concentrado en los efectos directos de las sustancias solas. Algunas mezclas de contaminantes tenderían a neutralizarse y ser benéficas. Por ejemplo, cáusticos mezclados con ácidos pue-

den producir sales benignas. Sin embargo, en el ejemplo anterior los tres ácidos juntos tendrán un efecto acumulado. En algunas mezclas, éste puede ser mucho peor que la suma de cada efecto por separado.

La OSHA utiliza un procedimiento moderado que requiere que las combinaciones simples de sustancias tóxicas sean tomadas en cuenta, pero ignora por lo general efectos sinérgicos complejos. El método consiste en sumar la relación de concentraciones de cada sustancia a su propio LEP. La suma resultante no debe exceder la unidad. La siguiente fórmula resume el cálculo:

$$E_m = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{L_i} = \frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \dots + \frac{C_n}{L_n} \quad (8.2)$$

donde  $E_m$  = relación equivalente calculada para la mezcla completa  
 $C_i$  = concentración del contaminante  $i$   
 $L_i$  = límite de exposición permisible (LEP) para el contaminante  $i$   
 $n$  = cantidad de contaminantes presente en la atmósfera

$E_m$  no debe ser mayor que 1. El cálculo se demuestra en el caso 8.3.

<b>CASO 8.3</b>			
Un proceso industrial produce exposiciones de acuerdo con la siguiente tabla.			
	Ácido nítrico	Ácido sulfúrico	Ácido acético
Contaminante, $i$	1	2	3
Concentración, $C_i$	4	0.9	22
Límite, $L_i$	5	1	25
<i>Solución</i>			
$E_m = \sum_{i=1}^3 \frac{C_i}{L_i} = \frac{4}{5} + \frac{0.9}{1} + \frac{22}{25} = 2.58$			
Dado que $2.58 > 1$ , la concentración de la mezcla supera al LEP, aunque las cifras individuales no hayan sido superadas.			

### Nivel tope y LECD

Casi todos los LEP en la lista de la tabla principal (apéndice A.1) deben ser considerados PPT, pero en el caso de algunas sustancias la preocupación tiene que ver con las exposiciones de corta duración. Un valor "tope", a veces abreviado como  $T$  o  $MTA$  por *máximo tope aceptable*, es un límite de exposición que no debe excederse nunca. Otra convención pide especificar un *LECD*, *límite de exposición de corta duración*, que reconoce el peligro de exposiciones agudas pero permite excursiones breves por arriba de un nivel que sería peligroso durante un turno de ocho horas. El LECD establece una

concentración máxima permitida para un periodo específico, por lo general de 15 minutos. Por ejemplo, la tabla A.2 anota los siguientes LEP para tolueno:

TOLUENO

PPT	200 ppm
MTA	300 ppm
LECD	500 ppm durante 10 minutos

Observe que el LECD del tolueno es mucho mayor que el MTA. Uno pensaría que el LECD quedaría en algún sitio entre el PPT y el MTA, pero las normas muestran constantemente LECD mayores que los MTA. Esto indica que si la duración de la exposición es menor a la duración especificada por el LECD, no hay límite alguno para la concentración permisible, lo que parece una contradicción de la definición de MTA, pero en realidad no es posible medir la concentración por tiempos tan cortos, excepto en “muestras de captura”, un método de medición muy poco confiable. De hecho, con los últimos y más avanzados instrumentos, incluso los LECD son difíciles de verificar, así que a veces los ignoran tanto la industria como los inspectores.

**Unidades**

Sin importar el límite con el que se mide la exposición, el analista debe preocuparse de las unidades de medida. Para la mayor parte de las sustancias del apéndice A.1, la tabla anota en cada límite dos cifras, que en realidad son dos mediciones diferentes de un mismo límite, expresadas en unidades diferentes. Por lo general, los gases se miden mejor según el volumen, y por lo tanto la primera columna, llamada p/m (partes por millón), se utiliza para estas sustancias. Los líquidos y algunos sólidos se miden mejor según el peso, y entonces se prefiere la segunda columna, llamada mg/m<sup>3</sup> (miligramos de partículas por metro cúbico). Si se conoce el peso molecular de la sustancia, se puede realizar la conversión con la siguiente fórmula:

$$p/m = \frac{mg/m^3 \times 24.45}{MW}$$

donde MW es el peso molecular de las sustancias. Partes por millón se abrevia a veces como ppm, más que como p/m.

**Niveles de acción**

Otro nivel más, el nivel de acción (NA), merece mención. Si se toman medidas de control sólo después de que se superen los umbrales límites, puede ser muy tarde para impedir daños serios y quizás también para evitar una notificación de parte de las autoridades. Los NA son algo así como una medida para tapan el pozo antes que el niño se ahogue, una estrategia que preve el problema antes de que se excedan los UL o cualquier otra medida. Se han definido los NA arbitrariamente en 1/2 LEP. Las grandes variaciones de las estadísticas y los instrumentos impiden evaluaciones exactas. La dife-

rencia entre NA y LEP da un margen de error para que la exposición del trabajador no supere al LEP, mediante la implantación de controles antes que se alcancen esos niveles.

**PROYECTO DE TERMINACIÓN DE NORMAS**

En las secciones precedentes hemos descrito el método de coerción y cumplimiento con las normas prescritas para cientos de sustancias tóxicas abarcadas por los LEP enlistados en forma tabular. Éste es el método general de la OSHA para los contaminantes del aire y se aplica a una gran cantidad de sustancias presentes en el entorno de trabajo. Sin embargo, en el caso de unas cuantas sustancias, la OSHA emplea un método más completo y publica normas detalladas dedicadas al control de una sustancia peligrosa particular. Las normas de estas sustancias han sido formuladas como una serie, y todas fueron puestas en vigor varios años después de la promulgación de la ley de la OSHA. Esto quiere decir que fueron sometidas al escrutinio público y sobrevivieron a las controversias de facciones encontradas. Varias pasaron por una promulgación tormentosa, que obligó a recurrir a procedimientos de promulgación de “emergencia temporal” que trajeron demandas judiciales. Gran parte de la investigación de respaldo para justificar estas normas independientes fue llevada a cabo por el NIOSH. Se ha llamado a este esfuerzo “proyecto de terminación de normas” porque algunos han pronosticado que al cabo toda sustancia tóxica tendrá su norma individual, en lugar de estar incluidas en la lista de umbrales límites. En la tabla 8.1 aparece una lista de normas terminada, junto con los LEP de cada sustancia. Como se muestra, algunas de estas sustancias son muy peligrosas y no se especifica ningún LEP. En estos casos, la norma es muy concreta respecto a los procedimientos, los respiradores y otras medidas de protección.

**DETECCIÓN DE CONTAMINANTES**

Es bueno tener una lista de sustancias tóxicas con los niveles de exposición permisibles de cada una, pero se necesita más para determinar si hay problemas. En efecto, la lista anota demasiadas sustancias para tener cubiertas todas las posibilidades. Los gerentes de seguridad e higiene necesitan tener conocimientos de los procesos de su planta, de forma que sepan dónde buscar o al menos a quién preguntar. El muestreo y la prueba del aire son la manera de determinar las concentraciones con tanta precisión como sea posible, pero antes de que se realice la prueba, es necesario estimar el monto posible de la contaminación de acuerdo con otras pruebas.

Una de las maneras más comunes de detectar de forma preliminar un problema potencial es mediante el sentido del olfato. La gente piensa que puede oler un contaminante del aire, y *usualmente* percibe ya sea la sustancia tóxica o el olor de algún agente que suele acompañarla. Pero no es suficiente el sentido del olfato para detectar algunos de los contaminantes más peligrosos. El ejemplo más notorio es el monóxido de carbono, pero el bióxido de carbono, el nitrógeno y el metano también son casi inodoros y son peligrosos porque desplazan el oxígeno del aire. Algunos lectores pondrán en duda la aseveración de que el metano es inodoro, porque saben que es el ingrediente principal en el gas natural. Pero el olor del gas “natural” proviene de un agente de olor fuerte, introducido deliberadamente como precaución de seguridad, de forma que los usuarios detecten fugas mediante olfato. Incluso el sulfuro de hidrógeno, un gas que es peligroso y al mismo tiempo tiene un fuerte olor a

podrido, no se detecta en forma confiable con este método, pues su olor es tan fuerte que satura pronto el sistema olfativo; se bloquea en las víctimas la sensación olfativa y dejan de estar conscientes del grado de exposición.

**Tabla 8.1** Normas de la OSHA para sustancias específicas (“proyecto de terminación de normas”)

	<i>Límite de exposición permisible PPT</i>	
1910.1001 Asbesto	0.1 fibra/cm <sup>3</sup> (mayor a 5µm)	Techo: 1 fibra/cm <sup>3</sup> (mayor a 5µm)
1910.1002 Partículas volátiles de brea de carbón	0.2 µg/m <sup>3</sup>	
1910.1003 13 Carcinógenos (4-Nitrobifenil, etcétera.)	Extremadamente peligrosos. Refiérase a la norma	
1910.1004 α-Naftilamina	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1005 (Reservado)		
1910.1006 Eter metil clorometilo	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1007 3,3-Diclorobencidina (y sus sales)	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1008 Eter bis-clorometilo	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1009 β-Naftilamina	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1010 Bencidina	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1011 4-Aminodifenil	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1012 Etileimina	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1013 β-Propiolactona	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1014 2-Acetilamino fluoruro	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1015 4-Dimetilaminoazobenceno	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1016 N-Nitrosodimetilamina	Carcinógeno, véase (1910.1003)	
1910.1017 Cloruro de vinilo	1 ppm	LECD: 5 ppm/15 min
1910.1018 Arsénico inorgánico	10µg/m <sup>3</sup>	
1910.1025 Plomo	50µg/m <sup>3</sup>	
1910.1027 Cadmio	5µg/m <sup>3</sup>	
1910.1028 Benceno	1 ppm	LECD: 5 ppm/15 min
1910.1029 Emisiones de horno de coca	150µg/m <sup>3</sup>	
1910.1043 Polvo de algodón	200-750 µg/m <sup>3c</sup>	
1910.1044 1,2-Dibromo-3-cloropropano	1 ppb	(partes por mil millones)
1910.1045 Acrilonitrilo	2 ppm	Tope: 10 ppm/15 min
1910.1047 Óxido de etileno	1 ppm	Excursión: 5 ppm/15 min
1910.1048 Formaldehído	1 ppm	LECD: 2 ppm/15 min
1910.1050 Metilenedianilina	10 ppb	LECD: 100 ppb/15 min
1910.1051 1,3-Butadieno	1 ppm	LECD: 5 ppm/15 min
1910.1052 Cloruro de metileno	25 ppm	LECD: 125 ppm/15 min

<sup>c</sup> Dependiendo del proceso (véase la norma para detalles).  
Fuente: Normas de Seguridad y Salud de la OSHA (29 CFR 1910)

Otro método consiste en examinar la bibliografía técnica para determinar las sustancias que cada rama industrial puede liberar. La tabla 8.2 muestra cierta información a partir de bibliografía del NIOSH concerniente a posibles contaminantes de diversas industrias.

**Tabla 8.2** Operaciones y contaminantes del aire potencialmente peligrosos

<i>Proceso</i>	<i>Contaminante</i>	<i>Ejemplos de contaminante</i>
Operaciones en caliente		
Soldadura	Gases (g)	Cromatos (p)
Reacciones químicas	Partículas (p)	Zinc y compuestos (p)
Soldadura	(polvo, humos, vahos)	Manganeso y compuestos (p)
Fundición		Óxidos de metal (p)
Moldeado		Monóxido de carbono (g)
Proceso	Contaminante	Ejemplos de contaminante
Combustión		Ozono (g)
		Óxido de cadmio (p)
		Fluoruros (p)
		Plomo (p)
		Cloruro de vinilo (g)
Operaciones líquidas		
Pintura	Vapores (v)	Benceno (v)
Desengrasado	Gases (g)	Tricloroetileno (v)
Inmersión	Vahos (m)	Cloruro de metileno (v)
Rociado		1,1,1-Tricloroetileno (v)
Cepillado		Ácido clorhídrico (m)
Recubrir		Ácido sulfúrico (m)
Grabado		Cloruro de hidrógeno (g)
Limpieza		Sales de cianuro (m)
Limpieza en seco		Ácido crómico (m)
Limpieza con ácido		Cianuro de hidrógeno (g)
Electrodeposición		TDI, MDI (v)
Mezclado		Sulfuro de hidrógeno (g)
Galvanizado		Bióxido de sulfuro (g)
Reacciones químicas		Tetracloruro de carbono (v)
Operaciones sólidas		
Vaciado	Polvos	Cemento
Mezcla		Cuarzo (silicio libre)
Separaciones		Vidrio fibroso
Extracción		
Triturado		
Transporte por banda		
Carga		
Empaque		
Rociado a presión		
Limpieza de piezas	Vapores (v)	Solventes orgánicos (v)
Aplicación de pesticidas	Polvos (d)	Clordano (m)
Desengrasado	Vahos (m)	Paratión (m)
Chorro de arena		Tricloroetileno (v)
Pintura		1,1,1-Tricloroetano (v)
		Cloruro de metileno (v)
		Cuarzo (sílice libre, d)
Operaciones de formado		
Cortado	Polvos	Asbesto
Amolado		Berilio
Limado		Uranio
Fresado		Zinc
Moldeado		Plomo
Corte a sierra		
Barrenado		

Fuente: NIOSH (ref. 106)

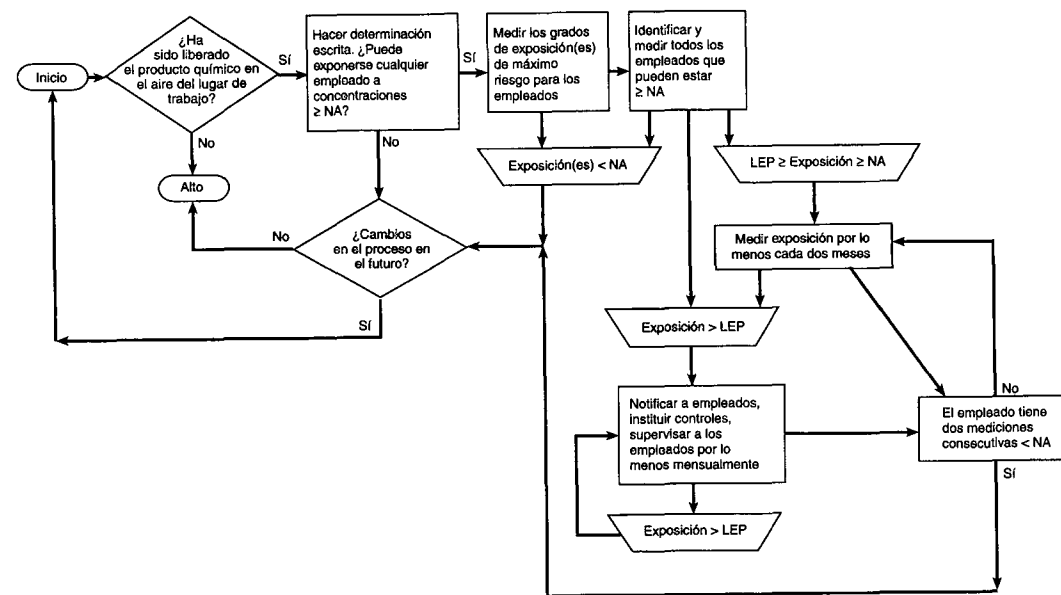
Otro procedimiento consiste en analizar los procesos de la planta para determinar posibles fugas a la atmósfera. Dicho análisis puede ser bastante técnico y requiere no sólo saber de máquinas, bombas, válvulas, sumideros y depósitos, sino también tener conocimiento de los materiales utilizados, cantidades, sus fases intermedias, volatilidad y otras características que influyen en la cantidad de contaminantes que quedan en suspensión en el aire. Puede ser necesaria una gráfica del proceso de flujo químico cualitativo (véase también el capítulo 6) y quizás una del proceso cuantitativo para determinar si hay contaminantes potenciales del aire. El gerente de seguridad e higiene no debe dudar en llamar a un ingeniero químico en el análisis de una posible contaminación del aire. Un análisis técnico en esta fase evitará gran número de costosos y laboriosos experimentos de muestreo.

### Estrategia de medición

Una vez que se ha determinado que hay un riesgo de contaminación del aire, se necesita un procedimiento para tomar muestras, medir el grado de exposición de empleados e instituir controles. Para este propósito, el NIOSH recomienda una estrategia, que se muestra en forma de gráfica de decisión en la figura 8.5.

### Instrumentos de medición

La reglamentación federal tanto de la OSHA como de la EPA sobre los niveles de exposición permisible para los agentes tóxicos del aire ha estimulado a las industrias de la electrónica e instrumentación a fabricar instrumentos nuevos y más precisos para determinar concentraciones. El interés en



**Figura 8-5** Estrategia del NIOSH para la medición del grado de exposición. Para los requisitos detallados debe consultarse cada norma de salud de las sustancias. NA, nivel de acción; LEP, límite de exposición permisible.

partes por millón ha cedido el paso a un escrutinio más riguroso que detecte partes por *mil millones*. Estas exigencias están poniendo a prueba la física de los instrumentos, y los resultados son imprecisiones a gran escala.

Con estas necesidades de alta tecnología en los dispositivos de medición atmosférica, uno pensaría que la vigilancia de la contaminación del aire sería un nuevo campo. Ahora bien, ha habido otras formas, más burdas, de vigilar el aire que respiramos. Se utilizaban animales para probar la presencia de gases tóxicos o deficiencias de oxígeno. A menudo se bajaba a las minas un canario o un ratón en una jaula. Si el animal moría, era una alerta a los trabajadores sobre el riesgo. Para probar la falta de oxígeno se utilizaba una lámpara de seguridad de flama, cuya llama se apagaba si la proporción de oxígeno en la atmósfera era muy baja. Se suponía que una llama que ardiera con mayor brillantez era indicación de la presencia del gas metano.

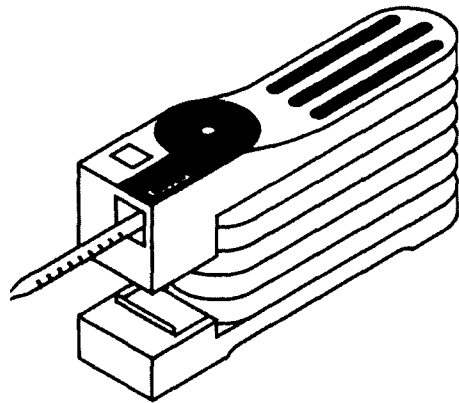
Estos métodos eran burdos, pero proporcionaban cierta indicación esencial de grados *agudos* de exposición. Con el reconocimiento de los umbrales límites y el aumento en importancia de la exposición crónica, la prueba del canario o de la llama se volvió inadecuada. En efecto, cuando el canario mostrara síntomas de cáncer o tejido cicatricial en los pulmones, los trabajadores también habrían sido víctimas. Aparte, la vida de los animales es demasiado corta para proyectar el efecto crónico al que los seres humanos pueden ser susceptibles.

Hoy se cuenta con cuatro métodos básicos para medir la exposición a contaminantes en el aire:

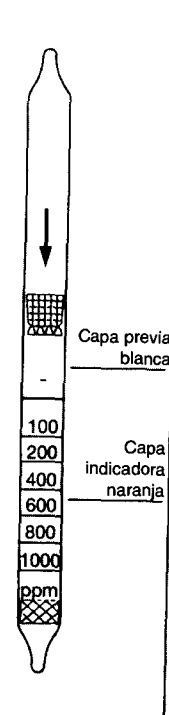
1. Instrumentos de lectura directa
2. Muestreo con tubos detectores
3. Muestreo con análisis subsecuente de laboratorio
4. Dosímetros

Para algunos problemas que ocurren a menudo, como deficiencia de oxígeno y fugas de gas natural, se han inventado dispositivos capaces de medir y registrar concentraciones reales en una pantalla, como en las lecturas digitales. Dicho instrumento de lectura directa es a veces esencial para poder entrar a espacios confinados, cuando es necesario recabar una lectura inmediata que determine si la atmósfera está libre de exposición aguda y peligrosa. Tan convenientes son los instrumentos de lectura directa que sus fabricantes se esmeran en apremiar las fronteras de la física con el objeto diseñar y patentar nuevos aparatos que midan concentraciones de tantas variedades de contaminantes en el aire como sea posible.

Menos preciso que los instrumentos de lectura directa, pero con todo útil para una evaluación inmediata de las concentraciones, es tomar una muestra de la atmósfera en un "tubo detector", que contiene un producto químico que reacciona, si lo encuentra, con el contaminante. Avances recientes en la tecnología de tubos detectores han hecho posible mediciones directas de más de 350 productos químicos suspendidos en el aire (ref. 22). El procedimiento es utilizar una bomba manual para tomar una muestra de aire de volumen conocido por medio de un tubo de vidrio que contiene un agente que cambia de color en presencia del contaminante objetivo. Estas determinaciones, tanto cualitativas como cuantitativas, son posibles ya que la longitud e intensidad de la banda de color están relacionadas con la concentración cuantitativa del contaminante. Algunas veces, estos tubos se utilizan para una rápida evaluación de posibles problemas, con el muestreo y análisis de laboratorio que siguen a las mediciones cuantitativas exactas. La figura 8.6 ilustra un tubo detector de muestra, insertado en la bomba de fuelle manual para recolectar una muestra. Véase el caso 8.4.



**Figura 8-6** Tubo detector de contaminantes del aire insertado en una bomba de fuelle accionada manualmente. (Fuente: Cortesía de National Draegerm Inc.)



**Figura 8-7** Tubo detector de acetaldehído. (Fuente: Cortesía de National Draegerm Inc.)

**CASO 8.4  
PRUEBA DE TUBO DETECTOR**

La figura 8.7 muestra el diagrama de un tubo detector utilizado para probar concentraciones atmosféricas de acetaldehído. Las siguientes especificaciones son aplicables a este tubo:

Intervalo de medición normal	100 a 1 000 ppm
Cantidad de ciclos de bombeo	20
Desviación normal	±15 a 20%
Cambio de color	De naranja a verde pardusco

El problema estriba en determinar si el tubo detector sirve para probar el LEP o el NA del acetaldehído.

**Solución:** El apéndice A.1 revela que el LEP del acetaldehído es de 200 ppm. Esta concentración está dentro del margen de sensibilidad del tubo del ejemplo. El tubo es también capaz de detectar concentraciones de 100 ppm, que es el NA del acetaldehído. El procedimiento consiste en romper los extremos del tubo y acoplarlo a una manguera flexible unida a una bomba. Se acciona la bomba durante 20 ciclos de bombeo. La profundidad de la penetración de la banda verde pardusco en la región calibrada color naranja del tubo mostrada en la figura 8.7 determina la concentración aproximada en ppm. Por supuesto, el experimento tiene cierto margen de error, y a veces otras impurezas de hidrocarburos del petróleo contaminan los resultados, pero la prueba es muy utilizada para evaluar áreas problemáticas sospechosas (ref.39).

Para contaminantes más difíciles de detectar y concentraciones más bajas no hay opciones; es menester utilizar dispositivos de muestreo y análisis de laboratorio. Cualquiera de estos dispositivos bombean una cantidad prescrita de aire a través de un filtro o absorbente, que recolecta el contaminante o sólo un volumen preciso de aire. El filtro, el absorbente o la muestra de aire se envía entonces al laboratorio para su análisis.

Los dosímetros son los dispositivos más convenientes de todos, especialmente para reunir datos de PPT. Un dosímetro es un pequeño recolector usado sobre el cuerpo o la ropa del trabajador, que registra un grado de exposición promedio ponderado en el tiempo durante un periodo específico, por ejemplo un turno completo. Por desgracia, todavía no hay dosímetros exactos para la mayor parte de las sustancias tóxicas. La figura 8.8 muestra un dosímetro para vigilancia del aire.

**RESUMEN**

La exposición a las sustancias tóxicas es el clásico problema de salud, pero la índole de las exposiciones en el trabajo es diferente de lo que la mayoría de la gente considera venenos. Fuera del trabajo, se entiende que los venenos son pociones mortales que se ingieren. En el trabajo, los venenos pueden ser mortales, pero en general entran al cuerpo a través de los pulmones, en concentraciones diminutas, y a veces pasan años hasta aparecer los efectos. Una notable excepción es la deficiencia de oxígeno, que puede tener resultados rápidos y mortales. Las formas en que los venenos afectan al organismo se



**Figura 8-8** Dosímetro para recolectar datos de PPT automáticamente de manera acumulativa. (Fuente: Cortesía de Mine Safety Appliances Company.)

clasifican aproximadamente en siete grupos: irritantes, venenos sistémicos, depresores, asfixiantes, carcinógenos, teratógenos y mutágenos. Cada uno de los siete puede ser ligero o mortal, dependiendo de la concentración. Muchas sustancias entran en varios de los siete grupos.

Un importante primer paso para tener control de los riesgos de salud es aprovechar los exámenes preliminares de todo empleado nuevo, que determinan cualquier condición ya existente de salud, que puede agravarse por el grado de exposición en el trabajo. Los exámenes también permiten una medición del deterioro de la salud del trabajador, si lo hay, durante el empleo.

La medición del deterioro de la salud del trabajador durante el empleo aporta información valiosa, pero es aún más valiosa la medición de grados tóxicos de exposición antes que hagan daño. En este capítulo hemos explorado la ciencia y la instrumentación para medir concentraciones diminutas de sustancias tóxicas en las atmósferas industriales. También presentamos el sistema de normas que se aplican a estas concentraciones. Las normas más importantes para contaminantes del aire son los límites de exposición permisibles (LEP). La mayor parte de los LEP son exposiciones promedios ponderadas por tiempos de ocho horas (PPT). Algunas sustancias tóxicas son tan peligrosas que requieren que se establezca una concentración tope máxima (T). Los niveles de acción (NA) se derivan de los LEP e indican cuándo los contaminantes en el aire alcanzan niveles que necesitan control, antes de que excedan límites. Se necesitan fórmulas especiales para considerar los efectos de múltiples contaminantes.

Luego de nuestro estudio de las sustancias tóxicas, sus efectos en el organismo y los métodos y las normas para medir su concentración en atmósferas industriales, en el capítulo 9 veremos las formas para controlar el entorno industrial para minimizar los efectos de estas sustancias. Además, examinaremos los riesgos por ruido industrial y su control.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 8.1 ¿Cuál es la definición de la palabra *humos*?
- 8.2 ¿Cuánto monóxido de carbono se permite en el aire, dada una concentración normal (0.033%) de bióxido de carbono (y ningún otro contaminante)?
- 8.3 Muestras de aire indican que una atmósfera industrial contiene 0.001 por ciento de metil estireno durante la mitad matutina del turno y 0.015 por ciento durante la mitad vespertina. ¿Cuál es el PPT? Suponiendo que no hay otros contaminantes presentes, ¿excede el grado de exposición al LEP? ¿Excede el NA?
- 8.4 Muestras de aire indican las siguientes concentraciones de contaminantes en un turno de ocho horas (de 8:00 AM a 4:00 PM):
  1. Trifluorbromometano: un décimo de uno por ciento de 11:00 AM a 2:00 PM.
  2. Propano: 0.05 por ciento todo el día
  3. Fosgeno: una parte por millón a las 2:00 PM, con duración de 15 minutos.
    - (a) Suponiendo que no hay otros contaminantes presentes, ¿cumple la atmósfera de todo el turno las normas de la OSHA?
    - (b) Para cumplir *exactamente* con las normas de la OSHA, ¿más o menos qué tanto tiempo sería permisible el grado de exposición al fosgeno, siempre y cuando los demás contaminantes permanezcan como antes?
- 8.5 Dos tubos detectores de color para probar la concentración atmosférica de bióxido de nitrógeno tienen las siguientes especificaciones:
 

Tubo A intervalo de medición normal:  
5 a 25 ppm (con dos ciclos de bombeo)  
0.5 a 10 ppm (con cinco ciclos de bombeo)

Tubo B intervalo de medición normal:  
5 a 100 ppm (con cinco ciclos de bombeo)  
2 a 50 ppm (con 10 ciclos de bombeo)

¿Qué tubo tiene mayor precisión para la prueba? ¿Qué tubo sería preferible para verificar concentraciones cercanas al LEP? ¿Cuántos ciclos de bombeo deben utilizarse? ¿Qué tubo sería preferible para verificar concentraciones cercanas al NA? ¿Cuántos ciclos de bombeo deben utilizarse?
- 8.6 Se sospecha que cierto proceso de soldadura por gas en un espacio confinado produce concentraciones peligrosas de monóxido de carbono, bióxido de carbono, partículas de óxido de hierro y humos de manganeso. El muestreo atmosférico produce los siguientes datos de grados de exposición:

Tiempo	ppm		mg/m <sup>3</sup>	
	CO	CO <sub>2</sub>	Óxido de hierro	Manganeso
8:00 A.M.-10:00 A.M.	10	1000	1	1
10:00 A.M.-12:00 mediodía	20	1000	4	1
12:00 mediodía-1:00 P.M.	25	1000	2	1
1:00 P.M.-4:00 P.M.	30	1000	3	1

¿Representa el grado de exposición combinada una violación a la OSHA?

- 8.7 Mencione por lo menos cinco pneumoconiosis. ¿Cuáles son las más peligrosas?
- 8.8 ¿En qué difieren las fibrosis de las demás pneumoconiosis?
- 8.9 Mencione las dos clases básicas de asfixiantes y dé ejemplos de cada una.
- 8.11 Explique los siguientes términos:
  - (a) mutágeno
  - (b) carcinógeno
  - (c) teratógeno
- 8.12 ¿En qué forma difiere la amenaza de los venenos en el hogar que en el trabajo?
- 8.13 ¿Cuál es la diferencia entre *humos* y *vapores*?
- 8.14 Compare el tamaño de partículas de los siguientes:
  - (a) humos de óxido de zinc
  - (b) humo de tabaco
  - (c) diámetro del cabello humano
  - (d) bacterias
- 8.15 Explique los siguientes términos:
  - (a) UL
  - (b) LEP
  - (c) PPT
  - (d) MTA
  - (e) LECD
  - (f) NA
- 8.16 Mencione algunos métodos tradicionales de detectar la presencia de contaminantes peligrosos en el aire y explique sus ventajas y desventajas.
- 8.17 Refiera tres métodos básicos para medir los grados de exposición a los contaminantes del aire.
- 8.18 Suponga que un proceso industrial produce la siguiente concentración de contaminantes en el aire, en los periodos que se indican:

Periodo	Methanol (ppm)	Óxido nítrico (ppm)	Bióxido de azufre (ppm)
8:00 A.M.-10:00 A.M.	50	5	0
10:00 A.M.-11:00 A.M.	150	10	1
11:00 A.M.-1:00 P.M.	100	5	1
1:00 P.M.-4:00 P.M.	200	10	1

Consideradas en conjunto, ¿excederían estas concentraciones los niveles de exposición permisibles?

- 8.19 En el ejercicio 8.18, suponga que en este proceso el solvente etanol podría servir para remplazar el metanol, pero a expensas de duplicar la concentración de solvente en la atmósfera. ¿Esto mejoraría o empeoraría las cosas? Explíquelo.
- 8.20 Dos solventes, el benceno y el clorobenceno, están siendo considerados por los ingenieros de proceso para uso en una planta, en la cual usted es el responsable del departamento de seguridad e higiene. ¿Qué información puede proporcionar usted a los ingenieros de proceso en relación con los riesgos comparativos de ambos solventes?

- 8.21 Un hombre y una mujer derraman una botella de ron de 150 grados en el piso de la cocina de su pequeño departamento de una recámara. El área total del departamento es de 550 metros cuadrados y la altura de los techos es de 2.5 metros. Para cuando limpian el derrame, aproximadamente 140 decímetros cúbicos de vapor de alcohol están en el aire debido a la evaporación. Como advierten el intenso olor a alcohol en el aire, abren las ventanas y, sintiéndose mareados, se van a la cama y duermen toda la noche (ocho horas). La ventana abierta permite una dilución gradual del alcohol en el aire, y para la mañana, su concentración ha bajado a 500 partes por millón. Suponiendo una velocidad de declinación constante en el contenido de alcohol en el aire toda la noche, ¿representó la concentración de alcohol un riesgo? Si la exposición hubiera sido en el trabajo, ¿se hubieran excedido los LEP?
- 8.22 En el ejercicio 8.21, la intención original de la pareja había sido hacer un pastel al ron. Si hubieran continuado y hecho el pastel, suponga que el horno caliente habría causado que se liberaran otros 700 decímetros cúbicos de vapor de alcohol en el departamento. ¿Cómo se compararía esta concentración con el LEP?
- 8.23 Se emplea un detector de gas de lectura directa para muestrear concentraciones de gas de bióxido de azufre. El tubo 5H está especificado para concentraciones en el intervalo de 0.05 a 8.0 por ciento y el tubo 5M para concentraciones entre 20 y 3 600 ppm. ¿Cuál es el más sensible de los dos?
- 8.24 Los siguientes tubos detectores de gas sirven para lectura directa de concentraciones de un gas tóxico, sulfuro de hidrógeno:

Tubo	Concentración
4HT	1-40%
4HH	0.1-4.0%
4H	10-3 200 ppm
4M	12.5-500 ppm
4L	1-240 ppm
4LL	0.25-60 ppm

¿Cuál de estos tubos sería satisfactorio para detectar la concentración tope especificada por la OSHA para el sulfuro de hidrógeno? De los tubos satisfactorios, ¿cuál de ellos detecta el intervalo más estrecho de concentraciones?

- 8.25 Un tubo detector está destinado a probar concentraciones de isopropil acetato en el intervalo de 0.05 a 0.75 por ciento. ¿Sería capaz de detectar concentraciones alrededor del LEP de la OSHA? ¿Sería un dispositivo satisfactorio para probar si se ha excedido el NA?
- 8.26 Se determina en un laboratorio que una partícula de carbón tiene un diámetro de 17 micrómetros. ¿Cuál es el diámetro en centímetros? Calcule también el diámetro en pulgadas. ¿Cómo está clasificada esta partícula, como polvo o humo?
- 8.27 Considere la siguiente concentración de contaminantes en el aire observados juntos un mismo día:

Contaminante	PPT(ppm)
Éter isopropil	200
Etil benceno	40
Clorobenceno	25
Clorobromometano	50

Consideradas por separado, ¿alguna de estas concentraciones excede el LEP de la sustancia? ¿El NA? Consideradas conjuntamente, ¿excede el LEP la mezcla? ¿El NA?

- 8.28 Caso de diseño.** Un ingeniero de procesos propone un nuevo solvente, que reducirá la cantidad requerida por el proceso y disminuirá considerablemente el vapor del solvente liberado en el aire dentro de la planta. El nuevo solvente es el percloroetileno, y se espera que reduzca los vapores absorbidos por el aire de la planta en 20 por ciento por volumen, comparado con el solvente anterior (solvente Stoddard). A usted se le llama como profesional certificado en seguridad para evaluar el cambio propuesto en el proceso. ¿Apoya usted este cambio? Explique su posición.
- 8.29 Caso: planta de fabricación de rayón.** Se toman mediciones y en la tabla 8.3 se muestran las concentraciones de contaminantes suspendidos en el aire. Determine cuál de las sustancias está en la lista de la OSHA con límites LEP y lleve a cabo los cálculos para determinar si los grados de exposición dados, consideradas las sustancias por separado y juntas, exceden los LEP y los NA impuestos por esa dependencia.
- 8.30 Caso de diseño.** Los ingenieros de diseño de proceso en la planta de fabricación de rayón del ejercicio 8.29 sugieren que se introduzca un nuevo proceso que utilice como solvente el formaldehído. Las evaluaciones preliminares indican que el nuevo proceso agregará una pequeña cantidad de vapor de formaldehído a la atmósfera de la planta, quizás una parte por millón por volumen, además de los niveles actuales de los otros contaminantes en el aire, enlistados en la tabla 8.3. El ingeniero de la planta ha tenido el cuidado de invitar al gerente de seguridad e higiene al equipo de diseño, en busca de otro punto de vista. Realice los cálculos y estime el impacto de la propuesta del nuevo proceso sobre la seguridad y la salud de los trabajadores de la planta. ¿Qué recomendación le haría al equipo de diseño?

- (a) El número de la norma  
 (b) Fecha de su entrada en vigor  
 (c) Fecha del fin de la fase de implantación (de arranque)  
 (d) El LEP PPT de ocho horas  
 (e) El LECD  
 (f) El tiempo que deben mantenerse registros del grado de exposición
- 8.33** Estudie el impacto de la norma del cloruro de metileno. ¿Cuántas vidas por año se espera salvar, como resultado de la promulgación de la norma? ¿Cuánto se reducirán los riesgos de cáncer para trabajadores que utilizan este solvente? ¿En cuánto disminuirá el grado de exposición de los trabajadores? ¿Cuántos trabajadores utilizan el cloruro de metileno?
- 8.34** En 1996, la OSHA redujo el límite permisible de exposición (LEP) para el 1,3-butadieno. ¿Por cuánto se redujo el LEP? ¿Cuál es la estimación del aumento de costo para la industria para cumplir con este requisito más riguroso? ¿Cuántos fallecimientos por cáncer se espera evitar después de 45 años de trabajo?

Tabla 8.3 Niveles de exposición

	<i>Grados de exposición matutina (4 hr)</i>	<i>Grados de exposición vespertina (4 hr)</i>
Anhídrido acético	0.5 ppm (p/m)	1 ppm
Hidróxido de sodio	0.2 mg/m <sup>3</sup>	0.3 mg/m <sup>3</sup>
Sulfuro de amonio	3 ppm	4 ppm
Bisulfuro de calcio	5 ppm	8 ppm
Bisulfuro de carbono	4 ppm	6 ppm
Sulfuro de sodio	0.7 mg/m <sup>3</sup>	0.8 mg/m <sup>3</sup>
Sulfito de sodio	0.3 mg/m <sup>3</sup>	0.5 mg/m <sup>3</sup>

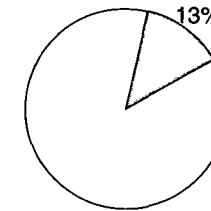
## EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 8.31** El mercurio y sus compuestos son materiales tóxicos tratados en este capítulo. En 1995, una descarga industrial de compuestos de mercurio en un río en Rusia amenazó la salud de los habitantes del área y puso en peligro de daños ambientales al océano Ártico. Investigue los detalles de este accidente y la extensión de los daños. ¿Por qué el océano Ártico es más vulnerable a los daños de estos accidentes que océanos más templados?
- 8.32** El 10 de enero de 1997, la OSHA emitió una reglamentación final sobre el cloruro de metileno. Investíguela para determinar lo siguiente:



## C A P Í T U L O 9

# Control ambiental y ruido



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

En el capítulo 8 exploramos la importante tarea de medir y evaluar los contaminantes en el aire para determinar el grado de exposición a riesgos para la salud. Una vez que se descubre que hay un contaminante en el aire, se cuenta con una gran variedad de estrategias para manejar el riesgo. En el capítulo 3 dijimos que de la profesión ha surgido una jerarquía definida de estrategias que han llegado a conocerse como las “tres líneas de defensa”: los controles de ingeniería, los controles administrativos o de prácticas de trabajo y el equipo personal de protección, en ese orden. En este capítulo, examinaremos los métodos para dar soluciones de ingeniería a los problemas de contaminación del aire, principalmente por medio de la ventilación. También se examinarán los riesgos por ruido, junto con los controles de ingeniería y de prácticas de trabajo para controlarlos.

### VENTILACIÓN

La ventilación puede ser la solución de ingeniería más obvia al problema de los contaminantes del aire, pero antes de aplicarla se debe reconocer que hay otras formas de tratar el problema que pueden ser incluso mejores.

La manera más deseable de tratar con un contaminante en el aire es modificar el proceso de forma que ya no se produzca. Esto es tan obvio que a menudo se pasa por alto. Con todo, tal vez no sea posible modificar el proceso, pero de ser factible, se puede ganar mucho, no sólo en salud y seguridad, sino también en costos de producción y en eficacia. Por ejemplo, quizá se descubra que las piezas maquinadas pueden ser trabajadas en seco, lo que evita la exposición de la piel del maquinista a los aceites de corte, así como contaminación por solvente en el aire cuando más adelante se limpian las piezas. Las tecnologías de forja, de corte en seco o de polvos metálicos pueden eliminar varios procesos de maquinado, lo que modifica en forma benéfica el proceso. En ciertas situaciones, algunas de estas ideas tienen más desventajas que ventajas, pero cada aplicación debe revisarse en busca de

beneficios. No hay mejor modo de que el gerente de seguridad e higiene obtenga el reconocimiento de la dirección que proponiendo una idea inteligente que reduzca los costos o aumente la producción al mismo tiempo que mejora la seguridad o la salud.

En busca de algunas otras ideas, considere los riesgos de los contaminantes tóxicos del aire en las operaciones de soldadura. Algunas veces, la fuente principal de contaminantes es el recubrimiento sobre la superficie del metal que se va a soldar. Quizá como un cambio del proceso, este recubrimiento puede eliminarse, antes de comenzar el trabajo. Mejor aún, tal vez el material no requiere en absoluto de soldadura. Posiblemente una operación de doblado produciría una junta eficaz que eliminara la necesidad de soldadura.

Los procesos químicos están clasificados como por lotes o continuos, y por lo general la elección entre uno y otro precisa de muchas consideraciones, incluyendo costos de la inversión, tamaño esperado de la corrida de producción y volúmenes por producir. Pero un factor importante es la contaminación del aire. Los procesos continuos suelen reducir el grado de exposición de los materiales al aire, porque disminuye el manejo abierto, y, con un procesamiento continuo, los lotes de materiales no están ociosos, en espera de pasar a proceso. Sin embargo, el equipo de manejo mecánico utilizado en los procesos continuos podría incrementar los niveles de contaminación. Se debe estudiar cada situación para encontrar la mejor solución, pero es necesario tomar en cuenta los aspectos de la seguridad y de la salud.

Una forma de cambiar un proceso consiste en aislarlo o encerrarlo. Si en la planta hay un proceso particularmente contaminante, debe instalarse en un edificio independiente, de forma que no contribuya al problema de ventilación general.

Una pequeña variante es cambiar los materiales utilizados. Se ha descubierto que el tetracloruro de carbono es un riesgo para la salud, así que ha sido sustituido por otros solventes, y lo mismo ha ocurrido con los solventes de hidrocarburos clorados, como el tricloroetileno y el percloroetileno, que por fortuna no son tan peligrosos como el tetracloruro de carbono. Es posible descubrir nuevos solventes que reduzcan los riesgos aún más.

Veamos otros ejemplos. Muchas veces se utiliza arena de sílice en chorro para mejorar características superficiales. Pero la sílice suspendida en el aire causa la enfermedad pulmonar llamada silicosis. Quizás esta arena podría ser remplazada por acero para eliminar la contaminación por sílice.

Un ejemplo clásico de cambiar materiales para reducir el riesgo es la sustitución de las peligrosas pinturas con base de plomo por otros materiales, como los pigmentos de óxido de hierro. Otro clásico fue el cambio de freón a propano como propulsor de las latas de aerosol. En este caso, se pretendía que el cambio de materiales protegiera el ambiente (la capa de ozono), aunque la solución puede resultar más peligrosa para el individuo ya que el propano es un gas inflamable.

## Principios de diseño

Si no se puede modificar un proceso ni remplazar los materiales, es posible entonces que un sistema de ventilación bien diseñado sea la mejor solución al problema. La OSHA tiene una norma que se ocupa del tema, pero debe subrayarse que la ventilación es un asunto muy técnico, y quizá convenga más que el gerente de seguridad e higiene acuda a un ingeniero profesional que diseñe una ventilación adecuada para un problema de contaminación del aire. La ventilación hacia el exterior no es lo mismo que la calefacción y el aire acondicionado ordinarios, y se pueden cometer errores de diseño si

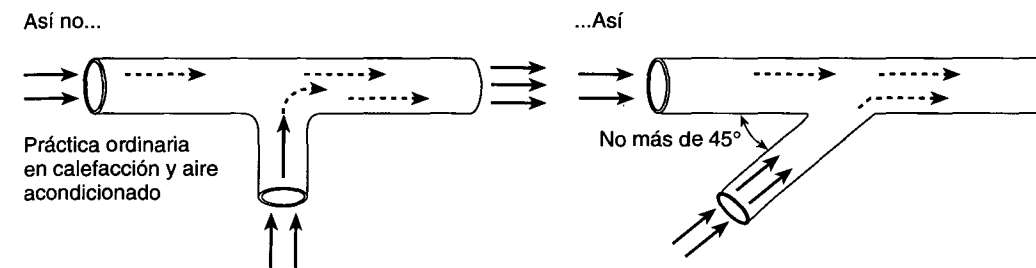


Figura 9-1 Evite ángulos agudos en la entrada de ductos.

no se toma en cuenta esta diferencia. En la figura 9.1 se da un ejemplo. La mayor parte de los ductos de calefacción y aire acondicionado tienen dobleces en ángulo recto, que pueden funcionar bien con gases pero reducen en gran medida su capacidad de transporte de partículas.

Otro sistema de ventilación dudoso es el ventilador doméstico ordinario, utilizado para alejar el humo de la fuente contaminante. Es cierto que un ventilador puede diluir la concentración del contaminante en un lugar, y la ventilación por dilución es un método reconocido para reducir concentraciones en niveles menores que el LEP. Pero ¿hacia dónde está el ventilador arrojando la contaminación? Está aumentando el nivel general básico de contaminación del aire de la planta, y es probable que después se tenga que controlar éste, si otros procesos también están produciendo contaminantes.

Un objetivo básico de la ventilación hacia el exterior es aislar y eliminar contaminantes dañinos del aire. Entre más concentrados estén estos contaminantes en áreas limitadas de la planta, más fácil será separarlos del aire. Aunque en algunos casos ayuda, la ventilación por dilución es contraproducente en cuanto al objetivo de eliminar el contaminante. La ventilación por dilución equivale a “barrer el polvo bajo la alfombra”.

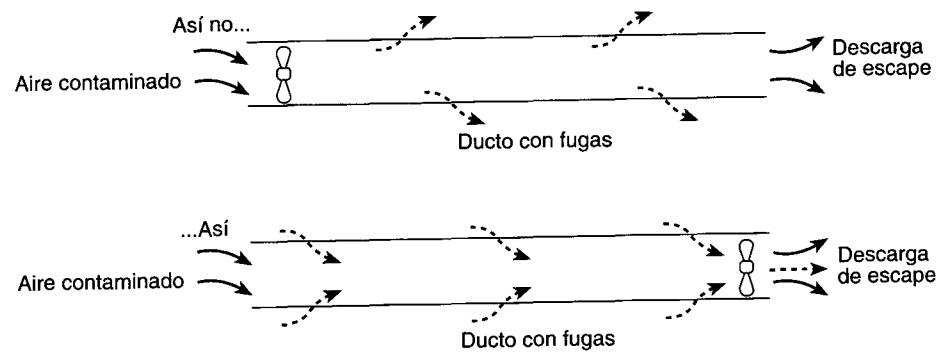
El punto de ataque es una consideración importante en los sistemas de ventilación, pues el simple volumen o la velocidad del flujo no son suficientes. La tecnología de la ventilación produce ahora algunos sistemas locales de ventilación hacia el exterior muy buenos, que dirigen la toma directamente hacia el contaminante de forma muy similar al diseño de una aspiradora. Incluso si se logra un flujo suficiente con un sistema de ventilación general, el flujo podría ser una molestia, porque una corriente de esa magnitud podría hacer que volaran papeles y otros materiales, lo que haría difícil e ineficiente el trabajo.

La mención de la aspiradora en el párrafo anterior puede dar a algunos gerentes de seguridad e higiene una idea equivocada. Las partículas de humos u otros contaminantes serán demasiado pequeñas para quedar atrapadas en la bolsa de una aspiradora ordinaria. Si el proceso no detiene al contaminante, sólo lo estará haciendo circular y tal vez aumente el grado de exposición.

Los mejores sistemas de ventilación hacia el exterior son los que “jalan” y no los que “empujan”. Incluso dentro del ducto de escape, el ventilador debe colocarse, si es posible, en el extremo del ducto, como se muestra en la figura 9.2. Las fugas en el ducto sólo aspirarán más aire, en lugar de bombear el contaminado de vuelta al entorno de la planta.

## Aire de reposición

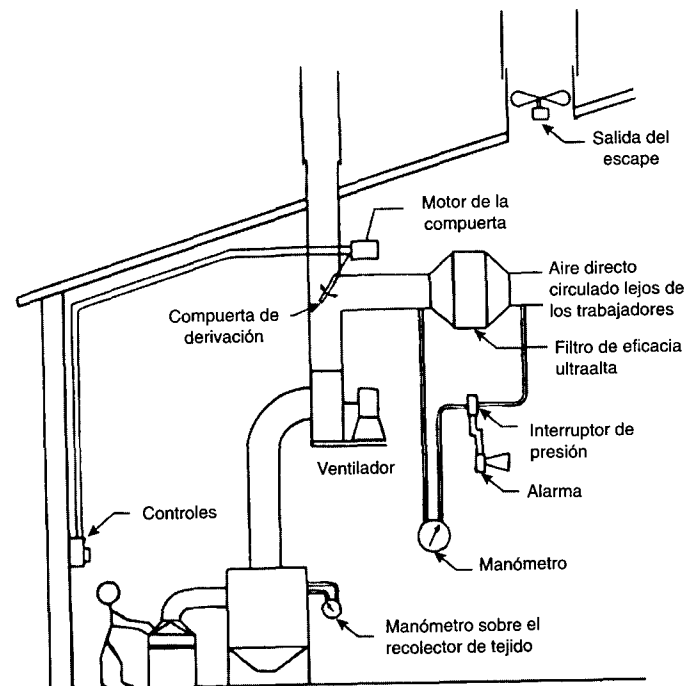
Con uno o más sistemas de ventilación hacia el exterior, es esencial alguna fuente de *aire de reposición*. La manera tradicional de proveerlo era simplemente abrir puertas y ventanas. Sin embargo, en nuestros días se ha vuelto cada vez más atractivo reciclar el aire de escape después de filtrarlo y



**Figura 9-2** Colocación de ventiladores: Mantener presión negativa dentro del ducto.

descontaminarlo. Dicha solución no sólo ahorra energía, sino que también reduce la contaminación atmosférica externa, un punto de consideración muy importante en las reglamentaciones de la Oficina de Protección al Ambiente (*Environmental Protection Agency*, EPA) y en las preocupaciones del público en lo que respecta al ambiente.

La figura 9.3 muestra el diagrama de un sistema de recirculación en el cual el objetivo es eliminar el polvo por medio de un filtro de alta eficacia. Es esencial reconocer la importancia del estado del filtro para la eficacia general del sistema. El filtro, si está haciendo su trabajo, se saturará con el tiempo, y por lo tanto debe dársele servicio, limpiarse o cambiarse. Observe la compuerta de desviación, que permite una proporcionalidad selectiva del sistema, desde recirculación completa hasta



**Figura 9-3** Ejemplo de reciclaje en dispositivos de limpieza de aire (polvo). (Fuente: American Conference of Governmental Industrial Hygienists Committee on Industrial Ventilation.)

escape completo. Este desviador puede ahorrar energía cuando las condiciones climáticas son templadas y la recirculación es innecesaria. También observe la inclusión de un manómetro para detectar el diferencial de presión en el filtro, así como también una alarma para que suene si el diferencial aumenta demasiado. Ambos están destinados a advertir al operador que el filtro está sucio y necesita servicio.

Se aconseja a los gerentes de seguridad e higiene que vigilen cuidadosamente los sistemas de reciclaje. En la industria, suele suceder que se instale un sistema complejo de ventilación para un proceso y después se ignore. Algunas alarmas de filtros son sólo luces rojas, que a menudo los operadores pasan por alto. Incluso alarmas audibles, como zumbadores y bocinas, a veces son desactivadas desconectando los conductores eléctricos. Se ha descubierto que tanto el personal de operación como el de mantenimiento son responsables de desactivar estos dispositivos, cuyo fin es proteger la salud de los trabajadores.

Además de utilizar sistemas de reciclaje, hay otras formas de solucionar el problema de pérdida de energía debida a la instalación de aire de reposición en el edificio. Un método consiste en instalar el aire de reposición justo en el sitio en el que ocurre la contaminación. Con esta estrategia, es posible que el aire de reposición no necesite aire acondicionado (sin enfriamiento en verano ni calefacción en invierno). El sistema de escape aspirará aire de reposición sin acondicionar junto con los contaminantes, y los trabajadores estarán poco expuestos a ambos.

Otra solución es utilizar un dispositivo de intercambio térmico para volver a captar la energía del aire de escape y transferirla al aire de reposición entrante. No obstante, es difícil de poner en práctica, porque el diferencial de calor entre el aire de reposición y el de escape suele ser demasiado bajo para que el intercambio sea eficaz. Además, el método necesita que el ducto del aire de reposición pase cerca del ducto de aire de escape, lo que presenta una posibilidad de contaminación cruzada. Por último, los sistemas de intercambio térmico son caros de instalar y de mantener, a veces demasiado costosos de amortizar por medio de ahorros en energía durante la vida del sistema.

Además del problema de energía, otra dificultad de la provisión de aire de reposición es la presencia de aire contaminado del exterior. Éste es un problema poco común, aunque se ha presentado en ocasiones. En una planta, la entrada de aire de reposición estaba colocada junto a una gran autopista, y tanto el monóxido de carbono como otras emisiones del escape de los automóviles eran aspirados al interior del edificio. En otro diseño deficiente, la entrada de aire de reposición estaba tan cerca de la descarga del sistema de escape que los contaminantes eran absorbidos y se los hacía circular otra vez por toda la planta. De esta forma, si los trabajadores se las arreglaban de alguna manera en la primera pasada para no respirar el aire contaminado, tenían otra oportunidad de quedar expuestos.

Una rápida revisión para determinar si la provisión de aire de reposición es suficiente requiere verificar la presión atmosférica tanto dentro como fuera de la planta. La presión interior debe ser sólo un poco menor que la exterior. Si es mucho menor, la provisión de aire de reposición es insuficiente. La relación básica entre recuperación y escape la ilustra la figura 9.4. El área de las secciones transversales de las aberturas de recuperación, multiplicada por la velocidad de flujo a través de esas aberturas, debe ser igual al área de las secciones transversales de las aberturas de escape, multiplicada por la velocidad de flujo por éste.

La provisión adecuada de aire de reposición y un volumen suficiente de ventilación de escape general es a veces la única solución práctica al problema de reducir a niveles específicos la exposición a contaminantes del aire. El caso 9.1 ilustrará el principio de esta solución.

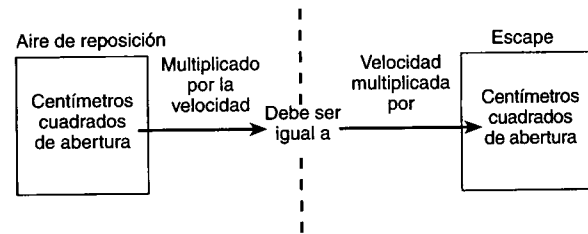


Figura 9-4 Equilibrio del aire de reposición y de escape.

CASO 9.1

Un proceso industrial libera dos pies cúbicos de clorobenceno por hora, en una habitación de 20 por 40 pies y de 12 pies de altura al techo. ¿Qué ventilación mínima general hacia el exterior, en pies cúbicos por minuto, es necesaria para evitar un riesgo general a la salud en esta habitación?

*Solución:* Una faceta sutil en este problema es que, para un proceso en operación continua, las dimensiones de la habitación son en realidad irrelevantes para la solución. Es cierto que para una exposición breve, el tamaño de la habitación afectará la dilución del clorobenceno en los confines de la misma, pero tratándose de un proceso continuo, se debe proveer suficiente ventilación para dar una amplia provisión de aire de reposición para diluir continuamente el clorobenceno a niveles dentro de los límites, *sin importar el tamaño de la habitación.*

El LEP del clorobenceno es 75 ppm. Sea  $X$  = la ventilación total necesaria para diluir el clorobenceno. Entonces

$$\frac{2}{X} = \frac{75}{1,000,000}$$

$$X = \frac{2 \times 1,000,000}{75} = 26,667 \text{ pies}^3/\text{hr}$$

$$= \frac{26,667 \text{ pies}^3/\text{hr}}{60 \text{ min/hr}}$$

$$= 444 \text{ pies}^3/\text{hr}$$

Dispositivos purificadores

Si el aire de escape está lo bastante limpio para cumplir con las normas exteriores, quizá no sea necesario filtrarlo o purificarlo una vez que sale de la planta. Pero con frecuencia se requiere algún dispositivo de purificación en el exterior, así como en el interior para los sistemas de recirculación, en especial para eliminar las partículas. En los siguientes párrafos describiremos algunos de los dispositivos básicos de eliminación de partículas.

Los dispositivos *centrífugos*, a menudo llamados *ciclones* (véase la figura 9.5), aprovechan la masa de las partículas contaminantes para hacer que se acumulen a los costados del ciclón en el aire

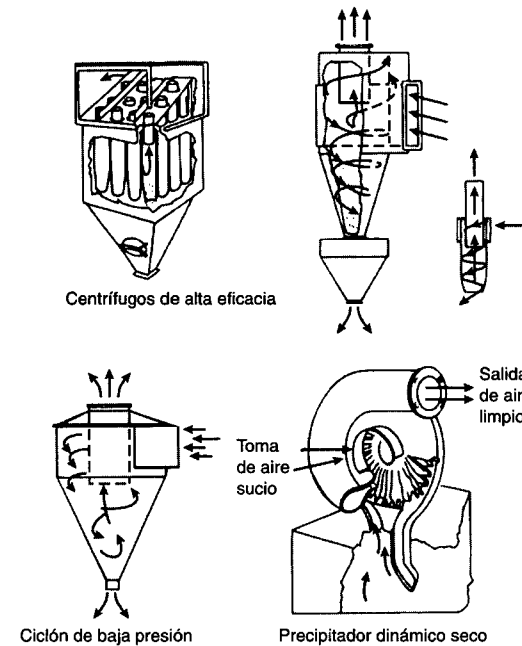


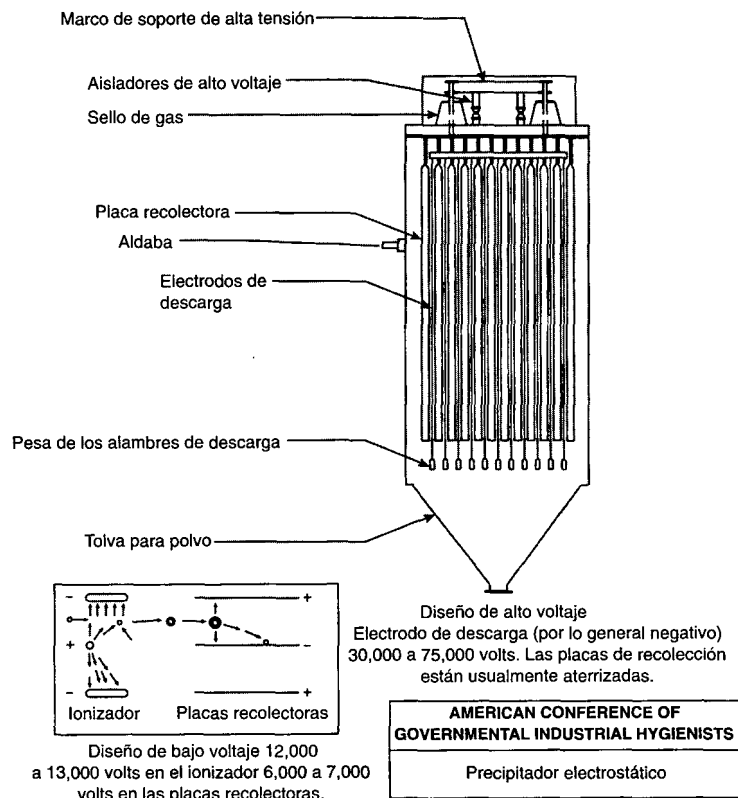
Figura 9-5 El ciclón y otros recolectores centrífugos de tipo seco para la eliminación de partículas del aire de escape. (Fuente: ACGIH Committee on Industrial Ventilation.)

que gira y que después se deslicen hasta el fondo y se fijan en el cuello del embudo, de donde es posible eliminarlas periódicamente. Otro dispositivo centrífugo hace que el aire pase a través de rejillas, en las que las partículas se separan del aire. Una aplicación común de los ciclones es en la eliminación del polvo del grano en los elevadores y molinos de grano. Los ciclones se utilizan también para el aserrín del trabajo en madera, plástico, polvos y algunas partículas químicas secas.

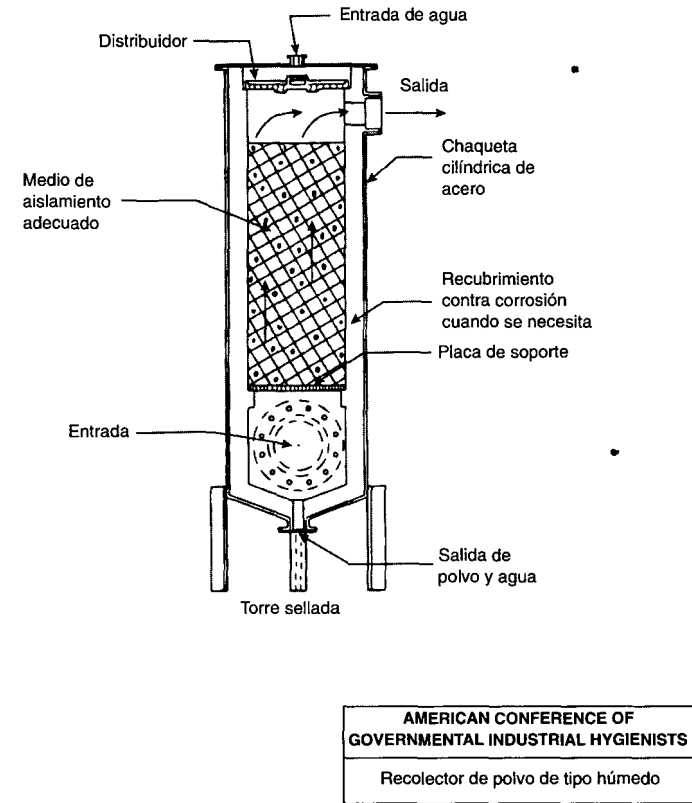
Los *precipitadores electrostáticos* conceden a las partículas una carga eléctrica muy elevada (por ejemplo, 50,000 volts), para que las atraiga un electrodo recolector de carga eléctrica opuesta, que está formado de placas, varillas o alambres que luego se agitan para sacudir el polvo acumulado y fijarlo en el fondo de la cámara. La figura 9.6 muestra un precipitador electrostático de alto voltaje. Estos dispositivos se usan en las industrias del acero y del cemento, en las minas y en la industria química. También se aplican en chimeneas, para impedir que las cenizas vuelen.

Las *lavadoras de aire* incluyen una gran variedad de dispositivos que emplean agua o soluciones químicas para lavar el aire y eliminar partículas u otros contaminantes. Algunos hacen pasar el aire sucio por agua o una solución estancada. Otros impulsan el aire sucio hacia arriba por una torre con un contenedor a través del cual cae el agua, como se muestra en la figura 9.7. Observe que el agua más clara está en la parte superior de la torre, donde el aire de salida es más limpio, mientras que la parte baja es la más sucia, pues el agua sale del sistema y hace contacto con el aire del escape, sucio y sin tratar. Los centrifugados húmedos, como en los dispositivos en seco, aprovechan la masa de las partículas para que se incrusten en hojas, placas o mamparas. Las lavadoras de aire se usan en la industria química para eliminar gases y vapores además de partículas. Otras industrias que emplean lavadoras de aire son las del hule y de la cerámica, las fundiciones y las de corte de metal.

Los filtros de *tela*, o *de tipo bolsa* son esencialmente como la bolsa de una aspiradora. Algunos son enormes y están colocados en un edificio aparte, llamado *casa de las bolsas*. La figura 9.8 mues-



**Figura 9-6** Precipitadores electrónicos para la eliminación de partículas. (Fuente: ACGIH Committee on Industrial Ventilation.)



**Figura 9-7** Lavadora de aire del tipo de torre sellada. (Fuente: ACGIH Committee on Industrial Ventilation.)

tra tres filtros de tela. Estos filtros se utilizan en la refinación de metales tóxicos como el plomo y en trabajos de madera, corte de metales, industria del hule, plástico, cerámica y química.

**RUIDO INDUSTRIAL**

La exposición al ruido es otro problema común de salud, ya que una exposición crónica es la que causa daño. Una sola exposición aguda puede causar daño permanente, y en este sentido, el ruido es un problema de seguridad, pero las exposiciones a tales ruidos son muy raras. Igual que con otros riesgos para la salud, el ruido tiene un umbral límite, y las exposiciones se miden en términos de promedios ponderados por tiempo. Para comprender las unidades de estas medidas, se necesitan conocimientos básicos sobre las características físicas del ruido.

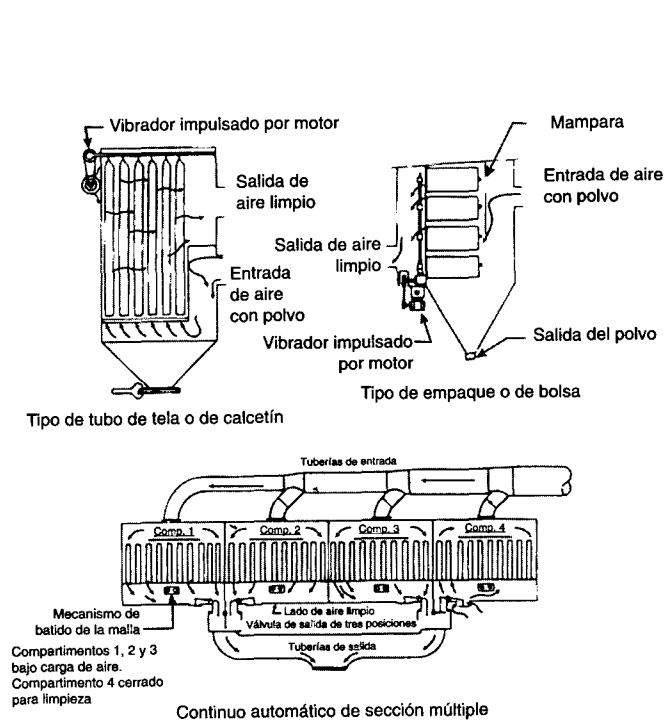
**Características de las ondas sonoras**

El ruido puede definirse como un sonido no deseado. En el sentido industrial, el ruido es un sonido excesivo o dañino. Por lo regular, el sonido se concibe como una onda de presión en la atmósfera. En los líquidos, el sonido también es una onda de presión; en los sólidos rígidos, toma la forma de una vibración.

Dos características básicas de las ondas sonoras, importantes para el tema del ruido, son

1. La amplitud de la onda, o intensidad pico de presión.
2. La frecuencia con que ocurren los picos de presión.

Nuestro sentido del oído puede detectar ambas características. La intensidad de presión se percibe como volumen, en tanto que la frecuencia de presión como tono. La figura 9.9 ilustra la forma de la onda sonora y también la gráfica de la relación entre presión y tiempo. Observe en la figura 9.9(b) que el *periodo* es el tiempo requerido para que la onda complete su ciclo. En la gráfica, está medido en el punto en el cual el diferencial de presión es cero y comienza a ser negativo. Sin embargo, se pudo haber medido de pico a pico, de valle a valle, o desde cualquier otro punto de referencia conveniente en el ciclo. Los periodos siempre son demasiado cortos, para contar sus apariciones cuando se escucha el sonido. Si pudiéramos contar las ocurrencias de esos ciclos de onda, la cuenta resultante por unidad de tiempo sería la *frecuencia*, que por lo común se mide en ciclos por segundo (*hertz*). Un sonido común tiene una frecuencia de 1 000 ciclos por segundo, esto es, 1 000 hertz (Hz). Como es evidente, jamás podríamos contar 1 000 pulsos de presión en un solo segundo, pero el oído tiene una sorprendente sensibilidad a las variaciones en este conteo de la frecuencia. La sensación se denomina *tono*, y los músicos capaces han entrenado su oído para percibir variaciones muy ligeras en la fre-



**Figura 9-8** Filtros de tela para el aire de escape. (Fuente: ACGIH Committee on Industrial Ventilation.)

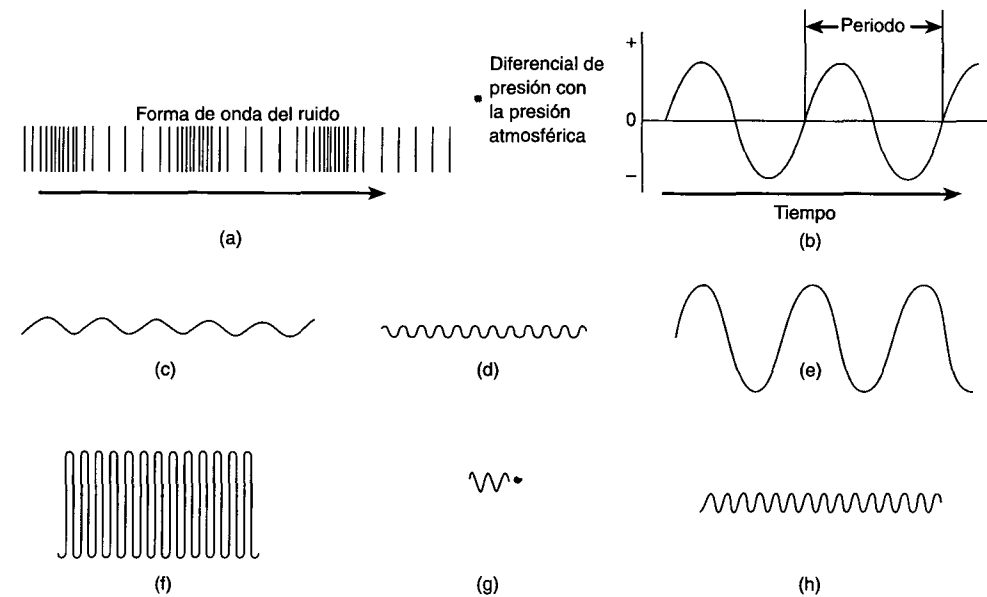
AMERICAN CONFERENCE OF  
GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS  
Recolectores de tela

cuencia de la onda sonora. La frecuencia es importante al analizar las fuentes de la exposición al ruido en el trabajo.

Más importante aún que el tono en los entornos industriales es la intensidad de presión de la onda sonora. Los picos altos de presión en las ondas pueden provocar daño permanente a los delicados mecanismos del oído humano y causar pérdida permanente de la audición. El oído debe ser delicado para poder percibir las diminutas presiones de los sonidos audibles más débiles, pero es capaz de soportar un intervalo de presiones increíblemente grande. Tolerar sin daño una presión de sonido 10'000,000 veces más grande que el sonido más débil. Un resultado necesario de este increíble intervalo de presiones es que el oído no es muy sensible a los matices entre estas presiones, especialmente cuando se acercan a la parte superior del intervalo. En otras palabras, conforme los sonidos se hacen más fuertes, el oído humano percibe menos los incrementos grandes de intensidad, aun cuando se dupliquen o tripliquen.

**Decibeles**

Es difícil hablar con sensatez de un intervalo tan grande de presiones audibles, y es especialmente difícil establecer normas. Imagine un medidor de ruido leyendo los millones. La situación se complica aún más por la disminución de la capacidad del oído humano de detectar diferencias de presión



**Figura 9-9** Características de las ondas sonoras: (a) la onda de presión es longitudinal (en la dirección en que viaja el sonido); (b) relación entre presión y tiempo en un punto dado de exposición al sonido; (c) tono grave, sonido suave; (d) tono agudo, sonido suave; (e) tono grave, sonido fuerte; (f) tono agudo, sonido fuerte; (g) sonido de corta duración; (h) sonido sostenido.

conforme los sonidos se hacen más fuertes. Para tratar estos problemas, se ha diseñado una unidad de medida llamada *decibel* (dB), que mide la intensidad de la presión del sonido. El decibel tiene una relación logarítmica con la intensidad de presión real, y así la escala se reduce conforme el sonido se hace más fuerte, hasta que en los intervalos superiores es sólo una medida burda de la intensidad de presión real. Pero esto es apropiado ya que, como dijimos, de cualquier forma el oído humano sólo percibe diferencias gruesas cuando el sonido se hace muy potente. La figura 9.10 relaciona el decibel con niveles sonoros familiares.

La escala logarítmica de decibeles es conveniente, pero causa algunos problemas. Si una máquina en la planta es muy ruidosa, al poner una segunda máquina igual justo al lado de la primera no hará el sonido dos veces más fuerte. Recuerde que el intervalo de presiones de sonido es enorme, y que el oído humano escucha apenas un ligero aumento en volumen cuando la presión de sonido real puede haberse duplicado debido a la adición de la otra máquina. La escala de decibeles reconoce la adición de la nueva máquina como un incremento en el nivel de ruido de sólo tres decibeles. De manera inversa, si el nivel de ruido en la planta supera por mucho las normas permisibles, apagar la mitad de las máquinas de la planta —una medida bastante drástica— quizás sea de muy poco efecto para disminuir el nivel total de ruido en la escala de decibeles. La tabla 9.1 contiene una escala para combinar los decibeles de dos fuentes y llegar al nivel total de ruido. Si hay tres o más fuentes, se combinan dos fuentes y después se manejan como una sola que entonces se combina con la tercera, y así sucesivamente, hasta que todas hayan sido reunidas en un solo total. Hay un ejemplo que es útil para ilustrar el procedimiento.

Fuentes de ruido	Nivel sonoro (dB)	Esfuerzo requerido para hablar
Perforadora neumática (a 1.5 metros)	115	<u>Casi imposible</u> comunicarse
Sierra de cadena (junto al oído) Banda de rock and roll de adolescentes Máquina remachadora Máquina clavadora Área de vibración de fundición	110	<u>Muy difícil</u> comunicarse
Cepillo de madera Prensa troqueladora Martillo de forja	105	<u>Gritar</u> con manos ahuecadas entre boca y oído de la otra persona
Malacate neumático de aire: 4000 lb	100	<u>Gritar</u> a 15 cm
Revolvedor de 15 x 7.5 cm, pequeñas fundiciones	95	<u>Gritar</u> a 30 cm
Máquina atornilladora automática Forjado de tuercas Cuarto de calderas	90	Voz normal a 15 cm, gritar a 60 cm
Soldadora de arco	85	Voz normal a 30 cm, gritar a 1.2 m
Máquina fresadora (a 1.2 metros) Taladro neumático	80	Voz normal a 45 cm, gritar a 1.8 m
Interior de un automóvil (a 80 kph)	75	Voz normal a 60 cm, gritar a 2.4 m

Imposible el uso del teléfono

Figura 9-10 Niveles de ruido en decibeles de sonidos familiares. (Fuente: NIOSH.)

Tabla 9.1 Escala para combinar decibeles

Diferencia entre dos niveles de decibeles por sumar (dB)	Cantidad por agregar al nivel mayor para obtener la suma de decibeles (dB)
0	3.0
1	2.6
2	2.1
3	1.8
4	1.4
5	1.2
6	1.0
7	0.8
8	0.6
9	0.5
10	0.4
11	0.3
12	0.2

Fuente: NIOSH (ref. 77).

**CASO 9.2**

Suponga que la exposición al ruido en una estación de trabajo se debe básicamente a cuatro fuentes, como sigue:

Máquina A	86 dB
Máquina B (idéntica a la máquina A)	86 dB
Máquina C	82 dB
Máquina D	78 dB

Primero se combinan las dos fuentes de ruido idénticas, las máquinas A y B, para producir un nivel de ruido de 89 dB. Después de añade la máquina C, de la manera siguiente:

$$\text{diferencia en dB} = 89 \text{ dB} - 82 \text{ dB} = 7 \text{ dB}$$

A partir de la Tabla 9.1, una diferencia de siete dB entre dos fuentes resulta en la adición de 0.8 dB a la fuente mayor. Por lo tanto, el sonido combinado de las máquinas A, B y C es

$$\text{sonido combinado (A,B,C)} = 89 \text{ dB} + 0.8 \text{ dB} = 89.8 \text{ dB}$$

Añadiendo la máquina D, tenemos

$$\text{diferencia en dB} = 89.8 \text{ dB} - 78 \text{ dB} = 11.8 \text{ dB} = 12 \text{ dB}$$

Si regresamos a la tabla 9.1, una diferencia de 12 dB entre dos fuentes obliga a añadir 0.2 dB a la fuente mayor. Así, el sonido combinado de todas las máquinas es

$$\text{sonido combinado (A,B,C,D)} = 89.8 \text{ dB} + 0.2 \text{ dB} = 90.0 \text{ dB}$$

La figura 9.11 contiene el diagrama del cálculo del caso 9.2. Se debe observar que la medición del sonido combinado total y la parte de cada máquina se realiza desde la posición del operador; de lo contrario, los factores por distancia afectarían a los resultados. El cálculo de los niveles de ruido combinados es útil al considerar los posibles beneficios de eliminar máquinas, aislarlas o modificar el proceso.

Hemos insistido sobre la intensidad del sonido medida en decibeles, pero la frecuencia o el tono también tienen su parte en el control de ruido. Por lo regular, el ruido industrial es una combinación de frecuencias sonoras de cada una de las diversas fuentes. El intervalo total de frecuencias sonoras audibles para el oído humano es aproximadamente de 20 a 20,000 Hz. El oído es más sensible a algunas de estas frecuencias que a otras, sobre todo en la mitad superior del intervalo desde 1 000 hasta unos 6 000 Hz. Por lo tanto, se han diseñado medidores de nivel sonoro que modifican ligeramente la lectura en decibeles para destacar las frecuencias de 1 000 a 6 000 Hz. Estas medidas alteradas se conocen como escala ponderada A,<sup>1</sup> y las lecturas se abrevian como dBA, en lugar de simplemente dB. La OSHA reconoce la escala A, y sus LEP están expresados en dBA.

<sup>1</sup> También hay una escala B y una C, pero rara vez se utilizan.

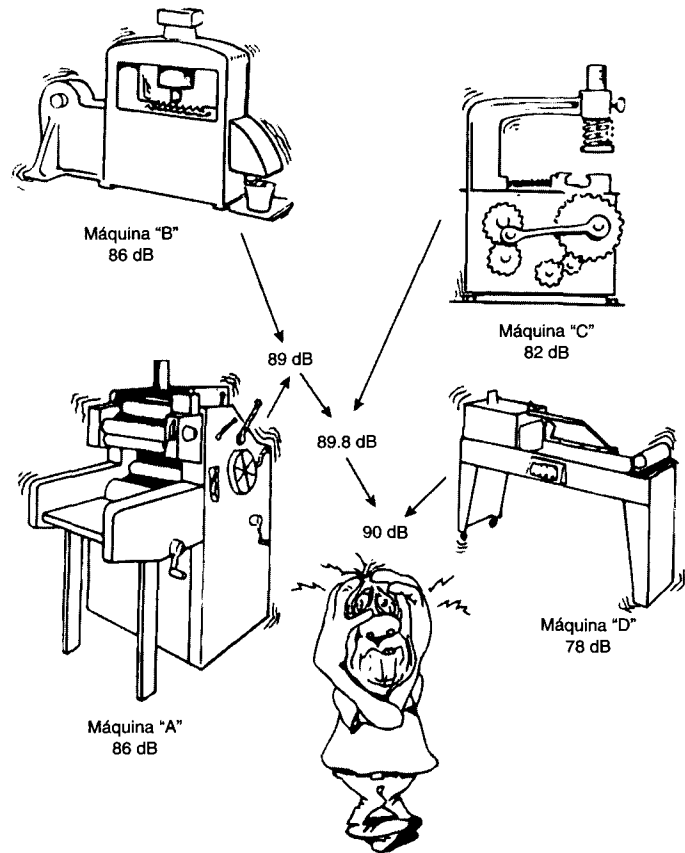


Figura 9-11 Combinación del ruido de varias fuentes.

**Normas de ruido de la OSHA**

El ruido es extraordinario en cuanto a que se trata de un riesgo para el cual la OSHA ha establecido tanto un LEP como un NA. El más conocido es el LEP, establecido en 90 dBA para un PPT de ocho horas. Alrededor de 10 años después que fuera establecido el LEP de 90 dBA, al principio de los años ochenta, se fijó el nivel de acción (NA) en 85 dBA para un PPT de ocho horas. Es bien sabido que los trabajadores toleran sin daño periodos cortos con ruidos mayores al PPT de ocho horas, así que la OSHA especifica un intervalo de niveles de exposición en decibeles para diversos tiempos de exposición. El margen del LEP de la OSHA para exposición de ruido aparece en la tabla 9.2.

Tabla 9.2 Tabla de LEP para ruido de la OSHA

Nivel sonoro ponderado en A	Tiempo de duración de referencia (hr)	Nivel sonoro ponderado en A	Tiempo de duración de referencia (hr)
80	32	106	0.87
81	27.9	107	0.76
82	24.3	108	0.66
83	21.1	109	0.57
84	18.4	110	0.50

Nivel sonoro ponderado en A	Tiempo de duración de referencia (hr)	Nivel sonoro ponderado en A	Tiempo de duración de referencia (hr)
85	16	111	0.44
86	13.9	112	0.38
87	12.1	113	0.33
88	10.6	114	0.29
89	9.2	115	0.25
90	8	116	0.22
91	7.0	117	0.19
92	6.2	118	0.16
93	5.3	119	0.14
94	4.6	120	0.125
95	4	121	0.110
96	3.5	122	0.095
97	3.0	123	0.082
98	2.6	124	0.072
99	2.3	125	0.063
100	2	126	0.054
101	1.7	127	0.047
102	1.5	128	0.041
103	1.4	129	0.036
104	1.3	130	0.031
105	1		

Fuente: Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.25

El intervalo de exposición permisible en la tabla 9.2 hace posible un cálculo de la exposición promedio ponderada en tiempo, si se relaciona cada tiempo de exposición con el límite permitido para ese nivel sonoro. El procedimiento es muy similar al cálculo que ya realizamos cuando se encuentran en la atmósfera muchos contaminantes. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$D = 100 \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} = 100 \left( \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) \quad (9.1)$$

- donde  $D$  = exposición total al ruido durante el turno ("dosis") como un porcentaje del LEP
- $C_i$  = tiempo de exposición al nivel de ruido  $i$
- $T_i$  = tiempo de exposición máximo permisible en el nivel de ruido  $i$  (de la tabla 9.2)
- $n$  = cantidad de diferentes niveles de ruido observados

Un cálculo interesante es el de la exposición total del turno, exactamente en el NA de 85 dBA. Utilizando la ecuación (9.1), el cálculo es:

$$D = 100 \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} = 100 \left( \frac{8}{16} \right) = 50\%$$

Así, se calcula que el NA es el 50 por ciento del LEP máximo permisible. Sin embargo, el lector debe observar, a partir de nuestro análisis de la intensidad del sonido, que 85 dBA representa menos de la mitad de la intensidad de sonido absoluta de ruido a 90 dB.



**CASO 9.3**

La lectura del nivel de ruido muestra que la exposición del trabajador en una planta es como sigue:

8:00 AM - 10:00 AM	90 dBA
10:00 AM - 11:00 AM	95 dBA
11:00 AM - 12:30 PM	75 dBA
12:20 PM - 1:30 PM	85 dBA
1:30 PM - 2:00 PM	95 dBA
2:00 PM - 4:00 PM	90 dBA

Sumando las duraciones del ruido de cada nivel, obtenemos

Al nivel de ruido de 90 dBA:	2 + 2 = 4	horas
Al nivel de ruido de 95 dBA:	1 + 1/2 = 1 1/2	horas
Al nivel de ruido de 75 dBA:	1 1/2	horas (ignorar)
Al nivel de ruido de 85 dBA:	1	hora
Total	8	horas

La razón de ignorar la exposición de 1 1/2 horas a 75 dBA fue que los 75 dBA quedan por debajo del margen de la tabla 9.2. En otras palabras, los trabajadores pueden estar expuestos a niveles de ruido de 75 dBA por tanto tiempo como se desee sin efectos adversos, por lo menos en lo que concierne a las normas de seguridad. Al calcular las relaciones en cada nivel y hacer la suma de acuerdo con la ecuación (9.1), obtenemos

$$D = 100 \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} = 100 \left( \frac{4}{8} + \frac{1\frac{1}{2}}{4} + \frac{1}{16} \right) = 100 (0.5 + 0.375 + 0.0625) = 93.75\%$$

Dado que 93.75 por ciento es menor que 100 por ciento, el LEP no se excede. Sin embargo, como esa cifra es superior a 50 por ciento, el NA de 85 dBA (PPT de ocho horas) sí se supera.

A veces el ruido es de percusión o intermitente, de forma que, técnicamente hablando, hay diminutos intervalos de silencio entre sonidos fuertes. Algunas empresas suponen que estos intervalos pueden contarse dentro del tiempo de silencio y reducir la duración observada de ruido por encima de los 90 dBA, pero esta interpretación es incorrecta. Cualquier variación en los niveles de ruido cuyo intervalo máximo sea inferior a un segundo, deberá considerarse continua. La escala de respuesta lenta de los medidores de nivel de ruido modernos tiende a ignorar estas variaciones mínimas, y por lo tanto la “respuesta lenta” es la especificada en la medición del nivel de ruido.

Las normas tienen una especificación para impulsos pico o ruidos de impacto a 140 dBA, pero éstos, por supuesto, son muy superiores al LEP por ruido continuo. Así, la especificación de la OSHA

de 140 dBA puede ser considerada como un valor tope, o T. El tope de 140 dBA debe considerarse un límite para una exposición aguda, y es por consecuencia un riesgo de seguridad. Con todo, dichas exposiciones son tan raras y difíciles de medir después del hecho que prácticamente nunca se hacen notificaciones por violación del tope. Los medidores de nivel sonoro ordinarios no son muy eficaces para medir el ruido por impacto. Incluso en exposiciones continuas, la medición puede resultar un problema, como veremos a continuación.

**Medición del ruido**

Como primera verificación en busca de problemas de ruido, el gerente de seguridad e higiene debe caminar por la planta y escuchar. Como regla empírica, si usted puede tocar a alguien con su pulgar pero no puede oírlo ni comprender su conversación (sin que tengan que gritarle), su sentido del oído ya está dañado o defectuoso o bien en el área hay demasiado ruido. Si el ruido es continuo durante todo el turno de trabajo, pero no es más fuerte que una aspiradora en funcionamiento, probablemente no haya ninguna violación a las normas; pero si es tan fuerte como un tren subterráneo que pasara por la estación continuamente durante todo el turno, es muy probable que haya una violación. Si usted no está familiarizado con los trenes subterráneos, imagine un tren de carga a toda marcha a seis metros; tal nivel de ruido constituirá una violación, si la exposición es continua durante un turno de ocho horas. Pueden ser permisibles algunas exposiciones superiores a la del tren, si son de corta duración, como se hizo obvio en la sección precedente cuando calculamos el promedio de las exposiciones. Cualquier nivel sonoro entre aspiradora y tren ocupará un área en intermedia que deberá ser medida con instrumentos precisos.

La medición precisa de los niveles sonoros requiere de instrumentos como el medidor de nivel sonoro (MNS), ilustrado en la figura 9.12, que registra la intensidad del sonido en decibeles. Se trata de un instrumento delicado que hay que manejar con cuidado. La precisión es un problema, y el gerente de seguridad e higiene no debe esperar un desempeño mejor a ±1 dB. La calibración es de extrema importancia, y ningún medidor de nivel sonoro está completo sin un dispositivo de calibración (fuente de sonido conocida) cercano. Las variaciones en el nivel de la batería deben compensarse; además, las condiciones de humedad y temperatura pueden causar distorsiones.

Se requiere de cierta habilidad para utilizar el medidor de nivel sonoro y obtener lecturas confiables. Naturalmente, el micrófono receptor del instrumento debe sostenerse en la vecindad del oído del sujeto, a fin de ser representativo de la exposición. Sin embargo, el instrumento no debe sostenerse demasiado cerca, ya que el cuerpo del sujeto puede afectar la lectura. El receptor del

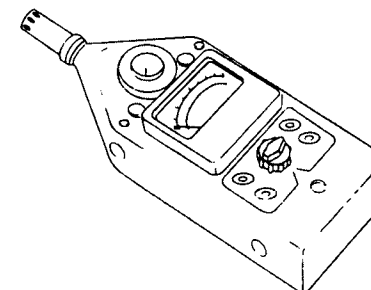


Figura 9-12 Ejemplo de medidor de nivel sonoro.

micrófono del instrumento debe estar resguardado de corrientes de aire, y el instrumento en sí no debe someterse a vibraciones directas. El gerente de seguridad e higiene encontrará el medidor de nivel sonoro de mayor utilidad si compara diferentes emplazamientos dentro de la planta y las diferentes máquinas y modos de operación.

Determinar la exposición promedio ponderada durante un turno completo con un medidor de nivel sonoro es tedioso y requiere gran esfuerzo. Un sustituto conveniente es un dispositivo acumulador llamado *dosímetro*, que se coloca sobre la persona sujeta al estudio. Este instrumento parecerá tal vez una panacea, pero tiene sus inconvenientes. El portador puede alterarlo fácilmente si lo sostiene cerca de un mecanismo sonoro o si lo frota, golpea o sopla en el micrófono. Sin embargo, se trata de un dispositivo de investigación útil, y conviene para vigilar las exposiciones si los niveles de ruido de la empresa han sobrepasado el NA de 85 dBA para un PPT de ocho horas.

En cuanto se revela que hay un problema, para aislar las fuentes del ruido no deseado será quizá necesaria una medición más exacta del nivel de ruido. Un analizador de bandas de octavas permite que se tomen lecturas de decibeles a diversas frecuencias en el intervalo audible, como se muestra en el ejemplo de la figura 9.13. Diversos medios para la reducción de los ruidos son más eficaces a frecuencias características. El análisis de bandas de octavas ayudará a reconocer las frecuencias problemáticas, así como a recabar pruebas para identificar las fuentes que causan dificultades. Por último, el análisis de bandas de octavas es de provecho para determinar las características de frecuencia de las fuentes de ruido de la industria, de forma que el daño que causan pueda distinguirse de los provocados por exposición fuera del trabajo.

### Controles de ingeniería

Una vez que los instrumentos han revelado la existencia de un problema, el gerente de seguridad e higiene necesita soluciones materiales. Si los niveles de ruido sobrepasan el LEP, las normas federales requieren que se usen controles de ingeniería o administrativos factibles. Si estas medidas no logran reducir la exposición de ruido según el LEP, se debe proveer y utilizar equipo de protección personal para cumplir con este límite. Debe considerarse que los controles de ingeniería aportan la solución más completa y permanente al problema.

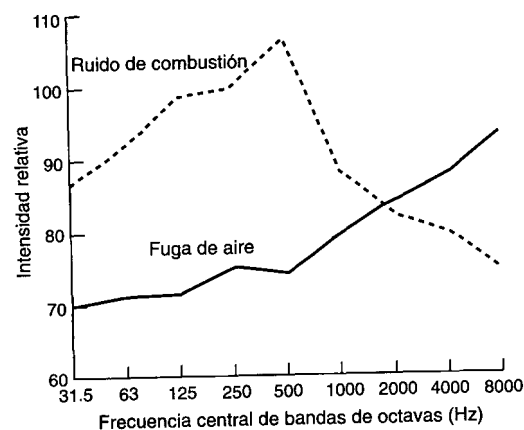


Figura 9-13 Ejemplo de análisis de bandas de octavas. (Fuente: NIOSH, ref. 77.)

Igual que con el control de sustancias tóxicas, las soluciones más simples son a veces tan obvias que se pasan por alto. Siempre deberá pensar en modificar o eliminar procesos. Otra solución muy simple, si es posible, es alejar al operador de la fuente primaria de ruido. Esta idea tiene más mérito de lo que parece, porque la intensidad del ruido de una fuente dada se reduce con el cuadrado de la distancia, en la ausencia de paredes reflectoras y de otros factores de distorsión. La razón de esta relación se aprecia en la figura 9.14.

Se debe recordar que es la intensidad absoluta del sonido, no los decibeles, la que varía inversamente con el cuadrado de la distancia desde la fuente. La escala logarítmica de decibeles da un cambio de tres dB cada vez que la intensidad del sonido cambia en un factor de dos (cuando se duplica o se reduce a la mitad). De aquí se deriva una regla empírica para la distancia. Ya que la intensidad del sonido varía con el cuadrado de la distancia desde la fuente, al duplicarla se consigue una *reducción de cuatro veces* en la intensidad del sonido, lo que por su parte trae una disminución de seis dB. El efecto se muestra en el caso 9.4.

### CASO 9.4

Cierta máquina está colocada a 60 centímetros del operador, que entonces queda expuesto a 95 dB de ruido. ¿Cuánto se gana retirando al operador a 1.2 metros de la máquina? ¿Cuánto se reduciría a 2.4 metros?

*Solución:* Un movimiento de 60 centímetros a 1.2 metros es una duplicación de la distancia, y da por resultado una reducción de seis dB en el nivel sonoro. El nivel resultante sería

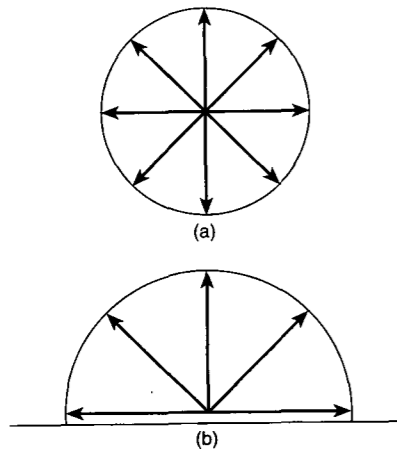
$$95 \text{ dB} - 6 \text{ dB} = 89 \text{ dB}$$

que probablemente quedaría dentro del LEP de ocho horas de 90 dB, incluso después de tomar en cuenta reflexiones y otras fuentes de sonido, si no son muy significativas.

Un movimiento a 2.4 metros sería otra duplicación, y reduciría otros seis dB, es decir a 83 dB, ignorando las reflexiones y otras fuentes de sonido. Esto disminuiría la exposición al ruido a menos del NA de 85 dBA para un PPT de ocho horas.

Es poco probable que se pueda retirar a los operadores de sus propias máquinas, e incluso si lo es, podrían quedar colocados cerca de alguna máquina vecina. Los factores de distancia funcionan mejor para separar a los operadores del ruido que proviene de máquinas adyacentes o de otros procesos en el área. En este sentido, una dispersión general del ordenamiento físico de la planta puede resultar benéfico.

Si dispersar el ordenamiento de la planta es imposible o demasiado costoso, la instalación de barreras absorbentes de sonido entre estaciones aumentará la separación final en lo que a ruido se refiere. La ventaja que se alcanza con tales barreras es variable y resulta complicado estimarla por

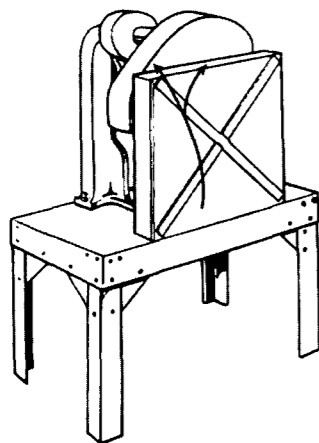


**Figura 9-14** Distribución de la intensidad del sonido en la superficie de una esfera conforme es irradiada a partir de una sola fuente. (a) El sonido emana de una fuente puntual en todas direcciones, distribuyéndose por la superficie de la esfera, cuya área se calcula con la fórmula  $4\pi r^2$ . Así, la intensidad del sonido se reduce con el cuadrado de la distancia radial desde la fuente. (b) El sonido emana de una fuente puntual localizada en el piso o en otra superficie. El piso absorbe o refleja el sonido, pero el sonido resultante todavía se difunde por un hemisferio, cuya área es  $2\pi r^2$ . La relación del cuadrado de la distancia sigue siendo aproximadamente válida.

adelantado. En este campo se recomienda el consejo de un experto en acústica, y aun es posible que experimente con varias barreras temporales, midiendo niveles de ruido “antes” y “después”. Los materiales pesados absorben la vibración del sonido, un hecho que hace que las cortinas o mamparas que contienen plomo sean una opción popular.

Las superficies de lámina de metal en las máquinas son susceptibles de vibraciones mecánicas y pueden actuar como amplificadoras del ruido de los aparatos. A veces se puede eliminar el contacto entre engranes de metal en los mecanismos sustituyéndolos con engranes de nylon o bien se colocan bandas en vez de engranes. Aun más sencillo sería tener un programa de mantenimiento preventivo para lubricar más a menudo los engranes, lo que reduciría los niveles de ruido. En las figuras 9.15 a 9.20 se ilustran principios útiles de control de ingeniería para reducir el ruido.

Quizás más costoso que cualquiera de los métodos de control de ingeniería analizados hasta ahora sea aislar la máquina ruidosa mediante un confinamiento o recinto. La eficacia de este método dependerá del material utilizado para construir el recinto y también, en un grado sorprendente, de la cantidad y magnitud de aberturas o fugas en el confinamiento. La figura 9.21 muestra la relación entre el tamaño de



**Figura 9-15** Aplicación de tirantes soldados para reducir vibraciones en un componente de lámina de metal. (Fuente: Arkansas Department of Labor, ref. 62.)

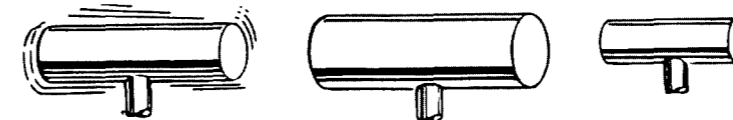
las aberturas y la pérdida de eficacia en un ejemplo de confinamiento contra el ruido que tiene capacidad de reducción de 50 dB si no hay fugas. Observe que la mayor parte de la eficacia del confinamiento se pierde si en la pared hay una perforación inferior al uno por ciento del área total del recinto.

### Controles administrativos

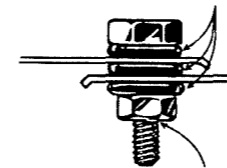
Ya dijimos que para los niveles de ruido excesivos se especifican controles de ingeniería o administrativos donde sean posibles y que se prefieren los primeros. Sin embargo, no explicamos los controles de administración. En efecto, la dirección puede programar las corridas de producción de modo que los niveles de ruido se dividan entre turnos y los trabajadores no se vean sometidos a las exposiciones correspondientes al turno completo. Otros trucos consisten en interrumpir las corridas de producción con mantenimiento preventivo para dar a los trabajadores un periodo de silencio. Durante los descansos normales en el turno, los trabajadores pueden trasladarse a un área de descanso tranquila. Algunas veces, pueden cambiar a la mitad del turno un trabajo ruidoso por otro más silencioso. Todos estos métodos reducen la exposición al ruido a los niveles del LEP durante el tiempo de exposición dado, según se determine a partir de la tabla 9.2. Dado que el término *control administrativo* es algo vago, se ha preferido *control de prácticas de trabajo* para referirse a los diversos métodos de modificación de la exposición de los empleados a fin de cumplir con la tabla 9.2.

### Protección y conservación del oído

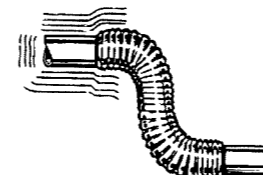
Cuando los controles de ingeniería y de administración no reducen el ruido hasta los niveles legales, es necesario el uso de equipo personal de protección. En concreto, se debe proveer protección para



**Figura 9-16** Agrandar o reducir el tamaño de una pieza para eliminar la resonancia por vibración. (Fuente: Arkansas Department of Labor, ref. 88.)



**Figura 9-17** Cojines de goma a ambos lados donde se unen las superficies de láminas de metal en vibración. (Fuente: Arkansas Department of Labor, ref. 88.)



**Figura 9-18** Sección flexible en tuberías rígidas que aísla vibraciones. (Fuente: Arkansas Department of Labor, ref. 88.)

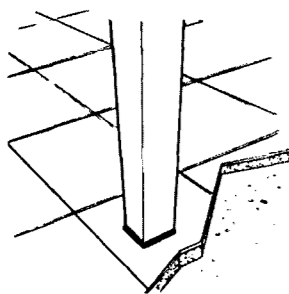


Figura 9-19 Piso elástico. (Fuente: Arkansas Department of Labor, ref. 88.)

los oídos a todos los empleados expuestos a 85 dBA PPT NA. Además, los patronos deben permitir que los empleados seleccionen la protección entre varios dispositivos adecuados y deben capacitarlos en su uso y cuidado. Un aspecto del uso adecuado es el ajuste, y las empresas deben asegurarse de que se pueden colocar en la forma correcta. Las acciones que acabamos de describir son obligatorias cuando se sobrepasan los NA, pero el lector habrá notado que el uso en sí de los protectores no es una de las medidas obligatorias cuando se sobrepasan los NA. Con todo, en las situaciones siguientes los trabajadores deben valerse de los protectores:

1. Siempre que la exposición sea mayor al LEP (véase la tabla 9.2).
2. Siempre que la exposición sea mayor al NA de 85 dBA (PPT) y el trabajador haya sufrido un cambio considerable en el umbral permanente.

Cuando las pruebas detectan un cambio en el umbral del oído de un trabajador, la implicación es que ha sido dañado y necesita de protección especial. En estos casos, se requiere que los protectores reduzcan el nivel del ruido a 85 dBA (PPT), no a 90 dBA (PPT).

El equipo de protección personal no debe considerarse una solución final, porque la eliminación de la fuente del ruido provee un entorno de trabajo más satisfactorio. A veces los trabajadores son negligentes en el uso del equipo protector y acaban con lesiones por exposición. En el capítulo 11 estudiaremos la selección cuidadosa y el ajuste de los diversos equipos de protección personal para los oídos.

Siempre que se sobrepase el NA de 85 dBA (PPT de ocho horas), debe aplicarse un “programa continuo y eficaz de conservación del oído”, incluyendo pruebas audiométricas, monitoreo de ruido, calibración del equipo, capacitación, señales de advertencia en áreas ruidosas y mantenimiento de los registros de las pruebas audiométricas y de calibración.

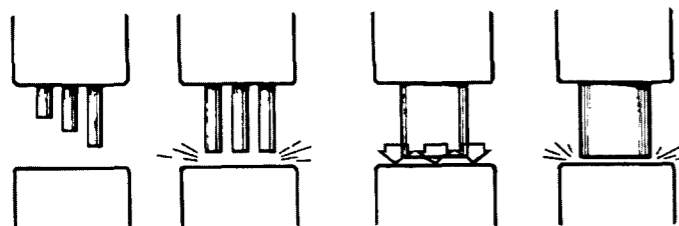


Figura 9-20 Mejoras a una prensa troqueladora para reducir niveles de ruido: (a) diseñar el troquel para que haga un sonido apagado en vez de uno agudo; (b) remplazar la acción brusca por impacto de una troqueladora mecánica por una acción de presión, relativamente silenciosa, de una prensa hidráulica.

Las pruebas audiométricas incluyen una estación pequeña, quizás portátil, en la cual el sujeto escucha sonidos grabados y un audiólogo mide la agudeza del oído del sujeto a diversas frecuencias. Las pruebas audiométricas pueden ser muy útiles para determinar las fuentes de la pérdida del oído, o más específicamente, para determinar si la pérdida del oído se debe a exposición dentro o fuera del trabajo. Si los niveles de ruido de la planta son altos, sería temerario contratar nuevos empleados sin primero probar su agudeza auditiva *basal*. Sin prueba alguna de deficiencias auditivas al momento de la contratación, cualquier deficiencia auditiva que apareciese después parecería estar muy relacionada con el trabajo.

Al observar el perfil de frecuencia de la agudeza de oído de un trabajador, el audiólogo busca un desplazamiento en 4 000 Hz como prueba de exposición por el trabajo. La experiencia ha demostrado que gran parte del ruido industrial ocurre en el intervalo de frecuencia de los 4 000 Hz, lo que hace que los expertos sospechen de exposición por el trabajo cuando la agudeza de oído se reduce en ese intervalo.

## RADIACIÓN

Una secuencia natural del tema del ruido es el de la radiación. De hecho, el ruido es una forma de energía radiante (de onda), pero el término *radiación* se restringe más bien a la radiación electromagnética, como los rayos X y los rayos gamma, o a partículas de alta velocidad como las partículas alfa, los protones y electrones. Las normas federales dividen la radiación en dos grupos, *ionizantes* y *no ionizantes*.

La radiación ionizante es la más peligrosa, y es la más asociada con la energía atómica. Por mucho, la categoría más importante dentro de la radiación ionizante, desde el punto de vista de la exposición en el trabajo, son los rayos X, que ya no son del dominio exclusivo de las profesiones médicas y dentales, sino que tienen mucho uso en operaciones de fabricación, especialmente en sistemas de inspección.

La radiación no ionizante es una especie de nombre poco apropiado pero que se aplica a una clase de radiación más ignorada en el espectro electromagnético, incluidas las frecuencias de radio y de microondas. Estos fenómenos son también cada vez más importantes en las aplicaciones industriales.

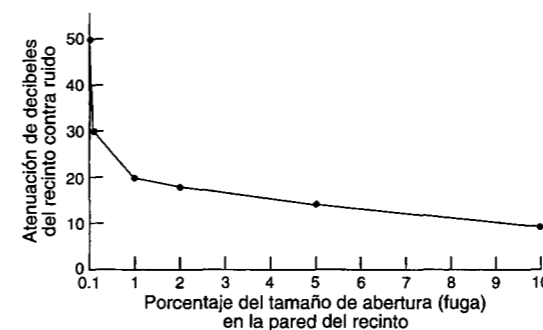


Figura 9-21 Pérdida de eficacia en un recinto contra ruido debida a fugas. Para un recinto de muestra que tenga una capacidad de reducción (atenuación) de ruido ideal (hermético) de 50 dB, las fugas por las paredes reducen la atenuación en decibeles en cantidades notables, como se puede observar.

## TERMINALES DE COMPUTADORA

Una de las tendencias más dramáticas en el lugar de trabajo de los años ochenta fue el creciente uso de terminales de computadora. Se estima que más de la mitad de todos los oficinistas de los Estados Unidos utilizan de alguna manera terminales de computadora para realizar su trabajo. El uso ocasional no es de preocupación, pero quienes se sientan frente a una terminal todo el día presentan tensión ocular y dolores de cabeza, espalda, cuello y hombros. Chapnik y Gross (ref. 17) remiten a un estudio de Wisconsin, realizado por Sauter, que muestra una incidencia notablemente mayor de estos síntomas entre operadores de terminales de computadora que entre otros oficinistas. Porcentajes mucho mayores de los 250 sujetos expuestos estudiados refirieron incomodidad, comparados con los 84 trabajadores que no manejaban terminales de computadora en sus labores.

El problema de la tensión ocular informada en los estudios de los operadores de computadoras no es ninguna sorpresa. Lo que resulta inesperado son los dolores musculoesqueléticos asociados con la operación de las terminales. Chapnik y Gross (ref. 17) han informado de una mayor incidencia de lesiones por esfuerzo repetitivo, como tendosinovitis, tendinitis y síndrome del túnel carpal. La creciente atención de la OSHA a los riesgos ergonómicos, junto con el gran crecimiento del uso de las terminales, asegura que el tema será de vital importancia para el gerente de seguridad e higiene en los primeros años del siglo XXI.

## RESUMEN

Para tener un lugar de trabajo seguro y saludable y cumplir con las normas federales, siempre que sea posible la empresa debe diseñar soluciones de control de ingeniería o administrativas para los problemas de ruido y de contaminantes del aire. En el caso de los contaminantes del aire, el patrono debe primero tratar de eliminar la fuente de las sustancias tóxicas o encontrar sustitutos más benignos para estos materiales de proceso. Si estos intentos fallan, por lo general la respuesta es la ventilación. Los sistemas de calefacción y de aire acondicionado ordinarios están diseñados para un propósito diferente y no suelen ser aceptables para eliminar los contaminantes del aire, sobre todo las partículas. Un principio básico es concentrar la ventilación en forma de ventilación local de escape. La provisión de aire de reposición es una consideración importante. Hay una variedad de mecanismos de filtro o de eliminación de partículas para purificar el aire y devolverlo a la atmósfera de la planta o dejarlo escapar al ambiente exterior.

El ruido industrial es un fenómeno que requiere comprensión tanto de la física ondulatoria como de la manera en la cual se percibe y afecta al oído. El oído humano percibe un intervalo asombroso de amplitudes (sonoridad) de energía de onda, al tiempo que posee una gran capacidad de discriminación entre frecuencias (tono). Tan grande es el intervalo de amplitudes, que para medir las presiones de sonido absolutas y describir los niveles sonoros que podemos oír se utiliza una escala logarítmica. Los cálculos de los niveles de ruido se llevan a cabo mediante manipulaciones logarítmicas o fórmulas y tablas incluidas en las normas de la OSHA. La norma de ruido básica de esta dependencia (LEP) es de 90 dB en un promedio ponderado por tiempo de ocho horas (PPT). El nivel de acción es de 85 dB, que en realidad es menor a la mitad del LEP en intensidad absoluta del sonido debido a la naturaleza logarítmica de la escala de decibeles. Una regla empírica indica que una duplicación de la intensidad absoluta del sonido da por resultado un aumento de tres decibeles en la escala.

La radiación es otro fenómeno físico semejante al ruido. Se reconocen dos clases de radiación: la ionizante y la no ionizante. La primera es la más peligrosa. La forma de radiación ionizante que se encuentra con más frecuencia en la industria son los rayos X.

En este capítulo y el anterior vimos que el tema de la salud en el trabajo y el control ambiental puede ser bastante técnico. El gerente de seguridad e higiene descubrirá la conveniencia de contratar expertos para que tomen promedios ponderados por tiempo con medidores e instrumentos de muestreo apropiados. Medidas de control subsecuentes, como sistemas de ventilación para sustancias tóxicas y paneles acústicos para el control del ruido, requieren de la pericia de los expertos en estos campos. Tratar con estos profesionales exige cierta comprensión de sus métodos y terminología, pero no requiere que el gerente de seguridad y salud duplique la capacidad de cada experto. En estos capítulos hemos tratado de contribuir a la comprensión de los métodos, terminología y principios básicos de higiene laboral y control ambiental.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 9.1 Para el caso de una emergencia, una planta tiene dos unidades generadoras de respaldo idénticas. En el área de los generadores, el medidor de nivel sonoro registra 81 dBA cuando éstos están apagados. Cuando un generador arranca, la aguja del MNS salta a 83.6 dBA.
  - (a) ¿Cuál será la lectura de dBA cuando el segundo generador arranque (de forma que ambos estén funcionando)?
  - (b) Si ambos generadores funcionan un turno completo de ocho horas, ¿se sobrepasará el LEP de la OSHA? ¿Se sobrepasará el NA?
  - (c) Si un generador está funcionando medio turno y ambos trabajan la otra mitad, ¿se excederá el LEP? ¿Se sobrepasará el NA?
  - (d) En ausencia de cualquier ruido de fondo de la planta, ¿cuál sería el nivel sonoro de un solo generador? y ¿de ambos generadores?
- 9.2 Cuatro máquinas contribuyen con los siguientes niveles de ruido en dB a la exposición de un trabajador:
  - Máquina 1: 80 dBA
  - Máquina 2: 86 dBA
  - Máquina 3: 93 dBA
  - Máquina 4: 70 dBA
  - (a) ¿Cuál es el nivel total de exposición al ruido?
  - (b) La máquina más ruidosa es la 3. Suponga que cuando fue medido el nivel de ruido de 93 dBA, esta máquina estaba a una distancia de 1.5 metros del trabajador. ¿Qué tanto se tendría que alejar la máquina para reducir al LEP de la OSHA la exposición combinada continua de ocho horas del trabajador?
- 9.3 ¿Cuáles son algunas de las alternativas deseables para la ventilación industrial a fin de eliminar los contaminantes del aire?
- 9.4 ¿Qué se entiende por aire de reposición?
- 9.5 Diez máquinas contribuyen en partes iguales a la exposición al ruido de un trabajador, cuyo nivel de exposición es de 99 dB durante un turno completo de ocho horas. Cuando todas las máquinas están detenidas, el nivel de ruido es de 65 dB. ¿Cuántas de las 10 máquinas deben ser detenidas para alcanzar un nivel de exposición al ruido durante todo el turno que cumpla las normas, si el trabajador no utiliza equipo de protección personal?

- 9.6 Un trabajador se para sobre el piso de una fábrica y un medidor de nivel sonoro muestra una lectura de 55 dB en ese punto. Entonces, se enciende una máquina a 90 centímetros y el medidor salta a 90 dB. ¿Qué lectura dará el MNS si se traslada la máquina a un punto a 3.5 metros?
- 9.7 Una fábrica de papel utiliza cloro líquido, que se entrega en vagones de ferrocarril de 90 toneladas, como agente blanqueador de la pulpa o pasta de madera. Un volumen de cloro líquido produce aproximadamente 450 volúmenes de vapor a temperatura y presión atmosférica normales. La densidad del cloro líquido es de 103 libras por pie cúbico. En el caso de una rotura y derrame de vapor de 20 por ciento del contenido del depósito, ¿cuánto vapor por volumen se liberaría? Si el derrame ocurriera en un edificio cerrado, con un techo de nueve metros de altura pero sin ventilación, ¿qué tan grande tendría que ser el edificio (en *kilómetros* cuadrados de espacio de planta) para mantener la relación vapor/aire, completamente mezclados, dentro del LEP de la OSHA? La conclusión lógica de este ejercicio es que, con o sin ventilación, es más práctico descargar los vagones cisterna de cloro en el exterior.
- 9.8 Al medir la exposición de un trabajador al ruido en una planta, se encuentran las siguientes lecturas para los diversos periodos del turno de ocho horas:
- |                     |         |
|---------------------|---------|
| 8:00 AM - 9:00 AM   | 86 dBA  |
| 9:00 AM - 11:00 AM  | 84 dBA  |
| 11:00 AM - mediodía | 81 dBA  |
| mediodía - 1:00 PM  | 101 dBA |
| 1:00 PM - 4:00 PM   | 75 dBA  |
- (a) Lleve a cabo los cálculos para determinar si se han excedido los LEP máximos.
- (b) ¿Se han sobrepasado los NA?
- (c) Dada esta exposición al ruido, ¿debe pedirse al patrono que proporcione protectores de oído?
- (d) ¿Se pediría a los empleados que utilizaran protección de oídos?
- (e) Suponga que se diseñara un control de ingeniería que reduciría el nivel de ruido (el nivel de presión sonora) a la mitad, ya sea en la mañana o en la tarde, pero no en ambos. ¿Cuál escogería usted? ¿Por qué?
- 9.9 Desde el punto de vista de las dependencias oficiales, clasifique las siguientes soluciones a un problema de exposición de trabajador (desde el más eficaz, "1", al menos, "4").
- *Solución A:* Confinar la fuente del ruido con una barrera que reduce el nivel de ruido en tres dBA.
  - *Solución B:* Colocar al operador a una distancia dos veces mayor de la fuente del ruido.
  - *Solución C:* Rotar al personal de forma que cada trabajador esté expuesto a la fuente de ruido sólo por medio turno.
  - *Solución D:* Proporcionar protección para el oído que reduzca la presión del sonido absoluta a la mitad.  
Justifique sus opciones con cálculos, análisis y de acuerdo con prioridades establecidas.
- 9.10 Cierta proceso de secado produce 140 decímetros cúbicos de vapores de etanol por hora. Si se instala ventilación general hacia el exterior, calcule el flujo necesario, en decímetros cúbicos por hora, para mantener los vapores dentro de los límites de la OSHA. ¿Qué otro nombre tiene el etanol?

- 9.11 Para cada uno de los siguientes materiales, proponga sustitutos que sean factibles para algunas operaciones y que prevengan ciertos riesgos:
- (a) Sílice (para limpieza)
  - (b) Pintura con base de plomo
  - (c) Freón (como propulsor)
  - (d) Acetileno (para soldar)
- 9.12 ¿Qué problema surge a menudo con las alarmas del filtro de ventilación que indican el diferencial de presión en el filtro?
- 9.13 ¿Cuál es el propósito de utilizar un sistema de intercambio térmico para el aire de reposición? ¿Cuál es la desventaja de este método?
- 9.14 Si el aire exterior tiene una presión considerablemente mayor a la del aire dentro de la planta, ¿qué problema de ventilación aparecerá?
- 9.15 ¿Qué forma de radiación ionizante es la que se encuentra con más frecuencia en exposiciones industriales?
- 9.16 **Caso de diseño.** Un proceso de fabricación de pegamento libera etilenglicol, que en general se diluye y se mezcla con la atmósfera de toda la planta. La velocidad de liberación es de 68 decímetros cúbicos por hora de volumen de vapor a la temperatura y presión normales de la planta. El sistema es del tipo de dilución general, con una provisión de aire de reposición por ventanas y puertas de toda el área, que tiene 11,000 metros cuadrados y una altura promedio de 4.8 metros. El problema es especificar la capacidad del sistema general de ventilación requerida para mantener una situación de estado estable en toda esta área de proceso y que proteja contra riesgos para la salud y de seguridad debido al etilenglicol. Para su información, al realizar los cálculos, se dan los siguientes datos:

ETILENGLICOL (CH<sub>2</sub>OHCH<sub>2</sub>OH)

Peso molecular: 62.1

Punto de ebullición: 197.5° Celsius

Límite de explosión inferior: 3.2%

Punto de combustión: -13° Celsius

Punto de inflamación: 232° Fahrenheit

Temperatura de autoignición: 752° Fahrenheit

Presión de vapor: 0.05 mm a 20° Celsius

LEP: 50 ppm (tope)

- (a) ¿Cuánta ventilación hacia el exterior (en decímetros cúbicos por hora, del tipo de dilución general) se requiere para mantener los riesgos de seguridad por debajo de los niveles de explosión?
  - (b) ¿Cuánta ventilación hacia el exterior (en decímetros cúbicos por hora, del tipo de dilución general) se requiere para mantener los riesgos de salud debajo de los niveles de acción especificados por la OSHA?
  - (c) ¿Cuántos cambios por hora en el área de trabajo de la planta representarían el nivel de ventilación calculado en el inciso (b)?
- 9.17 **Caso de diseño.** Un proceso particularmente ruidoso es manejado por un solo operador que trabaja en una consola de control. El nivel de exposición de ocho horas PPT es de 96 dBA. La empresa ha iniciado un proyecto de ingeniería para arreglar el problema y tiene dos planes:

- *Plan A:* Mover la consola de control del operador de su posición actual, a 1.5 metros de la fuente del ruido, a un punto a tres metros de distancia.
- *Plan B:* Confinar la fuente del ruido en un recinto que reduciría la presión de sonido *absoluta* en 75 por ciento.

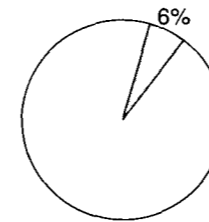
Evalúe la eficacia de cada uno de estos planes para reducir el nivel de exposición al ruido. Suponga que ambos fueran llevados a cabo; calcule su efecto combinado en el nivel de exposición al ruido.

### EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 9.18 Una empresa tiene dificultades para cumplir con la norma de la OSHA sobre asbesto utilizando controles de ingeniería, y piensa ahora en aplicar controles administrativos (de prácticas de trabajo). Estudie las normas actuales de la OSHA para el asbesto y prepare una recomendación útil; cite las secciones apropiadas de la norma para justificar su posición.
- 9.19 Mientras visita un sitio industrial donde se está eliminando asbesto, usted advierte que se emplean mangueras de aire para sacudir el polvo de la ropa de trabajo. Haga un comentario sobre este procedimiento; justifique sus observaciones con las secciones pertinentes de las normas de la OSHA.
- 9.20 Algunas veces, las industrias emprenden voluntariamente acciones para controlar las exposiciones a niveles incluso menores a las especificadas por las normas de la OSHA. Examine un ejemplo digno de mención de esta iniciativa, el de Lead Industries Association, Inc. ¿Qué otra asociación industrial se unió a esta iniciativa? En particular, ¿qué mejora se volvió el objetivo a cinco años?

## C A P Í T U L O 1 0

# Materiales inflamables y explosivos



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

En el capítulo 5 nos referimos ya a los materiales peligrosos para el ambiente. Asimismo, en el capítulo 8 estudiamos los riesgos de salud por materiales tóxicos. En este capítulo, examinaremos una clase más tradicional de materiales peligrosos, las sustancias inflamables y explosivas, y su empleo en los procesos fabriles, como el rociado a pistola y las cubas de inmersión de las áreas de acabados. Ahora sabemos que desde el punto de vista de los riesgos para la salud la mayor parte de estas sustancias son también peligrosas, pero los riesgos de seguridad son la preocupación tradicional de los materiales inflamables y explosivos, y tales riesgos son el tema que nos ocupa ahora.

### LÍQUIDOS INFLAMABLES

Los líquidos inflamables, como la gasolina, nos son familiares a todos, y tal vez el nuevo gerente de seguridad e higiene piense que las normas aplicables son las más fáciles de aprender y aplicar. Sin embargo, son bastante complicadas, como resultado del hecho que los líquidos inflamables se utilizan con tanta frecuencia en la industria y en cantidades y aplicaciones tan variables. Para ilustrar este punto, los procedimientos para manejar la gasolina en una refinería de petróleo, donde la gasolina se *fabrica*, difieren enormemente de los que se siguen para almacenar y manejar líquidos inflamables en una oficina u otra fábrica. Así, no hay ningún conjunto apropiado y simple de normas para líquidos inflamables.

A pesar de ser tan familiares los líquidos inflamables, la mayoría de la gente no comprende muchos términos de uso común, como *punto de inflamación*, *líquido clase I*, *inflamable*, *combustible* y *volátil*. También hay muchas confusiones respecto a las fuentes de ignición de estos líquidos y las circunstancias bajo las cuales la gasolina, por ejemplo, se quema, explota o no se quema. Por eso, en este capítulo empezaremos por las definiciones y los principios de la ignición de los líquidos inflamables, antes de estudiar algunos de los problemas para cumplir con las normas apropiadas.

Convendrá entonces definir primero el término más básico, a saber: *líquido*. Casi todos saben lo que es un líquido, pero, por otro lado, recordemos que casi toda sustancia inflamable se encuentra tanto en forma líquida como gaseosa, dependiendo de la temperatura o presión. Una buena regla práctica dice que si la sustancia es líquida en las condiciones normales, se define como líquido. Con todo, uno se mete en problemas al clasificar el propano y el butano, que son gases y no deberían considerarse como líquidos inflamables, aunque suelen ser licuados. La definición de líquido inflamable de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (*National Fire Protection Association*, NFPA) excluye al propano y al butano, pues deja fuera todos los “líquidos” que tengan una presión de vapor superior a 40 libras.

El término *punto de inflamación* es muy importante para el gerente de seguridad e higiene, porque es la base de la clasificación entre líquidos inflamables y combustibles. Por tanto, es principalmente el que determina las cantidades de líquido que se permite tener almacenadas en diversos contenedores. El punto de inflamación es el grado al que se debe calentar un líquido inflamable para que despidiera suficiente vapor de modo que genere un fogonazo en toda su superficie cuando se aplica una chispa. No es lo mismo que el *punto de combustión*, que es una mayor temperatura y es la temperatura a la cual el fuego se mantiene en la parte superior del líquido.

Se utilizan tres métodos de prueba básicos para determinar el punto de inflamación. La prueba Cleveland de copa abierta es simple, pero no se emplea a menudo porque está destinada a los aceites pesados. El más usado es el método Tag de probador cerrado. La voz *Tag* es simplemente una abreviatura del nombre francés *Tagliabue*. El tercer método es el Pensky-Martens de probador cerrado, que se vale de una pequeña varilla revolvedora y se aplica a los líquidos viscosos y los que forman película en su superficie; asimismo, se usa con menos frecuencia que la prueba Tag. El método de copa abierta es el que mejor simula las situaciones laborales en las que se trabaja con cubas o tinajas abiertas. Por su parte, el método de copa cerrada es el que mejor se asemeja a las condiciones de los líquidos inflamables almacenados.

La clasificación de los líquidos inflamables también depende del *punto de ebullición*, pero incluso esto puede resultar confuso, porque en general los líquidos no hierven a la misma temperatura. La variación se reconoce en las normas mediante la designación de un *punto al 10 por ciento* como clave. Este punto es la temperatura a la cual 10 por ciento del líquido se convierte en gas. *PEI* significa punto de ebullición inicial y es la temperatura a la cual la primera gota del líquido cae desde el extremo del tubo de destilación en la prueba común de destilación ASTM.<sup>1</sup>

La *volatilidad* se refiere a qué tan rápidamente se evapora un líquido; está relacionada con el punto de ebullición. *Ligero* y *pesado* se refieren a alta y baja volatilidad, respectivamente.

*Líquido inflamable* es una expresión equivalente a *líquido clase I*. Sin embargo, estos líquidos se clasifican además en IA, IB e IC. *Líquido combustible* es el término general para líquidos clase II y clase III. El esquema de clasificación completo, con base en el punto de inflamación y en el punto de ebullición, está explicado en la figura 10.1.

La gasolina es el líquido inflamable de mayor uso y en mayor cantidad. Debido a este amplio uso y a las graves explosiones e incendios de su historia, se culpa a la gasolina de gran parte de los riesgos de fuegos en el trabajo y en cualquier otra parte. Algunos de los temores que despierta surgen de la ignorancia más que de la prudencia basada en la información, y esto va en detrimento de la causa de la seguridad. En el capítulo 3 explicamos que las reglas de seguridad excesivamente celosas

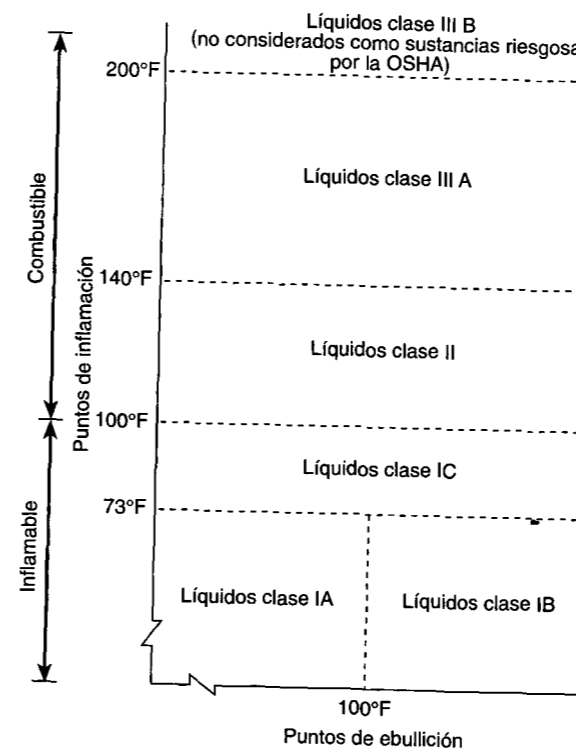


Figura 10-1 Clasificación de los líquidos inflamables y combustibles.

contribuyen a la apatía de los trabajadores, lo que a su vez va en contra de la seguridad, en lugar de colaborar. Las reglas operacionales y de seguridad para trabajar con gasolina y otros líquidos inflamables quedan a veces en esta desafortunada categoría. Se admite que la gasolina sea muy peligrosa, pero no hay sustituto para el conocimiento de los mecanismos de sus riesgos, de forma que el trabajador tome las precauciones adecuadas.

El conocimiento comienza por resaltar la falsedad de los muchos mitos que oscurecen el tema. La gasolina y otros líquidos inflamables están rodeados de tales mitos, y aquí intentaremos despejar algunos.

Quizá el mito más descabellado sobre la gasolina es el que sigue:

### Primer mito de los líquidos inflamables

Si se pone en contacto un cigarrillo encendido con la superficie de un contenedor de gasolina, de seguro la encenderá.

Al contrario, es casi imposible encender la superficie de un depósito de gasolina con un cigarrillo encendido. Como con cualquier fuego común, hay tres ingredientes para lograr la combustión:

1. Combustible
2. Oxígeno (usualmente del aire)
3. Calor suficiente

<sup>1</sup> American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales).



Hay mucho combustible en la superficie de los contenedores de gasolina, pero los otros dos ingredientes suelen ser insuficientes para iniciar la combustión. Una concentración de vapores de gasolina superior a 7.6 por ciento es demasiado rica y no arderá, y en la superficie de la gasolina sin corrientes de aire la concentración es mucho mayor que esa cifra. Asimismo, en la mayor parte de los casos un cigarrillo encendido no está lo bastante caliente para permitir la ignición.<sup>2</sup> De hecho, se han llevado a cabo demostraciones dramáticas en las cuales un cigarrillo encendido se extingue al sumergirlo en una taza de gasolina. Dicho sea de paso, se corren riesgos en tales demostraciones, y no se recomienda repetir el experimento. En efecto, las cosas pueden salir mal, como que en el papel del cigarrillo haya una flama diminuta lo bastante caliente para la ignición. También está el problema de *hacer cruzar* el cigarrillo por la región en la que los vapores no son muy ricos, lo que prendería el fuego antes de llegar al área rica cerca de la superficie. Además, pequeñas cantidades de gasolina en el área circundante pueden formar mezclas de vapor y aire adecuadas para la combustión. Éstas son las razones de los letreros de “no fumar” cerca de la gasolina.

La gasolina tiene un margen de inflamación de 1.4 a 7.6 por ciento de vapores en aire seco. Algunos otros líquidos inflamables tienen márgenes más amplios, y por eso se encienden con mayor facilidad. En la figura 10.2 se muestran los márgenes de combustión de algunos líquidos muy inflamables de uso común. Observe que aunque la gasolina es más fácil de encender en concentraciones “pobres” que el alcohol, éste arderá a concentraciones mucho más ricas. También advierta al enorme margen de inflamación del bisulfuro de carbono. El límite superior sobre el cual las concentraciones de vapores inflamables son demasiado ricas para encenderse se denomina *límite de explosión superior* (LES). El límite inferior correspondiente, por debajo del cual las concentraciones de los vapores inflamables son demasiado escasas para prender, es el *límite de explosión inferior* (LEI).

Otro mito concerniente a la gasolina tiene que ver con incendios en estaciones de servicio y alrededor de depósitos subterráneos.

## Segundo mito de los líquidos inflamables

Los incendios en los depósitos subterráneos de gasolina arden o explotan con tal intensidad que destruyen la mayor parte de los seres vivos y las propiedades alrededor de las estaciones de servicio.

En realidad, los incendios no arden en los depósitos subterráneos de gasolina, incluso si hay un incendio grave sobre tierra. John A. Ainlay<sup>3</sup> dice que en un estudio de 45 años de informes de la NFPA y el Instituto Estadounidense del Petróleo (*American Petroleum Institute*, API) sobre incendios por petróleo, nunca se ha informado del incendio de un depósito de gasolina subterráneo en uso en el momento. La mezcla de vapor en el depósito es demasiado rica para la combustión.

Curiosamente, un depósito abandonado es más peligroso que uno en uso y lleno o casi lleno. El depósito abandonado y vacío ha tenido la oportunidad de secarse, los vapores se han dispersado, y la mezcla puede ser lo bastante pobre para resultar en mezcla explosiva. Lo mismo se puede decir de cualquier tambor de gasolina *vacío*. Pero un tambor lleno del todo o en parte tendrá una relación de vapor y aire demasiado densa para la combustión. La figura 10.2 muestra que hay muchas más probabilidades de incendio en tambores de alcohol o bisulfuro de carbono.

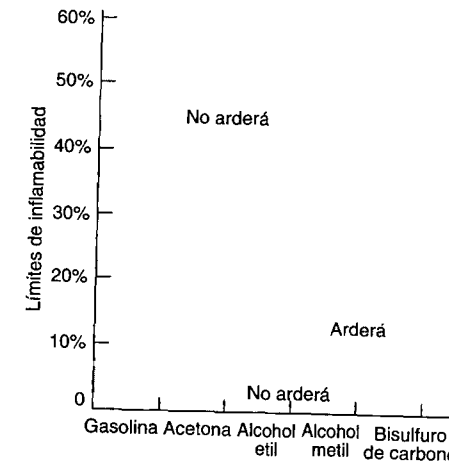


Figura 10-2 Márgenes de inflamación de algunos líquidos inflamables populares.

En los depósitos sobre tierra, el riesgo adquiere una dimensión diferente. El depósito exterior está expuesto a un calor intenso y a una posible ruptura durante un incendio de estación de servicio. Cuando un depósito se rompe o explota, tremendas cantidades de combustible se agregan de pronto al incendio, en presencia de abundantes provisiones de oxígeno y calor.

Del párrafo precedente se desprenden las razones de las normas que prohíben tener los depósitos de las estaciones de servicio expuestos, salvo cuando se llenan condiciones especiales. Sin embargo, los depósitos exteriores presentan otro riesgo. La densidad de vapor<sup>4</sup> de la gasolina es mayor de 3 a 1, lo que significa que, a diferencia del gas natural o de otros materiales más ligeros que el aire, estos vapores se acumularán en áreas bajas de la estación, como en los pozos de servicio. La densidad de vapor de la gasolina es la razón de que ahora en las estaciones de servicio sean ilegales los sótanos.

A pesar de los riesgos que acabamos de describir, se han encontrado muchas violaciones a la norma que prohíbe depósitos exteriores. Los infractores más frecuentes son las pequeñas estaciones de servicio independientes, y las privadas que se encuentran en el interior de las plantas. Muchas de estas instalaciones fueron construidas mucho antes de que se redactaran las normas, y algunos piensan que se pretendía que fueran un “reglamento de construcción” aplicable a todas las instalaciones futuras, pero que no se requería la remodelación de todas las actuales.

A la raíz del tercer mito surgen los malentendidos sobre el *octanaje*.

## Tercer mito de los líquidos inflamables

La “gasolina de aviación” o la “gasolina premium”, de alto octanaje, es mucho más peligrosa que la gasolina normal.

El octanaje se refiere a las características de preignición de la gasolina dentro de los motores de combustión interna, y no tiene nada que ver con la seguridad contra incendios. Se necesitan las mismas precauciones con la gasolina de alto octanaje que con la normal, ni más, ni menos.

<sup>2</sup> La temperatura de ignición de la gasolina (280 a 456°C) es más alta que la de la madera (aproximadamente 204°C).

<sup>3</sup> John A. Ainlay, Evanston, Illinois, es una autoridad nacional en la química de los incendios de petróleo.

<sup>4</sup> La *densidad de vapor* es la relación del peso del vapor con el peso de un mismo volumen de aire.

## FUENTES DE IGNICIÓN

Al despejar los mitos sobre los líquidos inflamables, el personal debe volverse más cuidadoso. La química de los incendios por petróleo explica algunas de las instancias de apariencia peculiar de por qué no ocurren incendios de petróleo. Pero al mismo tiempo, esta comprensión resalta el enorme riesgo cuando las condiciones son las adecuadas para un incendio. La inocencia de un foco roto puede terminar en un incendio desastroso. En el instante anterior a que el filamento del foco se queme después de romperse el vidrio, está lo suficientemente caliente para encender vapores de gasolina. Por eso es importante proteger los focos en presencia de vapores inflamables, tal como se requiere en el *National Electrical Code*® y demás referencias en las normas federales.

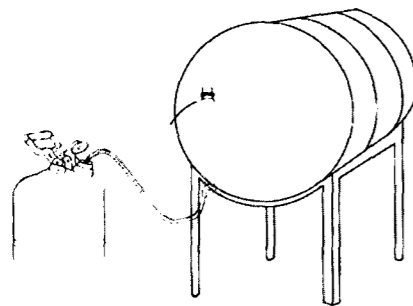
Las chispas de soldadura son otro riesgo de ignición importante de vapores inflamables. La tentación usual es acelerar una operación de reparación, y a menudo se comienza a soldar antes que las fuentes de vapores inflamables se retiren del área y se purgue. Soldar cerca de vapores inflamables ha costado las vidas de muchos empleados inexpertos, que no estaban conscientes del riesgo.

Relacionado con lo anterior está el esmerilado de la soldadura terminada. No se debe confiar en las chispas que se generan. Es cierto que muchas chispas de esmerilado no alcanzan la temperatura de ignición requerida para los vapores de gasolina, pero algunas lo hacen, y un esmerilado que produzca chispas no debe llevarse a cabo en presencia de vapores inflamables.

Son bien conocidos los riesgos por descarga de electricidad estática alrededor de vapores inflamables. Después de todo, es una descarga eléctrica la que enciende los vapores de gasolina con confiabilidad precisa en la mayor parte de los motores de combustión interna. Las chispas eléctricas o las descargas de electricidad estática son una fuente de ignición.

Para evitar riesgos de ignición, se requiere una conexión eléctrica entre la boquilla y el recipiente cuando se descargan líquidos de clase I. Pero esto despierta dudas cuando se descargan estos líquidos de recipientes de plástico o de otro material no conductor. No tiene sentido conectar un recipiente de plástico a la boquilla, ya que la conexión sería ineficaz para neutralizar la carga estática (véase la figura 10.3). La NFPA reconoció este hecho cuando exentó los recipientes no conductores del requerimiento de conexión eléctrica en sus normas.

Quizás algunos lectores se pregunten por qué tanto escándalo sobre la electricidad estática durante las operaciones de llenado. Ocurre que al llenar depósitos o recipientes se genera electricidad estática, debido al flujo del líquido, un fenómeno poco conocido sobre el flujo de fluidos. El rápido flujo del dióxido de carbono desde un extinguidor de incendios en uso puede provocar descargas de



El recipiente no metálico de seguridad no necesita cable de conexión durante la operación de llenado.

**Figura 10-3** La conexión no es necesaria en recipientes no conductores.

electricidad estática que hacen muy incómodo sostener el extinguidor. Durante la carga nocturna de combustible en los camiones cisternas, se ha observado un fenómeno sorprendente: “despliegues de luz” destellando dentro del depósito.

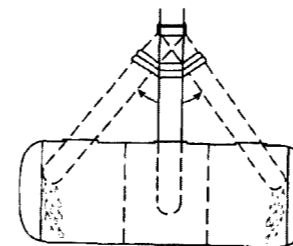
Para evitar la acumulación de electricidad estática durante las operaciones de carga, se debe mantener el flujo tan homogéneo y lento como sea posible. Los filtros son enormes generadores de estática, y es mejor colocarlos tan atrás como sea posible, lejos de la boquilla de llenado. Otra medida para reducir la electricidad estática consiste en retardar el flujo. También, debe evitarse una *carga salpicante*; esto es, la boquilla de llenado debe extenderse hasta un punto cerca del fondo del compartimento para no salpicar en exceso, lo que genera electricidad estática. Cuando se cargan camiones de muchos compartimentos, los frontales y traseros son los que tienen más probabilidad de presentar problemas de carga salpicante, debido a la organización de ciertos aparatos de carga. La razón para esto se observa en la figura 10.4. Otro eliminador de estática se consigue al colocar un área de descenso en la tubería de entrega, como se muestra en la figura 10.5. Esta área es una expansión de la tubería que permite que la carga estática se escape del líquido antes de que continúe el flujo rápido.

## CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS

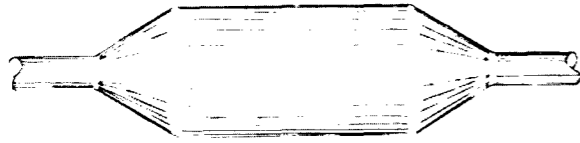
Es útil comprender los principios de los riesgos de los líquidos inflamables al aplicar las normas apropiadas. Luego de nuestro estudio de algunas de las definiciones y principios básicos, ahora continuaremos con un análisis de las normas y los procedimientos útiles para que los gerentes de seguridad e higiene hagan cumplir a sus instalaciones.

Los códigos federales para el almacenamiento en depósitos son bastante complicados, y son principalmente responsabilidad de los diseñadores de la disposición de instalaciones de tanques de petróleo, plantas de almacenamiento en volumen, sistemas de diques y drenajes, refinerías y estaciones de servicio. Los códigos también cubren aspectos de diseño como la construcción y la ventilación adecuada de los depósitos. La mayoría de los gerentes de seguridad no necesitan preocuparse por aprenderse los detalles de la construcción de los depósitos. Al contrario, basta saber dónde encontrar los requerimientos e informar a los diseñadores y otros planeadores que hay códigos estrictos para los depósitos de líquidos inflamables.

Un criterio para los requerimientos de distancia entre depósitos es si el techo es fijo o flotante. Por lo general, la gente no se da cuenta de que los techos de muchos tanques de petróleo se elevan y descenden con el nivel del líquido que contienen (véase la figura 10.6). Un depósito de techo fijo no podrá llenarse a menos que esté ventilado, y dicha ventilación acarrea una costosa pérdida en vapores. Pero el gerente de seguridad e higiene debe comprender que el techo flotante también protege del riesgo de incendios al liberar vapores a la atmósfera. El espacio de vapor y aire dentro de un depósito de techo fijo vacío o casi vacío es también más peligroso que el depósito de techo flotante, que tiene poco o ningún



**Figura 10-4** La carga salpicante ocurre con más frecuencia en los compartimentos frontales y traseros que en el central.



**Figura 10-5** Área de descanso para eliminación de estática.

espacio de vapor y aire. El depósito de techo flotante es un ejemplo notable de una mejora industrial que ahorra costos de producción y al mismo tiempo contribuye a un lugar de trabajo más seguro.<sup>5</sup>

Una cláusula curiosa en las normas de seguridad impone *registros de inventario* exactos para depósitos de almacenamiento de líquidos clase I. Los registros de inventario sirven para la contabilidad y el control de costos; así, ¿qué tiene que ver una norma de *seguridad* con los registros exactos de inventario? La respuesta es que también sirven para detectar fugas peligrosas. Por desgracia, las discrepancias en inventarios a menudo se atribuyen a “errores de oficina” o “pérdidas inexplicables”, y simplemente se ignoran. Después de ocurrido un incendio grave, a veces el equipo de investigación revisa los registros de inventario, y entonces descubre que las pruebas de una fuga peligrosa estaban en los registros desde hace muchos días.

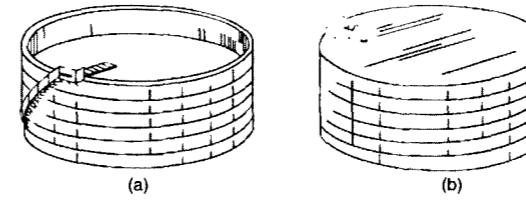
Con respecto a los riesgos por depósitos con fugas, el gerente de seguridad e higiene debe seguir las reglamentaciones de dos oficinas federales: la OSHA y EPA. A finales de 1988, la EPA tomó medidas enérgicas respecto a los depósitos subterráneos de almacenamiento (ref. 34) y exigió sistemas para el monitoreo de fugas de tanques y tuberías, cierres automáticos para sistemas presurizados, construcción de depósitos y tuberías de acuerdo a las especificaciones, protección contra derrame y sistemas para evitar un llenado excesivo. Además, se exige que se notifique a las autoridades locales o estatales siempre que se instale un nuevo depósito, se cierre permanentemente uno viejo o se descubra una fuga. Una excepción notable a la reglamentación de la EPA son los depósitos *sobre* tierra, siempre y cuando menos de 10 por ciento del producto esté almacenado en las tuberías de un subsistema.

En resumen, el gerente de seguridad e higiene debe resolver el problema de los líquidos inflamables con conocimientos de los principios de la ignición. Cualquier instalación nueva debe ser diseñada y construida considerando los riesgos de líquidos inflamables. Después de la construcción e instalación, el gerente de seguridad e higiene debe establecer e imponer reglas de sentido común para eliminar fuentes de ignición y evitar fugas peligrosas. La capacitación del personal para que entienda los principios de los riesgos ayudará mucho a resolver este problema de la seguridad.

## LÍQUIDOS COMBUSTIBLES

Hasta este punto, nos hemos dedicado a los líquidos inflamables, y no a los combustibles. Hay una diferencia entre los dos, como se muestra en la figura 10.1. Dado que los puntos de inflamación de los líquidos combustibles son más elevados que las temperaturas que se encuentran en la mayor parte de las plantas, el riesgo de ignición es mucho menor que el de los líquidos inflamables. Sin embargo, a menudo se engendra una falsa sensación de seguridad al hacer una asociación común con los líquidos combustibles a temperatura ambiental. En caso de que por alguna circunstancia excepcional, o incluso por operaciones normales del proceso, las temperaturas se eleven, la gravedad del riesgo puede

<sup>5</sup> En el ejercicio 10.6 se ilustra el desastroso efecto de un diseño inadecuado de depósitos de líquidos inflamables.



**Figura 10-6** Dos depósitos de almacenamiento: (a) de techo flotante; (b) de ventilación convencional. El techo flotante se eleva y desciende con el nivel del líquido que contiene, lo que elimina la necesidad de una ventilación costosa y peligrosa.

cambiar en forma radical. El queroseno ordinario, un líquido combustible, puede ser incluso más peligroso e inflamable a temperaturas elevadas que la gasolina a temperatura ambiental.

Otro riesgo inesperado de los líquidos combustibles es la *carga de cambio*, cuando se utilizan camiones para transportar unas veces gasolina, un líquido inflamable, y otras aceite combustible, un líquido combustible. La carga de cambio es un peligro desde el punto de vista de la ignición por electricidad estática. Con la gasolina, la electricidad estática no es un problema tan serio al cargar, porque en general la concentración de vapor es demasiado rica. Incluso cuando se carga gasolina en un depósito que había tenido aceite combustible, la concentración de vapor se vuelve demasiado rica desde que comienza la operación de carga. El peligro real es cuando se carga aceite combustible en un compartimento que antes llevó gasolina. Esto es la carga de cambio y es muy peligrosa. La concentración de vapor en tal operación es justamente la correcta para la ignición y una descarga de electricidad estática o cualquier otra fuente puede causar en una explosión que destrozará el camión. Los remedios para el problema, cuando es necesaria la carga de cambio, son (1) llenar el depósito con bióxido de carbono (el método cardox), (2) utilizar aspiradores para purgar el depósito de gasolina, o (3) reducir la velocidad de carga a aproximadamente 30 por ciento, hasta que el depósito esté lleno aproximadamente una tercera parte.

Cuando se debe decidir entre un líquido inflamable y uno combustible para una aplicación particular, la diferencia en los costos de las instalaciones de equipo eléctrico puede ser notable. Cuando la operación normal de un proceso genera concentraciones susceptibles de arder de líquidos inflamables en la atmósfera, se requiere equipo eléctrico a prueba de explosión, aprobado para localizaciones peligrosas clase I, división 1 para el área en la cual están presentes los vapores. El equipo eléctrico a prueba de explosión es un proyecto costoso, y lo analizaremos con detalle en el capítulo 16. El caso 10.1 nos servirá para dar un ejemplo del efecto valioso que un gerente de seguridad e higiene con conocimientos tiene en una empresa cuando se debe tomar una decisión con respecto a los líquidos inflamables y los líquidos combustibles.

### CASO 10.1

Líquidos inflamables o combustibles

Un ingeniero de proceso ha tenido una nueva idea para reducir costos en una operación que elimina los recubrimientos orgánicos de las piezas de metal antes de platear. El proceso utiliza ahora Enthone Stripper S-300, pero el ingeniero ha descubierto en el laboratorio que el Enthone Stripper S-15 es mucho mejor

para eliminar los recubrimientos orgánicos que el S-300 y puede ahorrar a la empresa tiempo de producción y dinero por los costos menores por el volumen de solvente que se requiere comprar al distribuidor. ¿Cuál es el efecto de esta nueva idea en la seguridad contra incendios?

*Solución:* El gerente de seguridad e higiene está interesado en comparar las características de inflamabilidad de los dos removedores. Los solventes y removedores son típicamente inflamables o combustibles, y que pertenezcan a uno u otro grupo es una consideración importante en el diseño del proceso. Al revisar el *Flashpoint Index of Trade Name Liquids* de MFPA (ref. 50), el gerente de seguridad e higiene observa que el Stripper S-300 tiene un punto de inflamación de 68.3°C, en tanto que el del S-15 es de 1.1°C. A partir de la figura 10.1, se aprecia que estos datos clasifican al S-300 como líquido combustible clase IIIA moderadamente seguro, en tanto que el S-15 aparece como un líquido inflamable clase I muy peligroso. Elegir el Stripper S-15 afectaría la seguridad y quizá aumentaría las primas del seguro. Si se requiere de equipo eléctrico, como bandas transportadoras e interruptores, cerca de la operación de eliminación, la obligación de instalar equipo a prueba de explosión clase I, división 1 podría hacer que la alternativa del S-15 fuera prohibitiva, incluso considerando los ahorros en costos que el ingeniero de proceso sostiene.

En el caso 10.1, la idea provino de un ingeniero de proceso. Sin embargo, el caso debe servir como modelo de las acciones que puede emprender el gerente de seguridad e higiene, armado con conocimientos sobre las propiedades de líquidos inflamables y combustibles, para concebir ideas que hagan los procesos más seguros y tal vez mucho menos costosos. La dirección no está acostumbrada a que este gerente tenga tal efecto en el resultado final, pero desde luego que llamará su atención. Ahora nos ocuparemos de una de las más importantes aplicaciones industriales de líquidos inflamables y combustibles: el acabado por rociado con pistola.

## ACABADO POR ROCIADO CON PISTOLA

Una preocupación de los gerentes de seguridad e higiene, especialmente en las plantas de fabricación, es la instalación de aparatos y procedimientos adecuados para las áreas o cabinas de pintura con pistola. El tema es importante, no sólo desde el punto de vista del cumplimiento, sino también porque influye en los términos del seguro y en los montos de las primas.

La construcción y operación de un área de pintura con pistola que cumpla los códigos aplicables es bastante costosa, y a veces gerentes de seguridad e higiene sin ética intentan darle la vuelta a las reglas para aplacar a la dirección. La más común de dichas evasivas consiste en describir la instalación de pintura como “aparato pequeño de rociado portátil, que no se usa repetidamente en el mismo lugar”, y con eso quedan exentos del cumplimiento de las normas de pintura por rociado. Pero si la pequeña instalación “temporal” se vuelve una instalación más o menos permanente, se convertirá en un riesgo de incendio continuo y serio. Más aún, ni el supervisor de la compañía de seguros ni un inspector gubernamental experimentado serán engañados por la instalación supuestamente temporal que se ha convertido en permanente, porque los residuos de pintura se acumulan por toda el área en grandes cantidades.

Hay consideraciones tanto de salud como de seguridad en las operaciones de acabado con pistola, pero las normas se preocupan sobre todo por los aspectos de la seguridad, en particular por los incendios. Las violaciones más frecuentes aparecen en las siguientes categorías:

- Cableado inadecuado para emplazamientos peligrosos.
- Deficiencias en el filtro de aire de escape.
- Limpieza y eliminación de residuos.
- Cantidades de materiales en almacenamiento.
- Aterrizaje de recipientes.
- Letreros de “No fumar”.

También se infringen a menudo, pero se les presta algo menos de atención, los requerimientos de construcción física de las cabinas de rociado con pistola y los de ventilación mecánica.

Siguiendo la regla de atacar los problemas más sencillos primero, el gerente de seguridad e higiene deberá hacer de inmediato lo conducente para instalar letreros de “No fumar” en las áreas de rociado y en los almacenes de pinturas. Este consejo parecerá superficial, pero miles de empresas han recibido notificaciones de la OSHA simplemente por no colocarlos. El costo de cumplir con esta regla es prácticamente nulo.

Después de asegurarse de que se han instalado los letreros de “No fumar”, el gerente de seguridad e higiene deberá investigar el cableado en el área de rociado para ver si cumple con las especificaciones del *National Electrical Code®* para áreas peligrosas. Un electricista competente, con conocimientos de las cláusulas de este código, será útil para esta fase del problema.

La clasificación adecuada del cableado y equipo eléctrico dentro y alrededor de las áreas de rociado se simplifica un poco con el diagrama de decisión de la figura 10.7. Se ha suscitado una gran controversia con respecto a la imposición coercitiva de los requerimientos eléctricos alrededor de las áreas de rociado por pistola, especialmente en lo que concierne a la legendaria “distancia de seis metros” del área de rociado. Es interesante observar que el *National Electric Code®*, edición de 1975, redujo la distancia requerida del área de rociado de esos seis metros a 1.5.

Además de la distancia de recorrido, otro problema es la *dirección* en que viajan los vapores inflamables una vez que abandonan las cabinas de pintura con pistola. Ya que los vapores inflamables se desplazan en cualquier dirección, se recomienda al gerente de seguridad y salud que tome la precaución de utilizar cableado clase I, división 2 en todas las direcciones de la cara abierta del área o cabina de rociado, incluyendo el sentido vertical y las esquinas de la cabina. En el capítulo 16 veremos otros lineamientos para las diversas clasificaciones de cableado eléctrico.

Algunas personas interpretan las normas de modo que requieran sistemas de extinción de incendios por rociadura automática en todas las áreas de pintura con pistola, pero en realidad las normas no especifican tal. Sin embargo, si se utiliza un sistema de extinción de incendios por rociadura automática, debe cumplir con los requerimientos de la NFPA. Debe pedírsele al proveedor que instale el sistema que se asegure que el sistema cumple todos los códigos pertinentes para la instalación a la que se aplicará. Si el sistema es instalado dentro de los ductos, se necesitan rociadores a ambos lados del sistema de filtro.

Los residuos combustibles son la causa de la mayor proporción de incendios en las cabinas de rociado. Las reacciones entre materiales diferentes pueden aumentar este riesgo, especialmente cuando se emplean peróxidos. El control de los residuos de rociado requiere controles tanto de ingeniería como administrativos, y es un asunto que merece la atención del gerente de seguridad e higiene. La acumulación de residuos es fácil de reconocer y es un legado vergonzoso de un mantenimiento defi-

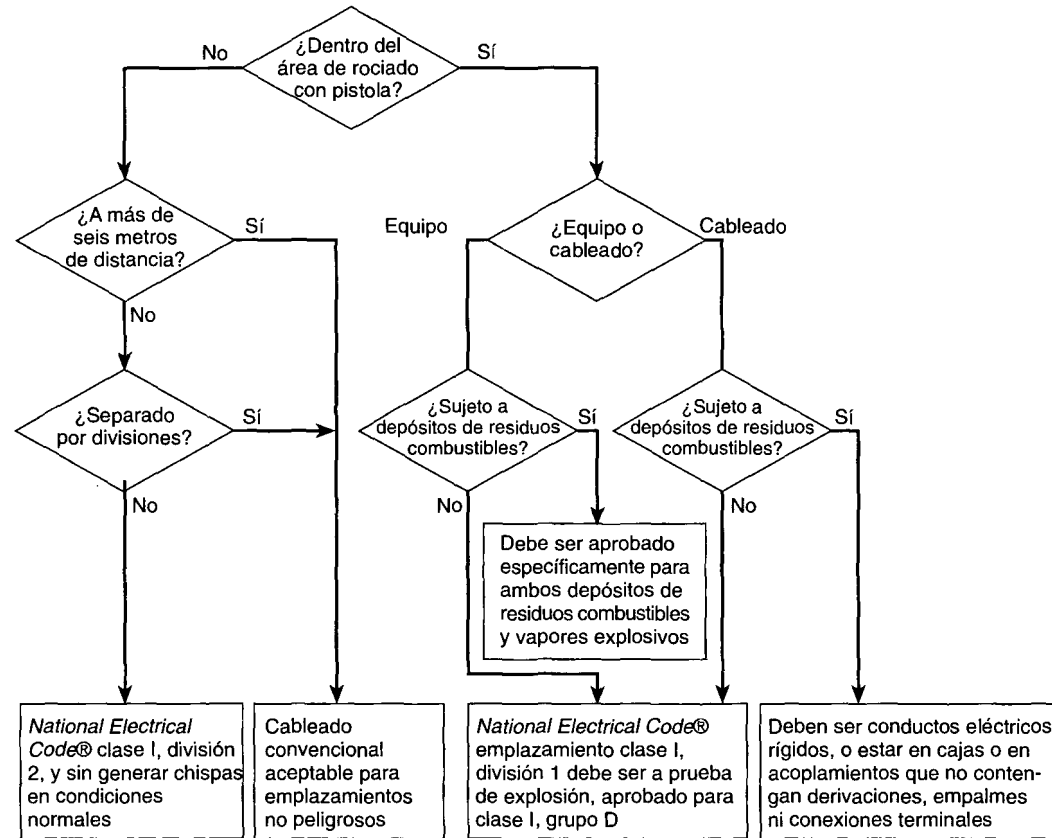


Figura 10-7 Diagrama de decisión: Cómo seguir las especificaciones (c)(5) y (c)(6) de la norma 1910.107 de la OSHA para cableado y equipo eléctrico de áreas de rociado.

ciente y de una falta de control de los riesgos. Una vez retirados, los residuos y desechos deben ser eliminados en la forma conveniente para impedir combustiones espontáneas y otros riesgos de incendio en trapos grasos y desechos de residuos.

Ya dijimos que los sistemas de extinción de incendios por rociadura automática no son obligatorios en todas las áreas. No obstante, en los sistemas fijos electrostáticos se requieren tales sistemas de extinción “cuando se disponga de esta protección”. Se prefieren los sistemas de extinción de incendios por rociadura automática, y si ya hay un sistema cercano (alrededor de 15 metros), debe prolongarse hasta el área de rociado electrostática con pistola. En ausencia de sistemas de extinción de incendios por rociadura automática “disponibles”, la norma requiere de “otro equipo extinguidor automático aprobado” para las áreas de rociado electrostática con pistola. Tales sistemas alternos incluyen el bióxido de carbono fijo o sistemas químicos secos, y los veremos más a fondo en el capítulo 12.

El uso de dispositivos de calor para secar en el área de rociado con pistola aumenta el riesgo al elevar la temperatura de los residuos de rociado e incrementar el nivel de vapor en el aire. Además, las normas no son muy claras respecto a la utilización del área de rociado como área de secado. Este uso está prohibido, a menos que la disposición no “cause un aumento material en la temperatura superficial de la cabina, habitación o recinto”.

### CUBAS DE INMERSIÓN

Las cubas de inmersión contienen a menudo materiales peligrosos, y las normas federales las tratan por separado. Sin embargo, se debe tener cuidado cuando se consulte la norma, porque sólo se aplica a aquellas cubas que contienen líquidos inflamables y combustibles. Las cubas de inmersión de electrodeposición, que contienen ácidos peligrosos, no están cubiertas por esta norma, a menos que el ácido sea inflamable o combustible.

Los siguientes son los principales problemas de las cubas de inmersión:

- Instalaciones de extinción automática.
- Letreros de No fumar.
- Cubiertas de las cubas de inmersión.

La falta de cubiertas en las cubas de inmersión es la infracción más frecuente. Uno de los problemas de las cubiertas es que deben “mantenerse cerradas cuando las cubas no están en uso”. Es poco razonable esperar que las cubiertas de las cubas de inmersión estén cerradas durante periodos cortos sin uso, como los descansos para el café y otras interrupciones breves. No obstante, un lapso ocioso que dure medio turno debe considerarse periodo “sin uso”. Incluso si se descubre una cuba de inmersión ociosa mientras el personal y el supervisor están fuera del área, se considera “sin uso”. Son deseables los dispositivos de cierre automático para que se accionen en el caso de incendio, pero no se requieren en concreto. Los dispositivos de cierre “deberán ser activados por dispositivos automáticos aprobados y deberán también estar dispuestos para operación manual”. Las cubiertas de cierre automático para cubas de inmersión están consideradas entre las instalaciones más apropiadas de extinción automática especificadas según las condiciones descritas en la figura 10.8.

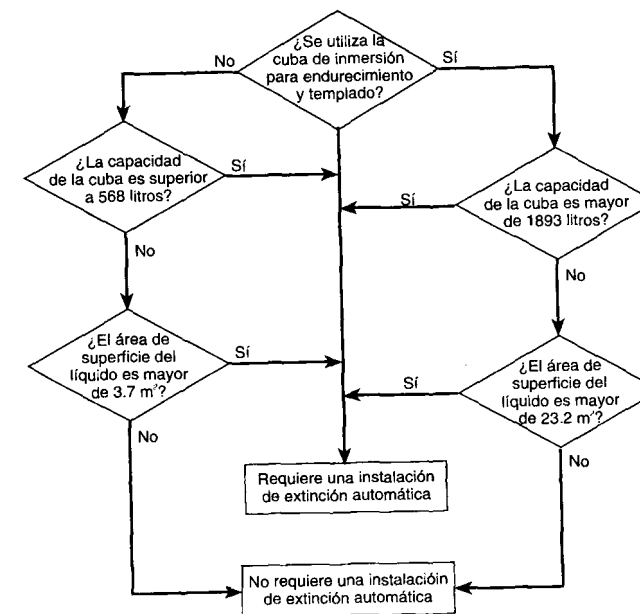


Figura 10-8 Gráfica de decisión: Instalaciones de extinción automática para cubas de inmersión.

## EXPLOSIVOS

Todos saben que los explosivos son peligrosos, y el público en general evita todo contacto con ellos. Sólo el profesional bien capacitado sabe cuáles son los procedimientos seguros y qué hacer en cada situación. El conjunto de códigos que rigen a los explosivos concierne casi en su totalidad al almacenamiento o a la construcción de los depósitos para almacenarlos.

Igual que los líquidos inflamables, los explosivos se clasifican de acuerdo con el grado de riesgo. La clase A es la más peligrosa, y la mayor parte de los materiales que la gente considera “explosivos”, como la nitroglicerina, la pólvora negra y la dinamita, pertenecen a esta categoría. Los explosivos clase B incluyen a los propulsores, las pólvoras para flash fotográfico y algunos fuegos artificiales especiales. Los explosivos clase C son artículos fabricados que contienen explosivos en cantidades restringidas. El gerente de seguridad e higiene debe estudiar las etiquetas del fabricante para determinar la clase de explosivo a la que cada artículo pertenece.

Los depósitos de almacenamiento para explosivos están divididos en dos grupos, también llamados *clases*, pero su designación es un número romano en lugar de una letra. La clase del depósito depende sobre todo de la cantidad (en peso) de los explosivos almacenados, no de su clase. Los depósitos clase I son para cantidades superiores a 22.6 kilos; los de clase II, esa cifra o menos.

Son pocas las instalaciones que necesitan explosivos, y la mayoría de los gerentes de seguridad e higiene puede ignorar la norma en tanto que no los manejen. Pero aquellos que cuenten con explosivos dentro de sus instalaciones deben tener la precaución de asegurarse de que los procedimientos de transporte y en particular los de almacenamiento cumplan con el código aplicable.

## GAS LICUADO DE PETRÓLEO

El gas licuado de petróleo (GLP) es un combustible de uso común, especialmente en áreas lejanas a las empresas de servicio de gas natural entubado. Todos los gases del petróleo pueden ser licuados si su temperatura se reduce lo suficiente, pero el gas natural, que consta más que nada de metano, es muy difícil de licuar, aunque por lo demás es menos costoso que el GLP. Éste es una mezcla de propano y butano, que se licúan con mayor facilidad que el metano y que pueden ser transportados de forma más compacta. La proporción de expansión es de aproximadamente 1:270; esto es, una unidad de líquido se convierte en 270 de gas a temperatura y presión normales.

La elección entre propano y butano es cuestión de clima y economía. El butano tiene un punto de ebullición más alto y es poco adecuado para climas fríos, porque a bajas temperaturas no se convertirá en gas. Sin embargo, siempre ha sido el menos costoso, así que se aprovecha en climas como los del sur de los Estados Unidos. Ahora bien, en los últimos tiempos se ha usado propano casi de manera exclusiva, ya que los precios del butano han aumentado debido a que se emplea en la fabricación de tejidos artificiales.

El propano es un producto del proceso de fraccionamiento térmico en las refinerías<sup>6</sup> y en su estado natural es inodoro. Con fines de seguridad, se le agrega el odorante etil mercaptán como agente maloliente antes de entregarlo al cliente, pues facilita la detección de fugas. Sin embargo, como destacamos en el capítulo 8 a propósito del sulfuro de hidrógeno, una exposición continua a un olor penetrante satura el sistema olfativo y la víctima deja de olerlo.

Uno de los riesgos de seguridad del propano es que es más pesado que el aire (aproximadamente 1.5 veces la densidad del aire). En esto se distingue del gas natural (metano), que es más ligero que el aire. Esta diferencia de propiedades puede traer problemas cuando uno intenta alimentar con propano un dispositivo que trabajaba con gas natural.

Otro riesgo del propano es que el frío extremo de su estado líquido puede quemar la piel. De hecho, el tratamiento es el mismo que para quemaduras de tercer grado. Por ejemplo, a veces ocurre que se abre la válvula con demasiada rapidez y se pone la mano encima para sentir el flujo. Esta lesión no indica que la válvula esté defectuosa.

A diferencia de los tanques de gasolina y otros depósitos ventilados a la atmósfera, los depósitos de GLP están cerrados y no hay posibilidades de que el vapor de agua se acumule en el interior. Por tanto, no se utiliza una válvula de “purga” para la humedad. Si alguna vez se colara agua en el sistema, probablemente congelaría la válvula durante la expansión del gas. Entonces, el depósito cerrado del GLP no contiene aire y es una mezcla de propano líquido y gaseoso. La presión de vapor dentro del tanque depende de la temperatura. A 0°F, la presión es de 28 libras por pulgada cuadrada (psi), y a 100°F, la presión es de casi 200 psi. La válvula de alivio de presión para los camiones tanque está ajustada a 250 psi y la de los cilindros a 375.

Aunque las quemaduras por el frío extremo son un riesgo que hay que tener presente, el riesgo principal es el incendio, que cuando ocurre casi siempre es un desastre. El fuego se extiende con rapidez y los extinguidores portátiles suelen ser inútiles, aunque servirán para apagar otros materiales que amenacen las instalaciones de GLP. No obstante, una vez que el depósito se enciende, es trabajo exclusivo de bomberos profesionales y técnicas especiales con grandes volúmenes de rociado de agua a alta presión para proteger a los bomberos al acercarse al depósito a cerrar las válvulas o de lo contrario controlar el incendio. Los tanques grandes, como los de los vagones de ferrocarril, han causado incendios espectaculares, incluyendo el fenómeno conocido como *BLEVE*, que significa “explosión de vapor en expansión de líquido hirviendo” (*boiling liquid expanding vapor explosion*).

La norma federal que requiere el uso de equipo aprobado en laboratorios (“listado” por un laboratorio de pruebas certificado) parece demasiada burocracia. Pero sin este requerimiento, la gente probaría toda suerte de arreglos improvisados. Un individuo decidió utilizar un viejo depósito de agua caliente para almacenar GLP. El depósito explotó, mató a una persona y lesionó a otra. Otra tentación es utilizar mangueras ordinarias para agua en vez de las tuberías aprobadas. La naturaleza insidiosa de este riesgo es que a menudo la manguera soportará las presiones del GLP y parecerá que funciona, pero el gas atacará el hule y acabará por romperla. Hay problemas similares al utilizar acoplamientos de plomería ordinarios y válvulas con sello de hule.

Otro mal uso frecuente del equipo es intercambiar depósitos para el almacenamiento de amonio anhídrico y de GLP. El amonio anhídrico ataca los acoplamientos de latón y cobre en los depósitos de GLP, lo que los vuelve inseguros. Es particularmente peligroso el daño a la válvula de alivio del depósito.

El fuego, las operaciones de soldadura y otras fuentes de calor intenso pueden debilitar los cilindros de GLP e incapacitarlos para pasar pruebas de laboratorio. El gerente de seguridad e higiene debe estar alerta ante este peligro y hacer que se rectifique el equipo del GLP después de un incendio en la planta u otra exposición al calor. En lo que se refiere a la soldadura, no se debe permitir ninguna directamente sobre la carcasa del depósito; sin embargo, es posible soldar ménsulas, placas y orejas que hayan sido soldadas al depósito durante su fabricación, con la condición que sea aprobada por el laboratorio.

<sup>6</sup> Las moléculas grandes se “fraccionan” en moléculas más simples de productos económicamente más útiles.

El control de incendios de los depósitos de GLP es bastante diferente al control de incendios para depósitos de líquidos inflamables. Alrededor de los depósitos de estos últimos se construyen diques que contengan el líquido ardiente en caso de ruptura. Pero tales diques son peligrosos en los depósitos de GLP porque pueden originar fuegos cerca o bajo el tanque, lo que provocaría una ruptura explosiva.

En cualquier cilindro de alta presión con válvula en el extremo, hay el peligro que ésta se rompa por accidente o incluso que se desprenda. Similar a un torpedo en tamaño y forma, el cilindro se vuelve un misil peligroso. Los más peligrosos son los cilindros de oxígeno a muy alta presión utilizados para soldar (véase el capítulo 15). Los cilindros de GLP a 200 psi pueden ser también bastante peligrosos, y este peligro se suma al hecho de que el gas liberado por la ruptura puede explotar. Por tanto, se deben proteger las válvulas, y para ello hay dos métodos aceptables: colocar cada válvula dentro de una depresión en el depósito o bien ajustar un tapón o collarín ventilado.

A menudo, los gerentes de seguridad e higiene interpretan mal una cláusula de la norma para el GLP, que dice lo siguiente:

Si la operación de carga incluye ventilación a la atmósfera, los motores de los vehículos deberán apagarse mientras se carga combustible.

En general, la carga de combustible dentro de la planta para los montacargas que operan con GLP no incluye ventilación a la atmósfera. No es obligatorio que se apaguen los motores durante tales operaciones de carga de combustible.

## CONCLUSIÓN

Una última sugerencia para los gerentes de seguridad e higiene es que acudan a los recursos de la comunidad, públicos y privados, en busca de asesoría y asistencia al tratar con materiales peligrosos. Los departamentos de bomberos locales y los delegados de incendio estatales pueden ser de ayuda, particularmente respecto a los líquidos inflamables, el terminado de rociado con pistola y los códigos. Algunos departamentos de bomberos o de policía cuentan con expertos en explosivos. Los problemas de los gases comprimidos, GLP y amonio anhídrido disminuyen si se consulta a los distribuidores locales. Algunos están respaldados por enormes recursos de centros de capacitación en las oficinas centrales de sus empresas y pueden proveer manuales, guías, etiquetas de advertencia y programas audiovisuales y en videocinta de capacitación interna para combatir los riesgos.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 10.1 ¿Qué es un techo flotante? ¿Cuáles son sus ventajas?
- 10.2 ¿Sería apropiado utilizar un depósito de clase II para almacenar explosivos clase A? Explique.
- 10.3 ¿Qué es una BLEVE?
- 10.4 ¿Cuál es la diferencia entre los aceites “ligeros” y “pesados”? ¿Cuál se evapora con mayor rapidez?
- 10.5 Compare los riesgos de inflamabilidad de la gasolina con los del etil alcohol.
- 10.6 Un proceso de fabricación utiliza el poderoso solvente acetona. En una fase del proceso, se seca la acetona en un *área de secado*, donde se evaporan 7.5 litros de acetona por hora. Cada litro de acetona

líquida produce 307 decímetros cúbicos de vapor. ¿Cuánta ventilación ( $m^3/hr$ ) se necesitaría para mantener la concentración de vapor por debajo del nivel de ignición? ¿Cuántas veces por hora evacuaría el sistema de ventilación de una habitación de 27 por 36 metros, con un techo de 30 metros de altura?

- 10.7 En una inspección única a una instalación, ¿cómo podría el representante de seguros determinar que un área de rociado con pistola temporal o una supuesta “área de retoque” componen en realidad una instalación permanente?
- 10.8 ¿En qué circunstancias se requieren sistemas de extinción de incendios por rociadura automática para las áreas de pintura de rociado con pistola?
- 10.9 ¿Cuándo se requiere que las cubiertas de las cubas de inmersión estén cerradas? ¿Deben cerrarse automáticamente en caso de incendio?
- 10.10 Compare el gas licuado de petróleo (GLP) con el gas natural en términos de seguridad.
- 10.11 ¿Son apropiados los extinguidores de incendio en instalaciones de GLP? ¿Por qué?
- 10.12 ¿Cuál es el riesgo de utilizar un área de pintura de rociado con pistola como área de secado? ¿En qué condiciones es aceptable hacerlo?
- 10.13 El bisulfuro de carbono tiene las siguientes propiedades físicas:
  - Punto de inflamación:  $-22^\circ F$
  - Punto de ebullición:  $46.5^\circ C$
  - Densidad: 1.261
  - Densidad de vapor: 2.64
  - Límite inflamable inferior: 1.3%
  - Límite inflamable superior: 50%
  - LEP PPT a ocho horas: 20 ppm

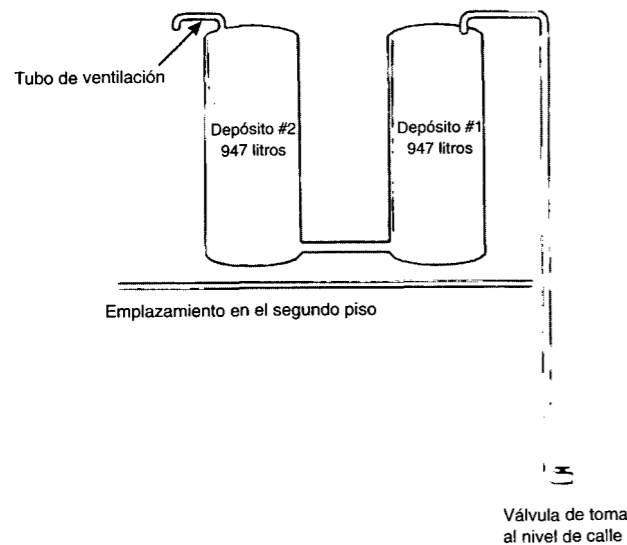
Un proceso industrial libera 85 decímetros cúbicos de bisulfuro de carbono en una habitación que mide 30 por 60 metros con un techo de 12 metros de altura.

  - (a) ¿Qué ventilación de escape mínima ( $m^3/hr$ ) es necesaria para evitar un riesgo general de seguridad en el proceso?
  - (b) ¿Qué ventilación de escape mínima ( $m^3/hr$ ) es necesaria para evitar un riesgo general de salud en el proceso?
  - (c) ¿A qué grupo pertenece el bisulfuro de carbono?
    1. Líquido inflamable clase IA
    2. Líquido inflamable clase IB
    3. Líquido inflamable clase IC
    4. Líquido combustible clase II
    5. Líquido combustible clase III
- 10.14 ¿Cuál es la diferencia entre los líquidos clase I y los líquidos inflamables?
- 10.15 Explique por qué un tambor de gasolina vacío puede ser más peligroso que uno lleno. ¿Por qué es más probable que se encienda un tambor que contiene bisulfuro de carbono que un tambor de gasolina?
- 10.16 Explique los riesgos que han llevado a que se prohíban los sótanos en las estaciones de servicio.
- 10.17 ¿En qué circunstancias el queroseno se puede volver incluso más peligroso e inflamable que la gasolina?
- 10.18 ¿Por qué se añade etil mercaptán al propano?

**10.19** A veces los montacargas que funcionan con GLP son cargados con los motores todavía funcionando. ¿Es esto una violación a las normas de seguridad? ¿Por qué?

### EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

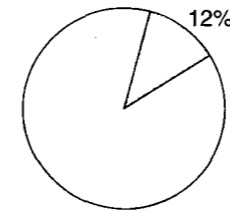
- 10.20** Busque en Internet materiales contra fuego especiales para incendios petroleros.
- 10.21** Examine los hechos del accidente ferroviario cerca de Shepardsville, Kentucky, en 1991. Describa las preocupaciones por una posible BLEVE.
- 10.24** **Caso de diseño.** Estudie el diseño de los depósitos que se muestran en la figura 10.9 y trate de determinar la causa del accidente descrito a continuación. La organización de los depósitos que se muestra fue diseñada para almacenar líquido tetrahidrofurano en el segundo piso de una construcción en Chicago. El primer día que se llenaron los depósitos, ocurrieron los siguientes sucesos. Un camión cisterna de entrega se conectó a la válvula de toma a nivel de calle y procedió a entregar 1893 litros. Aproximadamente a la mitad de la operación, un empleado de la empresa, dentro del edificio, gritó por la ventana que el depósito se estaba derramando. Poco después, una tremenda explosión e incendio mató tanto al empleado de la empresa como al conductor del camión cisterna. ¿Qué fallas encuentra usted en el sistema y cómo lo rediseñaría para prevenir estos accidentes? Busque las características del tetrahidrofurano, incluyendo su punto de inflamación. ¿A qué clasificación de inflamabilidad pertenece?



**Figura 10-9** Configuración de los depósitos.

## CAPÍTULO 10

# Protección personal y primeros auxilios



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

En cierta forma, es desafortunado que este capítulo sea necesario. La necesidad de protección personal implica que el riesgo no ha sido eliminado ni controlado. Y la necesidad de los primeros auxilios implica algo todavía peor. Cuando es posible, es preferible el control de ingeniería de los riesgos, en lugar del equipo de protección personal. Como vimos en el capítulo 1, sabemos que siempre quedarán algunos riesgos, pero nuestro objetivo es eliminar los que sean *irrazonables*, no todos. El trabajo de aumentar la seguridad y mejorar la salud en el trabajo nunca estará terminado, así que debemos ocuparnos de la necesidad de proveer protección personal contra riesgos que no hayan sido eliminados por completo, así como de los primeros auxilios cuando ocurre un accidente.

El problema de proveer equipo de protección personal parece simple y fácil de comprender. Pero es una simplicidad ilusoria, y muchos gerentes de seguridad e higiene caen en la trampa. Por ejemplo, si el nivel de ruido en el área de producción es demasiado elevado, parecería que la solución sería dar a los trabajadores tapones para los oídos. Pero cualquiera que se haya enfrentado al problema sabrá que la solución no es tan simple. Por diferentes razones, muchos no quieren utilizar los protectores de oídos. Tal vez no les gusta la apariencia del equipo, se sienten incómodos o quizás incluso sufren dolores, o acaso piensan que la protección interfiere con su agudeza auditiva o bien que el uso del equipo es asunto de ellos, no de la empresa. Más adelante veremos los fundamentos de estas quejas y lo que se debe hacer al respecto, pero primero expliquemos los riesgos para los cuales se puede requerir protección personal y los equipos para satisfacer estas necesidades.

El problema del equipo de protección personal se vuelve muy delicado cuando los empleados traen su propio equipo al trabajo. Si no le dan mantenimiento adecuado, ¿quién es responsable, la empresa o el empleado? La posición de la OSHA es que el patrono es responsable. Como gerente



de seguridad e higiene, considere el siguiente razonamiento. Si los empleados traen su propio equipo de protección personal al trabajo, ¿acaso no es posible que el mismo equipo pueda representar un riesgo? Hay que escogerlo bien, de modo que corresponda al riesgo, y suele ocurrir que los empleados que traen su propio equipo al trabajo tienen la falsa impresión de que están seguros, aunque sus equipos funcionen mal o sean inadecuados.

Aun si el empleado trabaja en un puesto que no requiera de equipo de protección personal, el uso de equipo defectuoso o inadecuado puede tentarlo a exponerse a riesgos. Por ejemplo, suponga que un trabajador de mantenimiento, que no tiene ninguna necesidad de acercarse al borde del techo mientras revisa el equipo de aire acondicionado, lleva su propio cable de protección sujeto a un cinturón de cuero como protección adicional, no requerido por la política de la empresa. Digamos entonces que alguna situación fuera de lo común tienta al empleado a acercarse al borde del edificio y que la falsa sensación de seguridad del “cinturón y cable de seguridad” improvisados lo hacen actuar descuidadamente. Una caída accidental puede costarle la vida, si el cinturón se rompe por la carga de 1,000 kilos debida a la caída. Asimismo, incluso si el cinturón de seguridad soporta la carga por impacto, el trabajador podría morir por el impacto mismo, si el cable es demasiado largo y no es elástico. Los trabajadores suelen ignorar estos hechos, y cuando improvisan o traen su propio equipo de protección, el patrono debe asegurarse de que es el conveniente para la situación y que se le ha dado el mantenimiento adecuado.

## PROTECCIÓN PARA LOS OÍDOS

Como cabría esperar, el principal interés de dar equipo de protección personal coincide con el mayor problema del control ambiental, según vimos en el capítulo 9, el problema del ruido. Si las medidas de ingeniería o administrativas no logran eliminar el riesgo de ruido en el trabajo, la dirección debe recurrir a equipo de protección personal para aislar al trabajador de la exposición.

El factor más importante en la selección del protector de oídos es su capacidad de reducir el nivel de decibeles de exposición. Sin embargo, no es en ninguna circunstancia el único factor importante, y la selección puede ser algo complicada. La economía es siempre un factor, y si todo lo que se necesita es una eficacia limitada, se puede optar por los dispositivos más económicos. La comodidad del empleado es un factor por lo menos de tanta importancia como la economía, y va más allá del simple objetivo de complacer al trabajador: atañe al grado de protección que recibirá. Si los trabajadores encuentran incómodo o vergonzoso ponerse un protector de oídos, aprovecharán toda excusa para no usarlo. En los siguientes párrafos analizaremos los méritos de diversas clases de protección para los oídos.

### Pelotillas de algodón

Las pelletillas de algodón ordinario, sin agregar ningún material sellador, son prácticamente inútiles como medio de protección personal para el ruido.

### Lana sueca

Similar en tacto al algodón, la lana sueca es una fibra mineral que tiene valores de atenuación mucho mejores que el algodón. La lana sueca tiene cierta eficacia sola, pero es mucho más eficaz cuando está impregnada de cera para lograr un mejor sellado. Un problema es que se puede desgarrar al extraerla. Para resolverlo, a veces viene en un pequeño envoltorio de plástico que se inserta con la lana. La lana sueca puede considerarse sólo como moderadamente reutilizable, lo que dependerá de la higiene personal, la cantidad de cerilla y las preferencias del trabajador.

### Tapones para los oídos

El tipo de protección más popular son los económicos tapones de hule, plástico o espuma. Los tapones son prácticos en el sentido de que son de fácil limpieza y reutilizables. Los trabajadores los prefieren porque no son tan visibles como las orejeras u otros dispositivos de uso externo. Pero en estas ventajas hay un gran inconveniente: los trabajadores serán más negligentes respecto a su uso puesto que el supervisor no se da cuenta de inmediato si los están utilizando. La atenuación del ruido con tapones bien ajustados es bastante buena, y se ubican entre la lana sueca y las más eficaces orejeras acústicas.

### Cubreoídos moldeados

Algunos protectores del oído se afirman en la parte externa de la oreja mediante un molde que se ajusta al oído externo y un pequeño tapón de oído. Dado que la forma del oído humano varía tanto, el ajuste es un problema. Los cubreoídos moldeados son más visibles que los tapones para los oídos, lo que tiene sus ventajas y desventajas, como hemos dicho. Los cubreoídos moldeados pueden ser más confortables para el usuario, pero cuestan más que los tapones para los oídos.

### Orejeras acústicas

Las orejeras son más grandes, más costosas y más notorias que la lana sueca, los tapones y los cubreoídos, pero tienen propiedades de atenuación considerablemente mejores. La capacidad de atenuación depende del diseño, que en las orejeras es más variable. Aunque algunos trabajadores se oponen a utilizar las orejeras por visibles, otros las prefieren diciendo que son más cómodas que los tapones.

### Cascos

Los problemas más graves de exposición al ruido pueden obligar al gerente de seguridad e higiene a considerar los cascos como protección personal contra el ruido. Los cascos son capaces no sólo de sellar el oído, sino también de proteger la estructura ósea del cráneo de las vibraciones sonoras, que

pueden transmitirse al oído. Los cascos son los protectores más costosos, pero ofrecen protección contra varios riesgos. Con un diseño adecuado, pueden servir como cascos de protección y como protectores para los oídos.

Se debe recordar que el ajuste es muy importante en todos los protectores del oído. Al igual que en los recintos a prueba de ruido o en las barreras acústicas, el material puede tener excelentes propiedades de atenuación del sonido, pero si hay una fuga o grieta se pierde la mayor parte de su eficacia.

## PROTECCIÓN DE OJOS Y ROSTRO

El uso de lentes de seguridad se ha ampliado tanto y hay tantos estilos diferentes, que muchos gerentes de seguridad e higiene establecen la regla de que deben utilizarse en toda la planta. Una costumbre general en la industria es pedir a los visitantes que utilicen lentes de seguridad durante los recorridos a la planta.

Hay una diferencia entre los lentes de *seguridad de calle* y los lentes de *seguridad industrial*. Los visitantes o empleados que arguyen que sus lentes con graduación son “lentes de seguridad” probablemente quieren decir que tienen lentes de seguridad de calle. Los lentes de seguridad industrial deben pasar pruebas muchos más rigurosas para cumplir con las normas del ANSI. No afirmamos que los lentes de seguridad de calle no sean adecuados en algunos entornos industriales. Las normas de protección ocular no aclaran qué trabajos requieren lentes de seguridad—de calle o industriales— y cuáles no. Es bueno tener normas rigurosas para estar seguros de que los lentes de seguridad cumplirán las normas de desempeño. Pero la responsabilidad de decidir cuándo es necesario el equipo de protección ocular recae por lo general en el gerente de seguridad e higiene— no en la industria óptica, ni en las normas ni en las dependencias oficiales.

Aquí conviene advertir al gerente de seguridad y salud que está imponiendo el uso de lentes de seguridad. Puede ser un error tan grave exigir lentes de seguridad en aquellas áreas de la planta donde no hay riesgos para los ojos, como sería no pedirlos en las áreas donde son necesarios. El peligro es que los trabajadores no respetarán la política de los lentes de seguridad y su uso no será uniforme. En consecuencia, puede haber lesiones oculares (además de infracciones al código). Es fácil que los inspectores señalen una infracción si encuentran trabajadores sin protección ocular cuando una regla de la empresa exige su uso. Pero algunos gerentes de seguridad e higiene dicen que una regla simple a nivel de toda la planta es más fácil de imponer. El costo en ambos lados de la cuestión es grande, y la decisión de exigir protección ocular debe tomarse con cuidado.

Hay algunos trabajos para los cuales tanto las oficinas industriales como federales han llegado al consenso de que necesitan protección ocular. Se concede casi universalmente que operar máquinas que producen partículas y chispas necesita de protección ocular. De éstas, son notables la operación de máquinas fresadoras, taladros y tornos. La maquinación de metales y madera presenta riesgos a los ojos. Los líquidos corrosivos y otros productos químicos peligrosos también representan riesgos si se vierten, frotan o manejan al aire. Al trabajar con estos materiales, además de protección ocular es necesario proteger la cara.

Más importante que cuándo *pedir* protección ocular es cómo *educar* a los trabajadores para que estén alertas a los riesgos oculares y a las consecuencias a largo plazo de las lesiones en los ojos. El

Consejo de Seguridad Nacional tiene algunas películas que ilustran sobre el punto. Una muestra una cirugía ocular de emergencia. Otra es el punzante testimonio de un hombre que quedó ciego en el trabajo y las penurias que él y su familia han sufrido desde entonces.

## PROTECCIÓN RESPIRATORIA

De importancia aún más vital (en el sentido literal de la palabra *vital*) que la de la protección de ojos y oídos es la protección respiratoria contra los contaminantes en suspensión en el aire. En el capítulo 8 analizamos los problemas de las atmósferas industriales, cuya determinación es esencial para seleccionar el equipo respiratorio correcto. Una máscara de gas bien diseñada y costosa es inútil y podría llamarse con mayor propiedad una “máscara mortal” si el problema atmosférico resulta ser, por ejemplo, una deficiencia de oxígeno.

Las atmósferas más peligrosas se denominan PIV y PIVS, que significan “de peligro inmediato para la vida” y “de peligro inmediato para la vida y la salud”. Recientemente, ha aumentado el uso de las siglas *PIVS*. Si una sola exposición aguda es causa de muerte, se dice que la atmósfera es PIV. Si una sola exposición aguda ocasiona un daño *irreversible* a la salud, se dice que la atmósfera es PIVS. Algunos materiales, por ejemplo, el gas de fluoruro de hidrógeno y el vapor de cadmio, producen efectos transitorios inmediatos que, aun si son graves, pueden pasar sin atención médica, pero son seguidos por un colapso repentino y posiblemente mortal de 12 a 72 horas más tarde. Después de recuperarse de los efectos transitorios, la víctima se “siente normal” hasta que se colapsa. Tales materiales, en cantidades peligrosas, se consideran peligro “inmediato” para la vida o la salud (ref. 45).

En este punto debería resultar evidente para el lector que la protección respiratoria consiste en más que repartir respiradores a los trabajadores que podrían quedar expuestos a riesgos. La protección eficaz exige que se implante un programa bien planeado que incluya una selección adecuada de respiradores, pruebas de ajuste, mantenimiento periódico y capacitación de los empleados.

Algunas empresas distribuyen respiradores entre los empleados sin molestarse en establecer un programa completo, apoyándose en la excusa de que en realidad no hacen falta los respiradores, ya que los contaminantes en la atmósfera de la planta no exceden los límites de exposición máximos permisibles (LEP). Sin embargo, el gerente de seguridad e higiene se está buscando problemas si pierde el tiempo con un programa parcial. Las atmósferas sin duda son marginales, o de lo contrario nunca habría surgido la cuestión de un programa parcial, pero pueden deteriorarse más adelante sin que nadie lo advierta. Los empleados estarían tranquilizados por la falsa sensación de seguridad del programa superficial de respiradores. Podrían adquirir malos hábitos, como un mantenimiento negligente, pruebas de ajuste inadecuadas o un uso inapropiado del equipo. A veces surge un sentimiento de completa complacencia en el uso de respiradores por emplear semejante equipo cuando en realidad no es necesario.

Al igual que con el equipo de protección personal, el gerente de seguridad e higiene a menudo se encuentra de espaldas a la pared si los empleados traen su propio equipo de protección respiratoria al sitio de trabajo. En esta situación, el patrono debe asumir una posición responsable y asegurarse de que los trabajadores utilizan su equipo como debe ser. Si el empleado se resiente por lo que considera una interferencia del patrono, debe recordársele que éste tiene la responsabilidad de eliminar los riesgos en el trabajo, incluyendo el mal uso del equipo de protección personal. Si el equipo o su uso

inapropiado pueden ser peligrosos, el patrono ha de prohibir al empleado que traiga su equipo al trabajo. Quizá el gerente de seguridad e higiene vacile un poco en ejercer tal autoridad sobre la propiedad personal del empleado, pero ya han ocurrido casos en los cuales los patronos han debido imponer su autoridad para evitar riesgos.

Antes de proseguir con el tema de la protección respiratoria, hagamos una clasificación de los diversos dispositivos. Las dos clasificaciones principales son los dispositivos *purificadores de aire* y los dispositivos de *suministro de aire*. Los dispositivos purificadores de aire son más baratos, menos complicados de operar y la mejor alternativa, si son capaces de manejar el agente contaminante al que el usuario estará expuesto. Pero algunos contaminantes simplemente no bajan a niveles seguros mediante dispositivos purificadores, y es necesario un dispositivo de suministro de aire. Otra consideración importante es la deficiencia de oxígeno. Ningún filtro ni purificador hará seguro un ambiente en el que falta oxígeno. La única vía en esta situación es usar respiradores de suministro de aire. Veamos a continuación un resumen de la clasificación de los dispositivos de protección respiratoria:

1. Dispositivos purificadores de aire
  - (a) Máscara para polvo
  - (b) Cuarto de máscara
  - (c) Media máscara
  - (d) Máscara completa
  - (e) Máscara para gas
  - (f) Respirador bucal
  
2. Respiradores de suministro de aire
  - (a) Respirador de manguera de aire
  - (b) Máscara con manguera
  - (c) Aparato independiente de respiración

Enseguida haremos una descripción detallada de cada dispositivo.

### Máscara para polvo

El respirador más popular de todos es también el que peor se usa. Destinada sólo a las partículas (sólidos suspendidos), la máscara de polvo (figura 11.1) no está aprobada para la mayor parte de los riesgos de pintura y soldadura, aunque a menudo se utiliza inadecuadamente en estas situaciones. Algunas máscaras para polvo están aprobadas para venenos sistémicos leves,<sup>1</sup> pero por lo general están limitadas a *polvos irritantes*, aquellos que producen la pneumoconiosis o fibrosis (véase el

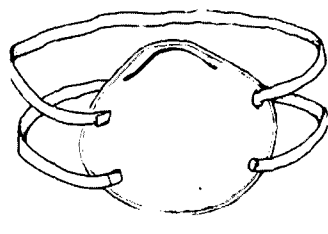


Figura 11-1 Máscara para polvo desechable.

<sup>1</sup> Polvos que tienen un U.L. no menor a 0.05 mg/m<sup>3</sup>.

capítulo 8). Una de las limitaciones principales de la máscara para polvo es su ajuste. Incluso los modelos de mejor ajuste tienen fugas de aproximadamente 20 por ciento. Una regla empírica es que la aprobación es válida para partículas no más tóxicas que el plomo.

A pesar de sus desventajas, la máscara para polvo es popular porque es barata, higiénica y puede desecharse después de usarla. Su bajo costo y disponibilidad general la hacen atractiva para su adquisición en la farmacia local y para uso personal. Por tanto, es el respirador que con más probabilidad encontrará el gerente de seguridad e higiene que los empleados traen de su casa al trabajo. Así, es preciso educar a los empleados sobre las limitaciones de la máscara para polvo.

### Cuarto de máscara

El cuarto de máscara, algunas veces llamada media máscara tipo B, se muestra en la figura 11.2. Tiene todo el aspecto de la media máscara, excepto que la barbilla no va dentro. El cuarto de máscara es mejor que la máscara para polvo, pero también está aprobada sólo para los polvos no más tóxicos que el plomo.

### Media máscara

La media máscara, que se muestra en la figura 11.3, se ajusta por debajo de la barbilla y hasta el puente de la nariz. Esta máscara debe tener cuatro puntos de suspensión, dos a cada lado de la máscara, conectados con hules o elásticos alrededor de la cabeza.

### Máscara completa

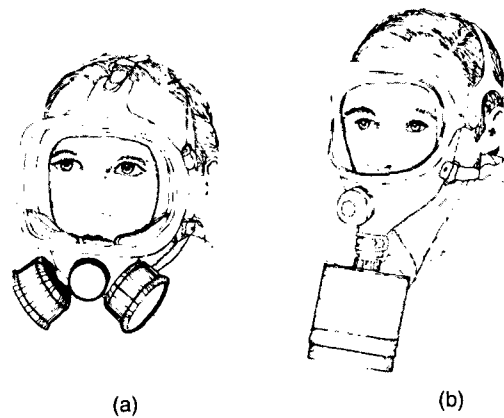
De hecho, la máscara para gas también es *completa*, pero por lo general el nombre de *máscara completa* se refiere a aquella en la cual la cámara del filtro se ajusta directamente en el área de la barbilla. Los filtros pueden ser *cartuchos* dobles o bien *pequeños cartuchos* sencillos. Ambos tipos se muestran en la figura 11.4. Los cartuchos contienen *absorbentes* granulares que filtran el aire por adsorción, absorción o reacción química.



Figura 11-2 Cuarto de máscara.



Figura 11-3 Media máscara.



**Figura 11-4** Máscaras completas: (a) máscara completa de cartucho dual; (b) máscara completa de cartucho sencillo.

### Máscara para gas

La máscara para gas está diseñada para cartuchos de filtro demasiado grandes o pesados para colgarlos directamente de la barbilla. El cartucho está suspendido de su propio arnés y por lo común está conectado a la máscara facial mediante un tubo de respiración corrugado y flexible. La máscara para gas se muestra en la figura 11.5.

### Respirador bucal

Quizás deberíamos omitir el respirador bucal de nuestro análisis, porque este dispositivo no está diseñado para uso normal. Pero ocurrirán emergencias de vez en cuando, y el propósito del respirador bucal es permitir que el usuario esté listo para escapar en tales casos. La respiración se lleva a cabo por la boca, a través de un vástago sostenido entre los dientes. Se deben utilizar pinzas nasales para no aspirar por la nariz. Es posible formar un buen sello con la boca y los labios, pero la eficacia del respirador depende en gran medida del conocimiento y la habilidad del usuario.



**Figura 11-5** Máscara para gas.

### Respirador de manguera de aire

El respirador de manguera de aire es un respirador de suministro de aire, y debe su nombre a la manera en que se suministra el aire a la máscara, a saber, mediante una manguera de diámetro pequeño (y no más de 100 metros de largo), que se aprueba junto con la máscara (no se acepta una manguera ordinaria de jardín). El aire proviene de cilindros o de compresores. Se distinguen tres tipos de respirador según el modo de suministro de aire: de flujo continuo, de flujo sobre demanda y de demanda sobre presión.

En el modo de *flujo continuo*, el respirador recibe aire fresco sin ninguna acción del usuario; esto es, el aire es impulsado dentro del aparato. El flujo de aire debe ser por lo menos de 170 decímetros cúbicos por minuto para que la capucha sea aprobada para uso en este modo, pero el flujo no debe ser mucho mayor, porque puede causar demasiado ruido dentro de la capucha. Con todo, una de las ventajas del modo de flujo continuo es que permite el uso de una capucha algo suelta y con fugas. El diferencial de presión positivo entre el interior y el exterior de la capucha mantiene el flujo hacia afuera, impidiendo que entre el agente tóxico. El modo de flujo continuo necesita una provisión ilimitada de aire, así que se utiliza un compresor en vez de cilindros.

En el modo de *flujo sobre demanda*, el aire no fluye hasta que se abre una válvula, activada por la presión negativa que causa el usuario al inhalar. A su vez, la exhalación cierra la válvula. Este modo tiene la ventaja de que utiliza menos aire, así que es posible utilizarlo con cilindros. Pero su desventaja es la necesidad de una pieza facial de buen ajuste. Ya que la inhalación produce un diferencial de presión negativo, una pieza facial con alguna fuga aspirará de inmediato el aire tóxico. De hecho, si la pieza facial tiene muchas fugas, la válvula de inhalación no se abrirá, con lo que la pieza facial se hace aún más peligrosa que no utilizar ningún equipo de protección. Por esta razón, el modo de flujo sobre demanda se está volviendo obsoleto y está siendo remplazado por el tercer modo: la demanda sobre presión.

El modo de *demanda sobre presión* tiene características tanto del modo de flujo continuo como del modo de flujo sobre demanda. Al igual que en el flujo continuo, se mantiene un diferencial de presión positivo mediante una válvula de exhalación preajustada. A pesar de sus ventajas, el modo de demanda sobre presión requiere aún de una máscara con buen ajuste; además, no pueden portarla las personas que lleven barba.

### Máscara de manguera

La máscara de manguera es una versión algo burda del respirador de manguera de aire. El diámetro de la manguera es mayor que en el del respirador de manguera de aire, por lo que la fuerza normal de los pulmones basta para inhalar el aire. A veces se utiliza un soplador como ayuda. La máscara de manguera tiene cada vez menos popularidad.

### Aparato independiente de respiración

En esta protección respiratoria, el usuario lleva a cuestas todo el aparato, por lo general en la espalda. Esto tiene la ventaja de aumentar la distancia que se puede recorrer, sin un cordón umbilical que arrastrar y quizás romper o aplastar. Pero una desventaja es que la carga en la espalda puede restringir el paso por puertas u otros pasajes estrechos. Los ingenieros deben prever este problema al diseñar

los accesos a sitios cuyas atmósferas puedan ser tóxicas y dejar espacio para la entrada con el equipo. Han ocurrido muchos decesos porque los equipos de respiración de rescate resultan inútiles cuando los rescatistas no pueden entrar al contenedor con un equipo de respiración en la espalda, como veremos en el caso 11.1.

### CASO 11.1 ENTRADA A UN ESPACIO CONFINADO

Un empleado de una refinería de zinc estaba trabajando en un condensador de polvo de zinc cuando se desmayó. Otro empleado se puso un aparato independiente de respiración (AIR) e intentó entrar al condensador para rescatar al empleado caído. Como no pasara por el portal utilizando el AIR, se lo quitó, lo entregó a otro empleado y entró al condensador. Había planeado que el tercer empleado le pasara el AIR por el portal, volver a ponérselo y continuar con el rescate, pero se desmayó y cayó antes de poder volver a ponerse el AIR. El primer empleado fue declarado muerto en el lugar; el frustrado rescatista falleció dos días después. Más tarde se determinó que el contaminante tóxico del aire era monóxido de carbono (historia de caso mortal de la OSHA).

La situación que refiere el caso 11.1 no es poco común. Los riesgos de entrada a espacios confinados han motivado a la OSHA a promulgar una norma sobre el tema, que estudiaremos en una sección posterior.

En la actualidad, la mayor parte de los aparatos independientes de respiración son de *circuito abierto*, esto es, la respiración exhalada se descarga en la atmósfera (véase la figura 11.6). Las unidades de *circuito cerrado* reciclan la respiración exhalada y restauran los niveles de oxígeno. La ventaja del circuito cerrado es que el equipo puede ser mucho más pequeño y ligero por minuto de uso máximo permisible. Algunas clases de circuito cerrado (véase la figura 11.7) tienen un pequeño tanque de oxígeno a alta presión para restaurar los niveles de oxígeno después de que se elimina el bióxido de carbono. Otras clases utilizan una reacción química para restaurar los niveles de oxígeno, con lo que la unidad es muy pequeña. La fuente es un superóxido de potasio, del cual el oxígeno se desprende por simple contacto con agua, que proviene de la humedad de la respiración del usuario. El proceso químico tarda algún tiempo en funcionar y equilibrarse, así que el usuario debe iniciar el sistema mientras aún está al aire libre, antes de entrar en la zona de riesgo. Un peligro de la unidad química de generación de oxígeno es que debe sellarse el superóxido de potasio, excepto por la pequeña cantidad de humedad de la respiración. Si el agua inunda el interior de la unidad, casi de seguro provocará una explosión. Otro peligro es que provee de una atmósfera rica en oxígeno, lo que plantea riesgos de incendio.



Figura 11-6 Aparato de respiración independiente de circuito abierto.

### Plan de respirador

La larga lista de equipos de protección respiratoria puede confundir al gerente de seguridad e higiene, que debe decidir qué tipo es el mejor para cada situación. La OSHA exige una planeación adecuada de los respiradores, de su uso y mantenimiento y la capacitación de los empleados que los van a utilizar. Los asesores expertos prestan consejos útiles, pero a título de simplificación digamos que por lo general el riesgo es el que determina la elección del dispositivo, o por lo menos reduce en gran medida las posibilidades de elección. Los dispositivos están aprobados para concentraciones específicas de sustancias particulares, y no se deben utilizar si no están aprobados.<sup>2</sup> Los asesores ayudan a seleccionar entre los respiradores aprobados tomando en consideración eficacia, costo, conveniencia y otros factores.

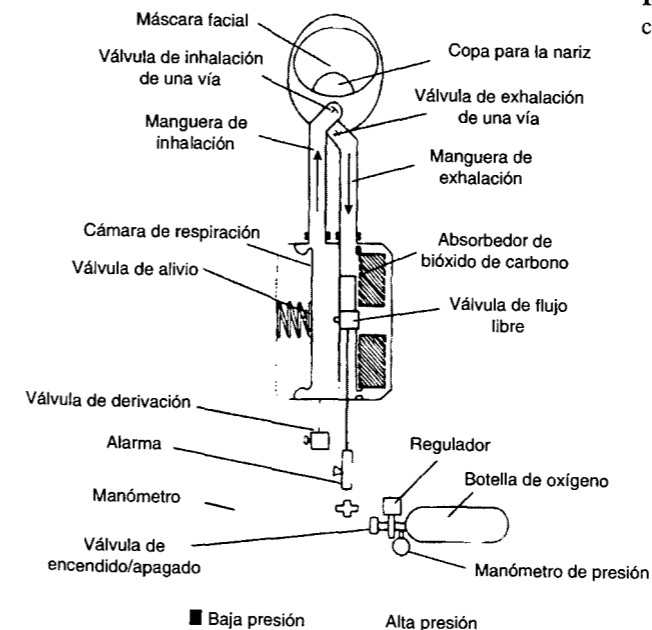


Figura 11-7 Aparato independiente de respiración de circuito cerrado; de tipo botella de oxígeno.

<sup>2</sup> Para la aprobación de los dispositivos de respiración, véase NIOSH Certified Equipment, Cumulative Supplement (NIOSH 77-195), junio de 1977, y los ejemplares subsiguientes que publica periódicamente NIOSH Laboratories en Morgantown, West Virginia.

Algunas veces se ofrece la excusa de que no hay ningún dispositivo aprobado para cierta sustancia tóxica, pero no es una excusa válida, porque el trabajador debe protegerse de alguna manera en las atmósferas peligrosas. Hay muchas clases de equipos respiratorios, así como hay muchos riesgos respiratorios. Acaso será cierto que falte un dispositivo aprobado para algún riesgo ó particular. Así, es probable que el patrono quiera utilizar determinado respirador para un riesgo en el cual no hay ninguno aprobado, pero *podría* recurrir a otro. Un ejemplo es el riesgo por vapor de mercurio. No hay ningún dispositivo purificador del aire aceptable para proteger contra el vapor de mercurio. Esta sustancia no despidе ningún olor ni hay otra manera de detectarlo cuando el cartucho de filtro ya no sirve. En este caso, el patrono debe buscar otra clase de protección, como el equipo de respiración de manguera de aire. Así, por cada atmósfera peligrosa, debe haber una protección aprobada de *alguna clase*. Si no la hubiera, deberá prohibirse a los empleados entrar en el área.

No es tarea fácil determinar si un dispositivo está aprobado para un riesgo particular. No se encuentra con facilidad la autoridad que aprueba los dispositivos, y a menudo ha cambiado de oficina a oficina. Más aún, las listas de aprobación de equipos se actualizan continuamente. Una solución práctica consiste en solicitar el consejo del fabricante del equipo, por la evidente razón que es más probable que esté al tanto del estado de aprobación. El distribuidor local del equipo no es tan confiable. Sin que esto implique un juicio de valor sobre los distribuidores locales, digamos que suelen manejar tantas marcas de equipo de seguridad que les es imposible estar al día en cuanto a las limitaciones de aprobación para sustancias tóxicas de los dispositivos de protección respiratoria, como en cambio sí lo estará el fabricante.

La nomenclatura confusa enreda aún más la situación. Por ejemplo, los *respiradores para vapores orgánicos* no son necesariamente aceptables para los vapores orgánicos más frecuentes; por ejemplo, no cualquier cartucho absorbe el metanol, y sólo funciona el equipo de manguera de aire para protegerse de concentraciones peligrosas de la sustancia. Es desafortunado que las reglamentaciones federales exijan que el aparato se identifique como respirador para vapores orgánicos por haber pasado cierta prueba prescrita, aunque sea inútil para otros vapores orgánicos. Los trabajadores ni siquiera están protegidos por etiquetas de advertencia que indiquen que tal vez sus respiradores no sean del todo adecuados para los vapores orgánicos con los que están trabajando. Lo mismo es cierto para las máscaras para gas.

¿Por qué es tan confuso y difícil de entender el sistema? Parte del problema radica en la complejidad de la química orgánica y la miríada de compuestos de hidrocarburos. Si el fabricante intentara etiquetar cada cartucho con todos los compuestos orgánicos para los que está destinado, pronto no habría espacio en el dispositivo. Cualquier sistema de claves confundiría a los usuarios. Aún más, un intento de desglosar arrojaría una lista exhaustiva, y es probable que el usuario no revise más que la sustancia que le interesa en el momento. Así, repitamos que lo mejor que puede hacerse es pedir al fabricante unas listas más completas y detalladas de las sustancias que controla el cartucho.

Un principio básico en la selección de respiradores dice que nunca se elija un respirador absorbedor de gas para uso con un gas que no tenga propiedades de advertencia distintivas. Un momento de reflexión revelará la lógica del principio. Todos los cartuchos de respirador acaban por saturarse o cargarse al extremo de que ya no funcionan. Los usuarios sabrán automáticamente cuándo se ha alcanzado ese punto por medio de sus propios sentidos del olfato o el gusto o tal vez la irritación, o quizás por cualesquiera propiedades de alerta sensorial del gas. Pero si el gas tóxico carece de propiedades que lo delaten, los usuarios quedan sujetos a exposiciones peligrosas mientras usan respiradores aprobados.

Un ejemplo de un mal uso es la utilización característica de los respiradores de media máscara en las empresas colocadoras de techos al aplicar la espuma expansible. Las sustancias orgánicas presentes en la espuma expansible no son detectables ni hay un dispositivo purificador de aire aprobado. Por tanto, deben utilizarse respiradores de tubería de aire.

Hay una excepción a la regla de que los dispositivos de purificación de aire no pueden utilizarse con gases que no tengan propiedades capaces de ser detectadas por el usuario: cuando los cartuchos pueden equiparse con detectores eficaces de fin de vida de servicio. Actualmente, dichos cartuchos están disponibles para el monóxido de carbono (cartuchos tipo N).

Los cartuchos de *pintura, laca y esmaltes* ofrecen protección contra las partículas y también contra los solventes orgánicos de las pinturas. De hecho, con estos respiradores, los vapores orgánicos son los que representan el verdadero riesgo. Excepto por pinturas con base de plomo, las partículas no son en realidad un problema.

Los cartuchos de respirador no son como las bolsas de la aspiradora; no pueden remplazarse con uno de otra marca sin aprobación. El cartucho y el respirador deben ser aprobados juntos, como unidad, aunque sería posible que un respirador de un fabricante y un cartucho de otro fueran aprobados juntos, si esta combinación fuera sometida a las pruebas respectivas. La controversia pública sobre la aprobación de los cartuchos de repuesto insiste en que los fabricantes han promovido con afanes monopólicos unas reglamentaciones de seguridad para proteger las ventas de sus propios productos. Por otro lado, se argumenta que la perfecta correspondencia del cartucho y el sello son cruciales para la buena operación del respirador.

Para trabajos que requieren el uso de respiradores, se debe hacer una determinación para asegurarse de que los trabajadores son "físicamente capaces de llevar a cabo el trabajo y utilizar el equipo. El médico local deberá determinar qué condiciones de salud y físicas son pertinentes". Esto suena costoso y tardado, pero hay un atajo que puede apresurar el proceso de selección de personal y eliminar la mayor parte de los casos problemáticos. Consiste en aplicar un cuestionario que identifique problemas evidentes antes de dar empleo a una persona en un puesto que requiera de respiradores. Estos cuestionarios han de realizarse con cuidado para no incurrir en actos de discriminación contra discapacitados. En el capítulo 4 vimos las cláusulas de la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (ADA) (ref. 126), que prohíben la discriminación en exámenes médicos de contratación que tengan la finalidad de dejar de lado a los discapacitados. Sin embargo, si el patrono documenta los requerimientos específicos de los puestos que requieren de respiradores y se asegura que todos los candidatos son examinados en función de estas características físicas, se evitará problemas con la ley.

Diversas condiciones físicas descalifican a una persona para el uso de respiradores, si bien por lo demás puede ser un empleado muy conveniente en un puesto que no los requiera. La Comisión de Reglamentación Nuclear de los Estados Unidos (Nuclear Regulatory Commission) tiene una lista de algunas de las condiciones físicas que deben incluirse en un cuestionario para examinar candidatos a puestos que requieren uso de respiradores. El asma o el enfisema son trastornos pulmonares que pueden originar problemas al portar respiradores. Si el entorno requiere de aparatos de respiración independientes, es posible que el candidato no esté en condiciones de cargar el pesado equipo por alguna lesión en la espalda o enfermedad cardíaca. Otro problema físico son los tímpanos perforados, pues quien lo padece respira de hecho a través de los oídos. Por tanto, una máscara facial que no tape las orejas brindará muy poca protección. La epilepsia también es otro problema potencial. En general, los epilépticos toman medicamentos que a veces presentan algunos riesgos. Asimismo, la posibilidad de una crisis implica la amenaza de que el respirador se desprenda en un mal momento. Los diabéticos también suelen tomar medicamentos, y los respiradores pueden interferir con su efecto. Por ejemplo, estos individuos no serían una buena opción para un equipo de rescate. Incluso varios factores psicológicos, como la claustrofobia, tienen su importancia. El cuestionario puede liberar de responsabilidades con terceros en el caso de que haya problemas físicos. El cuestionario debe aplicarse con la presencia de un médico. Si revela problemas físicos o alteraciones, este médico examinará al empleado para dar la última palabra.

Un elemento importante en los programas eficaces de respiradores es la prueba de ajuste o de fugas. Las características faciales varían, y es necesario realizar estas pruebas para determinar qué modelo le queda mejor a cada trabajador, sin fugas apreciables. Aun el mejor de los respiradores en el mercado se ajustará sólo a un porcentaje de los trabajadores. Para los demás, habrá que conseguir otros.

Una forma facial imposible de ajustar es la barba. Por su seguridad e higiene deberá prohibirse la barba a todo trabajador que deba utilizar un respirador ajustado. Dos bomberos en Los Ángeles presentaron una demanda de discriminación cuando los despidieron por llevar barba. Su trabajo presentaba la posibilidad de usar un aparato de respiración independiente. Los bomberos perdieron el caso. El argumento contra el vello facial en puestos que requieren respiradores está bien documentado.

Parecería que las pruebas de ajuste de respiradores se practican en costosas cámaras ambientales, pero no es así. Algunos asesores recomiendan una simple bolsa para ropa de plástico suspendida sobre la cabeza del usuario. El respirador del sujeto debe equiparse con un cartucho de vapor orgánico, y el aire dentro de la bolsa está contaminado con acetato isoamyl (que se consigue en la farmacia más cercana). Si el sujeto huele el familiar olor a "aceite de plátano", su respirador tiene fugas. Una vez probado el ajuste de una marca y modelo, todo respirador de la misma marca y modelo será aceptable para ese usuario.

Una situación irónica en el campo de la protección respiratoria es que el NIOSH descubrió pruebas de que el ftalato de di-2-etilhexilo (DEHP) es un carcinógeno. ¡El DEHP se utilizaba como agente de prueba para determinar el ajuste de respiradores!

Para el aire suministrado por compresores, se debe tener el cuidado de seleccionar un compresor de *aire para respirar*. No se debe utilizar para este propósito el compresor de aire ordinario que es una

herramienta mecánica. Las herramientas neumáticas se lubrican con un sistema de lubricantes de inyección en el aire suministrado. Por supuesto, esto no es satisfactorio para fines respiratorios.

Hay cierta confusión sobre las "alarmas" requeridas para la falla o sobrecalentamiento del compresor. La razón de que se necesiten alarmas para el sobrecalentamiento es que un compresor caliente puede introducir monóxido de carbono mortal en la tubería del usuario del respirador. Algunos compresores de aire para respirar están equipados con cierres automáticos en vez de alarmas, y esto es completamente satisfactorio en algunos entornos industriales. Por ejemplo, las atmósferas abrasivas no son PIVS (de peligro inmediato para la vida o salud), y si el compresor se sobrecalienta y se cierra, los trabajadores simplemente se quitan los respiradores y abandonan de inmediato el área. Pero en una atmósfera PIVS, el cierre del compresor podría causar un deceso, así que es necesaria una alarma.

Los respiradores se deterioran por un mantenimiento inapropiado y, además, acaban por volverse antihigiénicos. Los usuarios mismos pueden llevar a cabo una inspección de rutina antes y después de cada uso, que comprenda una verificación de limpieza, deterioro y funcionamiento.

Los aparatos independientes de respiración deben sujetarse a una inspección mensual exhaustiva. Debe presurizarse el regulador a fin de verificar si funciona el dispositivo de alerta por baja presión. El costo por pérdida del aire presurizado no debe ser factor importante, porque se necesitan menos de 50 libras de aire para llevar a cabo una verificación completa. Los depósitos deben estar presurizados a por lo menos 1800 psi. Tanto el cilindro como el regulador tienen un manómetro. En vez de confiar en el manómetro del cilindro, debe presurizarse el regulador y verificarse el manómetro.

Por lo general, el aparato independiente de respiración se reserva para las emergencias, no para el uso cotidiano en el trabajo. Se trata de una cuestión delicada, porque en una emergencia hay una muchas probabilidades de encontrar atmósferas PIVS. El grupo de rescate de emergencia en atmósferas PIVS precisa equipo de alta calidad, muy bien inspeccionado y mantenido y utilizado por expertos capacitados.

Las operaciones de soldadura presentan problemas especiales debido que a menudo se encuentran gases o humos tóxicos, y al mismo tiempo el soldador debe quedar protegido de radiaciones dañinas. Para estas radiaciones, se venden lentes que se superponen en los respiradores completos. Otra alternativa es utilizar el respirador bajo una capucha de soldador especial, bajo la cual sólo se acomoda un respirador de media máscara.

## ENTRADA A ESPACIOS ENCERRADOS

Uno de los trabajos más peligrosos en la industria es la limpieza, reparación o mantenimiento que requiera entrar en tanques u otros espacios cerrados. El riesgo es evidente pues los tanques no están destinados a una ocupación continua; por tanto, el entorno es generalmente sospechoso. Dado que la operación es temporal, es tentador arriesgarse y esperar lo mejor. Aun si se sabe que en tal atmósfera se corre algún peligro, los trabajadores se sienten inclinados "a entrar y salir deprisa" para realizar el trabajo, sin perder el tiempo y ni hacer el gasto de un equipo extenso y completo de protección personal. Bajo esta perspectiva examinemos el caso 11.2.

### CASO 11.2 ENVENENAMIENTO POR SULFURO DE HIDRÓGENO

Un trabajador de mantenimiento entró por una lumbrera de alcantarilla para reparar una tubería y se desmayó en el fondo. Un colega que lo estaba observando entró a la lumbrera, perdió el conocimiento y cayó también al fondo. Un supervisor se asomó por la apertura, vio al supuesto rescatista y entró para tratar de sacarlo. Sin embargo, se mareó, salió del lugar y se desmayó. Cuando recobró el conocimiento, llamó a servicios de rescate y de emergencia. Los dos trabajadores murieron por envenenamiento con sulfuro de hidrógeno (ref. 45).

En retrospectiva, parece que el segundo trabajador y el supervisor no debieron haber entrado al lugar. Sin embargo, el caso 11.2 no es un incidente aislado. Son bastante comunes incidentes de fallecimientos dobles e incluso triples. En la premura de la emergencia, hay una fuerte tendencia a intentar salvar a la víctima, y de alguna forma nuestros procesos de razonamiento no nos dicen que lo que le pasó al primer trabajador nos pasará también a nosotros. Según parece, pensamos que estaremos más alerta a los síntomas que la primera víctima y que saldremos rápidamente en cuanto nos demos cuenta de que estamos sufriendo el mismo destino.

La OSHA tiene mucho interés en este riesgo, y durante muchos años reunió datos, opiniones de representantes de la industria y de los sindicatos y propuso formas de redactar una norma que se refiriera específicamente a los riesgos en espacios encerrados. Entretanto, continuó investigando tales fallecimientos y notificando al patrono, apoyándose por lo general en la cláusula de responsabilidad general. A principios de 1993, la OSHA terminó la redacción de una norma para espacios encerrados con vigencia a partir del 15 de abril de 1993. La norma ha cristalizado el sentir de la industria concerniente a lo que debe hacerse a fin de prepararse y evadir los riesgos en los espacios encerrados.

#### Identificación del riesgo

Los espacios cerrados tienen más riesgos de lo que la gente piensa. El riesgo principal es la atmósfera que el trabajador respira, pero no es de ninguna manera el único. Algunos espacios cerrados presentan un riesgo mecánico, como la pesadilla de descender en un espacio cada vez más angosto que puede atrapar al trabajador, haciendo que todo movimiento de escape no haga más que agravar el problema y lo deje confinado sin esperanzas en un espacio sofocante. El riesgo de *entrapamiento* en lugares como silos, cubas de almacenamiento en forma de cuña, embudos alimentadores y recolectores ciclón (véase la figura 9.5) es real e incluso común en las industrias agrícolas y de procesamiento de materiales.

Otro riesgo que no tiene nada que ver con la calidad atmosférica es *quedar sepultado*. La arena, el grano y otros materiales granulares sólidos tienen propiedades parecidas a los fluidos. Quienes caen en ellos quedan atrapados y rodeados mientras se hunden más con cada movimiento. La muerte

sobreviene en por lo menos dos formas: por respirar el polvo y otras partículas de material que bloquean los conductos pulmonares, o bien por quedar aplastado con el peso del material que se cierra alrededor de las víctimas. Veamos ahora el caso 11.3.

### CASO 11.3 SUMIDERO DE ARENA

Dos empleados de una fundición de Ohio entraron a un silo de arena para liberar un atascamiento. Mientras estaban trabajando, la arena que se había adherido a los lados del silo comenzó a soltarse y a caer sobre ellos. Uno de los empleados quedó enterrado rápidamente hasta el pecho, justo por debajo de las axilas. El otro salió del silo para conseguir una cuerda con la que sacar a su colega de la arena. De vuelta, la, ató a su compañero y trató de jalarlo. No tuvo éxito. Durante el intento de rescate, cayó más arena adicional que cubrió por completo y asfixió al empleado atrapado (ref. 122).

Aunque quedar sepultado es un riesgo serio, la simple deficiencia de oxígeno (menos de 19.5 por ciento de oxígeno en el aire de respiración) es el mayor asesino en los espacios cerrados. A menudo se debe a procesos químicos que reaccionan con el oxígeno del aire, como la fermentación, la combustión e incluso la corrosión. Las alcantarillas y las instalaciones de procesamiento de aguas negras suelen ser deficientes en oxígeno. Es irónico que la *utilización de gases inertes*, un procedimiento utilizado para prevenir incendios, origina un riesgo diferente: deficiencia de oxígeno. Para desplazar el oxígeno en un recinto cuya atmósfera pueda contener concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables se utiliza nitrógeno o algún otro gas inerte. Muy poco oxígeno es un riesgo, pero también lo es demasiado. El oxígeno tiene una densidad ligeramente mayor que el aire de respiración normal, así que el enriquecimiento por oxígeno (contenido de oxígeno mayor que el aire de respiración normal, así que el enriquecimiento por oxígeno (contenido de oxígeno mayor a 23.5 por ciento en el aire de respiración) puede presentar problemas en espacios cerrados como los silos para misiles. En el capítulo 15 veremos cómo este riesgo ocasionó uno de los peores accidentes industriales en la historia de los Estados Unidos. Siempre que se hagan soldaduras, y a menudo se hacen en espacios cerrados, debe tomarse en consideración la posibilidad de que se produzcan incendios por enriquecimiento de oxígeno.

Más arriba vimos la definición usual de PIVS; ahora, con respecto a los espacios cerrados, debemos añadir otra faceta a esta definición: el problema del escape. Así, aun si una atmósfera no tiene efecto inmediato sobre la vida o la salud, si paraliza temporalmente al trabajador o menoscaba su capacidad de escapar se convierte en PIVS para el espacio confinado.

#### Aislamiento del espacio

Es evidente que si un espacio contiene un líquido, especialmente uno que emita vapores tóxicos, hay que retirarlo antes de entrar. Además, es elemental cerrar las válvulas de tubería que suministran el



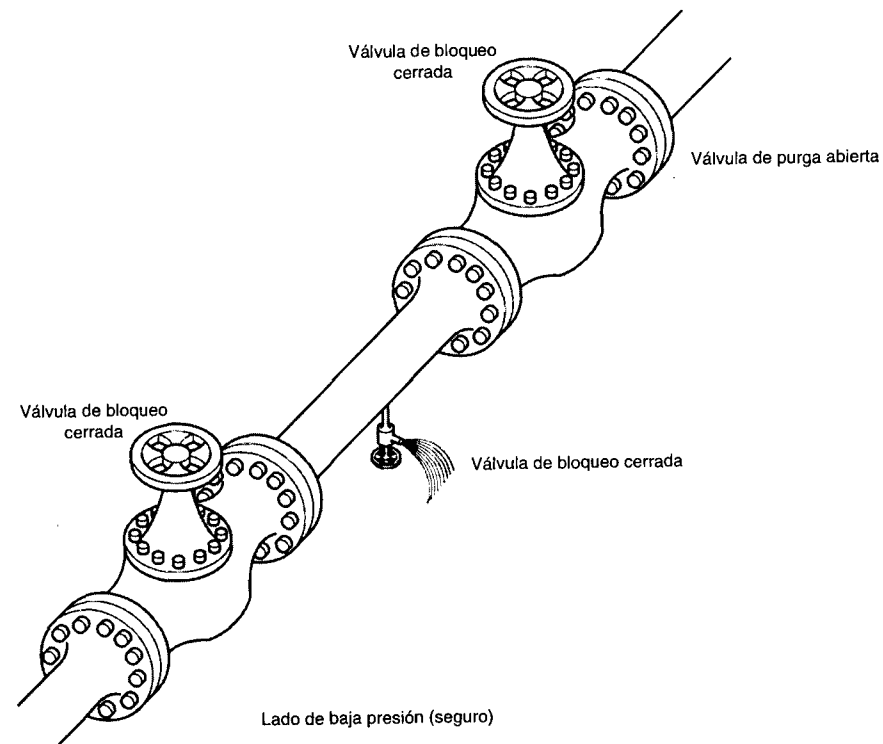


Figura 11-8 Doble bloqueo y purga.

líquido. Sin embargo, el riesgo es más insidioso cuando se trata de un espacio cerrado. Aunque la válvula esté cerrada, si tiene una presión lo bastante alta puede haber una pequeña cantidad de fuga o purga en el espacio. Esto ha llevado a un procedimiento de seguridad reconocido llamado como *doble bloqueo y purga*, que se explica en la figura 11.8.

Otra práctica que cumple el mismo objetivo consiste en cortar o separar la tubería y desalinearla para romper la continuidad entre el espacio cerrado y el material peligroso. Otra solución es el *sellado* o *cegamiento*, que pide cerrar totalmente el tubo, tubería o ducto acoplando una placa sólida que cubra la sección transversal interior de la tubería y sea capaz de soportar la presión máxima de su contenido sin fuga alguna.

## PROTECCIÓN DE LA CABEZA

Un símbolo primario de la OSHA, los departamentos de seguridad de las corporaciones y de prácticamente cualquiera que esté relacionado con la seguridad y la salud en el trabajo, es el perfil familiar del "casco de protección". Tan importante es este símbolo que muchos gerentes de seguridad celosos de su trabajo han establecido reglas arbitrarias de casco de protección en grandes áreas de trabajo general. No hay nada de malo en tales reglas, si en verdad hay riesgos. Pero cuando los trabajadores

sienten que no corren peligro alguno y que la regla es un mecanismo promocional o decorativo, a menudo demuestran su resistencia rehusándose a ponerse el casco.

Las reglas para casco de protección deben formularse con cuidado, con amplia consideración a las consecuencias en ambos lados. Una vez que se ha decidido que es necesaria tal regla, el gerente de seguridad e higiene debe emprender los pasos para implantarla. Tiene que reunir las pruebas que defienden la regla en paquetes de capacitación destinados a convencer a los trabajadores. Después de la capacitación y el comienzo de la fase de implantación, hay que realizar verificaciones de seguimiento para asegurarse de que la regla se cumple. Se deben aplicar correctivos para controlar las infracciones, incluyendo acciones disciplinarias si fuera necesario.

Los cascos de protección parecen más aceptados que la protección para el oído. Además de ser el símbolo de la seguridad y la higiene en el trabajo, el casco se ha convertido en símbolo del trabajo rudo y físico. La imagen ha atraído a los hombres por siglos y cada vez llama más la atención de las mujeres trabajadoras. El personal de administración también ha sucumbido a la imagen que evoca el casco de protección. Cuando un gerente lo porta parece decir que está bien informado de las operaciones de la empresa y que está orientado a la acción, que hace más que hablar por teléfono, asistir a juntas y sentarse detrás de un escritorio.

## EQUIPO MISCELÁNEO DE PROTECCIÓN PERSONAL

### Calzado de seguridad

El calzado de seguridad es más costoso que los cascos de protección, porque se gasta más rápido y cuesta más por pieza. Los empleados pueden comprar su propio calzado con atractivos descuentos en algunos establecimientos, y esto fomenta su uso. Viene en una amplia variedad de estilos atractivos, y la resistencia de los empleados a usarlo es ya cosa del pasado.

A menudo se encarga al gerente de seguridad e higiene la decisión de qué trabajos requieren de calzado de seguridad y cuáles no. Aunque las normas nacionales aplicables son explícitas sobre el diseño y la fabricación del calzado de seguridad, al igual que con todos los demás equipos de protección personal, la decisión de dónde se deben utilizar recae en el usuario o en la administración.

Un lugar donde se necesita calzado de seguridad es sobre y alrededor de las plataformas de carga y descarga. Esto debería ser obvio, pero ha habido ciertas polémicas legales sobre el tema. Las cortes han decidido la cuestión, y los gerentes de seguridad e higiene deben asegurarse de que el personal de las plataformas y muelles de carga y descarga lo lleven puesto.

### Ropa protectora y riesgos cutáneos

Las enfermedades cutáneas, especialmente la dermatitis por contacto con irritantes, representan un porcentaje considerable de todas las enfermedades laborales informadas. El gerente de seguridad e higiene debe estar alerta a las diversas fuentes de riesgos cutáneos, como la soldadura, los productos químicos especiales, los depósitos de superficie abierta, los lubricantes para corte y los solventes.

La mayoría de los soldadores conocen el valor de los delantales protectores para trabajo pesado y las manoplas a prueba de fuego. La ropa de cuero o de lana es más protectora que el algodón desde el punto de vista de la inflamabilidad. Nomex™ es una tela tratada con retardante de flama.

Otro uso para la ropa protectora es en la exposición a productos químicos de depósitos de superficie abierta. Los guantes deben ser impermeables, no debe afectarles el líquido que se maneja y han de ser lo bastante largos para evitar que se cuele el líquido. Si los guantes no son largos, pueden representar más riesgos que beneficios. A muchos trabajadores se les han irritado más las manos que los brazos descubiertos, simplemente porque los guantes dejaron entrar líquido y se convirtieron en depósitos de inmersión.

El análisis del equipo de protección personal para depósitos de superficie abierta no está completo sin la mención de los *agujeros de cromo*, una afección de sonido ominoso que hace honor a su nombre. Los vapores y vahos de los depósitos de electrodepósito de cromo pueden causar ulceraciones abiertas, particularmente en las partes húmedas y suaves de la piel. El tabique interno de la nariz (la parte que divide las fosas nasales) es muy susceptible a la ulceración por ácido crómico, cromato de sodio y dicromato de potasio. En las plantas de electrodepósito, no es raro encontrar trabajadores con los tabiques destruidos por estos compuestos. Una ventilación apropiada y controles de ingeniería son los medios de prevención más apropiados. La educación de los trabajadores y los exámenes periódicos también tienen sus beneficios, si comprenden un examen periódico de las fosas nasales y otras partes del cuerpo de los trabajadores expuestos a los ácidos crómicos. Al igual que con otros riesgos, la última línea de defensa es el equipo de protección personal, en la forma de respiradores con cartuchos para eliminar los peligrosos vahos de ácido crómico.

Sin duda, el riesgo más común entre los irritantes de la piel son los lubricantes de corte utilizados en operaciones de maquinado de metal. Estos lubricantes son útiles y a veces esenciales para lubricar la herramienta, reducir la temperatura de corte, retirar partículas, permitir un corte de mayor calidad y alargar la vida de la herramienta. Pero no siempre son necesarios y en algunas situaciones incluso no son deseables. Por lo regular, es el ingeniero de fabricación quien decide si se aplica un lubricante de corte y en qué procesos de manufactura, pero no hay ninguna razón por la que el gerente de seguridad e higiene no tenga su parte en la decisión, sobre todo porque afecta la seguridad.

Los lubricantes de corte son de dos tipos: naturales y sintéticos. Los aceites naturales son de base de petróleo y son los primeros causantes de una enfermedad cutánea industrial muy común: la foliculitis por aceite, que consiste en el taponamiento de los folículos de vello de la piel, lo que provoca lesiones parecidas al acné. Los lubricantes sintéticos, que tanto se emplean hoy, se reconocen fácilmente por su familiar apariencia blanca lechosa. Aunque no es probable que provoquen foliculitis, sí tienen la dudosa reputación de contaminarse con bacterias y presentar riesgos de infecciones cutáneas. Si se añaden agentes antibacterianos, éstos, por su parte, suelen ser irritantes de la piel. La tecnología está empeñada en mejorar los lubricantes de corte, pero el trabajo no ha terminado y todavía es necesario usar equipo de protección personal.

Las cremas protectoras para la piel son una alternativa a los guantes o a la ropa especial, pero no son de ninguna manera una panacea. Las cremas deben eliminarse y volverse aplicar por lo menos cada descanso, cada hora de comida y cada turno. Esta aplicación y reaplicación quita tiempo de trabajo, además del costo de las cremas mismas. Asimismo, no se considera que sean tan eficaces como los guantes, aun si se aplican apropiadamente. Sin embargo, cabe frecuentarlas si los requerimientos del trabajo imposibilitan el uso de guantes.

Una gran preocupación del gerente de seguridad e higiene respecto a la protección cutánea está en los solventes de la planta. Los solventes son esenciales para la eliminación de grasas y de los lubricantes de corte, y aquí aparece otra razón para trabajar, si fuera práctico, sin lubricantes

de corte. Un solvente familiar es el tricloroetileno, y muchos trabajadores tienen la mala costumbre de lavar piezas en tricloroetileno con las manos desnudas. Entre las alternativas se cuenta el uso de canastas de alambre para manejar las piezas dentro del solvente, o bien en algunas situaciones sustituir el tricloroetileno por agua y jabón. En su mayor parte, el jabón y el agua no serán tan buenos para cortar los aceites y las grasas, pero muchas veces bastan. El gerente de seguridad e higiene no está realizando su trabajo a menos que identifique estas situaciones y llame la atención de la dirección y los ingenieros. Cuando otros solventes, canastas de alambre y otros controles de ingeniería sean impracticables, es necesario equipo de protección personal, por ejemplo los guantes.

Parece apropiado concluir el análisis de los riesgos cutáneos, guantes y ropa protectora mencionando una de las medidas de protección personal más sencillas: a saber, la limpieza y la higiene personales. Los trabajadores acuciosos para lavarse las manos y el cuerpo con frecuencia disfrutan de menor incidencia de enfermedades cutáneas. Es fácil comprender por qué. Con irritantes cutáneos, en igualdad de circunstancias el alcance de la lesión está relacionado directamente con la duración de la exposición. Es fácil olvidar cuán convenientes son el agua y el jabón para eliminar elementos agresivos de toda suerte.

¿Qué puede hacer el gerente de seguridad e higiene para motivar a los trabajadores a adoptar buenos hábitos de limpieza e higiene? La respuesta es la capacitación y los recordatorios motivacionales, en forma de letreros y carteles por toda la planta. Pero esta respuesta obvia no es la única, y quizás ni siquiera la mejor. El gerente de seguridad e higiene debe tratar de influir en la selección y el diseño de baños convenientes, bien mantenidos y agradables que subirán la moral de los empleados al tiempo que los motivan a lavarse periódicamente. No hay nada más desalentador para los empleados que llegar a un baño sin agua caliente, ni jabón ni toallas.

## PRIMEROS AUXILIOS

Muchas veces, el gerente de seguridad e higiene será el responsable de la estación de primeros auxilios y de supervisar la enfermera de la planta. La estación de primeros auxilios puede cumplir varias funciones adicionales, además de proveer cuidado inmediato a lesionados. Por ejemplo, sirve para pruebas médicas, exámenes de selección y vigilancia de efectos crónicos y agudos de riesgos a la salud. Asimismo, la enfermera de la planta y demás personal de primeros auxilios tienen la responsabilidad de llevar a cabo parte de las funciones de registro e informe que estudiamos en el capítulo 2.

En ausencia de una enfermería, clínica u hospital “en las cercanías” del lugar de trabajo, se debe contar con una persona capacitada en primeros auxilios. En este contexto, no parece que haya nadie capaz de determinar con autoridad lo que significa *cercanías*. A este respecto, en los Estados Unidos se han comparado diversas interpretaciones, y en su mayor parte la opinión ha oscilado entre cinco y 15 minutos de tiempo en auto. La interpretación depende a veces si la ruta al hospital atraviesa o no la vía de un ferrocarril. Si el lugar de trabajo no es sí mismo un hospital o una clínica ni está justo al lado, se recomienda al gerente de seguridad e higiene que se asegure que por lo menos uno, y preferiblemente más de uno de los empleados esté capacitado en primeros auxilios.

Debe haber a la mano un botiquín de primeros auxilios, y el gerente de seguridad e higiene debe solicitar el consejo de un médico en lo concerniente a la selección de estos materiales. Los médicos se muestran reacios a dar tales consejos, quizá porque temen enredarse más adelante en cuestiones

legales si ocurre un accidente y no hay el material adecuado. Los gerentes de seguridad e higiene deben esforzarse por conseguir estos consejos y después documentar lo que hicieron.

Otra consideración respecto a los primeros auxilios es la provisión de duchas y estaciones de lavado de ojos de emergencia en áreas donde sea posible la exposición a materiales dañinos corrosivos. Casi todos han visto la regadera de tipo de diluvio, que se activa jalando de un gran anillo sujeto a una cadena que abre la válvula. Las instalaciones para lavado de ojos son similares a las fuentes para beber pero disparan dos chorros, uno para cada ojo.

Dado el costo y la permanencia de las instalaciones convencionales de lavado de ojos, algunos individuos emprendedores e innovadores han comercializado una simple botella de plástico con agua, con un tubo de plástico que cuelga de un letrero que identifica su propósito para el lavado de ojos de emergencia. Quizá esta solución no sea la que los redactores de la norma tenían en mente, pero las botellitas de agua no carecen de méritos. En primer lugar, pueden colocarse mejor en los lugares más convenientes para su uso inmediato en caso de accidentes. La mayor parte de las disposiciones físicas del lugar de trabajo cambian con bastante frecuencia, por lo que una instalación de lavado de ojos permanente suele ser engorrosa y cara y a menudo queda en el sitio equivocado. Aún más, el método de la botella de agua permite introducir antidotos o agentes neutralizadores para determinados materiales corrosivos. Pero ¡ay!, del lesionado que utilice un antidoto para ácido si se expuso a un cáustico, o viceversa. Además, por lo regular el volumen de agua está limitado a poco más de un litro o cuando mucho tres. No será suficiente agua si el manual de primeros auxilios especifica que se enjuaguen los ojos “con abundante líquido durante 15 minutos”.

## CONCLUSIÓN

Al reflexionar sobre este capítulo queda la impresión que proveer y mantener equipo de protección personal adecuado y de primeros auxilios no es tarea fácil. Aun después de que se ha seleccionado el equipo apropiado y se han establecido los procedimientos para su mantenimiento, se debe capacitar y disciplinar a los empleados para que lo utilicen de la forma correcta. Los inspectores reconocen fácilmente las infracciones simples, como cuando algunos empleados no portan el equipo de protección personal prescrito. Un escollo para el gerente de seguridad e higiene es especificar el uso general de equipo de protección cuando no es del todo obligatorio. La especificación general es una trampa que conducirá a la apatía de los empleados y a más infracciones a la regla.

Volviendo al principio de que el equipo de protección personal es un último recurso para proteger el lugar de trabajo, definitivamente es preferible eliminar los riesgos por medio de la ingeniería. El equipo de protección personal parece ser una salida fácil y barata, pero un examen de sus principios y las dificultades ocultas es una gran motivación para recurrir a los controles de ingeniería.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 11.1 Los trabajadores techadores a menudo aplican materiales de espuma expansible utilizando respiradores de media máscara con cartuchos. ¿Por qué es una práctica incorrecta y poco segura?
- 11.2 ¿Qué es una unidad de química de generación de oxígeno? ¿En qué condiciones explotará?

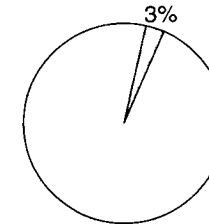
- 11.3 Como ingeniero de seguridad, ¿en qué circunstancias recomendaría usted un respirador de circuito cerrado?
- 11.4 En una situación de PIVS, ¿preferiría usted el modo de flujo sobre demanda o el modo de demanda sobre presión, si ambas opciones son practicables? ¿Por qué?
- 11.5 En un accidente no del todo inusual, un empleado estaba limpiando un depósito al cual se entraba por una lumbrera. Otro trabajador lo vio desmayarse y, mientras trataba de rescatarlo, se desmayó también y ambos murieron. ¿Qué medidas preventivas sugiere usted para evitar estos accidentes?
- 11.6 ¿Cuáles son los dos tipos básicos de “lentes de seguridad”? ¿Cuáles son más duraderos?
- 11.7 ¿Cuál es el argumento contra el requerimiento de lentes de seguridad y cascos de protección en todas las áreas de la planta, incluyendo aquellas donde no se necesiten?
- 11.8 Mencione algunos puestos para los cuales se debe proveer de protección ocular.
- 11.9 ¿Por qué no se debe confiar en que los “respiradores para vapores orgánicos” protegerán contra todos los vapores orgánicos?
- 11.10 En una planta industrial hay cierto letrero que pasa por alto los principios del equipo de protección personal. ¿Qué cree que dice el letrero?
- 11.11 ¿Por qué la distribución de equipo de protección personal no es una solución satisfactoria al problema de proteger a los trabajadores?
- 11.12 ¿Cuáles son los riesgos de que los empleados traigan al trabajo su propio equipo de protección personal?
- 11.13 ¿Por qué los accesos de dimensiones reducidas para la entrada a recipientes provocaron una gran cantidad de fallecimientos múltiples en los Estados Unidos?
- 11.14 ¿Por qué un cinturón de seguridad para protección contra caída debe ser mucho más fuerte de lo que se requeriría para soportar el peso corporal del usuario?
- 11.15 Mencione varias alternativas al lavado de piezas en tricloroetileno en el que los trabajadores ponen sus manos desnudas dentro del solvente.
- 11.16 Explique el riesgo de fallecimientos múltiples que se corre con la entrada a espacios cerrados.
- 11.17 Describa los riesgos principales de los espacios cerrados.
- 11.18 ¿Cuál es el fenómeno del sumidero? ¿Cómo sobreviene la muerte de la víctima?
- 11.19 Describa el mecanismo típico del riesgo en los espacios cerrados que contienen peligros mecánicos.
- 11.20 ¿El procedimiento de seguridad de usar gases inertes está diseñado para reducir qué riesgo? ¿Qué otro riesgo provoca a veces?
- 11.21 ¿Cuál es el riesgo principal asociado con el enriquecimiento de oxígeno?
- 11.22 ¿Qué impacto tienen los espacios encerrados en la definición de PIVS?
- 11.23 Describa algunos procedimientos para aislar espacios cerrados.
- 11.24 Mencione una atmósfera peligrosa común para la cual no funciona la máscara de gas.
- 11.25 Explique los aspectos peculiares de la exposición PIVS a materiales como el fluoruro de hidrógeno o los vapores de cadmio.
- 11.26 Explique los problemas que acarrearán los programas parciales de protección respiratoria cuando no es en realidad necesaria.
- 11.27 Explique el término “doble bloqueo y purga”, esto es, ¿qué es lo que está “bloqueado” y qué es lo que se “purga” y por qué?

## EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 11.28 Examine la seguridad en pozos de servicio para cascadas de adorno, como las que se ven en los centros comerciales. Averigüe si se ha informado de accidentes o incidentes y qué riesgos se han descubierto.
- 11.29 Algunos entornos laborales requieren el uso de trajes con alimentación de aire provistos ya sea con un aparato de respiración independiente o bien mediante tuberías de aire. Ocurre una situación de emergencia cuando se presenta una condición de “aire desconectado”, especialmente cuando el trabajador todavía está en la atmósfera peligrosa. Examine este riesgo y determine si se ha publicado alguna guía para manejarlo.
- 11.30 En el caso 11.3 se analizan los riesgos de atrapamiento en los silos de arena. Investigue los riesgos similares en los silos de grano. ¿Qué tan rápido queda atrapada una víctima cuando comienza una descarga al silo? ¿Qué tan rápido queda la víctima sumida por completo en la pila del grano? ¿Cuánto pesa una pila de 30 centímetros de maíz sobre un hombre acostado de 1.80 metros de estatura (ref. 86)?
- 11.31 Estudie los riesgos del metano en espacios cerrados. ¿Cómo afecta la concentración? Compare los aspectos de seguridad y de salud.
- 11.32 A fines de los años ochenta, antes de la promulgación de la norma de espacios cerrados de la OSHA, el NIOSH estudió sus riesgos. ¿Cómo definió “espacio confinado”? Identifique tres “clases” de espacios cerrados según el NIOSH. ¿Qué tres “problemas” de los patronos identificó? ¿Qué porcentaje de las muertes en espacios confinados representa a los “rescatistas fallidos”?
- 11.33 ¿A cuáles industrias exenta la OSHA de la norma de entrada a espacios confinados con “permiso requerido”? ¿Cuál es el motivo?
- 1.34 Encuentre una estimación publicada de los accesos para telecomunicaciones en los Estados Unidos. ¿Son estos accesos “espacios confinados”? ¿Por qué? GTE es una empresa de importancia en esta rama industrial. ¿Aproximadamente cuántos empleados de GTE entran a lumbreras de acceso cada año? ¿Cuántas veces al año en promedio entran estos empleados a los accesos? ¿Qué norma de la OSHA regula la entrada segura a los accesos para telecomunicaciones?

## CAPÍTULO 12

## Protección contra incendios



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

Este capítulo trata del que quizás sea el tema más antiguo en la seguridad y la salud laborales, pero los progresos modernos en el campo de la seguridad contra incendios lo colocan en una fase muy dinámica. Más que otras categorías de seguridad e higiene, la seguridad contra incendios presenta al gerente de seguridad e higiene una amplia variedad de alternativas para manejar estos riesgos.

Las normas de protección contra incendios industriales, al tratarse de la OSHA, consistían al principio en poco más que ocuparse de extinguidores, de su selección, emplazamiento, señalamientos, inspección y mantenimiento. Por supuesto, había unas cuantas normas oscuras sobre temas como “sistemas de columnas de alimentación y mangueras”, pero casi toda la actividad se centraba alrededor de los extinguidores. Hoy, el campo de la protección industrial contra incendios es mucho más complejo y comprende alternativas como planes de acción de emergencia, prevención de incendios, brigadas contra fuegos, sistemas de señalamiento de alarma, sistemas extintores fijos y sistemas de extinción de incendios por rociadura automática. En lugar de seguir ciegamente las viejas normas sobre los extinguidores, los gerentes de seguridad e higiene tienen ahora la oportunidad de explorar varias estrategias o combinaciones de estrategias a fin de establecer el método de protección más económico para su situación particular. Las mismas normas federales han sido modificadas para delegar la autoridad en la toma de decisiones a los gerentes industriales.

Es fácil simplificar en demasía la protección contra incendios y referirse sólo a la extinción de fuegos, pero en realidad abarca tres campos: prevención de incendios, supresión de fuegos y protección del personal (escape). Muchas de las críticas a las viejas normas de seguridad contra incendios se dirigían a que subrayaban la supresión de fuego y los extinguidores, que en algunas situaciones de incendio no son la alternativa más segura. Algunas empresas no querían extinguidores y preferían instruir a sus empleados para que escaparan sin intentar apagar el fuego. Su argumento era que los extinguidores son principalmente para protección de la propiedad, y que lo más seguro que pueden hacer los trabajadores es escapar. Las normas actuales aceptan este razonamiento junto con varios matices de estrategias combinadas. Antes de analizar estas estrategias en detalle, algunos hechos sobre incendios deberán poner el problema de la protección contra incendios en su debida perspectiva.

## INCENDIOS INDUSTRIALES

Según el Consejo de Seguridad Nacional (ref. 1), los incendios son la quinta causa de muertes accidentales. Hasta hace poco era la tercera, después de los fallecimientos por vehículos de motor y por caídas, pero en los últimos años el envenenamiento y los ahogados la han superado. Esto no habla mal de los envenenamientos y ahogamientos, sino más bien es una indicación de que la seguridad contra incendios está mejorando. Uno pensaría que los sistemas de alta tecnología de detección, protección y supresión de incendios utilizados en los Estados Unidos harían que tuvieran una de las menores tasas de fallecimientos por incendio en el mundo. ¡Todo lo contrario! Los Estados Unidos tienen una de las peores tasas de muerte por incendio en el mundo industrial, de aproximadamente 16 muertes por millón de personas.

Esta tasa, pues, es elevada, pero cualquiera que intente asignar la responsabilidad a la industria se va a desilusionar. De acuerdo con estadísticas de la NFPA (ref. 49), 80 por ciento de los fallecimientos por incendio en los Estados Unidos ocurren en las casas, no en las industrias. Las estadísticas de muertes en el trabajo muestran que en 1994 menos de dos por ciento se debieron al fuego. De acuerdo con las mismas estadísticas, la violencia en el trabajo era 10 veces mayor que la cifra de fallecimientos por fuego. Estos hechos refuerzan la conclusión de que la industria, más que la mayor parte del resto de los miembros de esa sociedad, ha hecho mucho para controlar los riesgos de incendio. Considerando la increíble exposición a líquidos inflamables en refinerías y plantas químicas y los miles de millones de horas de trabajo que transcurren en las plantas industriales cada año, es asombroso que el total de muertes por incendio en todas las plantas industriales no sea mayor que el número total de los que mueren por incendios en tabernas y prisiones. De hecho, más gente murió en un solo incendio en un club de Kentucky en 1977<sup>1</sup> que en la suma de todos los incendios industriales en ese año y los siguientes dos.

Las industrias más peligrosas desde el punto de vista del riesgo de incendios son las minas, los silos elevadores de grano, los molinos de grano, las refinerías y las plantas químicas. Los fallecimientos por fuego en estas cuatro ramas industriales empuñan el total de todas las demás juntas. Para la industria manufacturera en general, el total de fallecimientos por incendio es muy bajo. Una tragedia ocurrió en 1991 en Hamlet, Carolina del Norte, donde 25 personas perdieron la vida en 35 minutos cuando un incendio arrasó con la planta de procesamiento de carne de aves de Imperial Foods. Una tragedia todavía peor fue el incendio de Triangle Shirtwaist Company, que costó 145 vidas en Nueva York en 1912. El incendio de Triangle Shirtwaist Company recibió tanta publicidad que tuvo un profundo impacto en la reglamentación para controlar fuegos industriales en los Estados Unidos, con el resultado que durante el último siglo la industria de ese país obtuvo una excelente historia de incendios. La tragedia de Imperial Foods le recordó al público las consecuencias de salidas bloqueadas y de ser condescendientes en cuanto a estos riesgos.

## PREVENCIÓN DE INCENDIOS

La mejor manera de tratar los incendios es impedir que ocurran, así como en el capítulo 11 llegamos a la conclusión de que eran preferibles los controles de ingeniería al uso de equipo de protección personal. La eficacia en prevención de los incendios requiere imaginar las fuentes posibles. Cada instalación es diferente y requiere de un análisis individual de las fuentes potenciales de incendio. Una vez que se han identificado los riesgos, hay que tomar las decisiones sobre quién tiene la responsabilidad de controlarlos. Estas decisiones deben documentarse en un plan de prevención de incendios.

<sup>1</sup> Incendio del Beverly Hills Supper Club, en Southgate, Kentucky, 165 muertos.

Una causa importante de incendios es el sobrecalentamiento de los cojinetes o maquinaria y procesos calientes. Otra causa son filtros o ductos de ventilación tapados o sucios, especialmente cuando el material obstructor es un contaminante aéreo inflamable o combustible. Algunas de estas causas se evitan adoptando un buen programa de mantenimiento preventivo, que al mismo tiempo que disminuye la posibilidad de incendios, alarga la vida del equipo. En esta estrategia el gerente de seguridad e higiene verá una oportunidad de ahorrar en costos de producción, en tanto que favorece la causa de la seguridad contra incendios.

Otro ingrediente del plan de prevención es una estrategia de limpieza. La acumulación de polvos combustibles en los silos elevadores de grano y los residuos de pintura en operaciones de pintura con pistola por rociado son buenos ejemplos de la forma en que una limpieza deficiente aumenta los riesgos de fuego. Incluso el papel ordinario y el material de desecho plantean riesgos.

## EVACUACIÓN DE EMERGENCIA

Al utilizar la *estrategia de escape* para manejar los incendios u otras emergencias, el patrono debe preparar un *plan de acción de emergencia* por escrito. Este concepto se encuentra desde hace muchos años en hospitales, escuelas e instituciones y, más recientemente, se ha extendido a la industria en general.

### Sistemas de alarma

Un sistema de alarma para los empleados es vital en el plan de acción de emergencia. Pero estos sistemas no son tan simples como parecen. Hay que formularse las siguientes preguntas: ¿Reconocerá el personal la señal como una alarma de incendio? ¿Qué hay de empleados sordos o ciegos? Debe pensarse en sistemas audibles, visuales y táctiles o tal vez combinaciones de éstos. En lugares de trabajo pequeños, la comunicación en voz alta puede ser el mejor medio de alarma de incendio. Cabe emplear en las instalaciones más grandes sistemas de comunicación pública, pero los mensajes de emergencia han de tener prioridad.

La confiabilidad del sistema es importante para las alarmas de incendio, porque a veces las fallas no son evidentes de antemano. Algunos complejos sistemas tienen circuitos de vigilancia integrados para supervisar su confiabilidad. Dichos sistemas no necesitan probarse con tanta frecuencia como los simples sistemas de alarma, que carecen de circuitos de monitoreo. Cuando se están realizando reparaciones, se necesita alguna clase de sistema de respaldo para contar con protección continua. El sistema de respaldo puede incluso emplear “corredores”, teléfonos u otros sistemas informales, pero el gerente de seguridad e higiene debe documentar en qué consiste el sistema de respaldo.

### Sistemas de detección de incendios

Se pueden utilizar alarmas de humo y otros dispositivos de detección para activar el sistema de alarma. Sin embargo, se debe tomar nota de que las alarmas de humo automáticas no son obligatorias en las industrias estadounidenses. Incluso los sistemas manuales o visuales pueden ser considerados sistemas de alarma.

Si se emplean sistemas de detección automática, se debe tener cuidado de dar mantenimiento y protección al equipo. La mayor parte de los sistemas de detección son instrumentos delicados y no soportarán el rigor del entorno industrial. Las condiciones que hay que considerar son el polvo, las atmósferas corrosivas, la exposición a la intemperie, el calor proveniente de los procesos y el daño mecánico.

A veces la gente se muestra reticente a las alarmas sonoras, con trágicas consecuencias. Los gerentes de hotel en particular se resisten a alarmar a los ocupantes. La respuesta típica de la recepción cuando un huésped llama dando una alarma de incendio es mandar un botones a investigar. A nadie se le escapa el riesgo del pánico al darse la alarma de incendio; sin embargo, a menudo se tolera que este argumento sea una excusa para no entrar en acción.

### BRIGADAS CONTRA INCENDIO

Algunas empresas eligen una estrategia en la cual los empleados estén organizados en brigadas para apagar el fuego ellos mismos. Debe examinarse con todo cuidado, porque en la lucha por proteger la propiedad, las brigadas pueden ser un peligro para los empleados.

### Condición física del empleado

Presentarse de voluntario para la brigada no es suficiente para calificar como bombero. Estados físicos que plantean impedimentos son las enfermedades cardíacas, la epilepsia o el enfisema. Otras situaciones, como tímpanos perforados o el uso de barba, desaconsejan el uso de equipo respiratorio. El gerente de seguridad e higiene debe estar seguro de que los voluntarios de la brigada sean examinados. En los casos dudosos, es necesario el certificado de un médico. Los voluntarios que no califican para la extinción de fuegos estructurales en interiores pueden ocuparse de otras tareas.

### Capacitación de los bomberos

Muchos estados tienen academias de capacitación contra incendios, y los gerentes de seguridad e higiene deben averiguar qué instituciones convienen a los miembros de su brigada contra fuegos. La extinción de fuegos estructurales en interiores es más ardua, y los miembros de la brigada asignados a tales tareas deben ser capacitados por los menos cada trimestre. Los otros miembros se capacitan por lo menos una vez al año. También cada año hay que inspeccionar el equipo de extinción que usa la brigada, salvo los extintores, que se examinan cada mes.

### Aparatos y ropa de protección

Si la empresa opta por que las brigadas de extinción se encarguen de incendios estructurales en interiores, les debe proveer de respiradores y ropa de protección: zapatos o botas protectoras, abrigos resistentes al fuego, guantes y protección para la cabeza, ojos y cara.

Un concepto en el que hay que insistir en lo que se refiere al aparato independiente de respiración es el modo del flujo de aire hacia la máscara. En este punto, recomendamos al lector que repase los tres modos que estudiamos en el capítulo 11. El preferido para la extinción de incendios es alguno de los del tipo de presión positiva: demanda sobre presión o flujo continuo. El único argumento válido para utilizar el simple flujo sobre demanda es que con una carga específica este modo permite una exposición de mayor duración. Si el patrono cree que el modo de flujo sobre demanda es esencial, es necesario efectuar la prueba cuantitativa de ajuste con cada bombero.

## EXTINGUIDORES CONTRA INCENDIO

Los extinguidores contra incendio todavía siguen siendo el mejor método de controlar al momento un incendio muy localizado, antes de que se extienda con consecuencias desastrosas. El gerente de seguridad e higiene necesita comprender las diversas clases de fuegos y el tipo de extinguidores apropiado para cada una.

### Clases de fuegos

El campo de protección contra incendios clasifica los fuegos en cuatro tipos. La aplicación de un medio extintor equivocado a un incendio puede hacer más daño que bien.

La tabla 12.1 refiere las cuatro clases de fuegos, ejemplos de los medios extintores apropiados y la distancia máxima de recorrido especificada para los extinguidores de cada tipo. Los fuegos de gas licuado de petróleo (LPG), aunque técnicamente de clase B, en realidad no están adecuadamente cubiertos por ninguna de las cuatro clasificaciones. Tales incendios son enormemente peligrosos, y los extinguidores no son apropiados para controlarlos. Los incendios de LPG deben ser extinguidos por bomberos profesionales, con sistemas poderosos de rociado de agua.

**Tabla 12.1** Cuatro clases de fuegos y medios de extinción adecuados

Clase de fuego	Descripción	Ejemplo de medio extintor	Máximo recorrido autorizado por la OSHA hasta el extinguidor más cercano
A	Papel, madera, tela y algunos materiales de hule y plástico	Espuma, flujo con carga, producto químico seco, agua	22.86 metros
B	Líquidos inflamables o combustibles, gases inflamables, grasas y materiales similares y algunos materiales de hule y plástico	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, producto químico seco, espuma, flujo con carga	15.24 metros
C	Equipo eléctrico energizado	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, producto químico seco	No especificada; distribuir "con base en un patrón apropiado para riesgos clase A o clase B"
D	Metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio	Polvos especiales, arena	22.86 metros

La clave para determinar si un extinguidor es apropiado para determinado riesgo de incendio es verificar la marca de aprobación sobre el extinguidor mismo. Algunas clases de extinguidores han demostrado ser peligrosas y están prohibidas, sin importar las marcas de aprobación anteriores, y aparecen en la tabla 12.2. Algunos extinguidores están aprobados para más de una clase de fuego. Por lo regular, estos extinguidores para usos múltiples emplean un medio químico seco. Ahora bien, aunque su popularidad aumenta, no son la panacea. A veces alteran o arruinan equipo costoso, como computadoras, cuando un extinguidor de CO<sub>2</sub> hubiera bastado. Los extinguidores de espuma o de agua también son más baratos para los incendios más comunes de clase A.

**Tabla 12.2** Extinguidores prohibidos

1. Tetracloruro de carbono
2. Clorobromometano
3. Extinguidores de carcaza soldada o remachada de autogeneración de ácido sódico o de autogeneración de espuma o de cartucho de gas de tipo de agua portátil que son operados al invertir el extinguidor para romper el cartucho o iniciar una reacción química que causa una presión incontrolable que expelle el agente

Fuente: Code of Federal Regulations 29CFR 1910.157.

### Inspección, pruebas e instalación

La OSHA ha abandonado la regla que exigía colocar en los extinguidores etiquetas que indicaran el estado de inspección, pero aún requiere que, durante un año después del último registro o durante la vida de la carcaza, lo que ocurra primero, el patrono conserve registros del mantenimiento anual de cada extinguidor. Además, cada mes está obligado a una inspección visual. Muchos patronos piensan que es conveniente mantener el sistema de etiquetas, aunque ya no se requiera. Así, cuando alguien pide ver el registro de inspección de un extinguidor, está a la mano en la etiqueta.

Además de las inspecciones mensuales y anuales, los extinguidores deben pasar una prueba hidrostática según un programa prescrito para varias clases de extinguidores. Las carcazas se deterioran por daño mecánico o corrosión, y pueden resultar inseguras para contener la presión interior. La prueba hidrostática coloca al extinguidor en una prueba de presión para determinar si puede contener con seguridad aquella a la que estará sujeto en uso. La prueba tiene especificaciones técnicas y debe ser realizada por personal capacitado, con el equipo y en las instalaciones adecuadas. El gerente de seguridad e higiene deja que las pruebas hidrostáticas las lleven a cabo los servicios profesionales.

Otro gran tema de imposición de la OSHA solía ser la altura y la identificación de la instalación de los extinguidores. Las notificaciones de la OSHA resultado de la instalación, identificación y etiquetas de inspección de los extinguidores alguna vez ascendieron a más de la mitad de todas las infracciones. Estos requerimientos han sido eliminados o drásticamente modificados, y la norma se ha vuelto a redactar en lenguaje de desempeño. La norma actual permite que el patrono instale extinguidores en lo alto de la pared, fuera del tráfico de montacargas, con acceso por medio de cuerdas y poleas. El patrono puede realizar la instalación que le parezca conveniente, siempre que los extinguidores sean de fácil acceso y no pongan a los empleados en riesgo de lesionarse.

### Capacitación y educación

Una instalación se ve bien equipada y protegida cuando los extinguidores están colocados en todo lugar de trabajo, listos para tomarlos en una emergencia. Pero la realidad es que pocos empleados saben cómo utilizarlos, y algunos se asustarían de usarlo si supieran cómo. Esto es cierto sobre todo con los extinguidores o los sistemas de manguera colocados detrás de vidrios. La mayor parte de la gente siente gran reticencia a romper vidrios, incluso en las emergencias. Un estudio realizado entre personal de enfermería en un hospital de Ohio reveló que la mayoría no sabía nada sobre el uso de los extinguidores y que los asustaba la posibilidad de usarlos. En consecuencia, el gerente de seguridad a cargo se propuso instruir a las enfermeras para que supieran manejarlos en una emergencia. Sacó al

exterior una cama del hospital y le prendió fuego, para simular un incendio que las enfermeras extinguieran. El campo de la seguridad industrial ha reconocido ahora la necesidad de la capacitación, y ha sido aceptada como norma para la industria en general. La capacitación se requiere en la contratación inicial y luego por lo menos una vez al año.

## SISTEMAS DE COLUMNAS DE ALIMENTACIÓN Y MANGUERAS

Algunos patronos prefieren instalar sistemas de columnas de alimentación y mangueras para la extinción de incendios. Estos sistemas pueden utilizarse en la mayoría de los casos en lugar de la distribución de extinguidores. Los sistemas de columnas de alimentación tienen varias clasificaciones o clases, y están resumidas en la tabla 12.3.

**Tabla 12.3** Clases de sistemas de columna de alimentación y mangueras

Clase	Tamaño de la manguera	Descripción
I	6.30 centímetros	Para departamentos de bomberos profesionales y personas capacitadas en el manejo de sistemas pesados
II	3.80 centímetros	Para incendios en etapa incipiente
III	3.80 y 6.30 centímetros	Para uso de empleados capacitados en todos los incendios, incluyendo las etapas más avanzadas
	“Manguera pequeña de 25 milímetros a 3.80 centímetros”	Para incendios en etapa incipiente

### Equipo

Algunos sistemas de columna de alimentación y mangueras son bastante antiguos. Estos sistemas viejos pueden conservarse tanto tiempo como sean útiles y pasen las pruebas anuales. Pero cuando se efectúen remplazos, el nuevo equipo deberá cumplir todas las normas actuales. Veamos algunos ejemplos de cambios de sistemas:

1. Boquillas de tipo de cierre
2. Recubrimiento interior para la manguera
3. Mínima presión dinámica en la boquilla
4. Prueba hidrostática al instalar

El suministro de agua para los sistemas de columna de alimentación y mangueras viene ya sea de depósitos elevados o bien de depósitos presurizados. El suministro debe ser suficiente para proveer un flujo de 378.5 litros por minuto por lo menos durante 30 minutos. Esto es un cálculo de 11,355 litros por periodo de uso, pero recuerde que se necesitan mucho más de 11,355 litros para proporcionar una presión que mantenga un flujo de 378.5 litros por minuto durante media hora. Una idea aparentemente ingeniosa es olvidarse de las columnas de alimentación o los depósitos presurizados, y conectar el sistema de mangueras a la red de agua de la ciudad. Pero esta teoría no contempla la suficiencia (presión y flujo) del suministro, que por lo general no alcanza el requisito de flujo por minuto.

## Mantenimiento

A veces, las viejos sistemas provocan sorpresas desagradables cuando la manguera se desenrolla para su uso. Los sistemas de cáñamo y de hilo son especialmente propensos a deteriorarse. Después de colgar de su gancho por muchos años sin utilizarse, la manguera puede romperse o desintegrarse cuando se descuelga en una emergencia. Los sistemas de manguera deben revisarse cada año y después de cada uso. En los sistemas de manguera de cáñamo o de hilo, debe volverse a enrollar siguiendo un patrón de doblado diferente.

## SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR ROCIADURA AUTOMÁTICA

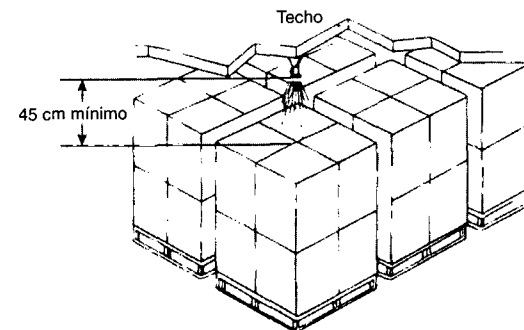
Los sistemas de extinción de incendios por rociadura automática presentan una paradoja, ya que atañen a la seguridad del empleado, pero por lo general son instalados para proteger la propiedad y disminuir las primas de seguro. Si un sistema es instalado *voluntariamente* por el patrono para proteger la propiedad, ¿deberá requerirse que cumpla las normas de seguridad personal? Y si un sistema ya existente no cumple las normas actuales, ¿debe ser desmantelado? Esto difícilmente mejoraría la seguridad.

Algunas veces se instala un buen sistema de rociadores para no funcionar por el uso incorrecto del espacio protegido. Un error consiste en tapar las cabezas rociadoras con residuos de pintura de pistola y otros materiales. Si un área de pintura de pistola está protegida por un sistema automático de rociado, hay que proteger las cabezas rociadoras con bolsas de papel. Si llegara a ocurrir un incendio, las bolsas se quemarían o el agua las despedazaría, así que no interferirían con la acción extintora de los rociadores.

Otro error en que se incurre con los rociadores automáticos es almacenar material muy cerca del techo. Esto interfiere con la distribución del rociado desde la cabeza rociadora. Debe dejarse un espacio de por lo menos 45 centímetros, como se muestra en la figura 12.1, para que el rociado se distribuya bien.

## SISTEMAS EXTINTORES FIJOS

Técnicamente hablando, los sistemas de extinción de incendios por rociadura automática son sistemas extintores fijos, pero en realidad, el *sistema extintor fijo* es un sistema más local para controlar riesgos especiales, como parrillas de cocina o recipientes de templado. De nuevo, el objetivo principal puede ser la protección de la propiedad y la reducción de primas del seguro, pero se deben emprender acciones para



**Figura 12-1** El espacio mínimo vertical entre el material almacenado y la cabeza rociadora es de 45 centímetros, para permitir la distribución del rociado.

impedir que el sistema, que puede descargar gases peligrosos u otros agentes, se convierta en un riesgo para los empleados. Por lo tanto, si no está clara la forma de descargar del sistema, hay que advertir a los trabajadores, quizás con una alarma, que el sistema va a desprender gases o agentes peligrosos. Si en el caso de un agente peligroso se utiliza una estrategia de “inundación total”, es necesario un plan de emergencia para que el personal escape. Algunos agentes son tan peligrosos que están terminantemente prohibidos como medio de extinción; por ejemplo, el clorobromometano y el tetracloruro de carbono.

Los sistemas extintores fijos son en cierta forma como enormes extintores de incendio, fijos y automáticos. Muchos de los procedimientos de mantenimiento apropiados para los extintores de incendio portátiles son también adecuados para los sistemas fijos. Al igual que con los extintores portátiles, es preciso revisar cada año los sistemas fijos. A la par de las inspecciones visuales mensuales a los extintores portátiles, se lleva a cabo una inspección semestral algo más completa de los sistemas fijos, a fin de determinar si los recipientes están cargados y listos para operar. Si los contenedores se cargan en fábrica y no tienen indicadores, deben pesarse para determinar la carga. Una reducción en el peso de cinco por ciento o una reducción de la presión de 10 por ciento se consideran dentro de los márgenes de tolerancia. Analicemos a continuación algunos sistemas, con los requerimientos para cada uno.

## Sistemas químicos secos

Cuando se habla de sistemas químicos secos, debe recordarse la palabra *químico*. Hay que preguntarse si el producto químico extintor producirá alguna reacción indeseable con los reactivos del proceso o quizás con espumas y agentes humedecedores. Se vende más de un producto químico, y generalmente no deben mezclarse al llenar los cilindros o los contenedores. Se aceptan las mezclas si el producto químico que se quiere añadir es “compatible” con el que se declara en la placa de aprobación del sistema.

Los productos químicos secos utilizados como agentes extintores generalmente no son peligrosos para la salud o seguridad del personal. Sin embargo, la distribución en sí del polvo químico durante una emergencia puede oscurecer la visión y entorpecer el escape. Esta probabilidad exige un sistema de alarma previo a la descarga, como ya dijimos.

El mayor problema de los sistemas químicos secos es la formación de terrones o grumos en el agente. Los climas húmedos o los procesos productores de humedad someten al sistema a un mayor riesgo de formación de terrones. Esta coagulación puede inutilizar al producto químico seco, así que deberán revisarse muestras de éste anualmente para asegurarse de que la humedad no está provocando la formación de terrones.

## Otros agentes para sistemas fijos

Muchos sistemas extinguidores fijos utilizan bióxido de carbono, gases de halón 1211 o halón 1301. Estos sistemas tienen la ventaja de que no requieren tanta limpieza después de una emergencia, pero los tres gases pueden ser peligrosos para empleados desprevenidos, especialmente si se acude a la técnica de inundación total. Deberán seguirse las normas al planear los sistemas de advertencia de descarga, las rutas de escape de los empleados y las concentraciones máximas del gas liberado.

Los agentes de rociado de agua y espuma son menos peligrosos para los empleados, pero los volúmenes necesarios para que sean eficaces pueden obstaculizar las salidas. El drenaje debe conducirse lejos de las áreas de trabajo y de forma que no obstruya las rutas de escape.



## RESUMEN

Las estrategias para tratar con riesgos de incendios industriales se agrupan en las categorías generales de prevención, supresión y escape, o la combinación de éstas. Las normas industriales actuales abarcan todas las estrategias.

Es necesario mantener los riesgos de los incendios industriales en perspectiva. Hoy, los incendios industriales provocan muy pocas pérdidas de vidas y lesiones, en comparación con las muertes por incendio en cualquier otro lugar y los fallecimientos y lesiones por otras causas. A la luz de este ángulo, parecería que el énfasis en las especificaciones del equipo, la inspección periódica de extintores, la capacitación del personal y los planes por escrito están algo fuera de lugar. Sin embargo, no debe permitirse que el excelente historial de la industria en el control de los riesgos de incendio lleve a la complacencia, ahora que se ha logrado este éxito. No hay duda alguna de que el cumplimiento de los estrictos códigos de incendio ha ayudado a la industria a lograr un control tan superior de los riesgos de incendio, en comparación con los accidentes residenciales y otros. Un ejemplo de las trágicas consecuencias de no apearse a los códigos de incendio y los de seguridad fue el incendio de la planta procesadora de carne de aves de Imperial Foods en 1991.

Al principio del capítulo dijimos que la protección contra incendio es el más viejo de los temas de la seguridad y la salud laborales. Quizás haya una correlación entre el hecho de que la protección contra incendios industriales sea una actividad antigua y el que también sea muy exitosa. Tal vez con el tiempo, incluso los campos más recientes en la seguridad y la higiene en el trabajo, que tratamos en otros capítulos, alcanzarán los mismos niveles tan elevados de confiabilidad.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 12.1 ¿Deben requerirse extintores de incendio en todas las plantas industriales? ¿Por qué?
- 12.2 ¿Cuáles son los tres campos principales de la seguridad contra incendios?
- 12.3 ¿Qué argumentos ofrece la industria en contra de la distribución de extintores de incendio?
- 12.4 ¿Cómo califica el fuego entre las causas de muerte accidental en los Estados Unidos?
- 12.5 ¿Cómo se comparan los Estados Unidos con otros países del mundo en número de fallecimientos por fuego, por millón de personas?
- 12.6 ¿Cuál es la categoría ocupacional donde ocurre la mayoría de los fallecimientos por fuego en los Estados Unidos?
- 12.7 ¿Qué porcentaje de la cifra total de fallecimientos industriales es atribuido al fuego, de acuerdo con las estadísticas de 1994?
- 12.8 Mencione algunos elementos de los planes de prevención de incendios.
- 12.9 ¿Cómo se relaciona el mantenimiento preventivo con los riesgos de incendio?
- 12.10 ¿Por qué las alarmas audibles automáticas no siempre cumplen su función de advertir a los empleados de una emergencia de incendio?
- 12.11 ¿Se requieren alarmas de humo automáticas en las plantas industriales?
- 12.12 ¿Por qué a veces un empleado detecta un incendio en la planta pero no da la alarma?
- 12.13 ¿Se requiere que las plantas industriales tengan brigadas contra el fuego?
- 12.14 ¿Qué tan a menudo deben capacitarse los miembros de las brigadas contra fuegos?
- 12.15 Mencione algunas condiciones que descalificarían a un empleado para servir en una brigada contra fuegos.
- 12.16 Identifique las cuatro clases de fuegos. Dé ejemplos de medios de extinción para cada uno.
- 12.17 ¿Qué medio de extinción se utiliza para los incendios de LPG?
- 12.18 Mencione algunos extinguidores prohibidos.
- 12.19 ¿Cuáles son las ventajas y las desventajas del producto químico seco como medio de extinción de incendios?
- 12.20 ¿Qué tan a menudo deben inspeccionarse los extintores de incendio?
- 12.21 ¿Se requiere que los extintores estén instalados a cierta distancia del suelo?
- 12.22 ¿Con qué frecuencia se requiere que los empleados se capaciten en la operación de extintores?
- 12.23 Mencione algunos requerimientos modernos para los sistemas de columna de alimentación y mangueras.
- 12.24 ¿Por qué es inaceptable el suministro municipal de agua para aprovisionar directamente los sistemas de manguera?
- 12.25 ¿Se requiere que las industrias tengan sistemas de extinción de incendios por rociadura automática? Explique.
- 12.26 ¿Por qué se colocan bolsas de papel sobre las cabezas rociadoras?
- 12.27 ¿Qué tan cerca de la cabeza rociadora automática se permite almacenar material en una bodega?
- 12.28 Si un sistema fijo de extinción no tiene calibradores ni indicadores, ¿cómo se puede determinar su condición de carga?
- 12.29 Mencione algunos gases empleados en los sistemas fijos de extinción.
- 12.30 Explique por qué los tímpanos rotos representarían un riesgo para los bomberos.
- 12.31 Mencione tres medios aceptables en los sistemas de alarma contra incendio.
- 12.32 ¿Cuáles son los dos elementos principales de un plan de prevención de incendios?
- 12.33 Describa el trágico incendio industrial de 1991 originado por no seguir los códigos de incendio y de seguridad.
- 12.34 En términos de vidas perdidas, ¿cuál ha sido el peor incendio en el siglo XX de las plantas manufactureras de los Estados Unidos?
- 12.35 Una empresa tiene un sistema de columna de alimentación con capacidad para 11,355 litros de agua. La presión de mantiene por gravedad. ¿Es suficiente para cumplir con las normas para sistemas de columna de alimentación? ¿Por qué?
- 12.36 Explique la diferencia entre presión dinámica y presión estática.
- 12.37 ¿Se requiere que los extintores tengan etiquetas sujetas que documenten su estado de inspección? Explique.
- 12.38 ¿Por cuánto tiempo es necesario que se conserven los registros de inspección de los extintores?
- 12.39 ¿Cuál es el propósito específico de las pruebas hidrostáticas para los extintores (es decir, al control de qué riesgos se dirigen las pruebas)?
- 12.40 ¿Por qué el gerente de seguridad e higiene prefiere no llevar a cabo las pruebas hidrostáticas de los extintores dentro de la planta?
- 12.41 Mencione dos razones por las cuales un extintor puede no pasar la prueba hidrostática.
- 12.42 De los tres modos de flujo de respirador, ¿cuáles son los preferidos de los bomberos? ¿Qué se requiere si se utiliza el tercer modo?

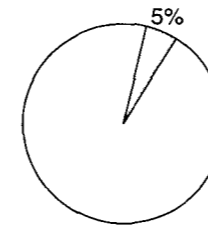
- 12.43 **Caso de diseño.** Lo contratan como asesor para especificar el extintor adecuado para sofocar incendios de LPG. ¿Qué es el LPG y técnicamente a qué clase de fuego pertenece? ¿Qué clase de extintor, si lo hay, especificaría usted para el LPG? ¿Qué otras recomendaciones serían apropiadas?

### EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 12.44 Examine las estadísticas de fallecimientos actuales para determinar cómo califica cada una de las siguientes causas de muerte en el lugar de trabajo. ¿Qué porcentaje del total se atribuye a cada una?
- (a) Caídas
  - (b) Electrocuaciones
  - (c) Deficiencia de oxígeno
  - (d) Exposición a sustancias cáusticas, nocivas o alergénicas
  - (e) Accidentes con vehículos de motor
  - (f) Homicidio y violencia en el lugar de trabajo
  - (g) Incendio

## C A P Í T U L O 1 3

# Manejo y almacenamiento de materiales



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

El concepto usual de fábrica es el de un lugar en el que se hacen cosas o se procesan materiales; pero a menudo la actividad principal de las fábricas consiste en transportar cosas y materiales. La acción de levantar, una de las actividades más fundamentales en el manejo de los materiales, es responsable de la mayoría de las lesiones de la espalda, una de las principales lesiones en el trabajo. En el Liberty Mutual Insurance Company tan sólo el dolor de espalda baja representa 33 por ciento del total de sus demandas por compensación (ref.87). Los transportes, tractores, grúas y transportadores industriales tienen la sencilla misión de trasladar materiales y todos ellos causan lesiones y muertes todos los años.

El Consejo de Seguridad Nacional(NSC) atribuye de 20 a 25 por ciento del total de las lesiones laborales al manejo de materiales. La magnitud del problema está retratada en el *Accident Prevention Manual for Industrial Operations* como sigue:

En promedio, la industria traslada aproximadamente 50 toneladas de material por cada tonelada de producto producido. Algunas industrias mueven 180 toneladas por cada tonelada de producto.

Antes de ocuparnos de los riesgos concretos, sería conveniente examinar la naturaleza general de los peligros de manejar materiales.

En el manejo de materiales, las masas se miden por tonelada o cargas de tarima, en lugar de onzas, libras o kilogramos. En comparación, el cuerpo humano es ligero y frágil, así que las masas de material pueden perforar, fracturar, separar o aplastar con facilidad. Contribuye al riesgo de masas grandes el hecho de que el manejo de materiales incluye el *movimiento* de dichas masas.

Para ilustrar los riesgos generales de *masa y movimiento* del equipo de manejo de materiales, considere la siguiente comparación entre el proceso y el equipo de manejo de materiales. Ser golpeado por una parte móvil de una máquina de proceso puede o no causar una lesión, dependiendo del tamaño de la máquina, el movimiento de la parte móvil y la forma o las características superficiales de la parte. Pero ser golpeado por un transporte o banda transportadora industrial provocará lesiones casi con toda seguridad. De manera menos directa, los riesgos de masa y movimiento en el manejo de

materiales afectan la seguridad al golpear instalaciones como tuberías de gas o líneas eléctricas o bien al sobrecargar los componentes estructurales de los edificios.

Otro riesgo general en el manejo de materiales es su naturaleza automática o de control remoto. Las bombas y bandas transportadoras de materiales suelen ser activadas automáticamente según la demanda o desde un interruptor manual lejano. Los accidentes con bandas transportadoras se deben muchas veces a esta distancia. Otro ejemplo, los vagones de ferrocarril maniobran en un patio, fuera de la vista del ingeniero, o peor aún, ruedan casi en silencio, impulsados sin ningún control por la inercia del impulso momentáneo de una locomotora.

Un riesgo indirecto general en el manejo de materiales es el fuego. Este riesgo enfatiza el almacenamiento de los materiales. Los incendios en los almacenes son costosos en términos de pérdidas de propiedad, pero también pueden ser peligrosos para los empleados.

## ALMACENAMIENTO DE MATERIALES

Las normas de manejo de materiales dicen que bolsas, contenedores o paquetes almacenados en hileras deben ser “apilados, bloqueados, entrelazados y limitados en altura de forma que sean estables y estén asegurados contra deslizamientos y caídas”. Para materiales generales, la norma no explica en qué consiste el “bloqueado” o “entrelazamiento” ni especifica límites de altura para las pilas. Sin embargo, algunas prácticas industriales parecen desafiar la norma. Ya que no es específica, pero sí define resultados (por ejemplo, “de forma que sean estables y estén asegurados contra deslizamientos o caídas”), la norma debería reconocerse como una norma de desempeño.

La limpieza es otra consideración en el almacenamiento de materiales. Las prácticas descuidadas de limpieza en almacenes presentan riesgos de tropiezos e incendio. La acumulación de ciertos materiales presta refugio a las plagas, lo que también constituye un riesgo. El almacenamiento externo puede recubrirse de yerbajos y pastos, lo que implica riesgo de fuegos en los tiempos de secas.

El gerente de seguridad e higiene debe vigilar el aumento y la reducción en las ventas de la empresa así como la suerte que corre la producción. Si hay un aumento reciente en la producción, en anticipación o en respuesta a un incremento en las ventas, se presentará un problema de almacenamiento. Es probable que más tarde se agregue más espacio de almacenamiento, siempre que el incremento de la producción se haga permanente. Aun después de que se haya tomado una decisión de expansión, es necesario cierto tiempo para planear y construir el espacio adicional. Entretanto, el almacén se abarrotará y será inseguro. Mientras se exploran ideas creativas para concentrar más material en un espacio pequeño, se rebasan los límites que impone el buen juicio para el apilamiento de materiales. Algunas de las ideas nuevas serán buenas; y desde luego no es por fuerza inseguro el tratar de ahorrar espacio. Pero durante un periodo de abarrotamiento del almacén, se debe poner especial atención en los riesgos nuevos que acarrear los nuevos procedimientos de almacenaje. Es probable que pasillos y salidas queden obstruidos durante tales lapsos, y aumentan las caídas de las pilas almacenadas. Cualquier accidente que ocurra durante tales periodos apuntará a los nuevos riesgos, y habrá que analizarlos para eliminar las causas.

## TRANSPORTES INDUSTRIALES

Esta categoría está caracterizada por los montacargas. Por lo regular, los montacargas son de motor eléctrico o de combustión interna. Además, están los tractores, los transportes elevadores de platafor-

ma, los transportes manuales motorizados y otros transportes industriales especializados. La categoría no comprende los transportes impulsados por otros medios que no sean motores eléctricos o de combustión interna. Tampoco están incluidos tractores ni los vehículos para remover tierra o para transporte de carretera.

## Selección de los transportes

“Ojos que no ven, corazón que no siente” es la máxima de la mayoría de los gerentes industriales que se disponen a adquirir un montacargas. Es poco conocido el hecho de que hay 11 clases de diseño, según el tipo de energía y el grado de riesgo para el cual están aprobados. Estas 11 clasificaciones de diseño están repartidas en por lo menos 26 clases de ubicaciones riesgosas a las que están expuestos los montacargas.

Uno se pregunta por qué tiene que ser tan complicada la selección de un montacargas. La base de estas complicaciones es que los motores pueden ser fuentes de ignición para vapores, polvos y fibras inflamables. Diseñar los motores para evitar riesgos de ignición es asunto costoso, y el mercado no apoyaría la adquisición de un montacargas a prueba de explosiones para uso en una ubicación normal de una fábrica. Por tanto, se estableció un complicado abanico de clases y reglamentaciones para poder definir del transporte industrial adecuado para el trabajo indicado, ni más ni menos.

Las normas industriales para las clases de transportes industriales y sus códigos de ubicación riesgosa correspondiente son un laberinto de abreviaturas y definiciones. Para penetrarlo, recuerde que el objetivo es la seguridad contra *incendios* y *explosiones*. Ya sea que el transporte industrial sea movido por combustible diesel, gasolina, electricidad o gas LP, los mejores modelos a prueba de fuego están diseñados para impedir el inicio de incendios accidentales, y por tanto son más costosos. La tabla 13.1 ofrece un resumen somero. Las normas están más detalladas, pero la mayoría de los gerentes de seguridad e higiene se darán por satisfechos con la idea general. Otra cosa que hay que tener presente es que es legal utilizar un transporte industrial más seguro y de clase superior al mínimo requerido, pero que por supuesto no resultará económico. Sin embargo, si una empresa ya tiene un montacargas eléctrico aprobado para EE, sería conveniente continuar utilizándolo, en lugar de comprar una nueva unidad aprobada para ES o E que sería suficiente para la aplicación.

Haciendo un resumen de estos principios y de varias páginas de las reglamentaciones aplicables, la tabla 13.2 da al gerente de seguridad e higiene una panorámica de las clases de aprobación de diversos diseños de transportes industriales. Las *clases*, *grupos* y *divisiones* representan variantes de ubicaciones riesgosas en las cuales las definiciones corresponden *aproximadamente* a aquellas del *National Electrical Code®* y que tratamos con mayor detalle en el capítulo 16. La *clase* y el *grupo* se refieren al tipo de material riesgoso, y la *división* a la extensión o grado en el cual el material riesgoso es probable que esté presente en cantidades peligrosas.

Hay tantas clases de “aprobaciones” de transportes industriales que es fácil perder de vista el objetivo general en el proceso de aprobación: evitar incendios y explosiones por el uso inapropiado de un transporte equivocado en una atmósfera riesgosa. La autoridad para la aprobación de transportes industriales se delega a los laboratorios de prueba más reconocidos, como Underwriters’ Laboratories, Inc.(UL) y Factory Mutual Engineering Corporation(FM). El gerente de seguridad e higiene prudente dejará el proceso de aplicación para la aprobación al fabricante del equipo y simplemente buscará la clasificación de aprobación de UL o FM, como DY, EX, GS, etc. Para ubicaciones no riesgosas, se puede utilizar incluso un transporte *no aprobado*, siempre que *cumpla* con los requerimientos del tipo D, E, G, o LP.

**Tabla 13.1** Resumen de clasificaciones de diseño de transportes industriales

Diesel	Eléctrico	Gasolina	Gas LP
D Modelo estándar El más económico	E Modelo estándar El más económico	G Modelo estándar El más económico	LP Modelo estándar El más económico
DS Modelo más seguro Más costoso	ES Modelo más seguro Más costoso	GS Modelo más seguro Más costoso	LPS Modelo más seguro Más costoso
Salvaguarda de los sistemas de escape, combustible y eléctrico	Prevención de chispas Limitación de temperatura superficial	Salvaguarda de sistemas de escape, combustible y eléctrico	Salvaguarda de sistemas de escape, combustible y eléctrico
DY El diesel más seguro	EE Más seguro aún		
Diesel más costoso	Más costoso		
Sin equipo eléctrico	Todos los motores y eléctricos encerrados		
Característica de limitación de temperatura	EX El más seguro de todos Transporte eléctrico más costoso Hasta los acoplamientos eléctricos diseñados para atmósfera riesgosa		

Fuente: Resumido del Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.178.

En estos días de alto costo de la energía y búsqueda de alternativas, algunos directivos prefieren cambiar la fuente de energía de sus transportes industriales. Pero entrometerse con el diseño o alterar el transporte puede invalidar la aprobación. Pueden hacerse conversiones de transportes industriales, pero el proceso es algo complicado. El equipo de conversión debe estar aprobado, y hay una sola manera correcta y muchas incorrectas de llevar a cabo la conversión.

**Tabla 13-2** Clases de transportes industriales permisibles para varias ubicaciones riesgosas

Clase	Grupo	División 1	División 2
I	A	No se permite transporte industrial	DY, EE, EX
	B	No se permite transporte industrial	DY, EE, EX
	C	No se permite transporte industrial	DY, EE, EX
	D	EX	DS, DY, ES, EE, EX, GS, LPS
II	E	EX	EX
	F	EX	EX
	G	EX	DY, EE, EX, DS, ES, GS, LPX
III		DY, EE, EX	DS, DY, E <sup>a</sup> , ES, EE, EX, GS, LPS

<sup>a</sup> Se permite que continúe, si ya estuvo en uso.

Fuente: Resumido del Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.178.

El riesgo de incendio y explosión puede ser el factor más complicado en la selección de montacargas, pero ciertamente no es el único. Mucho más importantes que la clase de riesgo de fuego en el diseño del transporte son la operación, la carga de combustible, la protección, la capacitación de los conductores y el mantenimiento, temas que estudiaremos en la siguiente sección.

### Operación

Uno de los primeros elementos de interés para el gerente de seguridad e higiene debe ser el área de carga de combustible o de recarga para montacargas. Está prohibido fumar en estas áreas, y esta infracción es la que se detecta con mayor frecuencia. También es un problema la carga de los montacargas en un *área no designada*. Los riesgos en el área son el ácido derramado de la batería, incendios, levantar baterías pesadas, daño al equipo por los montacargas y gases y humos de la batería. Todos estos riesgos deben ser controlados por el gerente de seguridad e higiene de una u otra manera.

Las normas federales prohíben poner agua en el ácido cuando se cargan las baterías. Probablemente un letrero en el área hará que se cumpla la regla. Con todo, una manera mejor de promover la seguridad consiste en incluir en el programa de capacitación de empleados una explicación de la violenta reacción exotérmica que ocurre al verter agua en un fuerte ácido concentrado.

Todos saben que vuelan chispas cuando se hacen las conexiones de las baterías. Lo que la mayoría no sabe es que los gases liberados durante los procesos de carga pueden alcanzar concentraciones inflamables. El fuego es un riesgo pequeño o inexistente cuando la batería sólo se está conectando en paralelo o "puenteando" con otra. Pero un área de carga de montacargas es un asunto distinto: se desprenden grandes volúmenes de gas y es esencial una ventilación adecuada. Además de la ventilación, se debe proveer de ropa de protección y un lavado de ojos y ducha de emergencia en el área de carga de baterías, debido a las posibles exposiciones al ácido.

En vista de los riesgos de gases y ácidos en las áreas de carga de baterías, parece atractiva la alternativa de los motores de combustión interna. Pero todas las opciones de motor de combustión interna —diesel, gasolina y gas LP— emiten otro gas peligroso: el monóxido de carbono. Ya que los montacargas operan casi siempre en interiores, los niveles de monóxido de carbono pueden convertirse en un problema. El límite de exposición promedio ponderado por tiempo de ocho horas para el monóxido de carbono es de 50 ppm.

Si el gerente de seguridad e higiene llega a la conclusión de que hay un problema de monóxido de carbono en la planta y que los montacargas son los causantes, tiene varias alternativas. La más obvia es cambiar por montacargas eléctricos. Otra solución sería modificar el edificio o instalar sistemas de ventilación adecuados. Quizás la solución menos costosa sería revisar los procedimientos y la operación para determinar qué fuentes de emisiones pueden reducirse o incluso eliminarse por completo. Las siguientes son las preguntas clave:

1. ¿Dejan los operadores funcionando innecesariamente los motores?
2. ¿Puede modificarse la disposición del almacén o de las instalaciones de la planta para reducir las concentraciones?
3. ¿Hay montacargas defectuosos o gastados que generen más emisiones de lo necesario?

Aunque no hay requerimientos generales para la iluminación de plantas industriales, en donde se operen transportes industriales, la seguridad exige que tengan direccionales si el área de la planta es demasiado oscura. Se requieren faros en los transportes si la iluminación general es inferior a dos lumens por pie cuadrado. Es un nivel de iluminación bastante escaso, ya que un foco incandescente ordinario de 100 watts puede producir 1700 lumens. Aun en una habitación negra, con paredes no reflejantes, un foco de 100 watts produciría más de dos lumens por pie cuadrado en una habitación de 2.50 por 3.65 por 4.90 metros. La reflexión de las paredes u otras superficies reflectoras ayudan a la situación en general, así que el requerimiento de dos lumens por pie cuadrado no es difícil de cumplir. Un asesor en iluminación puede ayudar para tomar esta decisión.

Uno de los mayores riesgos de los montacargas y otros transportes industriales es la transición entre el muelle y el vehículo de carga. La figura 13.1 muestra las precauciones necesarias. Aunque en la figura aparece un transporte de carretera, el riesgo se presenta también en la carga de vagones de ferrocarril.

Muchos trabajadores piensan que porque saben cómo manejar un automóvil, también saben la forma básica de operar un montacargas, y muchos patronos se inclinan a aceptar su palabra. Pero la operación de un montacargas requiere de mucha más habilidad que la conducción de un automóvil. En comparación con un automóvil, un montacargas tiene una distancia entre ruedas o batalla mucho menor, y cuando se levanta la carga el centro de gravedad queda muy alto. Esto crea problemas de estabilidad a los cuales el operador puede no estar acostumbrado. El problema de estabilidad se agrava con las ruedas de poco diámetro, que hacen más peligrosos los hoyos y las obstrucciones. Cuando está cargado, el centro de gravedad del montacargas y la carga juntos puede trasladarse peligrosamente hacia delante. Recoger y depositar cargas requiere de habilidad en la manipulación apropiada y la colocación segura. Una carga fuera de centro presenta un riesgo especial, pues la carga puede voltearse en tránsito, aunque el montacargas esté en posición estable.

Además de los problemas de estabilidad, la visibilidad también es un problema. La carga puede bloquear la vista y obligar al conductor a manejar con la carga detrás. Manejar en pasillos para trabajadores presenta problemas con el tráfico de peatones, especialmente en las esquinas, donde la visibilidad es limitada. Aunque los montacargas no son silenciosos, no se escuchan en el ambiente ruidoso de las fábricas. Esto aumenta el riesgo para los peatones y la necesidad de una mayor visibilidad para los operadores de montacargas.

Los pasajeros de los montacargas son un riesgo en más de una forma. Para empezar, el transporte a menudo está equipado para alojar sólo al conductor, y no suele haber un lugar seguro para un pasajero. Los pasajeros distraen al conductor, cuya atención es aún más importante en el montacargas que en un automóvil. Una práctica muy mal vista es ir montado en las uñas del montacargas. Es grande la tentación de utilizar el montacargas como elevador de personal. De hecho, esta práctica puede ser segura si

1. Se asegura firmemente una plataforma a la uña del montacargas.
2. La persona en la plataforma puede desconectar la alimentación de energía.

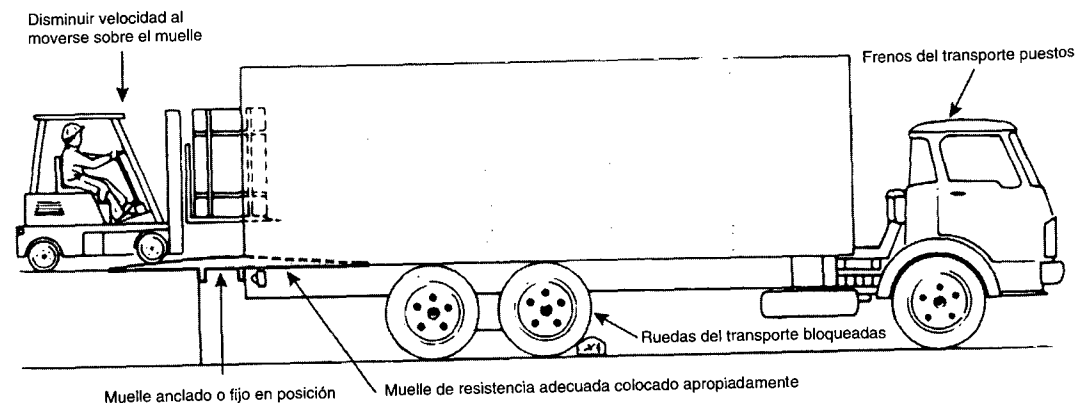


Figura 13-1 Previsión de riesgos en montacargas: transición del muelle al vehículo de carga.

3. Se provee protección contra objetos que caen, si fuera necesario.

Una tarima ordinaria de madera no se considera una plataforma de seguridad, aunque se acostumbra utilizarla para elevar personal.

Algunos lectores pensarán que es poco razonable la regla de que la persona sobre la plataforma sea capaz de desconectar la energía del transporte. Esta regla también se aplica al uso de las tarimas ordinarias como plataforma de elevación. Los trabajadores también pueden oponer resistencia a la regla, y el gerente de seguridad e higiene necesita estar en posición de contrarrestarla con programas de capacitación que expliquen eficazmente sus razones. Como explicación de la regla, pida a los trabajadores que piensen en el riesgo que provocarían las obstrucciones inesperadas. Una obstrucción pequeña podría

1. Dañar la plataforma.
2. Inclinar la plataforma, de modo que el trabajador pierda el equilibrio.
3. Lesionar al trabajador sobre la plataforma.
4. Tirar al trabajador.

El conductor del montacargas está en mala posición, debido a la distancia o al ángulo, para detectar todas las obstrucciones y juzgar su distancia en relación con la plataforma levantada. Uno podría argüir que el elevador puede estar totalmente libre de obstrucciones, pero tales elevadores no son comunes. No hay ninguna razón para elevar a los empleados, a menos que el elevador esté junto a equipo, pilas de material o alguna estructura del edificio. Cualquiera de estos elementos puede representar un riesgo de obstrucción.

Una variación del *pasajero de montacargas* es el *pasajero del poste para alfombras*. En los almacenes de alfombras, el montacargas está equipado con un solo poste, que es guiado dentro del carrete del rollo de alfombra, para levantarlo y transportarlo por la planta. Se ha sabido de trabajadores que montan estos postes al estilo rodeo para llegar a la parte superior de una pila de rollos de alfombra. Normalmente no debería haber razones para que un trabajador monte el poste, porque puede ser elevado y guiado a su posición por el conductor sin necesidad de ayuda.

Cuando se manipulan cargas, a menudo el montacargas opera cerca de observadores, supervisores o asistentes que le dan instrucciones al operador. Un lugar peligroso para pararse es debajo de la uña elevada, cargada o no. Otra posición peligrosa es entre un montacargas que se acerca y un objeto o banco fijos.

Este examen de los riesgos de operación deja en claro que es necesaria cierta capacitación especial para los operadores de transportes industriales. Los representantes del distribuidor del equipo pueden ser de ayuda, y la mayoría de los fabricantes tienen programas de capacitación que ofrecen a los compradores y operadores de su equipo. El gerente de seguridad e higiene debe reflexionar sobre la siguiente pregunta: si un inspector llega a visitar mis instalaciones, se acerca al conductor de un montacargas y le pide que describa su programa de capacitación, ¿qué le contestaría? Con demasiada frecuencia, la respuesta es decepcionante, incluso embarazosa.

Es imprescindible verificar los montacargas estacionados y sin atención. Lo primero que se debe hacer es determinar si realmente están desatendidos. Si el operador no alcanza a ver el transporte, se debe considerar como no atendido. Aun si el operador alcanza a ver el transporte, pero está a más de 7.50 metros de distancia, el transporte está desatendido. Si el transporte no está atendido, debe apagarse el motor. Incluso si el operador *está* cerca, si ha *bajado del equipo*, debe haber dejado en el suelo la uña y neutralizado los controles. Después, debe verificar si el freno está puesto

y, si el montacargas está en un plano inclinado, si las ruedas están bloqueadas. Finalmente, debe probar la bocina.

Las normas federales toman muy en serio los asuntos de mantenimiento, inspección y servicio de los transportes industriales. No hay tolerancia alguna para que los transportes industriales defectuosos continúen en operación hasta el siguiente servicio periódico. Cualquier estado, como una bocina arruinada, frenos defectuosos o faros rotos es razón suficiente para retirar la unidad hasta que se repare.

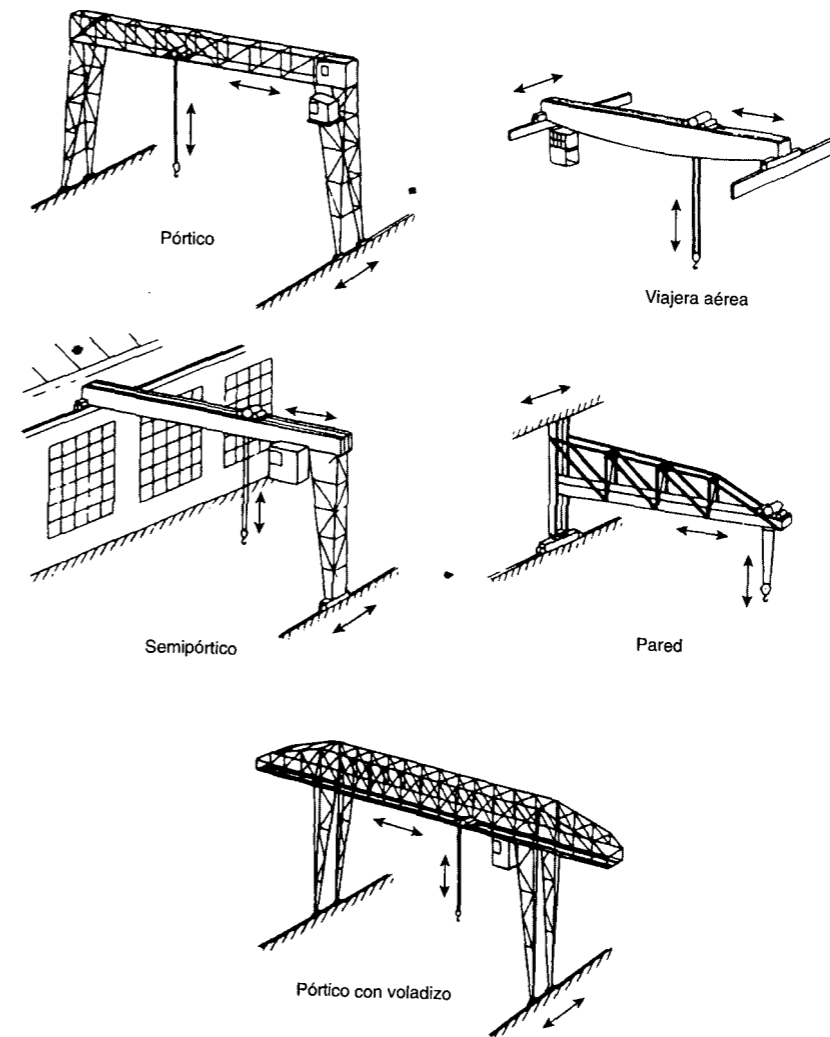
La mayor parte de la gente se sorprende al enterarse de que las normas federales requieren que los transportes industriales en uso sean inspeccionados *diariamente*. Compare esta regla con los procedimientos para la inspección de seguridad de automóviles, que la mayoría de los estados exigen que se haga *cada año*. Si el transporte industrial es utilizado las 24 horas, son obligatorias las inspecciones de seguridad después de cada *turno*. Sería recomendable que el gerente de seguridad e higiene instituyera algún procedimiento o registro para asegurarse de que se lleva a cabo esta tarea y que se archivará una prueba de desempeño.

Una observación final sobre el tema de los transportes industriales concierne a la instalación de una protección sobre la cabeza para salvaguardar al operador de objetos que puedan caer desde la carga elevada. Cada vez son más los montacargas que cuentan con estas protecciones para la caída de pequeños paquetes, cajas y material en bolsas (y no contra el impacto de toda una carga completa). Estas protecciones superiores no deben confundirse con las estructuras protectoras para volcaduras, mucho más resistentes (ROPS), que veremos en el capítulo 17, aunque, si se instala en la forma correcta, la misma estructura sirve para ambos fines. Algunas cargas están sujetas como una unidad, y los objetos están asegurados para no caer sobre el operador. En estos casos, desaparece el riesgo para el operador y la protección superior se vuelve innecesaria.

## GRÚAS

Para el manejo de materiales en tarimas conviene un transporte industrial. Pero algunos trabajos de manejo de material no pueden llevarse a cabo con tal vehículo. Cargas más grandes, más pesadas y más incómodas requieren la versatilidad de una grúa, especialmente si el recorrido de transporte es complicado.

La grúa es una herramienta de la industria de la construcción, y uno la suele ver llevando pesadas vigas de acero a lugares altos. Aunque esta imagen es fiel, está incompleta. Las grúas también se utilizan mucho en la industria en general, aunque asumen formas diferentes. Por lo regular, las grúas de las plantas industriales están limitadas a trasladarse por una vía o por una estructura superior, caracterizada por la *grúa viajera aérea* que se muestra en la figura 13.2. Tales grúas son conocidas popularmente como *punte grúa aérea* o simplemente *punte grúa*. Algunos modelos, como los de la figura 13.2, son operados desde una cabina montada sobre la misma grúa. Otros se manejan desde el suelo por medio de un control de cordón llamado *colgante* o desde una estación fija remota llamada *púlpito*. Las grúas de *pórtico* tienen patas que soportan el puente sobre el riel. Las grúas de pórtico con voladizo tienen extensiones en uno o ambos extremos del puente; estas extensiones amplían el alcance de la grúa fuera del área entre los rieles sobre los cuales viaja. Una característica común a todas las grúas aéreas y de pórtico es que el trole, que sostiene el mecanismo de elevación, corre *por encima* del riel por el que viaja. Las grúas aéreas cuyos troles no están montados así se llaman *grúas*



**Figura 13-2** Diversas configuraciones de grúas aéreas. (Fuente: ANSI Standard B30.2.0-1976, reimpresso con permiso de ANSI y ASME.)

*suspendidas* o *monorrieles*, dependiendo del tipo o la aplicación. Las normas de seguridad para las grúas aéreas y de pórtico son diferentes a las normas para los monorrieles.

La preocupación principal del gerente de seguridad e higiene con respecto a las grúas aéreas debe ser que los trabajadores no las sobrecarguen. La carga nominal debe estar claramente indicada a cada lado de la grúa, y si ésta tiene más de una unidad elevadora, en cada una se debe anotar su propia carga nominal. Son tan reconocibles las marcas de carga de las grúas, que su ausencia salta a la vista.

Aun si la marca de la carga nominal *aparece* sobre la grúa, los trabajadores a veces se sentirán tentados a excederla. Todos saben que los ingenieros incluyen un factor de seguridad en sus diseños, así que casi todas las grúas soportarán más que su carga nominal sin sufrir daños. Pero la incertidum-

bre respecto al peso real de la carga, las cargas dinámicas durante transporte, las cargas por impacto durante el levantamiento, las variaciones en los componentes de la grúa y la inevitable variabilidad en el diseño pueden combinarse y producir una situación muy peligrosa, aun si la capacidad nominal de carga se sobrepasó “ligeramente” o sólo “ocasionalmente”. Ocurre igual con los semáforos: al pasarse una señal de alto el conductor alerta casi siempre evitará un accidente, pero muy de vez en cuando, otro conductor se aproximará a la intersección a gran velocidad, la visibilidad será escasa o el infractor de la señal de alto se sentirá confiado o estará distraído y entonces ocurrirá un accidente serio. Así, se vuelve muy difícil para el gerente de seguridad e higiene o para cualquiera en la planta vigilar en todo momento que las grúas operen dentro de sus límites de carga nominal. Aquí es donde la capacitación cobra importancia, para que los trabajadores comprendan los riesgos y las consecuencias de sus acciones. Volviendo a los principios establecidos en los capítulos 2 y 3, otra manera de controlar el problema es tomarse la molestia de convertir en gran ejemplo cualquier accidente o casi accidente que ocurra como resultado de sobrecargar una grúa, aun si no hubo lesiones.

Muchas grúas aéreas operan en el exterior, donde el viento cuenta como riesgo. El viento por sí solo no suele ser peligroso, pero una carga por viento combinada con una carga de trabajo puede causar un peligroso daño estructural en la grúa. En las grúas puente para almacenamiento en el exterior se requieren tenazas de riel automáticas. El objeto de las tenazas es fijar el puente al riel, por si el viento excede cierta velocidad. Suena bien, porque protege del viento y también impide que el puente rueda en forma involuntaria y sin control durante una ventisca o por falla de los frenos. Pero al igual que con otros dispositivos, los mecanismos de seguridad tienen riesgos por sí mismos. Piénselo un momento: ¿En qué modo de operación de la grúa es más probable que el dispositivo de activación acople la tenaza de riel automática? La respuesta es cuando el puente viaja a *toda velocidad* contra el viento. Es muy probable que este repentino acoplamiento de la tenaza, mientras el puente va a toda velocidad, lesione al operador en la cabina, haga oscilar peligrosamente la carga o dañe la grúa, o las tres consecuencias juntas. Por tanto, la grúa necesita una alarma visible o audible, o ambas para advertir al operador en el puente, *antes* de que se acople la tenaza de riel.

Si el operador viaja en una cabina montada en el puente o el trole, debe tener alguna vía de acceso a su estación. Una idea obvia es utilizar una escalera portátil, pero no es tan buena. Dado que el puente viaja, el operador, la cabina, el trole y el puente se hallan a veces lejos del punto por donde el operador subió. La escalera ociosa y alejada sería una invitación para que cualquiera se la llevara para darle otro uso o quizás sólo para que no estorbe. La escalera utilizada para acceso a la cabina o puente de la grúa debe ser del tipo fijo. Pueden también utilizarse escalas o una plataforma, o ambas, pero es menester que no haya que pasar sobre una brecha mayor a 30 centímetros.

Algunas veces, las grúas aéreas diseñadas o construidas dentro en la planta no se apegan a los principios de diseño aceptados y pasan por alto ciertas características de seguridad necesarias especificadas en las normas aplicables. Además del acceso a la cabina, hay especificaciones para las pasarelas de un mantenimiento seguro del trole y el puente. Las pasarelas necesitan zócalos y barandales comunes, según explicamos en el capítulo 7.

Idealmente, las pasarelas deberán tener por lo menos una altura de paso de dos metros. Sin embargo, a veces no es práctico, porque la grúa puede estar instalada cerca del techo del edificio. Las normas reconocen esta dificultad y permiten menos de esos dos metros. No obstante, la pasarela se vuelve más bien ridícula si la altura de paso es inferior a 1.20 metros y debería llamarse con mayor propiedad pasarela de “gateo”. En esta situación, deben omitirse las pasarelas y deberá instalarse una plataforma estacionaria o una estación de aterrizaje para los trabajadores de mantenimiento de la grúa.

Un riesgo crítico del cable de acero de la grúa o malacate resulta de tirar demasiado del gancho de carga o del bloque de gancho, hasta el punto en el cual el bloque o motón de carga entra en contacto con algún punto del aguilón de la grúa o de otro montaje mecánico para enrollar el cable de acero. Este suceso se conoce como *doble bloqueo*, término que deriva del contacto físico de dos bloques en el sistema de enrollado. Cuando sucede un doble bloqueo, el recorrido continuo del bloque o motón de carga provoca un gran esfuerzo de tensión, que se difunde de inmediato a todo el cable de acero, el cual se estira o rompe. También se pueden dañar los bloques.

El doble bloqueo es un riesgo muy serio que ha causado muchas muertes. Una ruptura repentina del cable de acero que soporta la carga constituye un riesgo obvio, en particular si hay personal bajo la carga o si la grúa está elevando trabajadores. Como aspecto ergonómico, se puede demostrar que es muy difícil que el operador de la grúa esté siempre lo bastante atento para evitar una ocurrencia ocasional de doble bloqueo, especialmente en las grúas para la construcción. El doble bloqueo ha provocado tantas muertes que ahora las normas respectivas se ocupan del riesgo, y en el mercado hay dispositivos electromecánicos con el propósito de evitar el doble bloqueo o el daño que causa. Estos mecanismos, por lo general electromecánicos, se llaman *dispositivos contra doble bloqueo*.

Un riesgo muy serio y evidente de la operación de una puente grúa aérea es el sobrerrecorrido. Para controlarlo se cuenta con dispositivos como los topes y las defensas de trole y las defensas de puente. Las defensas y los topes son algo distintos, puesto que las primeras absorben energía y reducen el impacto, en tanto que el tope simplemente detiene el recorrido. El tope es más simple y puede consistir tan sólo en un dispositivo rígido acoplado al cable de acero de la rueda. Por seguridad, el tope necesita ser por lo menos tan alto como la línea central del eje de la rueda. Las defensas suavizan el golpe al absorber energía, pero no son tan eficaces como los topes. Por ejemplo, las defensas de puente sólo necesitan ser capaces de detener el puente si se mueve a 40 por ciento de la velocidad de carga nominal o menos. Si la grúa se mueve a velocidades bajas, las cargas por impacto no son significativas y no hacen falta las defensas en el puente y el trole. Puede haber otras circunstancias de operación, como restricciones en el recorrido de la grúa, que eliminan la necesidad de las defensas en el puente o el trole.

Relacionados con las defensas y los topes están los barredores de riel. Si una herramienta o algún artículo de equipo obstruye uno de los rieles sobre los que viaja el puente, puede ocurrir un accidente catastrófico; por tanto, los puentes están equipados con barredores de riel, que se proyectan de la parte anterior de las ruedas, para eliminar este riesgo. No hay nada mágico en el término *barredor*; incluso parte del marco del puente puede servir de barredor.

Una obstrucción que a veces encuentran las grúas aéreas es otra grúa aérea que corre adyacente, con los rieles paralelos. Debe haber una distancia adecuada entre dos estructuras de puente adyacentes. Ahora bien, dicho espacio puede impedir que una de las grúas transfiera su carga a la de junto. Algunas fábricas resuelven el problema colocando en las grúas brazos de extensión retráctiles. El problema es que el operador puede olvidarlos y dejarlos extendidos, lo que ocasionará una colisión entre las dos grúas.

Las descargas eléctricas son una preocupación que atañe principalmente a dos áreas:

- Descarga por exposición a porciones cargadas de corriente del sistema de alimentación de energía a la grúa.
- Descarga por una conexión en corto circuito en el control del colgante (véase la figura 13.3).

La tercera preocupación por lo que se refiere a descarga eléctrica es el contacto accidental con líneas aéreas de transmisión activas de alto voltaje. Es un riesgo de las grúas móviles con aguilonos (que estudiaremos en el capítulo 17) debido a su extenso uso en la industria de la construcción. Las partes activas expuestas del sistema de alimentación de energía de la grúa por lo general están protegidas por su lejanía, es decir “protegidas por su emplazamiento”. Algunos modelos antiguos pueden ser fuente de riesgos y necesitan modificaciones.

Un riesgo mayor es la posibilidad de descarga por el control del colgante. Los conductores eléctricos pueden estar sometidos a esfuerzo si son el único medio de sostener el colgante. La estación de control debe sostenerse de manera satisfactoria como protección contra dicho esfuerzo. Si llega a ocurrir una falla, es posible que sea en una conexión dentro de la caja, lo que crea la posibilidad de un corto circuito a tierra a través del cuerpo del operador. Los controles del colgante soportan mucha carga y su construcción necesita ser duradera.

Sin relación con la descarga eléctrica, pero sí con el tema de las cajas de control del colgante, está el requerimiento de que las cajas estén claramente marcadas con la identificación de sus funciones. Algunas grúas más antiguas o construidas internamente pueden tener cajas de control del colgante sin señalización de las funciones. Sin meterse en grandes problemas o gastos, el gerente de seguridad e higiene ha de verificar que las grúas de la planta cumplan y hacer que las funciones del control se señalen en los controles del colgante.

Un riesgo que hay que considerar con las grúas aéreas es qué sucedería si ocurriera una falla temporal de energía. Suponga que la grúa se encuentra en proceso de levantar una pesada carga.



**Figura 13-3** Control de colgante manual para grúa aérea.

Obviamente, nadie quiere que la grúa suelte su carga cuando falla la corriente, pero el riesgo no termina ahí. Suponga que el puente de la grúa se mueve en dirección horizontal, ya sea cargado o sin cargar. Al fallar la energía, el puente se detendría, lo que en sí mismo no tiene por qué ser peligroso. Pero cuando la energía *regresa*, puede haber un movimiento brusco. De hecho, cuando falla la energía, el operador acostumbra abandonar la cabina.

Varias alternativas de diseño pueden proteger contra estos riesgos. Una solución es equipar la consola de control con controladores de resorte. Las cajas de los colgantes estarán construidas con botones de resorte, en lugar de interruptores de dos vías. Un dispositivo de desconexión neutraliza todos los motores e impide una reconexión hasta que se dé alguna indicación positiva de “reiniciar”. Aun si la energía continúa, podría ser un riesgo activar una palanca sin querer en el momento equivocado. Muecas, pestillos o detenedores en la posición de “desconectado” evitan tales acciones involuntarias.

Los frenos son de importancia obvia para una operación segura de la grúa. Pero muchos operadores no los utilizan, sino que se fían de una práctica llamada “inversión”: sólo invierten el control y aplican potencia en dirección opuesta, con lo que se detiene la carga. Aunque ninguna norma de la OSHA prohíbe la práctica de la *inversión*, se debe señalar que en condiciones extremas, como para detener una carga grande, de movimiento rápido, no es tan eficaz como aplicar el freno. En ninguna circunstancia debe el operador depender totalmente de la inversión, si el freno está fuera de operación. De hecho, en el caso de que ocurriera una falla en el motor de la grúa, la inversión sería completamente inútil.

Las grúas tienen varias partes móviles, muchas de las cuales están localizadas lejos de la consola del operador de cabina o del operador de piso que sostiene el colgante. Las piezas de maquinaria móviles son peligrosas, y la característica de lejanía aumenta el peligro. Las partes móviles son peligrosas no sólo para el personal, sino también para la grúa misma, que a su vez también puede ser indirectamente peligrosa para el personal. Por ejemplo, en algunas configuraciones de grúa y en algunas posiciones del puente y trole los cables elevadores pueden correr demasiado cerca de otras piezas. El resultado puede ser aplastamiento o daño del cable de levantamiento. Si la configuración del equipo permite que se llegue a esta situación, se deben instalar guardas para evitar este accidente. Hay que verificar las partes móviles, como engranes, prisioneros, cuñas sobresalientes, cadenas, catarinas de cadena y componentes recíprocos para ver si representan un riesgo; de ser así, deben ser protegidos.

Al igual que en el caso de los transportadores y demás equipo de manejo de materiales, las grúas aéreas son a menudo elementos de equipo grandes y muy distribuidos. La energía eléctrica se suministra a grandes distancias, a veces por medio de conductores expuestos, y algunas partes están tan lejos que se encuentran fuera de la vista del emplazamiento del interruptor de alimentación de energía. Imagínese la inseguridad del trabajador de mantenimiento, que debe reparar una grúa y está en contacto directo con un conductor expuesto de 600 volts (aunque sin energía), pero el interruptor está tan lejos que no lo tiene a la vista. Por ello, los interruptores deben arreglarse de forma que estén *con cerrojo* en posición abierta o “desconectados”. Éste es un ejemplo de un requerimiento de *cerrojos* y *marbetes* que estaba vigente antes de que la OSHA promulgara en 1989 la norma general. Trataremos con más detalle esta norma general en el capítulo 14.



**Cables y poleas**

La norma de seguridad para la resistencia de los cables dice que “la carga nominal, dividida entre la cantidad de secciones de cable, no debe exceder en 20 por ciento la resistencia de ruptura nominal del cable”. El término *nominal* implica que se ha aplicado un factor de seguridad, equivalente a cinco, y que se deriva de la norma, como sigue:

$$\frac{\text{Carga nominal (incluyendo bloque o motón de carga)}}{\text{Cantidad de secciones en el cable}} \leq 20\% \times 5 \text{ (Resistencia nominal a la ruptura)} \quad (13.1)$$

Más adelante explicaremos que la “cantidad de secciones de cable” es un factor multiplicador que permite que un montaje de bloque y aparejo multipolea se cargue mucho más alto que la carga del cable de acero. Por tanto,

$$\text{Carga del cable de acero} = \frac{\text{Carga nominal (incluyendo bloque o motón de carga)}}{\text{Cantidad de secciones del cable}} \quad (13.2)$$

De las ecuaciones (13.1) y (13.2)

$$\text{Carga del cable de acero} \leq 20\% \times 5 \text{ (Resistencia nominal a la ruptura)} \quad (13.3)$$

Multiplicando cada lado de la desigualdad por 5, tenemos

$$5 \times (\text{Carga del cable de acero}) \leq 100\% \text{ (Resistencia nominal a la ruptura)} \quad (13.4)$$

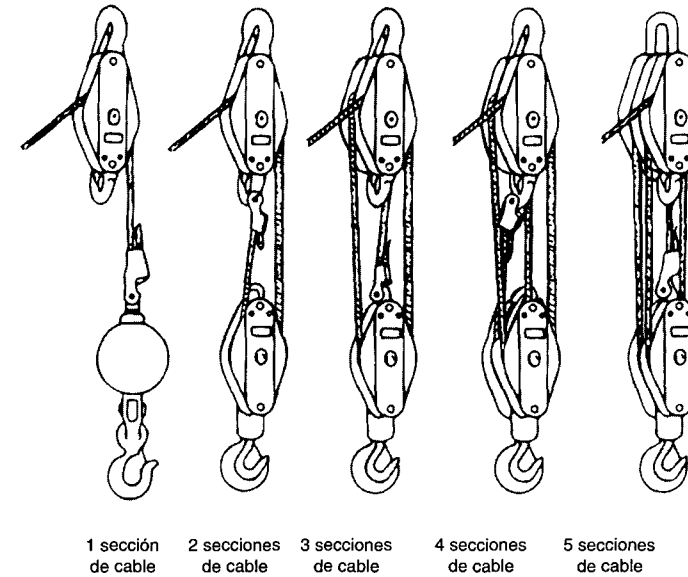
Reorganizando para sacar una relación, da

$$\frac{\text{Resistencia nominal a la ruptura}}{\text{Carga del cable de acero}} \geq 5 \quad (13.5)$$

Dado que la relación con la resistencia de la carga es de por lo menos cinco, el *factor de seguridad* es de cinco.

El término *secciones del cable* se refiere a la ventaja mecánica obtenida por el montaje de bloque y aparejo. Las *secciones del cable* se calculan contando el número de cables que soportan el bloque o motón de carga. Por supuesto, todos los cables integran uno solo continuo, enrollado en varias poleas para conseguir una ventaja mecánica. El concepto se explica mejor con una imagen; la figura 13.4 muestra cinco diferentes combinaciones de enrollados. Observe que la ventaja mecánica es equivalente numéricamente a la cantidad de secciones de cable.

Una precaución adicional viene a cuento cuando se determina la carga máxima apropiada para una instalación dada de enrollado. El peso de la polea que lleva la carga debe agregarse al peso de ésta, para llegar a la carga total del cable. El peso del motón de carga no debe ignorarse, como se hace evidente en el enorme motón que se muestra en la figura 13.5. Nos valdremos del caso 13.1 para ilustrar los cálculos de la seguridad de una aplicación de enrollado de cable de acero.



**Figura 13-4** Cinco combinaciones de enrollado diferentes. La ventaja mecánica es igual a la cantidad de “secciones de cable” sosteniendo el bloque o motón de carga.

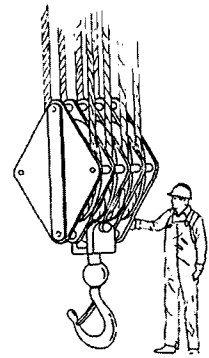
**CASO 13.1**  
**FACTOR DE SEGURIDAD DE BLOQUE Y APAREJO**

---

El bloque inferior de un montaje de bloque y aparejo tiene tres poleas, y por tanto está sostenido por seis secciones de cable, ya que éste está enrollado en las poleas, más una séptima sección con la que el cable de acero está atado al bloque inferior. El cable de acero tiene una resistencia nominal a la ruptura de 2000 kilos. El bloque inferior (el bloque o motón de carga) pesa 40 kilos. Calcule la carga máxima que este montaje levanta con seguridad.

**Solución**

<u>Carga nominal (incluyendo bloque o motón de carga)</u>	$< 20\% \times (\text{resistencia nominal a la ruptura})$
Número de secciones del cable	
<u>Carga nominal (incluyendo bloque o motón de carga)</u>	$< 20\% \times 2000 \text{ kg}$
7	
Carga nominal (incluyendo bloque o motón de carga)	$< 7 \times 20\% \times 2000 \text{ kg}$
	$< 2800 \text{ kg}$
Carga máxima = carga nominal – peso del motón de carga	
	$= 2800 \text{ kg} - 40 \text{ kg} = 2760 \text{ kg}$



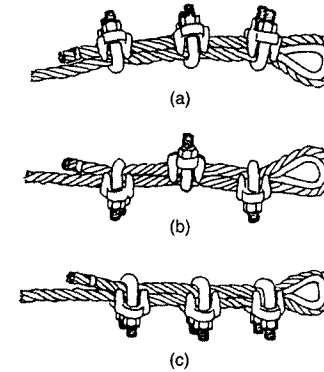
**Figura 13-5** Bloque o motón enorme de carga. El bloque de carga forma parte de la carga total del cable.

Una manera de no sobrecargar el cable de acero y la grúa consiste en poner un motor de malacate que no desarrolle suficiente par de torsión como para sobrecargar la línea. La combinación de tal motor de malacate y el enrollado correcto para el diseño de la grúa hará que nunca se sobrecargue. Con este arreglo, la grúa será incapaz de levantar cualquier carga que la dañe o que exceda su factor de seguridad. La mayor parte de las grúas aéreas actuales están diseñadas de este modo. Qué bueno sería que la espalda humana tuviera esta característica de diseño.

Siempre que se enrolla un cable en un tambor, la abrazadera de ancla del extremo del cable soporta muy poca carga cuando hay varias pasadas en el tambor. La fricción del cable sobre el tambor sostiene la carga. Pero si el tambor se desenreda hasta menos de dos vueltas, una carga peligrosa sobre la abrazadera del ancla puede originar una falla, y el cable de acero se soltará del tambor. Por lo regular, la grúa aérea está organizada de forma que, incluso si el motón de carga está apoyado en el suelo, queden varias vueltas en el tambor de levantamiento. Sin embargo, sucede a veces que el piso no es el punto más bajo de la grúa. El gerente de seguridad e higiene debe buscar pozos o aberturas sobre los que la grúa aérea opera y que la ponen en riesgo de un peligroso desenrollado del tambor de levantamiento.

“No ensilles un caballo muerto” es un dicho de seguridad familiar, que se refiere al montaje inadecuado de las abrazaderas de cable de acero en el que se emplean pernos en forma de U. Tal montaje de abrazaderas tiene cierto parecido a las sillas de montar, y el perno en U representa el cincho. Este perno fuerza más el cable de acero y tiene menos poder de sujeción que la abrazadera; por tanto, cuando se forma un lazo no debe ser colocado en la porción viva del cable. El extremo “muerto” del cable recibe el perno U, y el “caballo vivo” la abrazadera. Los métodos correcto e incorrecto aparecen en la figura 13.6. Con todo, algunos trabajadores, inseguros de cual es el método correcto, colocan las abrazaderas *de ambas formas* alternadamente, pensando que lo “están haciendo a la segura”. Tal arreglo resulta aún más inseguro que “ensillar caballos muertos” con todas las abrazaderas.

Antes de abandonar el tema del cable de acero, conviene destacar el riesgo del efecto de latigazo. El cable de acero se ve tan pesado e inflexible que no parece normal que chicotee como látigo o como alguna cuerda de fibra. A cualquiera se le hace difícil visualizar las tremendas fuerzas de tensión en un cable de acero durante una operación de manejo de materiales, hasta que el cable de acero se rompe. La mayoría de los trabajadores nunca han visto lo que sucede cuando esto ocurre; quizás esto explica por qué tantos trabajadores permanecen demasiado cerca mientras la cuerda es tensada por la carga. El riesgo es muy serio, y un accidente grave muy probablemente dejará lesiones y muertes.



**Figura 13-6** “No ensilles un caballo muerto” Forma correcta y equivocada de asegurar los lazos del cable de acero utilizando abrazaderas de perno en U. (a) Incorrecto: la “silla” está en el extremo muerto de la cuerda; (b) incorrecto: las abrazaderas están colocadas en ambas direcciones; (c) correcto: todas las abrazaderas están colocadas con el montaje de silla en la porción viva de la cuerda y el perno en U en el extremo muerto.

### Inspecciones a grúas

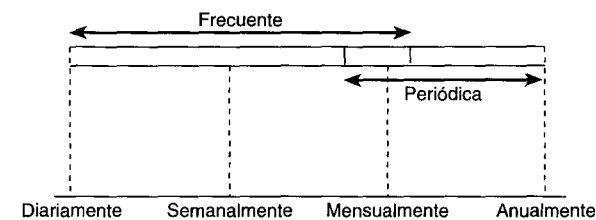
Casi todos están conscientes de las largas y quizá tediosas listas de verificación para la inspección de las aeronaves cada vez que van a despegar. Desde luego, la razón de las inspecciones (aun si son repetitivas y rara vez descubren algún defecto) es que las aeronaves no deben fallar de ninguna manera. En cierto sentido, las grúas son como los aviones: tampoco deben fallar.

Con respecto a las inspecciones de grúas, las normas utilizan los términos *frecuente* o *periódica* para especificar cuándo se deben inspeccionar los componentes de las grúas. Esta disposición pretende evitar demasiadas especificaciones al decirle al patrono *qué hacer* y *con qué frecuencia*. En la figura 13.7 se ilustran algunos lineamientos generales con el significado de estos términos. Observe que hay una superposición, ya que las inspecciones mensuales pueden considerarse tanto frecuentes como periódicas.

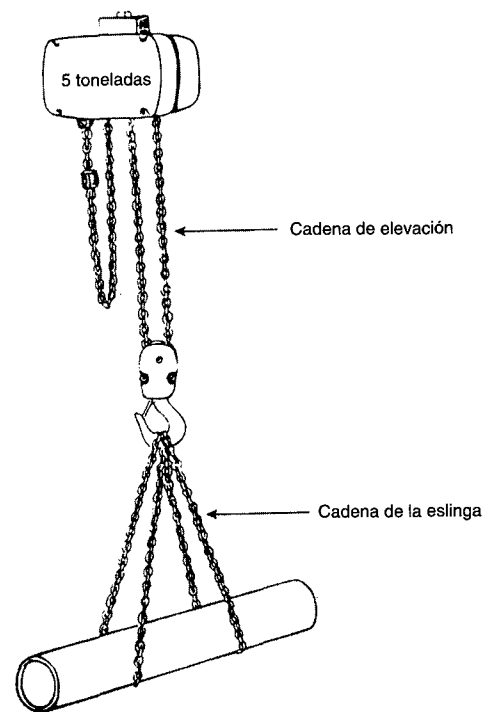
El fabricante de la grúa es una buena fuente para obtener una guía detallada sobre qué buscar en las inspecciones frecuentes. Estas inspecciones están a cargo del operador de la grúa, así como los pilotos inspeccionan su aeronave antes de un vuelo. Esta analogía entre aeronaves y grúas puede ser un buen punto de inicio para un tema de seguridad en un programa de capacitación para operadores de grúa.

La rutina de inspección frecuente debe incluir una inspección visual diaria de las cadenas de levantamiento, más una inspección mensual, con un informe firmado. En el campo, el término *cadena de levantamiento* ha sido muy mal interpretado, pues se le hace incluir las *eslingas* de cadena para manejo de la carga, cuando que hay una norma por separado para eslingas. La figura 13.8 identifica qué cadena es elevadora y cuál es eslinga.

Los ganchos de la grúa tienen un trabajo pesado y son vitales para la operación segura de las grúas. Aunque su diseño suele ser superior, el daño o desgaste reduce el margen de seguridad. En la figura 13.9 se ilustran los signos delatadores de un gancho maltratado y peligroso.



**Figura 13-7** Intervalos de inspección para grúas aéreas.



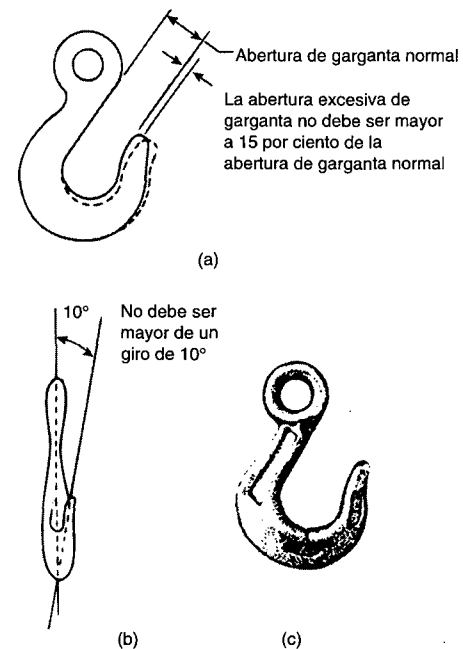
**Figura 13-8** Elevador con eslinga. La cadena del elevador no debe confundirse con la cadena de la eslinga.

Se necesita una inspección más completa de los componentes de la grúa a intervalos “periódicos”. En tanto que la inspección diaria de los ganchos es meramente visual, la inspección periódica requiere de un método más científico, como utilizar técnicas de partículas magnéticas para detectar grietas. Las verificaciones exhaustivas del desgaste son más apropiadas también, como el uso de indicadores en las poleas del cable de acero y en las catarinas de la cadena.

En general, laboratorios independientes, como Underwriters’ o Factory Mutual realizan las pruebas de seguridad de la mayor parte de los equipos de las plantas. Pero la seguridad de una grúa es en buena medida una función del método de instalación y de los ajustes apropiados en el sitio. Por tanto, se necesita una prueba de carga nominal antes de su uso inicial, para comprobar la capacidad nominal de carga de la grúa. Esto es un tanto complicado, porque si la grúa es sometida a una carga demasiado elevada, quizá falle, pero si no se hace así, ¿para qué realizar la prueba? Las normas especifican que la carga máxima durante la prueba debe ser 25 por ciento superior a la carga nominal de la grúa. Esto dará cierta seguridad de que soportará su carga nominal. Sin embargo, durante el uso no debe cargarse en exceso. Cualquier reparación o alteración mayor exige someterla nuevamente a prueba.

### Desgaste del cable de acero

Las dos principales partes móviles de las grúas aéreas son el cable de acero y tambor y las poleas sobre las que viajan. Además, las ruedas del puente y el trole se mueven como lo hacen otros cuantos elementos de la grúa. Siempre que las partes se mueven y hacen contacto con otras piezas, están



**Figura 13-9** Ganchos de grúa defectuosos: (a) gancho doblado; (b) gancho torcido; (c) gancho agrietado.

sujetas a desgaste. El desgaste en las ruedas del puente y trole acaba por provocar problemas, pero no es probable que cause una falla en la grúa. El desgaste en el tambor y las poleas es más peligroso, debido a los daños que puede generar en el cable de acero. Pero las poleas y el tambor desgastados *solos* no suelen ser la causa *directa* de una falla en la grúa. El cable de acero sigue siendo la parte móvil más crítica. Con el uso continuo, todos los cables se desgastarán y fallarán, un riesgo que no es tolerable. Se tiene que diseñar una manera de predecir la falla del cable de acero y retirarlo de uso antes de que ocurra una catástrofe.

No es cosa fácil determinar cuándo es necesario reemplazar un cable de acero. Los cables de aceros están formados por muchos alambres, que se rompen o cortan con facilidad. Casi todos han visto alambres rotos en cables de acero viejos, lo que nos lleva a preguntarnos si acaso no serán peligrosos. Los gerentes de seguridad e higiene no sobreviven mucho tiempo en sus empresas si van por allí ordenando reemplazar cables de acero cada vez que encuentran un alambre roto. Y si llegan a sobrevivir, sus empresas no lo harán. Antes de profundizar en el asunto, debemos examinar ciertos principios básicos sobre cables de acero.

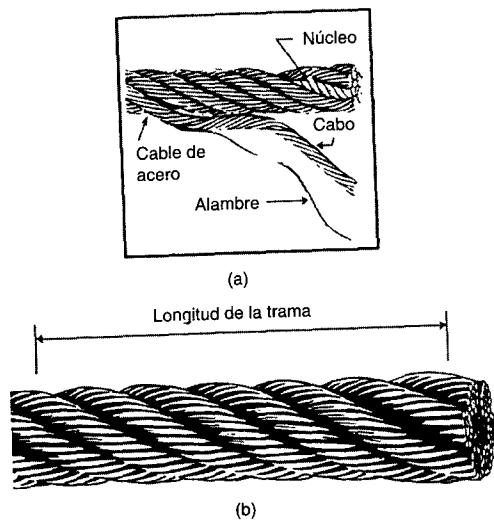
De hecho habría que considerar que los cables de acero son máquinas, porque los alambres se mueven unos sobre otros mientras los cables de acero se flexionan; esto causa fricción y desgaste. Aún más, a menos que las hebras sean capaces de moverse apropiadamente durante la flexión, se somete a enormes esfuerzos de tensión a algunos alambres, que entonces se rompen. La herrumbre, los retorcimientos y otras clases de maltrato pueden interferir con el movimiento de los alambres y causar que los esfuerzos los rompan. Cuando se rompen algunos alambres, los esfuerzos de tensión sobre otros alambres se incrementan, y también acaban por romperse. En última instancia, la fuerza de la carga de la grúa será suficiente para superar la fuerza de tensión de todos los alambres que quedan, y el cable de acero se romperá.

Aun en los cables de acero bien mantenidos los alambres se desgastan, especialmente los exteriores. Conforme el desgaste provoca que el diámetro de cada alambre sea menor, la fuerza tensora aumenta el esfuerzo de tensión debido a la reducción del área transversal. Por tanto, un alambre desgastado también puede romperse debido a la concentración de tensión, incluso si no hay torceduras ni herrumbre y si los alambres se mueven adecuadamente para distribuir la carga entre todos.

Por razones obvias, el cable de acero está calculado en exceso y soportará más que su carga nominal. También es obvio que con el uso continuo todos los cables de acero tendrán alambres rotos. Éstos se toleran hasta cierto punto, pero después de ese punto el cable de acero se vuelve peligroso. La evaluación del grado de deterioro del cable de acero es incómoda y difícil, pero es *necesaria* para evitar una falla catastrófica.

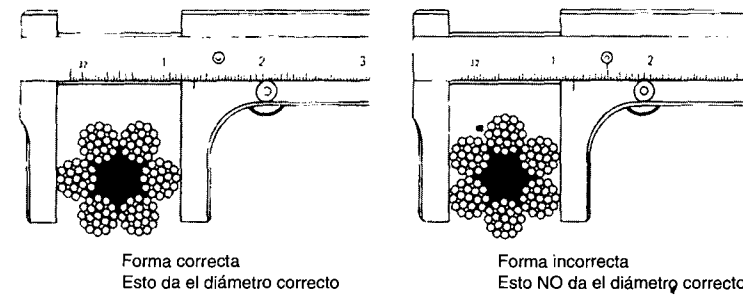
La norma del ANSI recomienda<sup>1</sup> un procedimiento para contar los alambres rotos. La figura 13-10 contiene un diagrama de los componentes del cable de acero y define los términos *cabo* y *trama*. Si hay más de 12 alambres rotos distribuidos aleatoriamente en un solo cabo en una sola trama, hay razones para cuestionar el uso continuo del cable de acero. Un buen lugar para buscar alambres rotos es alrededor de las conexiones del extremo. A veces, un experto es capaz de evaluar la fuerza restante de un cable de acero deteriorado después de su inspección. Esta posibilidad es reconocida por la norma del ANSI, que recomienda el recurso del buen juicio.

Otra medida del estado de los cables de acero es la reducción de su diámetro por debajo del nominal. La figura 13.11 muestra que cuando se mide un cable de acero, el pie de rey puede colocarse en un pequeño diámetro o en uno mayor. La regla convencional para la terminología de cables de acero es utilizar el diámetro mayor para designarlo como diámetro nominal del cable de acero. La mayoría de la gente presta poca atención al cable de acero, pero no es asunto de poca importancia, considerando que anualmente se venden un cuarto de millón de toneladas de cable de acero.



**Figura 13-10** Componentes del cable de acero. (a) Este cable de acero tiene seis cabos, además de un núcleo interno. No confunda los *cabos* con los *alambres*. (b) Trama del cable de acero. Una *trama* es una vuelta completa de un solo cabo alrededor del cable. Dado que este cable tiene seis cabos, la trama es la longitud desde la primera hasta la séptima giba, como se muestra en el diagrama. (Fuente: Cortesía de Construction Safety Association of Ontario, ref. 134.)

<sup>1</sup>ANSI B30.2-2.4.2.



**Figura 13-11** Medición del cable de acero (gire el cable para seleccionar el diámetro mayor). (Fuente: Cortesía de Construction Safety Association of Ontario.)

### Operaciones

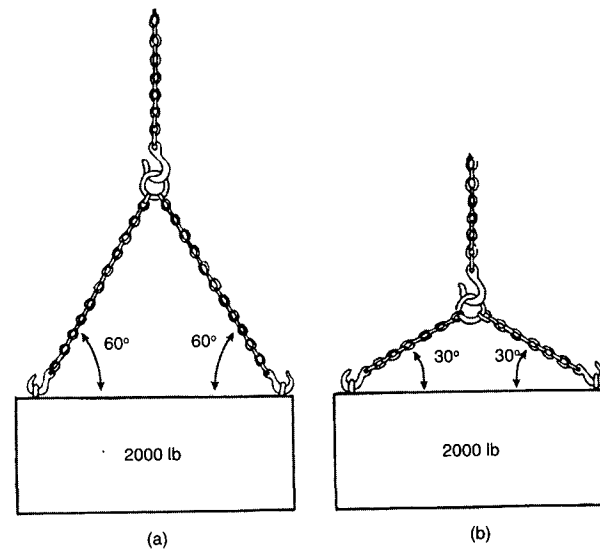
La forma en que la grúa realiza el manejo y el movimiento en sí de la carga es una función de la habilidad, los conocimientos y el desempeño del operador y de los trabajadores que sujetan y aseguran la eslinga o el dispositivo de levantamiento. Como en el caso de los vehículos de motor, el *operador* de la grúa es el factor más importante para impedir accidentes.

Se requiere de una gran habilidad para sujetar la carga con seguridad, especialmente si se utiliza una eslinga (veremos las eslingas más adelante). El cable de elevación no está destinado a atarse alrededor de la carga, y se dañaría si tal se hiciera, además de que es un soporte inadecuado para la carga. Colocar mal el sujetador, esto es, fuera de la línea del centro de gravedad, puede provocar oscilaciones peligrosas cuando se levante la carga. Se tiende a pensar que se han eliminado los riesgos una vez que la carga está en el suelo, pero al soltar el sujetador también pueden ocurrir movimientos peligrosos del material capaces de lesionar a trabajadores inexpertos o desprevenidos.

### ESLINGAS

Las eslingas se utilizan para sujetar la carga a la grúa, helicóptero u otro medio de levantamiento. Las eslingas vienen en muchas variedades y son muy importantes para la seguridad en el manejo de material. Por lo común, durante el levantamiento los componentes del montaje de la eslinga están sometidos a fuerzas mucho mayores que el cable de elevación y demás equipo. Debido a que la habilidad del usuario es de tanta importancia, a menudo las eslingas se manejan mal, lo que da por resultado que se dañen y maltraten más que los componentes de la grúa.

El punto más importante por recordar para el uso seguro de todas las eslingas es que los esfuerzos que se les aplican dependen en gran medida de cómo está sujeta la carga. La figura 13.12 muestra dos maneras de aplicar una eslinga para levantar cargas idénticas. Si el ángulo de las ramas de soporte de la eslinga es agudo, como en la figura 13.12b, se pierde la ventaja de las ramas múltiples. La causa más común de esta situación es una eslinga demasiado corta. La "capacidad nominal" de la eslinga es el límite de carga de trabajo en condiciones *ideales*; si la eslinga es colocada en ángulos de rama que no son los especificados en la tabla de capacidad nominal, ésta se reducirá mucho debido a la física de las fuerzas aplicadas. Por tanto, *capacidad nominal* es un término que dice poco sin el dato del ángulo de las ramas.



**Figura 13-12** Comparación de las fuerzas de tensión de eslingas en dos métodos para levantar cargas idénticas: (a) la fuerza de tensión en la eslinga es de aproximadamente 575 kilos; (b) la fuerza de tensión en esta eslinga es de aproximadamente 1000 kilos.

Observe la siguiente progresión de capacidad de una cadena de aleación de acero de 1.25 centímetros, conforme aumenta el número de ramas:

Sola (vertical)	5 625 kilos
Doble (a 60° de la horizontal)	9 750 kilos
Triple (a 60° de la horizontal)	14,500 kilos
Cuádruple (a 60° de la horizontal)	14,500 kilos

Uno supondría que la capacidad de la eslinga se incrementa conforme aumenta el número de ramas o miembros de soporte. Pero observe que no aumenta la capacidad al pasar de tres a cuatro ramas. La razón estriba en que, al igual que ocurre con las sillas de cuatro patas, de hecho bastarían tres patas para soportar la carga. A veces, la distribución del peso puede ser igual entre ramas de la eslinga, pero usualmente la distribución no es tan perfecta. Conforme la carga se mueve de un lado a otro, es completamente posible que una de las cuatro ramas se afloje y que las otras tres soporten toda la carga.

La cadena de aleación de acero, además de ser muy fuerte, es muy duradera y capaz de soportar el peso del trabajo al que las eslingas industriales están sometidas de rutina. La cadena ordinaria de acero al carbono que se vende en las ferreterías no sirve para eslingas. Las eslingas de cable de acero pueden ser tan fuertes como las de cadena de acero, pero el cable de acero es más susceptible de desgaste, pues sus alambres se rompen con mayor facilidad e inutilizan la eslinga.

Para las eslingas de cable de acero también está especificado el número máximo de alambres rotos: no más de 10, distribuidos al azar en una trama del cable, o cinco en un cabo de la trama. Advierta que esta norma es un poco más estricta que la del cable de acero para grúas aéreas.

La selección de la eslinga apropiada para determinada aplicación comprende diversos factores, además de la carga nominal. También hay que considerar la naturaleza del artículo que se va a levantar, su terminado superficial, la temperatura, el costo de la eslinga, y el ambiente. En general, el

gerente de seguridad e higiene no es la persona que toma la decisión, pero hay cada vez más razones para concederle un voto sobre lo que se hace en esta área. La mayoría de los superintendentes, supervisores y trabajadores que manejan materiales no están conscientes de la cantidad de normas federales que sientan los criterios de selección de eslingas. De hecho, muchos ni siquiera entienden claramente el mecanismo de los riesgos que rodean a las eslingas industriales. Por tanto, se recomienda al gerente de seguridad e higiene que aporte su asesoría y consejo en la selección y uso de eslingas industriales, en el interés de la seguridad de los trabajadores.

Para algunos criterios, como la señalización de cargas, procedimientos de reparación, ensayos de prueba y temperaturas de operación, los requerimientos para las diversas eslingas no son idénticos e incluso varían de manera curiosa. Algunas de estas variaciones se deben a las diferencias físicas de las eslingas; otras se deben a los diversos orígenes y motivos de los requerimientos. La tabla 13.3 resume algunas de las diferencias más curiosas entre los requerimientos para las diferentes clases de eslingas. No está de ninguna manera completa; por ejemplo, no se permiten las eslingas de red de nylon en presencia de ácido o de vapores fenólicos. En el caso de los vapores cáusticos, tampoco se autorizan las eslingas de red de poliéster y polipropileno ni las que tienen acoplamiento de aluminio. El gerente de seguridad e higiene se valdrá de la tabla 13.3 como una primera revisión en sus inspecciones en la planta o para su decisión de compra; después, deberá verificar los detalles en las normas.

No obstante, insistamos en que la habilidad y la capacitación del trabajador que manipula la eslinga para sujetar la carga es más importante que todas las detalladas especificaciones y las normas. Éste es un buen lugar para que el lector reflexione sobre la muerte referida en el caso 13.2.

### CASO 13.2

Dos trabajadores inexpertos tenían la tarea de levantar un paquete de 12.20 metros de acero acanalado. La cuestión era en dónde sujetar los ganchos de levantamiento a la carga, y eligieron una solución basada en su experiencia con las cargas con las que estaban familiarizados, a saber, las que levantaban a mano. Les pareció que los pesados sujetadores de acero que aseguraban el bulto eran un punto de sujeción natural. Pero estos sujetadores no estaban diseñados para sustituir a las eslingas. Su resistencia era insuficiente y el ángulo de sujeción era agudo. El ángulo de la sujeción siempre será agudo cuando se utilicen de este modo los sujetadores de carga, dado que para realizar su trabajo deben estar apretados. Cuando levantaron la carga, uno de los sujetadores cedió y la carga aplastó a uno de los trabajadores.

Tabla 13.3 Comparación de ciertos requerimientos para eslingas

Clase de eslinga	¿Se requieren señalizaciones de carga nominal	¿Reparaciones permitidas?	¿Se requiere que el patrono conserve registros de inspecciones periódicas?		¿Se requiere un certificado de la prueba de ensayo?	Temperatura de operación segura (°F)		¿Se requiere una prueba de la Mínima	¿Se requieren registros de eslinga	reparaciones? <sup>a</sup>
			Sí	No		Máxima	Mínima			
Cadena de aleación de acero	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	1000 <sup>b</sup>	Ninguna especificada	Sí	No, excepto para tratamientos de soldadura o de calor	
Cable de acero Con núcleo de fibra	No	Sí	No	Sí, para aditamentos con extremo soldado	200	200	Ninguna especificada	Sí para aditamentos con extremo soldado	No	
Con núcleo no fibroso	No	Sí	No	No	400 <sup>c</sup>	400 <sup>c</sup>	-60	No	No	
Malla de metal	Sí	Sí	No	No	550 <sup>d</sup>	550 <sup>d</sup>	20 <sup>d</sup>	Sí	Sí	
Cuerda de fibra natural	No	No	No	No	180	180	20	No	N/A	
Cuerda de fibra de nylon	No	No	No	No	180	180	20	No	N/A	
Cuerda de fibra de poliéster	No	No	No	No	180	180	20	No	N/A	
Cuerda de fibra de polipropileno	No	No	No	No	180	180	20	No	N/A	
Red de nylon	Sí	Sí	No	Sí, para eslingas reparadas	180	180	Ninguna especificada	Sí, para eslingas reparadas	Sí	
Red de poliéster	Sí	Sí	No	Sí, para eslingas reparadas	180	180	Ninguna especificada	Sí, para eslingas reparadas	Sí	
Red de polipropileno	Sí	Sí	No	Sí, para eslingas	200	200	Ninguna especificada	Sí para eslingas	Sí	

<sup>a</sup>N/A, no aplicable

<sup>b</sup>Si se utilizan cadenas de aleación de acero a temperaturas superiores a 600°F, se reducen los límites de carga.

<sup>c</sup>Revise en las recomendaciones del fabricante las especificaciones fuera del intervalo de temperaturas.

<sup>d</sup>Las eslingas de malla impregnada de metal tienen requerimientos de temperatura más estrictos.

## TRANSPORTADORES

Los riesgos de los transportadores pueden ser bastante serios, y los trabajadores están más conscientes de estos riesgos que de los de otras máquinas. Pareciera como si todos lleváramos impresa en algún lugar de la imaginación la imagen de estar atados al transportador de una aserradora, a punto de ser cortados a la mitad. La verdad es que los trabajadores a veces *quedan* atrapados en bandas industriales y no sólo mueren, sino que quedan desmembrados e incluso pulverizados más allá de lo reconocible. El horror de este hecho inspira un saludable respeto por parte de la mayoría de los trabajadores hacia los transportadores industriales.

En contraste, algunos de los peores riesgos de los transportadores tienen una apariencia muy inocente. Los puntos entrantes de pellizco, que por sí mismos quizás ni siquiera lesionen seriamente una mano o un brazo, pueden iniciar un proceso irreversible una vez que el empleado está atrapado, y lo jalen al interior de la máquina. Particularmente la ropa suelta puede quedar atrapada, y el empleado, antes de recibir el más mínimo daño, está definitivamente condenado.

### Transportadores de banda

En transportadores de banda se ven puntos de pellizco de recorrido por todas partes. Se requieren poleas para mover la banda, cambiarla de dirección, sostenerla y tensarla. Uno de los lados de toda polea es un punto de pellizco de recorrido. La defensa contra este riesgo consiste en uno de tres métodos: aislar los puntos de pellizco, instalar guardas e instalar dispositivos de disparo de emergencia.

El mejor método de protección es aislar el punto de pellizco de recorrido, de forma que ningún empleado quiera ni pueda entrar al área de peligro. Si el aislamiento no es práctico, a veces se coloca una guarda para mantener lejos el cuerpo o las extremidades del trabajador. El diseño de la guarda varía según la aplicación, y en ocasiones es difícil hacerla práctica, porque interferiría con la operación del transportador. Debido a la geometría del cuerpo, la distancia a la zona de peligro es un factor de diseño al construir las guardas, un principio que estudiaremos con más detalles en el capítulo 14.

Si tanto el aislamiento como la protección son imposibles o no son prácticos, hay que proteger a los trabajadores con alguna clase de mecanismo de disparo de emergencia. Se puede poner un alambre o una cuerda a lo largo del transportador, de forma que si un trabajador cae a la banda pueda aferrar el alambre de disparo y detener la máquina. Por desgracia, este método requiere una acción pertinente de un trabajador o un compañero alertas.

### Transportadores aéreos

Las piezas grandes de aparatos o de vehículos son manejadas a menudo por bandas transportadoras aéreas. Ganchos, sujetos a una cadena en movimiento, soportan cada artículo mientras se mueve. Estos transportadores son particularmente más adecuados para productos que tienen superficies delicadas o con terminados, debido a que tienen muy poco contacto. Por la misma razón, los transportadores aéreos son muy útiles para la pintura por pistola o las operaciones de terminado.

Los transportadores aéreos evitan muchos de los riesgos de los transportadores de banda puesto que desaparecen muchos de los puntos entrantes de pellizco y las partes móviles están lejos del alcance de los trabajadores. Pero tienen sus propios riesgos, como que dejen caer los materiales al piso o a las estaciones de trabajo. Las pantallas o guardas sirven de protección, pero no completamen-

te, porque las piezas móviles deben ser accesibles en las estaciones de trabajo para su procesamiento. Una buena práctica es colocar pantallas o escudos bajo el transportador siempre que pase por un pasillo u otra área donde es posible que se reúna personal. Otro buen lugar para pantallas es donde la cadena del transportador sube o baja un gradiente. Tales movimientos hacen que las cargas cambien de posición en los ganchos y aumentan la posibilidad de que se caigan.

La figura 13.13 muestra tres orientaciones para los ganchos o colgadores que soportan las piezas de trabajo acarreadas por los transportadores aéreos. Observe cuán más segura es la orientación en la cual el trabajo se sostiene frente al gancho. Si el trabajo topa con una obstrucción, es más probable que el trabajo que está frente al gancho se atore y detenga al transportador. Si el trabajo va detrás del gancho, una obstrucción puede alzar y tirar la carga.

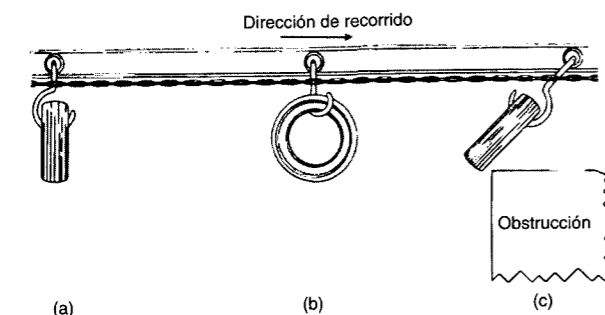
### Transportadores de tornillo

Los transportadores de tornillo pueden ser muy peligrosos. Su mismo principio de operación consiste de un punto de pellizco en la entrada. Una complicación del riesgo es el hecho de que, a fin de operar a toda capacidad, la entrada debe estar completamente sumergida en el material que se transporta. Aquí, “sumergida” también quiere decir oculta, así que en la entrada hay un riesgo invisible. Finalmente, en muchas aplicaciones quizá sea necesario que el trabajador esté lo bastante cerca del transportador de tornillo, a fin de palear o distribuir el material a la entrada.

Una manera simple y eficaz de proteger a los trabajadores es encuadrar el área de entrada en un pequeño confinamiento de rejilla que permita el paso del material, pero que mantenga dedos, manos y pies afuera. Si incluso una pantalla de malla grande es demasiado fina para permitir el paso del material, puede ser necesario un confinamiento con aberturas mayores, a veces lo bastante grandes para admitir un dedo o un pie. Este confinamiento también se vuelve seguro haciendo el recinto tan amplio que el trabajador no alcance a introducir manos o dedos en la zona de peligro, aun si las aberturas son grandes. Este método obedece a principios de protección en maquinaria que estudiaremos con mayor detalle en el capítulo 14.

### LEVANTAMIENTO

Antes de cerrar este capítulo sobre manejo de materiales, regresemos al tema del levantamiento. Al principio dijimos que la lesión de espalda, casi siempre por el levantamiento de cosas, es una de las lesiones compensables más grandes. Las lesiones por levantamiento son muy complejas y difíciles de

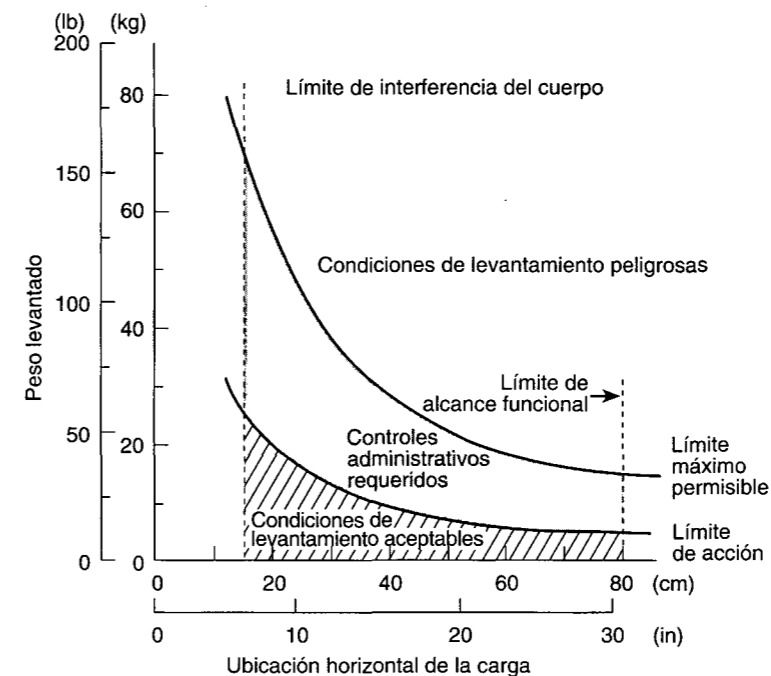


**Figura 13-13** Tres orientaciones para los ganchos del transportador: (a) el gancho sigue a la carga; (b) orientación lateral; (c) la carga sigue al gancho (peligroso).

controlar. Naturalmente, el peso levantado es importante, pero muchos otros factores determinan la ocurrencia de una lesión. Incluso el levantamiento de un peso ligero, digamos tres o cinco kilos, puede causar lesiones graves de la espalda si las condiciones son buenas (o más bien malas). También es importante la condición física de quien levanta la carga.

Hemos insistido en la técnica, y se escucha con frecuencia la conseja: “levanta con las piernas, no con la espalda”. Pero es una regla más bien difícil de seguir, porque somos capaces de levantar más peso con la espalda que con las piernas. Levantar con las piernas requiere acuclillarse y después alzar tanto la carga como el cuerpo. Para cargas pesadas, esto requiere de mucha fuerza en las piernas, y es especialmente difícil si el trabajador no está acostumbrado. El entrenamiento y el ejercicio con pesos ligeros ayudan a adquirir la técnica, pero hay todavía otras desventajas. Chaffin y Park (ref. 16) han demostrado que, si la forma de la carga es tal que deba ser traída frente a las rodillas, levantar con las piernas *aumenta* la compresión en la parte inferior de la espalda. Otra cosa que la tan citada regla ignora es el hecho de que levantar con las piernas consume hasta 50 por ciento más de energía que levantar con la espalda, sobre todo cuando la carga es ligera y mayor la frecuencia de los levantamientos.

La capacidad para levantar varía mucho con la posición horizontal de la carga, que está determinada en gran medida por la forma del objeto. El NIOSH ha analizado varios estudios independientes de esta relación, y como resultado ha propuesto una especificación del máximo peso levantado contra la distancia horizontal de la carga al centro de gravedad del cuerpo. Esta especificación está resumida en la figura 13.14, pero se debe recordar que la gráfica representa sólo una recomendación del NIOSH, no una norma establecida.



**Figura 13-14** Especificación recomendada por el NIOSH para el peso máximo levantado a diversas distancias horizontales para levantamientos infrecuentes, desde el suelo hasta la altura de los nudillos. (Fuente: NIOSH.)

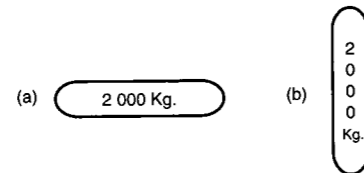
**RESUMEN**

En este capítulo vimos que el manejo de materiales en las plantas fabriles puede ser tan peligroso como el proceso mismo. Examinamos la naturaleza de los riesgos y analizamos los riesgos concretos de máquinas y equipo.

El gerente de seguridad e higiene tiene que estar consciente no sólo de las características de seguridad apropiadas que debe buscar en el nuevo equipo, sino también de la inspección, el servicio y el mantenimiento del equipo de la planta. Sin embargo, para transportes, grúas, eslingas y quizás *todo* el equipo industrial de manejo de materiales, la habilidad, la actitud y la conciencia de los riesgos del operador son más importantes para su seguridad que las características de seguridad del equipo en sí.

**EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO**

- 13.1 ¿Por qué las eslingas de cuatro ramas no tienen una capacidad nominal más alta que las de tres?
- 13.2 Un dicho de seguridad escuchado con frecuencia dice “No ensilles un caballo muerto”. ¿Qué quiere decir?
- 13.3 ¿Qué característica de diseño de *seguridad* tienen la mayor parte de las grúas aéreas modernas, que desafortunadamente no es característica de la espalda humana?
- 13.4 Mencione una parte de la planta a la que el gerente de seguridad e higiene debe prestar especial atención cuando aumentan la producción y las ventas.
- 13.5 En los diagramas de abajo, ¿qué orientación de la carga de 2 000 kilos ejercerá menos esfuerzo en la eslinga que la sostiene?



- 13.6 Suponga que una empresa fuera capaz de ahorrar algún dinero cambiando su montacargas de tipo LPS por uno de tipo DY. ¿Presentaría esto problemas de seguridad? ¿Qué pasaría si el cambio fuera de DY a LPS?
- 13.7 ¿Por qué los botones de resorte son mejores para el control de grúas que los interruptores de dos vías?
- 13.8 En la figura 13.15, ¿cuál es la ventaja mecánica? Si la resistencia nominal a la ruptura de la cuerda es de 2 500 kilos y el bloque o motón de carga pesa 100 kilos, ¿cuál es la máxima carga nominal para el elevador (sin incluir el motón de carga)?
- 13.9 ¿Qué es un barredor de riel y para qué sirve?

- 13.10 Mencione, en orden de preferencia, tres métodos de protección para riesgos de puntos de pellizco de recorrido en transportadores de banda.
- 13.11 ¿Por qué se especifica que las escaleras de acceso a las grúas aéreas sean de tipo fijo?
- 13.12 Debido al aumento de los precios de la gasolina, una empresa desea adaptar los motores de sus montacargas, impulsados por gasolina, para que funcionen con LPG. ¿Qué implicaciones tendría tal decisión?
- 13.13 Identifique una norma de desempeño en las normas para el manejo de materiales. Explique por qué es una norma de desempeño.
- 13.14 Explique los siguientes términos, aplicados a grúas industriales: puente, trole, colgante, púlpito, pórtico y pórtico con voladizo.
- 13.15 Mencione por lo menos cuatro características de los montacargas que para una operación segura requieren más habilidad que los automóviles.
- 13.16 Por lo menos cuatro características generales del manejo de materiales contribuyen a sus riesgos intrínsecos. Mencione y explique tales características.
- 13.17 Una carga de 1 000 kilos es sostenida por el montaje de bloque y aparejo de grúa que se muestra en la figura 13.16. Además de la carga, la polea compuesta de carga pesa 50 kilos. ¿Cuál es la carga aproximada en el cable de acero? ¿Cuántas secciones de cable se utilizan en el enrollado, como se muestra en la figura 13.16?
- 13.18 ¿Qué resistencia a la ruptura mínima especificada en las normas de seguridad es la adecuada para la aplicación del ejercicio 13.17?
- 13.19 Suponga que el cable de acero en uso en el aparejo que se muestra en la figura 13.15 está clasificado para 1 000 kilos y que el bloque que sostiene la carga pesa 75 kilos. El objetivo es levantar una carga que pesa 1 500. ¿Cumple este montaje, tal y como se describe, las normas de seguridad?
- 13.20 ¿Qué carga nominal máxima asignaría usted al montaje de bloque y aparejo del ejercicio 13.19? ¿Cuál es la resistencia nominal a la ruptura del cable de acero?

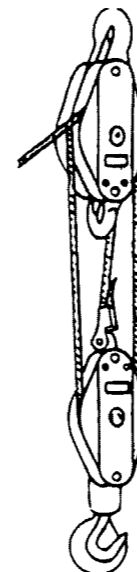


Figura 13-16 Bloques y poleas para el ejercicio 13.17.

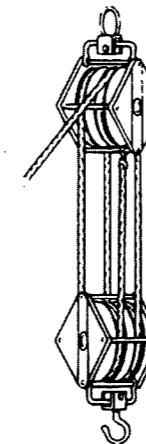


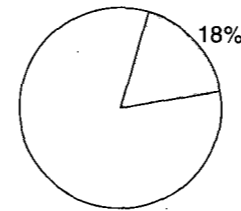
Figura 13-15 Bloques y poleas para el ejercicio 13.8.



- 13.21 Se emplea una eslinga con tres ramas para levantar una carga de 500 kilos. La carga está distribuida por igual entre las tres ramas. Cuando se levanta la carga, cada rama forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. ¿Cuál es la fuerza de tensión en cada rama?
- 13.22 Una eslinga de tres ramas distribuye su carga por igual entre las tres. Cuando se levanta la carga, cada rama forma un ángulo de  $60^\circ$  con la horizontal. La carga nominal de la cadena de la eslinga es de 60 toneladas. ¿Cuál es la carga nominal máxima total de la eslinga?
- 13.23 Desde el punto de vista de las normas de seguridad, ¿cuál es la importancia de que el trole de la grúa vaya por encima del riel o cuelgue de la porción inferior?
- 13.24 Explique el término *inversión* según se aplica a la operación de un puente grúa aéreo. ¿Prohíben la inversión las normas de la OSHA?
- 13.25 Explique la diferencia entre una eslinga y un malacate.
- 13.26 Explique la relación del ángulo de la rama con el esfuerzo al que es sometida la eslinga.
- 13.27 ¿Cuál es el riesgo principal de utilizar una eslinga demasiado corta?
- 13.28 Explique por qué a menudo es peligroso levantar una carga de los sujetadores.
- 13.29 Explique dos factores de complicación que aumentan el riesgo de puntos de pellizco de recorrido en la entrada de los transportadores de tornillo.
- 13.30 Explique cómo puede el diseño eliminar los riesgos de puntos de pellizco de recorrido a la entrada de los transportadores de tornillo.
- 13.31 Explique por qué hay una preocupación por los pozos en el piso de las fábricas servidas por grúas aéreas.
- 13.32 Ofrezca las razones de que no haya una norma de la OSHA para los levantamientos.
- 13.33 Describa la relación general entre capacidad de levantamiento máxima y distancia horizontal entre carga y cargador.
- 13.34 Explique por qué levantar con las piernas requiere de más energía que hacerlo con la espalda.
- 13.35 **Caso de diseño.** El objetivo es diseñar un trole de levantamiento para una puente grúa aérea que cumpla con las normas de la OSHA. El malacate debe tener 10 toneladas nominales y estará enrollado con cable de acero cuya resistencia nominal a la ruptura es de 15,000 kilos. Especifique la disposición del aparejo, incluyendo la cantidad de poleas en el motón de carga y en el bloque superior. Incluya una estimación razonable del peso del motón. Haga un dibujo de la organización del aparejo que muestre la relación entre bloques y la cantidad de secciones de cable de acero.
- 13.36 **Caso de diseño.** Especifique la iluminación en los pasillos de un almacén con un techo de seis metros de altura. El objetivo es indicar la iluminación mínima requerida para que los montacargas operen sin necesidad de faros. Determine la cantidad de lumens por lámpara de techo y la distancia entre lámparas.
- 13.37 **Caso de diseño.** Usted está en el equipo de diseño de una puente grúa aérea para uso interior. El equipo está considerando la propuesta de colocar en la pared una caja de interruptores de dos vías de encendido y apagado para el control de puente, trole y malacate. ¿Cuál sería su aportación al grupo? Explique los razonamientos en los que funda sus recomendaciones.

## C A P Í T U L O 1 4

# Protecciones en máquinas



*Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

La mayoría de la gente piensa, y con buenas razones, en una guarda protectora de máquina cuando se habla de seguridad industrial. Se han dedicado más esfuerzos y recursos a las guardas de máquina que a cualquier otra actividad de seguridad e higiene industriales. Por lo regular, modificar o proteger una sola máquina no se considera un proyecto importante en comparación con la instalación de un sistema de ventilación o bien uno de eliminación de ruidos. Pero aunque cada modificación protectora que se realiza en las máquinas es usualmente pequeña, el conjunto se convierte en una empresa mayor que atañe al mantenimiento de planta, operaciones, compras, programación y, por supuesto, al gerente de seguridad e higiene, que debe desempeñar una función directiva en la implantación de las guardas de máquinas: tiene que señalar las áreas problemáticas, establecer prioridades, seleccionar alternativas de protección y ver que se cumplan las normas.

### PROTECCIÓN GENERAL DE LAS MÁQUINAS

Si el gerente de seguridad e higiene ha de ser capaz de “enumerar áreas problemáticas” y “establecer prioridades”, como acabamos de decir, es menester que tenga el conocimiento de lo que hace que una máquina sea peligrosa. A pesar de las enormes diferencias entre las máquinas, comparten algunos riesgos mecánicos, justamente los que vamos a analizar primero.

### Riesgos mecánicos

A continuación anotamos los riesgos mecánicos generales de las máquinas, aproximadamente en orden de importancia:

1. Punto de operación
2. Puntos de transmisión de energía

3. Puntos de pellizco entrantes
4. Piezas de la máquina rotatorias o reciprocantes
5. Partículas, chispas, o piezas voladoras

Además de estos riesgos mecánicos, enfrentamos riesgos eléctricos, de ruido y de quemaduras. Ahora bien, como por lo regular se controlan con otros métodos que veremos en otras partes del libro. El tema de este capítulo son los riesgos mecánicos controlados por las protecciones en las máquinas.

Aunque las prioridades de la lista anterior son aproximadas, no hay duda alguna del riesgo que debe estar al principio de la lista. Por mucho, el mayor número de lesiones en las máquinas ocurre en el punto de operación, donde la herramienta realiza el trabajo. Este riesgo mecánico es tan importante que lo estudiaremos por separado, con detalles sobre estrategias de control y dispositivos de protección.

El aparato de transmisión de energía de la máquina, que por lo general consta de bandas y poleas, es el segundo riesgo en importancia. Las bandas y poleas generalmente son más fáciles de proteger que el punto de operación. Casi siempre se tiene acceso a bandas y poleas nada más que para el mantenimiento de la máquina, en tanto que el punto de operación debe ser accesible, por lo menos para la pieza de trabajo, cada vez que la máquina se utiliza. Aunque las bandas y poleas son más fáciles de proteger, el gerente de seguridad e higiene las omite a menudo. Dedicamos una sección de este capítulo a las bandas y poleas, debido a su importancia para la seguridad.

Las máquinas que operan con alimentación continua presentan un riesgo en el punto donde el material en movimiento pasa junto o hace contacto con algunas de sus piezas. Este riesgo se llama *punto de pellizco entrante o hacia adentro*. Incluso en las máquinas que no funcionan con alimentación automática, hay puntos de pellizco entrante donde las bandas entran en contacto con poleas y sistemas de engranes. La figura 14.1 muestra ejemplos. Los puntos de pellizco entrante no sólo son riesgos directos, sino que pueden causar lesiones indirectamente, al atrapar ropa suelta y jalar al trabajador hacia adentro de la máquina.

Las piezas de movimiento rotativo o reciprocante presentan riesgos similares a los de las últimas dos categorías; de hecho, estas categorías se superponen. Pero las piezas móviles rotativas o reciprocantes traen a la mente otras piezas de la máquina que quizás necesiten protección. Son particularmente peligrosas las piezas que se muevan *intermitentemente*. Durante la parte inmóvil del ciclo, los trabajadores pueden olvidar que la máquina se volverá a mover. Los aparatos de manejo de materiales, las pinzas y los posicionadores están en esta categoría, junto con los robots y la maquinaria controlada por computadora. El movimiento más intermitente de todos es el *accidental*. Conviene prever lo que sucedería en caso de una falla hidráulica, una chaveta rota, una tuerca que se afloja o algún otro suceso accidental. ¿Protegería la guarda a los trabajadores? ¿Es un riesgo lo bastante importante para justificar la instalación de una protección?

El quinto punto de nuestra lista, las partículas, chispas o piezas voladoras, no es siempre el de menor importancia; simplemente está en una categoría algo diferente. Muchas máquinas despiden partículas o chispas desde el área del punto de operación. También deben incluirse los objetos voladores, porque a veces el producto en fabricación se rompe, y los fragmentos vuelan hacia el operador. También es posible que se rompan piezas de la máquina y caigan o se dirijan al operador. Una manera de proteger a los trabajadores de partículas y chispas voladoras consiste en portar equipo personal de protección. Pero esto no es ni con mucho tan eficaz como sujetar guardas a las máquinas para proteger al operador y a otros trabajadores en las cercanías. A menudo se denomi-

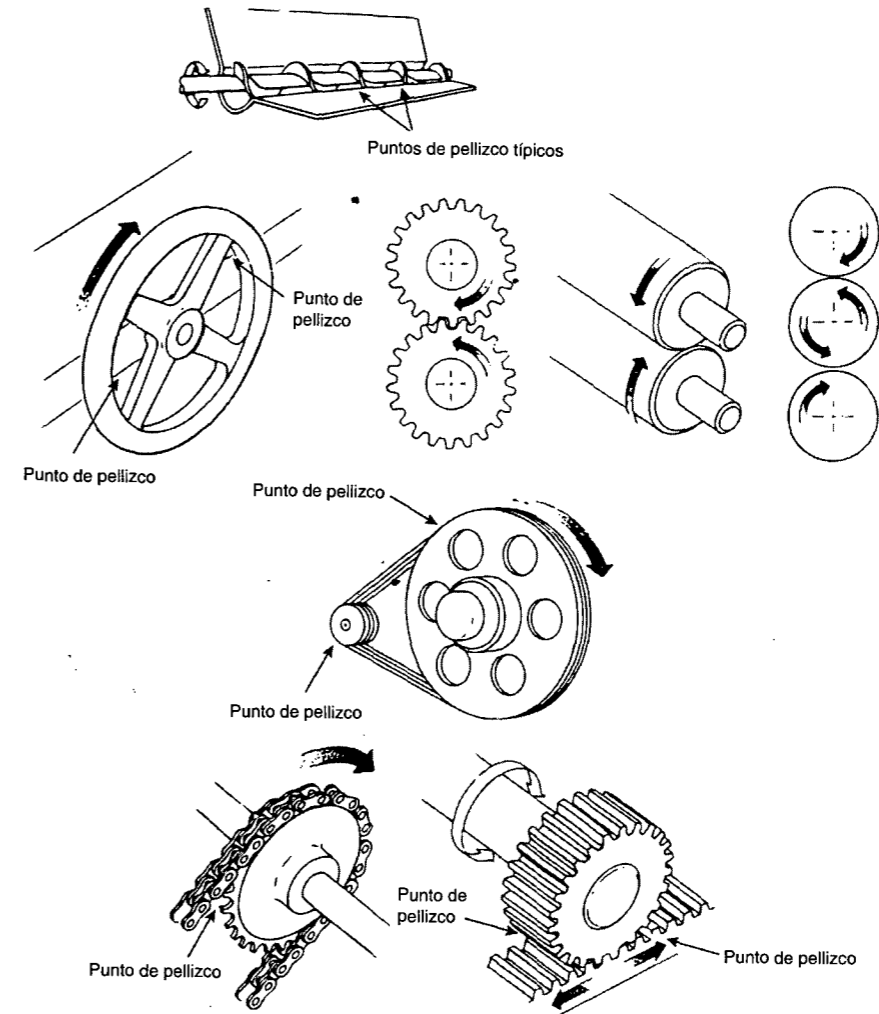
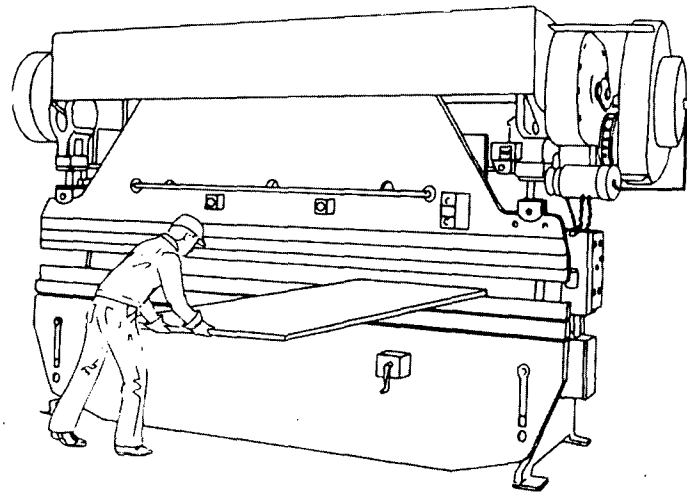


Figura 14-1 Puntos de pellizco entrante.

nan *escudo* o *escudo de guarda* las protecciones que resguardan al operador de partículas, chispas o piezas voladoras.

### Protección mediante emplazamiento o distancia

La manera más fácil e inteligente de proteger una máquina es no utilizar protección física alguna, sino diseñar la máquina o la operación de forma que las piezas peligrosas estén colocadas donde nadie esté expuesto al peligro. Esto entra en el dominio del diseño de la máquina, y cada vez se presta más atención a la seguridad en los diseños de las máquinas modernas. Pero incluso sin alterar una máquina, ésta se puede voltear y colocar contra un rincón, de forma que sus bandas, poleas y motor



**Figura 14-2** Prensa dobladora protegida "por distancia".

estén fuera de alcance durante su operación normal. Un buen ejemplo es el de la revoladora de concreto portátil. Admitamos que esta estrategia vuelve difíciles de alcanzar el motor y la transmisión para darles mantenimiento, pero, por otro lado, lo mismo pasa con las guardas ordinarias. La protección "por distancia" consiste en proteger al operador diseñando la secuencia de operación de forma que no tenga que acercarse a la zona de peligro. En algunas máquinas difíciles de proteger, como las prensas dobladoras, este método (véase la figura 14.2) es expresamente permisible. Las prensas están destinadas a doblar láminas de metal, y sus mesas tan grandes hacen difícil proteger los puntos de operación. Cuando la pieza de trabajo es una lámina grande, el operador tiene que colocarse a mucha distancia del punto de operación y, por lo tanto, está protegido por "distancia". Aunque la protección por distancia sea un método aceptable en ciertas máquinas difíciles de proteger, el gerente de seguridad e higiene hará bien en no generalizar el principio a otro tipo de máquinas. La protección por distancia no constituye un control para mantener en todo momento al operador y demás personal fuera de la zona de peligro.

### Marbetes y cerrojos

Un número sorprendente de accidentes industriales ocurre no cuando la máquina está en operación, sino cuando se encuentra fuera de servicio por reparación o limpieza. Algún trabajador vuelve a conectar la máquina, sin darse cuenta de que está fuera de servicio y de que un operario de mantenimiento está todavía cerca o dentro.

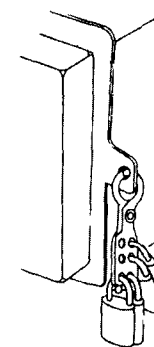
Estos accidentes parecerían situaciones inesperadas, pero se debe a que la mayoría de nosotros estamos más acostumbrados a las pequeñas máquinas domésticas, cerca de las cuales sólo hay unas pocas personas, por lo general miembros de la familia. Pero en las fábricas las máquinas suelen ser grandes, y a veces no se advierte que están en reparación. Muchos trabajadores tienen acceso a ellas, y con frecuencia falta comunicación entre los supervisores de operación y la gente de mantenimiento. Los casos 14.1 y 14.2 ilustran lo que sucede cuando muchos empleados trabajan de manera independiente con la misma pieza del equipo. Literalmente, las enormes máquinas industriales han triturado y digerido seres humanos.

### CASO 14.1 MEZCLADOR DE HARINA POR LOTES

En ocasiones, los mezcladores de harina por lotes son tan grandes que ocupan varios pisos de un edificio. En este caso, un aprendiz estaba en el tercer piso, estirándose para limpiar un mezclador de harina, cuando repentinamente se activó y lo jaló hacia las cuchillas en rápida rotación. El interruptor de arranque estaba situado en el cuarto piso, junto a un interruptor de apariencia similar que controlaba el flujo de harina de un recipiente de almacenamiento a la báscula. Al tiempo que la víctima limpiaba la mezcladora, otro empleado estaba en el cuarto piso midiendo lotes de harina. Cuando éste alargó la mano hacia el interruptor para medir un lote de harina, oprimió por accidente el interruptor de arranque de la mezcladora, lo que causó la muerte del empleado del tercer piso. La empresa había impuesto un procedimiento (no escrito) para colocar un cerrojo durante cualquier actividad de mantenimiento. El procedimiento no fue seguido (ref. 122).

Dos métodos simples de seguridad para evitar estos accidentes son el sistema de marbetes y el de cerrojo. En el sistema de marbetes, el trabajador de mantenimiento coloca una etiqueta en el interruptor de arranque y paro o en la caja de control, de forma que cualquiera que pretenda encender la máquina se disuada por el momento. El sistema de cerrojo (véase la figura 14.3) protege a los trabajadores de mantenimiento, porque son los únicos que tienen la llave. Observe en la figura que el cerrojo alberga varios candados, uno para cada trabajador expuesto. Así cada trabajador de mantenimiento tiene un medio personal de control y la responsabilidad sobre su propia seguridad mientras trabaja en la máquina.

El sistema de marbetes es más sencillo, pero el de cerrojo es el requerido siempre que sea factible. Parecería que no hace falta un cerrojo, porque, después de todo, ¿quién encendería una máquina que tiene una etiqueta puesta por un trabajador de mantenimiento para advertir que no se haga? Pero las fábricas son operadas por seres humanos, y los errores pueden llevar a un accidente. Por ejemplo, quizá el trabajador de mantenimiento se olvide de retirar la etiqueta luego de terminar la



**Figura 14-3** Sistema de cerrojo para trabajadores de mantenimiento mientras se repara la máquina.

reparación. El personal de operación pensará entonces que el trabajador de mantenimiento no quitó la etiqueta y la ignorará. El lector sin duda imagina otras situaciones que conduzcan a accidentes y que se hubieran evitado mediante un cerrojo. Si el trabajador de mantenimiento posee la única llave, no hay forma que un operador vuelva a arrancar la máquina (desde luego, siempre que el trabajador de mantenimiento haya tenido el cuidado de colocar el cerrojo).

### CASO 14.2 RIESGO CON CIZALLAS

Un empleado estaba limpiando desechos debajo de una gran cizalla, cuando un compañero oprimió el botón de activación de la cuchilla. Ésta bajó y decapitó al empleado (ref. 122). Las grandes máquinas industriales han triturado y digerido seres humanos.

Ciertos interruptores son buenos para el arranque y paro normales de las máquinas, pero no impiden que se activen accidentalmente. Por ejemplo, los interruptores de botón y de selector no llenan los requisitos como *dispositivos aisladores de energía*, porque no pueden cerrarse con seguridad. Para calificar como de cerrojo, los interruptores de desconexión o los cortacircuitos deben tener el modo de colocarles un cerrojo que anule el efecto de un interruptor de arranque de botón o de selector normal.

La OSHA promulgó una regla final para cerrojos y marbetes el 1° de septiembre de 1989. En los dos años siguientes, la norma se convirtió en una de las más violadas en los Estados Unidos. Más sorprendente aún es el monto en dólares de las multas propuestas. El año fiscal que finalizó el 30 de septiembre de 1991, la norma de cerrojos y marbetes había generado más de siete millones de dólares en multas. De las 6113 infracciones que se alegaron ese año, la OSHA clasificó 4871 como graves. Los peores problemas que se encontraron fueron la omisión por parte de los patronos de establecer un nuevo programa de cerrojos y marbetes en primer lugar, la falta de capacitación de los empleados en los procedimientos correctos y no documentar los procedimientos. Por lo menos 73 por ciento de las multas por infringir la norma de cerrojos y marbetes fueron por la falta de capacitación y documentación adecuadas. Así, se vio una vez más que el problema principal del cumplimiento de muchas normas de la OSHA no es el control físico de los riesgos, sino la falta de capacitación a los empleados y la documentación de cumplimiento.

### Estado mecánico cero

Uno de los riesgos más insidiosos de las máquinas es que están provistas de energía, incluso apagadas. Se pueden almacenar varias formas de energía, como presión neumática o hidráulica, capacitores con carga eléctrica, resortes tensados o comprimidos o energía cinética por rotación de volantes. Los

volantes son enormes ruedas que giran continuamente para proporcionar una fuente de energía uniforme para el funcionamiento de las máquinas y que continúan girando por su propio impulso después de haber desconectado la energía eléctrica, hasta que la inercia se pierde por la fricción. Este impulso es a veces suficiente para operar parcialmente la máquina, incluso después que haberla desconectado de la energía. La enorme masa del volante hace impráctico frenarlo de golpe. Pero, repitamos, la energía almacenada todavía representa un riesgo para los trabajadores de mantenimiento. El caso 14.3 muestra el efecto de la tremenda energía de un volante giratorio fuera de control.

### CASO 14.3 ACCIDENTE POR VOLANTE

Dos empleados estaban reparando una prensa dobladora que había sido desconectada 10 minutos antes. Colocaron una barra de metal en una ranura de la cubierta exterior del volante para moverlo a mano. Pero el volante *no se había detenido por completo*, y los hombres perdieron el control de la barra, que salió volando y golpeó y mató a otro empleado, que observaba la operación desde una escalera (ref. 122).

Los riesgos por energía almacenada en las máquinas, incluso cuando han sido desconectadas, ha llevado a la acuñación de un término de seguridad: *estado mecánico cero*. Para reducir las máquinas al estado mecánico cero, las fuentes residuales de energía, que permanecen en la máquina después de haberla apagado, deben ser disipadas o restringidas de manera que se vuelvan inofensivas. Hay que liberar la presión, soltar los resortes, bajar o cerrar los contrapesos y detener los volantes, de forma que ya no suministren energía a las piezas móviles de las máquinas. Por lo tanto, el estado mecánico cero es más que un cerrojo o un marbete en el interruptor de la energía.

En este punto, el lector reconocerá que el concepto de estado mecánico cero se relaciona con el principio general de protección contra fallas estudiado en el capítulo 3. El hecho de que algunas máquinas conserven energía peligrosa en diversas formas después de desconectarse deliberada o accidentalmente de la fuente es un riesgo que hay que considerar en el diseño.

### Enclavamientos

En contraste con el cerrojo, hay un dispositivo de seguridad llamado *enclavamiento*. Las secadoras de ropa modernas dejan de girar tan pronto como se abre la puerta, y así cumplen con las normas de seguridad industrial para tambores, barriles y contenedores giratorios. Incluso si el tambor está cerrado, su movimiento puede presentar riesgos, a menos que esté protegido por un recinto. Se exige un enclavamiento entre el recinto y el mecanismo de operación para impedir la rotación siempre que el recinto de protección no esté en su lugar.

Las frotadoras son máquinas industriales populares que utilizan un tambor giratorio que hace rodar partes metálicas en presencia de un medio frotador abrasivo para mejorar las características superficiales de las piezas. Muchas máquinas frotadoras que se encuentran en la industria no tienen carcasas de guarda con enclavamiento, y los gerentes de seguridad e higiene deben estar atentos a tales deficiencias.

**Barras de disparo**

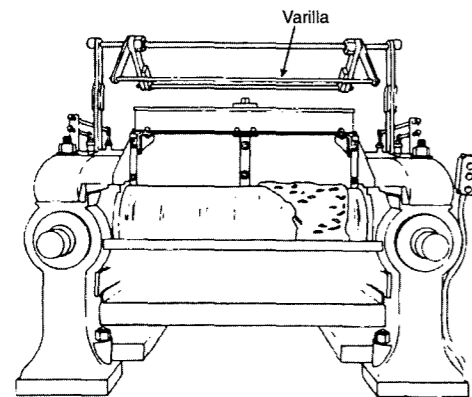
Los grandes conjuntos de maquinaria a menudo son difíciles de proteger, pero es posible instalar barras de disparo que detengan las máquinas si el operador cae dentro o entra en la zona de peligro. La mano o el cuerpo del operador mueve la barra, que activa un interruptor. La figura 14.4 ilustra una barra de disparo de emergencia en un molino de hule, una máquina muy peligrosa.

A veces es poco práctico poner la barra de disparo de forma que siempre que el trabajador entre en la zona de peligro actúe automáticamente. Una alternativa es instalar una varilla o un alambre de disparo, para que el trabajador los agarre y desactive la máquina (se muestran ejemplos en la figura 14.5). La investigación de dispositivos merece examen y experimentación cuidadosos, para asegurarse de que los trabajadores alcancen la varilla o el alambre de disparo si se meten en problemas.

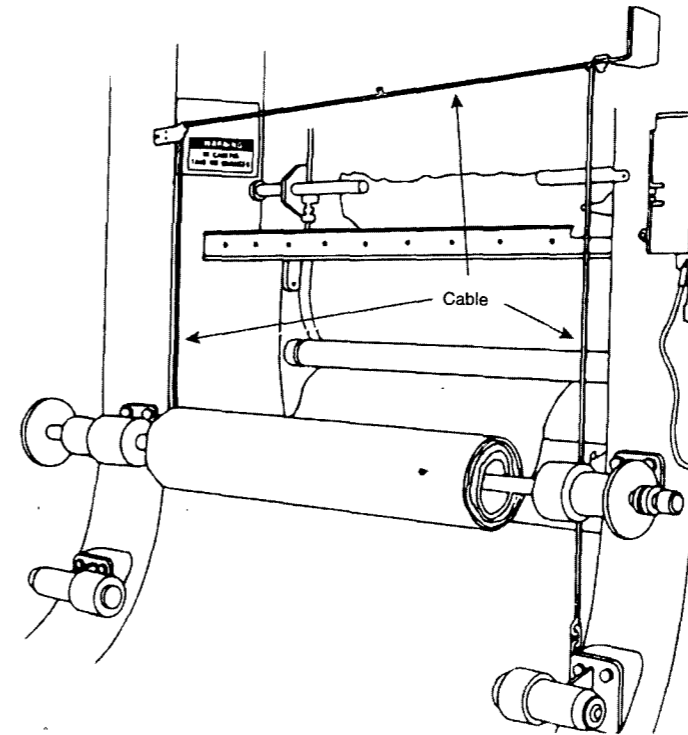
**Protecciones de aspas de ventilador**

Una norma de seguridad muy importante es la que requiere que las aspas de los ventiladores tengan protección, con aberturas de máximo 1.25 centímetros. Hay literalmente millones de ventiladores en industrias de todas partes y muchos de ellos tienen protecciones con aberturas mayores. Los nuevos diseños de ventiladores se construyen de acuerdo con la norma más reciente, pero un problema serio es la compostura de los ventiladores viejos a fin de que cumplan con la norma.

Un fabricante de equipo de seguridad emprendedor tuvo la brillante idea de comercializar una malla de nylon que podía envolverse alrededor de las protecciones que no cumplen y después sujetarse firmemente con cordel por su parte trasera (véase la figura 14.6). La malla de nylon tenía una



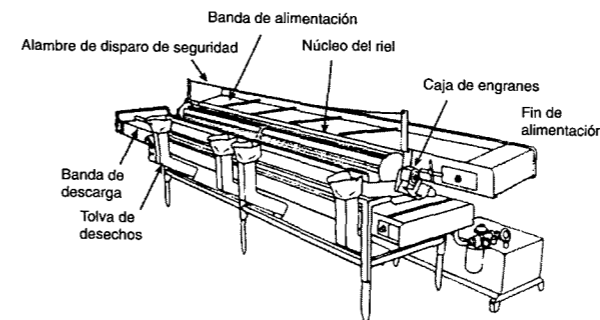
**Figura 14-4** Barra para el cuerpo sensible a la presión en molino de hule.



**Figura 14-5** Varillas y alambres de disparo de seguridad.

abertura de 1.25 centímetros, y si se amarraba bien tensa, libraba de peligros a los trabajadores. Antes de apresurarse a adquirir estas baratas protecciones, el gerente de seguridad e higiene debe comprender que no son una panacea. Primero que nada, la malla de nylon, o para el caso cualquier protección, reduce la eficacia del ventilador. Aún más, todos los ventiladores acumulan aceite y pelusa sobre la superficie de sus aspas y sobre la protección. La malla de nylon es todavía más susceptible a la acumulación que las protecciones metálicas, lo que hace difícil mantenerla limpia o bien trae como consecuencia que se reduzca gradualmente la eficiencia del ventilador.

Para tratar con el dilema de la protección de los ventiladores, empiezan a aparecer muchos diseños innovadores de protecciones y de aspas. Varias de las nuevas protecciones son desarmables para un



**Figura 14-5** Continuación.



**Figura 14-6** Protección de malla de nylon para aspas de ventilador.

lavado fácil, y algunos ventiladores pequeños y ligeros de aspas de plástico no tienen protección en lo absoluto, pues como además los mueve un motor pequeño, no representan riesgos para el personal. Sin protección alguna, la mayor eficacia puede hacer mucho para compensar la poca potencia de este motor.

### Anclaje de máquinas

Otra norma problemática es la regla de anclar la maquinaria fija al suelo para evitar que “camine” o se mueva. Se requiere tal anclaje para todas las máquinas *diseñadas para un emplazamiento fijo*. Las máquinas que tienen movimientos recíprocos, como las prensas, tienen tendencia a “caminar”, a menos que se les ancle firmemente. Los taladros y las máquinas esmeriladoras también pueden ser peligrosos a menos que estén anclados.

La expresión “diseñada para un emplazamiento fijo” se refiere a cualquier máquina que tenga barrenos de montaje en las patas o las bases. Es cierto que estos barrenos tienen el propósito de anclar las máquinas, pero la sola presencia de los barrenos no es prueba que la máquina deba ser anclada. Los barrenos de montaje pueden ser simplemente una característica de conveniencia para facilitar el traslado o permitir que la máquina sea montada de acuerdo con las preferencias del usuario por la razón que sea, como con fines de seguridad exterior en vez de seguridad interna.

## PROTECCIONES EN EL PUNTO DE OPERACIÓN

Las estadísticas de las lesiones atestiguan el hecho de que el punto de operación es el sitio más peligroso de las máquinas. En algunas, el punto de operación es tan peligroso que se requiere cierta salvaguarda para cada ajuste; las prensas mecánicas de potencia son un ejemplo. Guiándose por las reglas específicas para las prensas mecánicas de potencia, el gerente de seguridad e higiene puede extender los principios a otras máquinas, a las que cabe aplicar la mayor parte de los métodos de protección.

Una clasificación general de los métodos para proteger el punto de operación es en función de guardas y dispositivos, como sigue:

1. Guardas
  - (a) Recintos para troqueles
  - (b) Barreras fijas

- (c) Barreras con enclavamiento
- (d) Barreras ajustables
2. Dispositivos
  - (a) Puertas
  - (b) Dispositivos sensores de presencia
  - (c) Jaladores
  - (d) Barredoras (ya no se aceptan para prensas mecánicas de potencia)
  - (e) Sujetadores
  - (f) Controles de dos manos
  - (g) Barras de disparo de dos manos

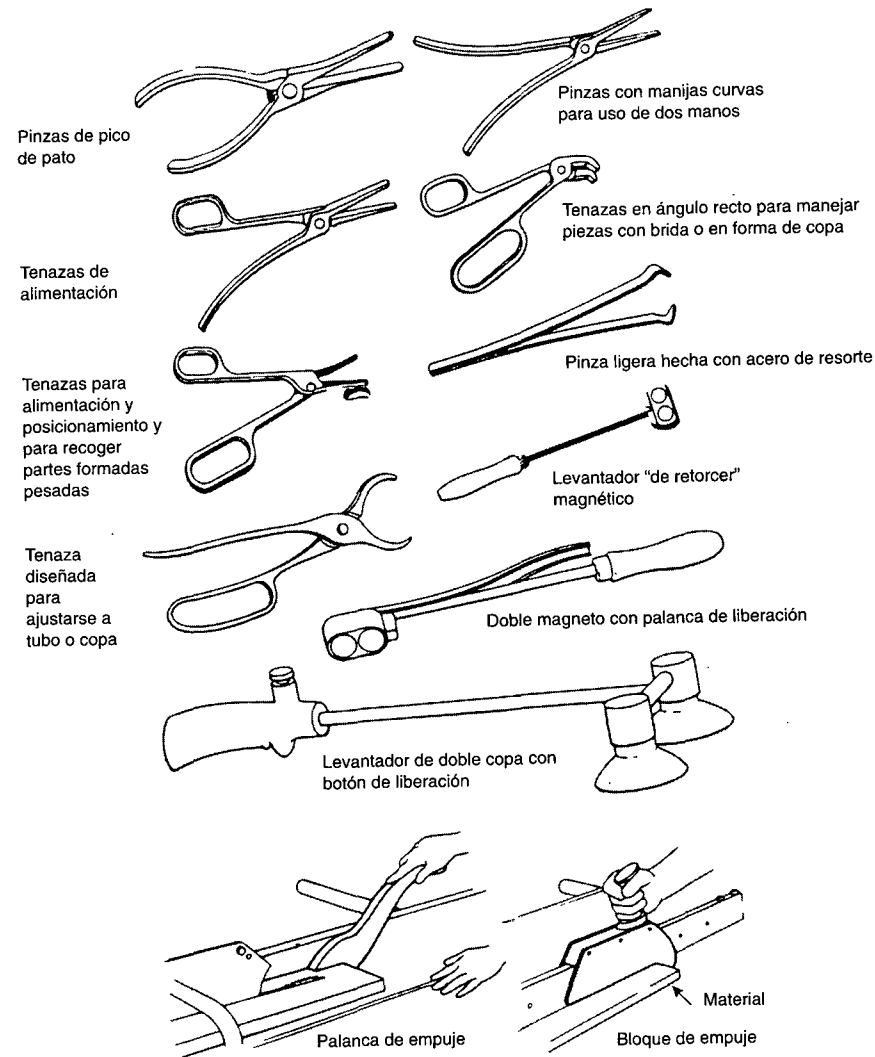
El lector observará que no aparece en la lista ninguna herramienta de alimentación manual, como tenazas. Estas herramientas (véase la figura 14.7) son útiles para impedir que los operadores pongan las manos en la zona de peligro, pero se debe recalcar que estas herramientas *no* están aprobadas como protecciones o dispositivos de salvaguarda en el punto de operación.

### Guardas

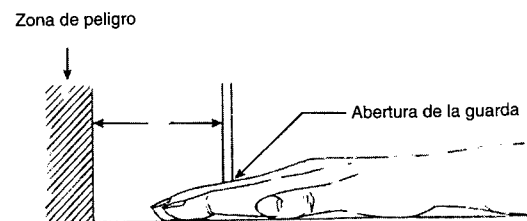
La función de las guardas es mantener al trabajador fuera del área de peligro, pero muchas no la cumplen. Algunas sólo sirven de pantalla en una parte del área de peligro alrededor del punto de operación, pero esto tiene sus riesgos. Muchos trabajadores anularán el efecto de la guarda pasando la mano a través, por encima, por debajo o alrededor, exponiéndose quizás a un riesgo mayor que si la guarda no estuviera presente. Por supuesto, toda guarda debe ser desarmable para fines de mantenimiento o de modificaciones, pero ha de requerir algún esfuerzo, o los operadores mismos la desarmarán para quitarla de su camino. No deben utilizarse mariposas o dispositivos de liberación rápida. Las tuercas y tornillos son mejores, pero incluso mejores son las tuercas de cabeza embutida, como los tornillos Allen.

La mayor parte de las guardas son de metal, y los diseños populares utilizan metal expandido, lámina, metal perforado o malla de alambre como material de relleno. Se necesita un marco seguro para mantener la integridad estructural de las guardas. Cuando un panel de guarda es mayor de 11 metros cuadrados, se pone en peligro su rigidez y se necesitan otros componentes. Muchas clases de malla de alambre ordinaria son inadecuadas, porque los alambres no están fijos en los puntos de cruce. La tela de alambre ordinaria para ventanas entra en esta categoría. La tela de alambre galvanizada es mejor, lo mismo que algunas clases soldadas en los puntos de cruce.

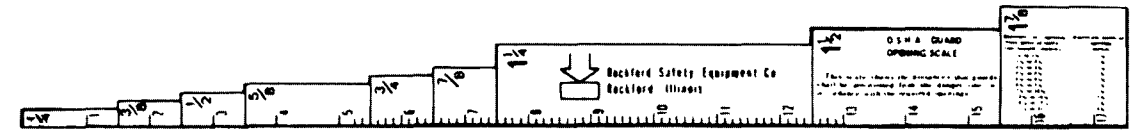
Un principio de protección de máquinas, tomado de la norma de la prensa de potencia, es el tamaño máximo de abertura permisible. Contemplando la anatomía humana, se llega a la conclusión de que entre más lejos se esté de la zona de peligro, más grandes pueden ser las aberturas en la guarda sin crear riesgos. Si la guarda está a la distancia de un brazo de la zona de peligro, es posible que una abertura de varias pulgadas no sea todavía peligrosa. Pero si la guarda está justo junto a la zona de peligro, ninguna abertura debe ser lo bastante grande para que pase un dedo. Los tamaños normales de abertura de guardas se especifican en la tabla 14.1. El principio de las aberturas que exigen las normas se ilustra en la figura 14.8. Algunas empresas han puesto a la venta una medida de pasa y no pasa para guardas (véase la figura 14.9): Inserte la punta de la medida a través de la guarda. Si la medida llega a la zona de peligro, la abertura en la guarda es demasiado grande.



**Figura 14-7** Las herramientas de alimentación manual ayudan, pero no reemplazan la función de una guarda en el punto de operación.



**Figura 14-8** La abertura máxima permisible de la guarda depende de la distancia a la zona de peligro.



**Figura 14-9** Medida de tamaño de abertura de la guarda

**Tabla 14.1** Especificación de la OSHA para el tamaño máximo permisible de aberturas en guardas, en función a la distancia desde el punto de operación

<i>Distancia de la abertura al riesgo del punto de operación (pulg)</i>	<i>Ancho máximo de la abertura (pulg)</i>
1/2 – 1-1/2	1/4
1-1/2 – 2-1/2	3/8
2-1/2 – 3-1/2	1/2
3-1/2 – 5-1/2	1/8
5-1/2 – 6-1/2	3/4
6-1/2 – 7-1/2	7/8
7-1/2 – 12-1/2	1-1/4
12-1/2 – 15-1/2	1-1/2
15-1/2 – 17-1/2	1-7/8
17-1/2 – 31-1/2	2-1/8

Fuente: Norma 1910-217 de la OSHA, tabla 0-10.

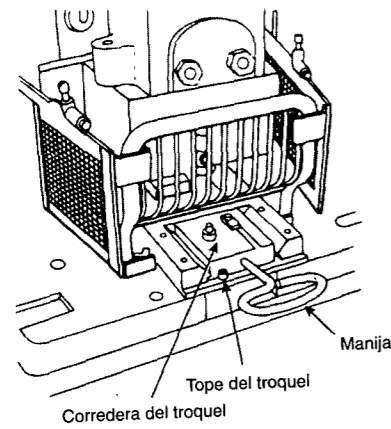
La visibilidad es un problema con ciertas guardas. Una vieja práctica consistía en pintar todas las guardas de anaranjado, pero este color brillante dificulta ver a través de la guarda el punto de operación. Si se trata de colores, el negro es por mucho el mejor para las guardas de punto de operación; pero aún mejor sería un material transparente.

### Recintos para troqueles

Las prensas de potencia y máquinas semejantes tienen troqueles recíprocos que se cierran uno sobre el otro para actuar como punto de operación. El espacio entre el troquel superior y el inferior es el área de peligro, y la guarda de recinto para troqueles está diseñada para cubrir sólo esta pequeña área. La ventaja sobre las demás formas de protección es que esta guarda es pequeña, pero no es la más popular. Debido a que los troqueles varían enormemente de tamaño y forma, prácticamente la guarda de recinto debe ser hecha a la medida del troquel o por lo menos de la "placa", que actúa como base de sostén. Otra desventaja es que esta guarda se ubica justo en el punto de operación, lo que no permite ninguna libertad en cuanto al tamaño de la malla o el espaciamiento de las rejillas. El tamaño máximo de abertura permisible es de 63 milímetros, lo que puede limitar la visibilidad. La figura 14.10 ilustra una guarda de recinto para troqueles.

### Barreras fijas

*Guarda de barrera fija* es un término general para una gran variedad de protecciones que se agregan a la estructura de las máquinas. La figura 14.11 muestra un ejemplo, pero recuerde que no hay un estilo o forma establecidos para guardas de barrera fija. Incluso la malla o el espaciamiento de las

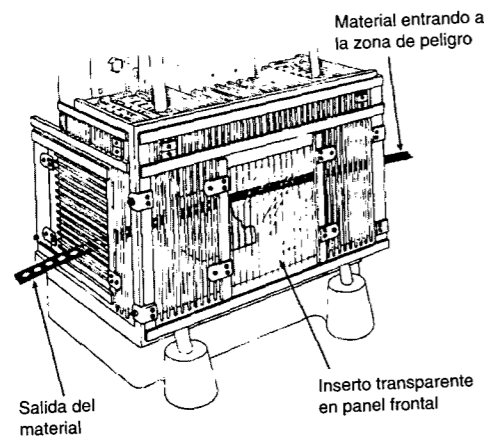


**Figura 14-10** Recinto para troqueles, utilizado con los troqueles deslizantes para alimentación.

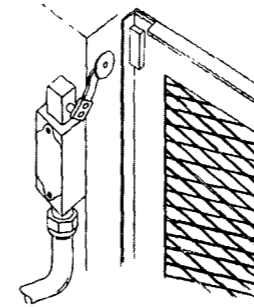
barras es variable, dependiendo de la distancia desde la guarda hasta el punto de operación (refiérase a la tabla 14.1). Las guardas de barrera fija grandes aceptan distancias grandes al punto de operación y una malla de tejido más abierto como material.

### Barreras con enclavamiento

Mucho más sofisticada es la guarda de barrera con enclavamiento que se muestra en la figura 14.12. Los enclavamientos, por lo general eléctricos, desactivan el mecanismo si se abre la guarda. Pero no se requiere del enclavamiento para detener la máquina si ya ha sido disparada, y por tanto ofrece una protección inadecuada para el operador que trata de alimentar la máquina a mano. Si la barrera es tan fácil de abrir y cerrar que el operador puede meter la mano mientras la máquina está todavía en movimiento, la barrera con enclavamiento no está haciendo su trabajo. En vez de una guarda, tal arreglo sería llamado con más precisión una puerta, dispositivo que estudiaremos más adelante.



**Figura 14-11** Guarda de barrera fija.



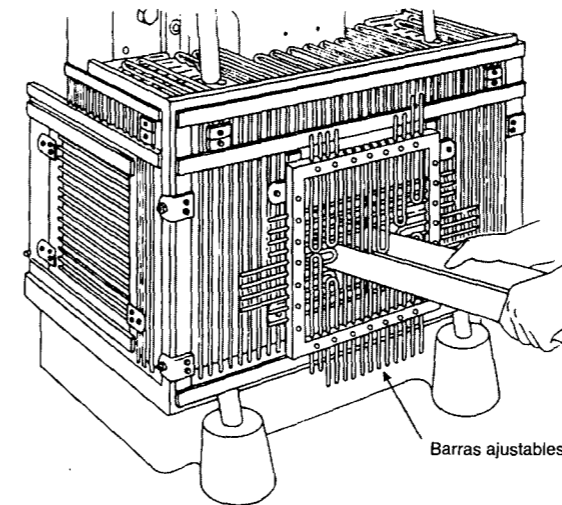
**Figura 14-12** Guarda de barrera con enclavamiento.

### Barreras ajustables

Los fabricantes han diseñado formas ingeniosas para las guardas, de modo que se adapten a las aplicaciones durante la puesta a punto. A diferencia de la guarda de barrera fija, el ajuste es temporal y se puede modificar la misma guarda para una instalación diferente. El problema de las barreras ajustables es hacerlas lo bastante fáciles de ajustar para que sean prácticas, pero no tanto como para que una persona sin autorización las altere o tenga acceso a la zona de peligro. La figura 14.13 muestra una guarda de barrera ajustable.

### Barreras de conciencia

Algunas personas confunden el término *guarda de barrera ajustable* con *barrera de conciencia*. Esta última (véase la figura 14.14) no se considera guarda ni cumple los criterios de protección para mantener manos o dedos del operador fuera de la zona de peligro. Así, aunque no es una protección, sí da un aviso de que las manos están en peligro. En el tipo ilustrado en la figura, hay anillos o cilindros de metal sobre la mesa que se levantan con los dedos del operador cuando están



**Figura 14-13** Guarda de barrera ajustable.



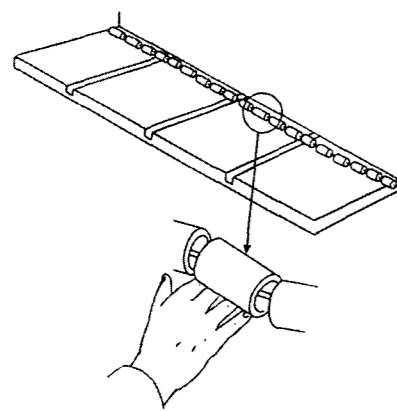


Figura 14-14 Barrera de conciencia instalada en una cizalla.

en una zona peligrosa. En ese punto, el operador aún podría continuar e introducir más la mano en la máquina, lo que podría causarle una lesión, pero su capacitación y buen juicio impedirán que lo haga. El contacto con la barrera de conciencia debe ser una señal aprendida que indique que debe retirar inmediatamente las manos. La eficacia de las barreras de conciencia sigue en duda, ya que algunos piensan que un mero aviso no es suficiente para proteger al operador. Una complicación más es que la barrera puede ocultar el verdadero peligro. Muchos operadores creen que la capacidad de ver el verdadero punto de operación no sólo es asunto de conveniencia, sino también de seguridad.

A veces se utiliza el término *barrera de conciencia* para referirse a una simple cuerda o cadena suspendida frente al área de peligro, quizás con un letrero que advierta al personal que se mantenga alejado. Un ejemplo es la parte trasera de las cizallas de lámina, como se muestra en la figura 14.15. La cadena no garantiza que el personal se mantendrá lejos del punto de operación o de la zona de peligro, pero le advertirá del peligro.

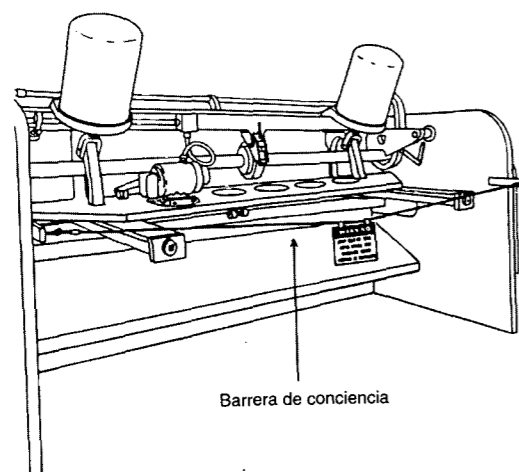


Figura 14-15 Vista de la parte trasera de una cizalla de potencia.

## Guardas de plantilla

El diseño de las guardas de plantilla está integrado a la ingeniería de la operación de fabricación. La guarda tiene la función tanto de proteger al operador como de facilitar la operación para aumentar la productividad. No hay criterios uniformes en las guardas de plantilla, porque están diseñadas para adecuarse a cada pieza de trabajo y sostenerla en su sitio mientras la máquina lleva a cabo el corte o cualquier otra operación. Las guardas de plantilla se mueven con el trabajo mientras se realiza la operación. La guarda de plantilla de la figura 14.16 se utiliza para hacer las muescas en los travesaños en la fabricación de tarimas de cuatro vías. Esta ingeniosa protección mantiene la hoja de la sierra circular de madera cubierta en todo momento, ya sea por la plantilla entre cortes o por la misma pieza de trabajo durante el corte.

Las protecciones de punto de operación son excelentes cuando la máquina se alimenta eficazmente por medios automáticos o a través de una ventana en la guarda, sin que el operador tenga que introducir las manos en la zona de peligro. Pero a veces la única manera de alimentar ciertas máquinas es a mano, y algunas máquinas son muy peligrosas; esta clase de máquinas se tipifica con la prensa troqueladora de potencia, que analizaremos a continuación. La única manera de asegurar la protección del operador mientras alimenta a mano estas máquinas tan peligrosas consiste en el uso de algún *dispositivo* que mantenga las manos del operador fuera de la zona de peligro en tanto la máquina cicla y realiza su trabajo. Para este propósito, se han elaborado algunos dispositivos ingeniosos, los que estudiaremos en la siguiente sección.

## PRENSAS DE POTENCIA

Las prensas troqueladoras son las máquinas más peligrosas y al mismo tiempo de las más útiles en la industria. La prensa, el epítome de las máquinas de producción en masa, se destaca cuando se trata de enormes volúmenes de productos idénticos. La producción en masa depende de la fabricación intercambiable, que a su vez requiere de máquinas que produzcan piezas idénticas. La prensa de potencia está muy calificada para este trabajo.

La figura 14.17 ilustra dos modelos populares de prensas de potencia. *Prensa de potencia* es un término general, que abarca modelos movidos hidráulicamente y prensas de forja, además de las populares prensas troqueladoras mecánicas. La característica más notoria de la prensa de potencia es el conjunto de troqueles recíprocos que se cierran uno sobre otro para cortar, dar forma, armar material o la combina-

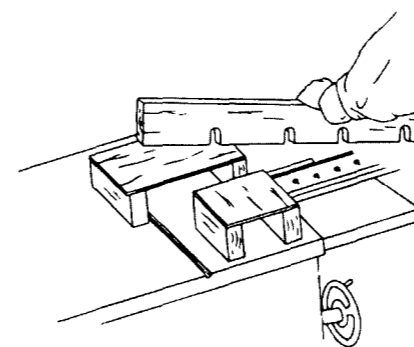
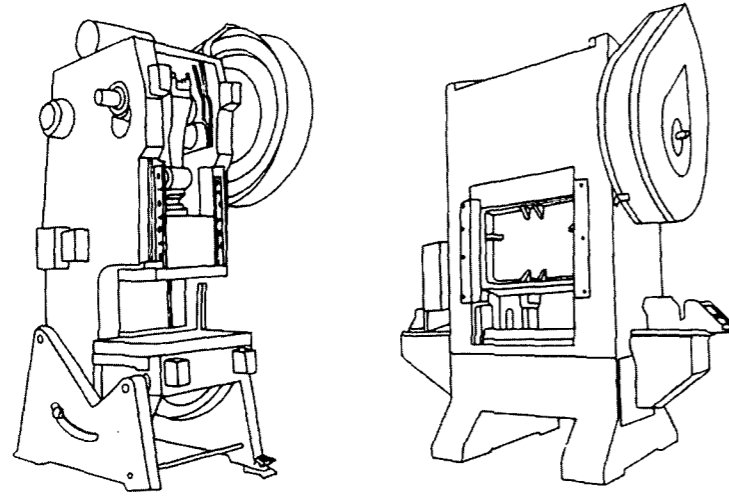


Figura 14-16 Guarda de plantilla para perforar los travesaños de una tarima de cuatro vías (Crédito de la idea, Occupational Center of Central Kansas, Inc.)



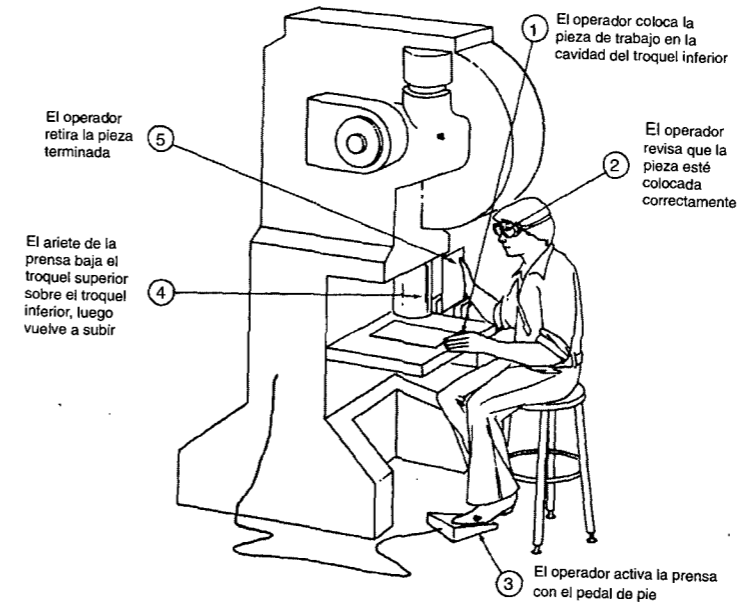
**Figura 14-17** Prensas de potencia típicas: (a) modelo de espalda abierta, inclinable (OBI); (b) modelo de lados rectos.

ción de estas operaciones en uno o más golpes. Las características más sutiles de las prensas, como los métodos de transmisión de potencia y control de la carrera, tienen mucho que ver con la protección. Las normas más restrictivas están dirigidas hacia los modelos mecánicos, energizados por volantes.

### Riesgos en las prensas

Por supuesto, hay razones para darle tanta importancia a la protección en el punto de operación de las prensas de potencia mecánica. El historial de lesiones de las prensas de potencia no es muy bueno, como lo indica una estimación de Ryan, de 1987, según la cual en los Estados Unidos había cada año aproximadamente 2 000 amputaciones entre los operadores de prensas (ref. 136). Cuando se alimenta la prensa a mano, el operador está cerca del peligro cada vez que los troqueles se cierran, y esto le sucede miles de veces en su carrera. Un descuido, y en una fracción de segundo se ha amputado un dedo o una mano. Tales accidentes eran triviales en la primera mitad del siglo XX. Poco antes de la Segunda Guerra Mundial, se llegó a la conclusión de que incluso el operador más cuidadoso podía convertirse en víctima de la prensa de potencia y se iniciaron esfuerzos para eliminar el riesgo.

Para comprender la naturaleza y la importancia del riesgo de las prensas de potencia, es necesario estudiar la relación entre ser humano y máquina. En una instalación de alimentación manual, la prensa y el operador alternan acciones, con un ritmo que se cicla cada pocos segundos, y que en algunas operaciones de prensa de mesa puede ser incluso de una fracción de segundo. La figura 14-18 muestra la secuencia de acciones en un ciclo de prensa común, que emplea alimentación manual sin protección. Los incentivos de producción motivan al operador a ir a una velocidad cada vez mayor, conforme gana habilidad. El operador aprende a seguir un ritmo con el movimiento de la prensa. El sonido del mecanismo disparador de la prensa, el cierre de los troqueles y otros movimientos de la prensa se convierten en señales para que el operador haga un movimiento con la mano o con el pie. El proceso requiere la coordinación de ojos, manos y pies en todos los ciclos. Es fácil imaginar los riesgos implícitos en cientos de miles de ciclos repetitivos.



**Figura 14-18** Secuencia de operación del ciclo de prensa (sin protección).

Una de las principales causas de accidentes en las prensas de potencia es el intento del operador de reajustar una pieza de trabajo mal alineada sobre el troquel. El impulso de meter la mano para corregir el error es muy poderoso, aun después que se ha activado el aríete. Si el operador deja pasar el error, la pieza de trabajo mal alineada puede romperse cuando los troqueles se cierran, y por lo menos, se arruinará, aunque es más probable que los troqueles (que son caros) se rompan o arruinen, y también es muy posible que el marco de la prensa se dañe. Una pieza de trabajo mal alineada puede producir un daño de muchos miles de dólares a los troqueles y a la prensa misma. Pero aún peor, la pieza de trabajo mal colocada o los troqueles pueden fragmentarse cuando se cierran, lo que expone al operador a que los pedazos de metal salgan disparados y lo lastimen. A nadie sorprenderá, pues, que el operador sienta una poderosa inclinación a meter de nuevo la mano para corregir una mala posición. Los ojos del operador verán el error y la mano se introducirá... aunque el pie ya haya oprimido el pedal que activa la prensa.

La naturaleza de alguna manera insidiosa de los riesgos de las prensas de potencia motivó a los redactores de las normas a sentar una regla de "manos fuera de los troqueles". La teoría era que se podían utilizar tenazas y otros dispositivos para alimentar las piezas de trabajo, eliminando la necesidad de que el trabajador meta las manos en la zona de peligro. Además de tenazas y otras herramientas de alimentación, las guardas de prensa o los dispositivos de seguridad impedirían que los operadores introdujeran las manos o los dedos en la zona de peligro, aun si lo hacían a propósito, mientras los troqueles se estuvieran cerrando.

En la mayor parte de las aplicaciones la teoría dio resultado, pero algunas planteaban complejos problemas de alimentación que desafiaban cualquier solución con el enfoque de manos fuera. Quedó muy claro que la industria del troquelado y estampado de lámina de metal no podría cumplir con la rígida regla de no meter manos en todas las situaciones, y el apoyo a la teoría comenzó a derrumbarse. En su lugar, se establecieron nuevas reglas para garantizar la confiabilidad de los dispositivos de guarda que protegen a los operadores en el punto de operación.

## Diseños de prensas

Para comprender las reglas (algo complicadas) de protección en las prensas de potencia, es necesario examinar el funcionamiento básico de las mismas. La mayor parte de las prensas son mecánicas, aunque hay gran cantidad de modelos de potencia hidráulica, que se reconocen por la presencia de un enorme cilindro hidráulico encima del ariete. El cilindro se parece al que se usa en las rampas elevadoras de las estaciones de servicio para automóviles. Las prensas de potencia hidráulicas están expresamente excluidas en las normas para prensas de potencia mecánica, igual que las prensas neumáticas, los aplicadores de sujetadores y las prensas que utilizan metal a altas temperaturas, *aun si son de potencia mecánica*. También se excluye la prensa dobladora, que es una prensa de potencia de mesa muy larga (refiérase a la figura 14.2) utilizada para doblar lámina de metal. Las cizallas, debido a que emplean cuchillas en vez de troqueles, no están consideradas dentro de la definición de prensa de potencia mecánica.

La manera más fácil de distinguir una prensa de potencia mecánica de las demás es por la presencia de un volante enorme y pesado que, mediante su rotación, transporta energía que se imparte al ariete cuando se activa la prensa. Usualmente, el volante está montado a un costado de la prensa, cerca de la parte superior, como en las prensas de la figura 14.17.

Una de las características más importantes de las prensas es si son de *rotación completa* o de *rotación parcial*, lo que se refiere al método para acoplar o desacoplar el volante para dar energía al ariete. Las de rotación completa hacen un acoplamiento firme, que no se deshace hasta que el cigüeñal y el volante dan juntos una vuelta completa. Durante esta revolución, el ariete de la prensa baja, los troqueles se cierran y se abren y el ariete regresa a su posición arriba en espera de otro ciclo. Al fin de la revolución, el volante se desacopla y gira libremente con la energía del motor.

La máquina de rotación parcial típicamente tiene un embrague de fricción que puede desacoplarse en cualquier momento durante el ciclo de la prensa. Se utiliza aire comprimido para acoplar o desacoplar el embrague instantáneamente, según la decisión del operador. Al desacoplarse el embrague, se aplica un freno que detiene de inmediato o casi de inmediato el ariete. Es fácil observar la ventaja de poder interrumpir el golpe de la prensa en cualquier punto del ciclo, pero las bondades de las prensas de rotación parcial no terminan ahí. El acoplamiento instantáneo también sirve para que la prensa recicle rápidamente una vez que se ha acoplado, lo que deja menos tiempo al operador para meterse en problemas con una idea tardía de meter la mano al punto de operación.

El gerente de seguridad e higiene debe entender qué prensas son de rotación completa y cuáles de rotación parcial, a fin de saber cómo equiparlas con el equipo de seguridad apropiado. Se han gastado miles de dólares adquiriendo el equipo de seguridad equivocado para una prensa de potencia. Una manera de tener una idea aproximada si la prensa es de rotación completa consiste en averiguar la edad de la máquina. La mayor parte de las prensas son de rotación completa, y son sin duda las más antiguas, a menos que hayan pasado por un proceso de renovación. No es por accidente que la edad promedio de las prensas de potencia mecánica en los Estados Unidos esté constantemente aumentando. Las estadísticas revelan que alrededor de la mitad de las prensas de ese país tienen más de 20 años.

Ya que las prensas de rotación parcial emplean un embrague de fricción, a menudo la carcasa del volante tiene un bulto para dar cabida al embrague, como se muestra en la figura 14.19. El embrague funciona neumáticamente, lo que significa que se puede apreciar una tubería extra en el exterior de la cubierta del volante, dirigida hacia el centro del embrague, como se muestra en la figura. Las máquinas de embrague de rotación completa pueden tener también una pequeña tubería en el exterior

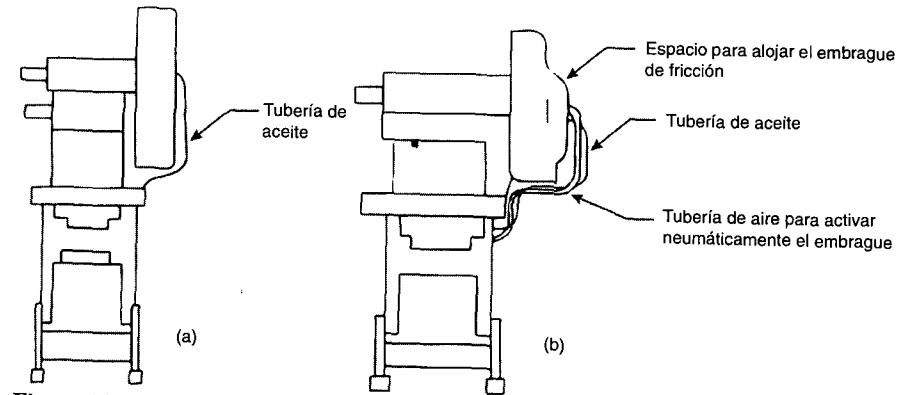


Figura 14-19 Máquinas de rotación completa y de rotación parcial: (a) rotación completa; (b) rotación parcial.

de la carcasa del volante, pero ésta es de aceite y cumple propósitos de lubricación. Ninguno de estos criterios para distinguir las máquinas es del todo confiable, así que deben utilizarse sólo como medios de investigación preliminar, en busca de áreas problemáticas. Para una determinación autorizada conviene consultar a los ingenieros de las prensas o al representante del fabricante del equipo.

## Protección del punto de operación

Una vez que se haya determinado si la prensa es de rotación completa o parcial, el gerente de seguridad e higiene o el ingeniero pueden proceder a determinar el mejor medio de protección de la zona más peligrosa, el punto de operación. Hay por lo menos 10 métodos reconocidos para proteger prensas de potencia, pero la aceptación de cada uno dependerá de la configuración de la prensa y del método de alimentación. Los métodos de protección se dividen en las siguientes cuatro categorías, listadas según su grado de seguridad:

1. Métodos que impiden totalmente que el operador introduzca la mano en la zona de peligro.
2. Métodos que impiden que el operador introduzca la mano en la zona de peligro siempre que el ariete esté en movimiento.
3. Métodos que impiden que el operador introduzca la mano en la zona de peligro sólo mientras los troqueles están cerrando.
4. Métodos que no impiden que el operador introduzca la mano en la zona de peligro, pero que detienen el ariete antes que la mano del operador llegue a su destino.

Si se trata de una prensa de rotación completa, sólo se deberá confiar en las categorías 1 y 2. Algunos métodos de la categoría 3 son permisibles para las prensas de rotación completa, aunque se corre el riesgo de que la prensa "repita". Hasta ahora no se ha encontrado un mecanismo de no-repetición que asegure del todo que la prensa de rotación completa no dará un golpe adicional no deseado. Estos golpes de repetición son una posibilidad terrorífica, pero en los últimos años se ha reducido considerablemente. De cualquier modo, puesto que la mitad de las prensas tiene más de 20 años, la amenaza de repeticiones sigue siendo todavía un punto que no hay que olvidar.

La OSHA tolera los métodos de protección de la categoría 4 sólo para prensas de rotación parcial, y es aquí donde muchos gerentes de seguridad e higiene se equivocan. Debería ser evidente que cualquier método que dependa de detener el ariete para proteger al operador debe instalarse sólo en prensas de rotación parcial. Las prensas de rotación completa, por definición, no pueden detenerse. Sin embargo, no deja de sorprender cuántos dispositivos de categoría 4, se encuentran en la industria instalados en prensas de rotación completa. Es cierto que estos dispositivos pueden brindar cierta protección en prensas de rotación completa al detener el mecanismo de movimiento mientras el operador está en la zona de peligro. Sin embargo, una vez que la prensa está en funcionamiento, estos dispositivos son inútiles para detener el ariete.

### Guardas de prensa

En la sección sobre guardas vimos varias clases para su uso en máquinas en general. Cuatro de éstas: recintos para troqueles, barreras fijas, barreras con enclavamiento y barreras ajustables, son aceptables en las prensas de potencia mecánica. De hecho, la guarda de recinto para troqueles se utiliza casi exclusivamente en prensas de potencia mecánica, aunque no es una protección tan popular como otras guardas. La guarda de barrera fija es un método muy popular de proteger prensas de potencia que cuentan con alimentación automática de paquetes de material en bruto y eyección automática de piezas terminadas. La guarda de barreras con enclavamiento no está permitida para la alimentación manual, pero se puede utilizar un *dispositivo* (no una protección) de puerta. De hecho, *ninguna* de las cuatro guardas está permitida para la alimentación manual de la prensa (poner las manos en los troqueles), ya que por la definición de protección de la prensa, “se deberá impedir la entrada de las manos o dedos en el punto de operación a través, por encima, por debajo o alrededor de la protección”.

Con una sola excepción, se debe instalar una guarda o algún dispositivo de protección en el punto de operación de *toda* prensa de potencia mecánica. La única excepción es cuando la posición totalmente abierta del ariete deja un espacio entre troqueles menor de 63 milímetros, que es demasiado pequeño para que entren los dedos (véase la tabla 14.1), y por tanto no representa un riesgo. Todas las demás prensas de potencia mecánica, hasta los modelos alimentados automáticamente o las instalaciones de alimentación por robot, requieren protección en el punto de operación. Puede ocurrir un accidente, incluso con alimentación automática, si un trabajador que atiende una instalación automática intenta ajustar una pieza de trabajo durante la operación.

Ya hemos dicho que no pueden utilizarse guardas cuando el operador alimenta la prensa poniendo las manos sobre el troquel. También hemos dicho que se exige que prácticamente todas las prensas de potencia mecánica tengan guardas en el punto de operación. ¿Significa esto entonces que la alimentación manual es ilegal? La respuesta es no, y la clave es la diferencia entre los términos *protección* y *salvaguarda*. *Salvaguarda* es un término más general, que abarca una variedad de dispositivos mecánicos o electromagnéticos que protegen al operador, aun cuando se utilice alimentación manual. Las normas especifican qué dispositivos van con qué máquinas y cuáles son las instalaciones apropiadas. Ahora veremos las configuraciones de dispositivos para prensas de potencia mecánica.

### Puertas

Las puertas tienen cierta apariencia de guarda (véase la figura 14.20), pero son diferentes porque se abren y cierran con cada ciclo de la máquina. A diferencia de las guardas de barrera con enclavamiento, las puertas se *pueden* utilizar para alimentación manual. Las puertas se aplican casi exclusivamente en las prensas de potencia mecánica.

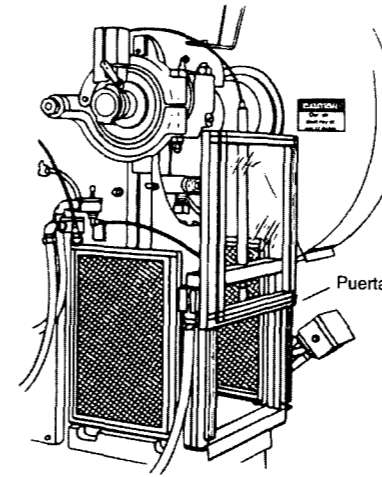


Figura 14-20 Dispositivos de puerta

Hay puertas de tipo A y de tipo B. La *puerta tipo A* es la más segura, porque se cierra antes de que el golpe de la prensa inicie y *permanece cerrada* hasta que cese el movimiento del ariete. La *puerta tipo B* es igual, excepto que se queda cerrada sólo el tiempo suficiente para impedir que el operador meta la mano durante el golpe hacia abajo, más peligroso. Aunque la subida del ariete es menos peligrosa, todavía se corre el riesgo de repeticiones cuando el operador mete la mano en el golpe hacia arriba. Las puertas de tipo B no están prohibidas para máquinas de embrague de rotación completa, pero la tendencia ocasional de estas máquinas a repetirse es una consideración importante, y no se recomiendan puertas de tipo B para las prensas con embrague de rotación completa.

En favor de la puerta de tipo B se alega una mayor eficiencia que la de tipo A. Se ahorra un porcentaje sustancial de tiempo de ciclo de la prensa si el operador puede empezar a meter la mano tan pronto como el ariete comienza a subir de nuevo. Los ahorros son de apenas una fracción de segundo por ciclo, pero al cabo de cientos de miles de ciclos, la diferencia es notable. Se ahorra el costo de mano de obra y gastos generales asociados con el tiempo del operador, y también se conservan la capacidad de producción de la prensa y el espacio de suelo de la planta en la que se aloja. Es posible que estos costos combinados superen los 50 dólares por hora. Éste es un incentivo para modernizar el equipo de prensa mecánica, de modo que califique para los sistemas de salvaguarda más eficientes.

### Dispositivos sensores de presencia

Los modernos dispositivos electrónicos de detección tienen su propia historia en la protección de máquinas, y varios están destinados a la protección en el punto de operación. Uno se vale de una batería de células fotoeléctricas que crea una pantalla de luz, cuya obstrucción detendrá inmediatamente el ariete. La figura 14.21 ilustra este dispositivo.

A veces, se vuelve para los trabajadores un juego derrotar estos dispositivos, diseñados para su protección. Es obvio que si un trabajador puede pasar la mano por encima o alrededor de la pantalla de luz, la máquina no se detendrá. Deben protegerse los puntos de entrada que no cubra el dispositivo sensor para que el operador no pueda meter la mano en el punto de operación sin activarlo.

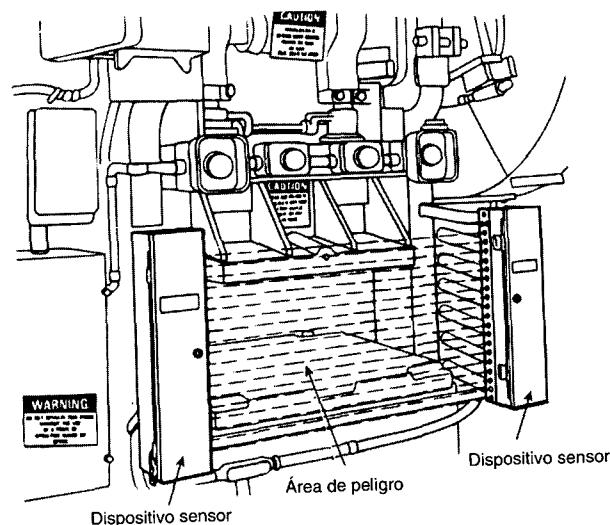


Figura 14-21 Pantalla fotoeléctrica sensora de presencia.

Otra manera de inutilizar los dispositivos fotoeléctricos consiste en aprovechar la luz ambiental para mantener los sensores energizados todo el tiempo, aun si la mano del trabajador ha cortado el campo. Para contrarrestar el problema de la luz ambiental, la mayor parte de los sensores funcionan en frecuencias infrarrojas, en lugar del espectro de luz visible. Esto hace que la “pantalla de luz” sea invisible, característica que también tiene sus ventajas.

Otra manera de engañar a las pantallas de luz es escurrirse de algún modo entre los rayos. Si hay poca distancia entre fuentes y sensores, se vuelve imposible escurrir cualquier parte del cuerpo humano. Sin embargo, el truco se demuestra deslizando cuidadosamente un papel o un cartón entre rayos adyacentes. Muchas pantallas comerciales tienen un sofisticado rastreador programado que cruza el campo de manera tan intrincada que es imposible violarlo. Esta malla cruzada reduce la cantidad de sensores necesarios para proteger un área dada. El concepto aparece ilustrado en la figura 14.22.

Otro dispositivo sensor de presencia utiliza un conductor para crear un campo electromagnético a su alrededor. Muchas variables afectan el umbral de activación de estos dispositivos, llamados a veces *sensores de frecuencia de radio*, y esto ha demeritado su reputación. Por ejemplo, el cuerpo de una persona, debido a su masa o a sus características de conductividad, puede activar el meca-

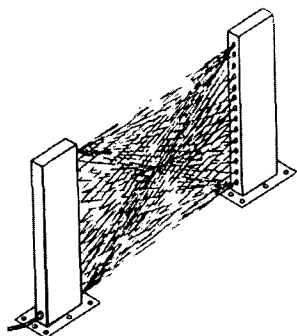


Figura 14-22 Rastreo programado de rayos cruzados para el plano detector.

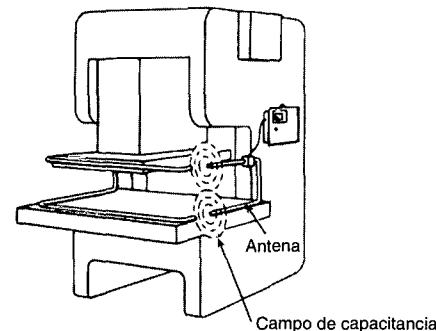


Figura 14-23 Detector de presencia de campo electromagnético.

nismo desde una distancia de 60 centímetros del punto de operación, en tanto que otra puede no activarlo hasta que haya penetrado en la zona de peligro. Si se utiliza este dispositivo, debe estar “sintonizado” a la sensibilidad apropiada del operador y la instalación. La figura 14.23 ilustra el detector de presencia de campo electromagnético. Las últimas versiones han demostrado ser muy eficaces.

Los dispositivos sensores de presencia son bastante prácticos para la alimentación manual, junto con un interruptor de pie. Así, la máquina no operará si el operador pierde el ritmo y oprime el interruptor demasiado pronto (mientras tiene aún la mano en el campo de detección). Aún más importante, si el operador ve una pieza de trabajo mal alineada e intenta meter la mano después de que el ariete ha comenzado su movimiento hacia abajo, el campo sensor lo detectará y detendrá el ariete. Así, el dispositivo no sólo impide que el operador se lesione, sino que también evita rupturas costosas de los troqueles y daños a la prensa.

De lo que el lector ha aprendido ya, debería ser evidente que esta ventaja del dispositivo detector de presencia es factible sólo en las prensas de rotación parcial. De hecho, está prohibido el uso de detectores de presencia para la salvaguarda del punto de operación en prensas de potencia mecánica de rotación completa.

Aunque el dispositivo sensor de presencia está diseñado para detener el ariete antes de que el operador alcance la zona de peligro, el trabajador no debe tentar a la máquina. El autor sabe de un caso en el cual un orgulloso trabajador mostraba a su familia una nueva máquina,<sup>1</sup> equipada con un detector de presencia durante un día de demostración a puertas abiertas. El trabajador metió repetidamente la mano en la máquina para demostrar que la célula fotoeléctrica era más rápida que su mano. Finalmente, logró derrotar a la máquina y perdió las puntas de los dedos. Este “accidente” realmente sucedió.

Los sensores de presencia se parecen a las puertas en cuanto a que también tienen el problema de cuándo devolver al operador el acceso al punto de operación. Ya que sólo se permiten en las prensas de rotación parcial, parece razonable que tengan las mismas ventajas de producción que las puertas de tipo B. Por tanto, es aceptable desactivar el campo sensor en la subida. Este proceso de rebasar el sistema protector se conoce como *silenciador*. Tan pronto como el ariete alcanza la posición inicial, el sistema vuelve a inicializarse en el modo de protección. El silenciador permite las mismas ventajas de producción que tiene la puerta tipo B sobre la tipo A.

<sup>1</sup> En este caso, una prensa impresora, no troqueladora.

Ya que estamos analizando la eficiencia, ¿por qué no ir más allá y eliminar el interruptor de pie? Sería factible que la prensa fuera gobernada por el sistema de control durante el tiempo en el que la mano o el brazo del operador interrumpen el campo sensor durante la alimentación manual. Entonces, tan pronto como el operador retira la mano de la zona de peligro, la prensa haría *automáticamente* su ciclo, sin una señal del operador. ¿Factible? Sí. ¿Legal? No. El dispositivo detector de presencia está prohibido como mecanismo de activación de la prensa, aunque muchas fábricas europeas emplean este productivo modo de operación en las prensas de potencia.

Hay una forma en que *se puede* usar un detector de presencia para activar la prensa: cuando el dispositivo funciona con otro dispositivo de salvaguarda, como una puerta. Así, la puerta representa el dispositivo de seguridad, mientras que el campo detector es el dispositivo de activación. Se trata de un sistema complicado y costoso y debe ser considerado raro.

Los sensores de presencia deben diseñarse de forma que obedezcan el principio general de protección contra fallas que explicamos en el capítulo 3. Así, si el dispositivo falla, el sistema debe permanecer en modo protector. Una falla en el dispositivo debe evitar que la prensa opere ciclos adicionales hasta que la falla sea reparada. Pero la falla no debe desactivar los mecanismos del embrague y del freno, que están para detener la prensa. Si una falla en el dispositivo provoca una interrupción de la fuente de energía principal de la máquina, el embrague debe desacoplarse automáticamente. Por supuesto, el sistema del embrague y del freno debe tener esta característica, sin importar cuáles sean los dispositivos de salvaguarda. El embrague y el freno son meros ejemplos de sistemas que deben diseñarse de acuerdo con el principio general de protección contra fallas.

Hagamos una última observación sobre las fallas en sistemas sensores de presencia. No es suficiente que la falla impida la operación de la prensa; el sistema también debe indicar lo que ha ocurrido. Por lo regular, esto se logra mediante una luz de alarma en el tablero.

## Jaladores

Un método muy popular de salvaguardar las prensas de potencia acude a cables vinculados mecánicamente con la trayectoria del ariete. Esto cables están sujetos a brazaletes que jalan las manos del operador fuera del área de peligro conforme el ariete da su golpe hacia abajo. La figura 14.24 muestra una instalación de ejemplo de *jaladores*, o *tiradores*, como a veces se les llama.

Una razón de la popularidad de los jaladores es su versatilidad. Pueden utilizarse en prácticamente cualquier prensa de potencia, sin importar la fuente de energía o el embrague. Sin embargo, tienen sus desventajas.

Un ajuste adecuado es muy importante para la eficacia de los jaladores, especialmente con respecto al trabajo cercano que se hace en máquinas de modelo de banco. Incluso el método de sujeción a las muñecas es importante, porque el tamaño de los brazaletes ordinarios varía mucho. La figura 14.25 es un acercamiento a un brazalete que minimiza las variaciones del alcance restringido del operador. Aun con los brazaletes apropiadamente diseñados, el ajuste adecuado es crucial. Las diferencias de las manos de los operadores pueden ser un factor, pero mucho más importantes son las variaciones en las instalaciones de troqueles. Un troquel grande tendrá una zona de peligro que se acerque más al operador, lo que requerirá un ajuste en el límite de alcance del jalador.

Reconociendo el riesgo del ajuste inadecuado de los jaladores, las normas de seguridad requieren una inspección al inicio del turno de cada operador, luego de una nueva instalación de troqueles y

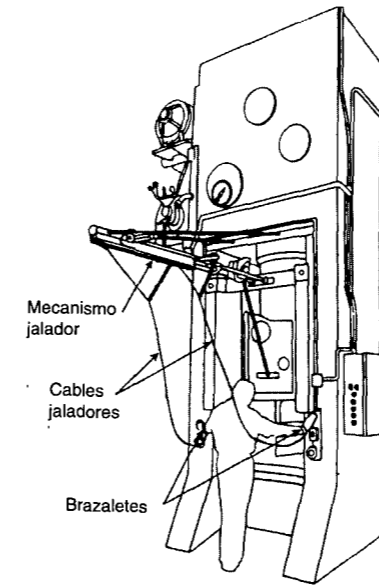


Figura 14-24 Jaladores para la salvaguarda del punto de operación.

cuando cambian los operadores. Este requerimiento de inspección, y en particular la *frecuencia* de las inspecciones, definitivamente enfría el interés de los empleadores por ponerse los jaladores. Si no fuera por este problema, y por el hecho de que a muchos trabajadores no les gusta utilizar jaladores, estos dispositivos serían de los más populares. A pesar de todas estas desventajas, el jalador sigue siendo uno de los dispositivos de salvaguarda de prensas más socorrido.

Por lo común, es el instalador de troqueles o el supervisor de operación el que hace la verificación del ajuste de los jaladores. La preocupación del gerente de seguridad e higiene debe ser que el trabajo se realice con eficacia y que se lleve un registro de las inspecciones. La simplicidad es la clave del sistema de registro de inspecciones. Ayudará a garantizar que se realizan y también minimizará el impacto en la eficacia de la producción. Un método conveniente es utilizar una etiqueta pegada al mismo dispositivo jalador, con líneas en blanco para indicar la "fecha de inspección" y las "iniciales"

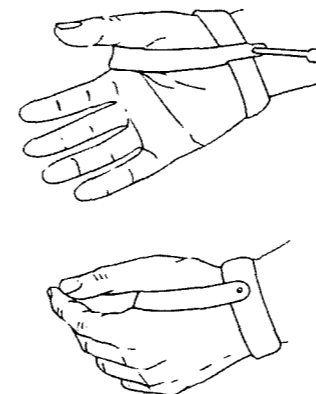


Figura 14-25 Acercamientos a un brazalete de jalador.

del responsable. En operaciones de varios turnos, en la instalación de un nuevo troquel o en cambios de operador, se marcaría más de una línea al día en la etiqueta, pero es fácil prepararla para que acepte varias entradas el mismo día.

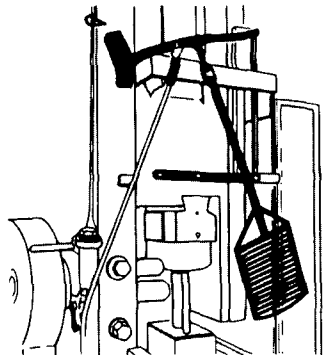
### Barredoras

Los dispositivos que retiran las manos o brazos del operador al cerrarse los troqueles fueron muy populares en el pasado y aún se dejan ver en algunas prensas de potencia. Estos dispositivos, ilustrados en la figura 14.26, han caído en desuso como medios de proteger al operador. Los operadores incluso temen lesiones del dispositivo barredor en sí, ya que desciende oscilando al frente de la máquina. El dilema de diseño de estos dispositivos es que a fin de ser eficaces deben ser lo bastante poderosos para hacerse sentir y que el operador retire las manos del punto de operación. Pero la razón principal de su desuso es que su diseño y construcción son inadecuados para ser dispositivo de salvaguarda en las prensas. Las barredoras ya no se consideran dispositivos adecuados de salvaguarda en el punto de operación para prensas de potencia mecánica.

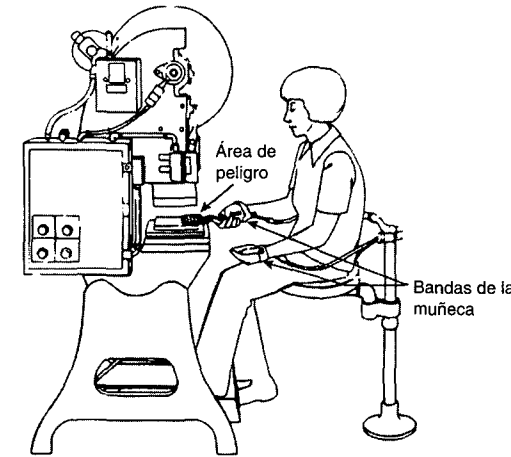
### Sujetadores

Una simplificación de los jaladores es el dispositivo de *sujeción* (llamado a veces *de restricción*), factible únicamente en las instalaciones en las que es innecesario que el operador meta la mano en el área de peligro. La figura 14.27 muestra que los sujetadores tienen exactamente la misma apariencia que los jaladores, pero la gran diferencia es que el alcance del sujetador es fijo y no permite que el operador meta la mano en absoluto, ni siquiera entre golpes de máquina. Si es posible utilizar tenazas, copas de succión u otros dispositivos de sujeción para alimentar la máquina manualmente, es posible utilizar sujetadores en vez de jaladores como protección del operador. Aun sin estos dispositivos de sujeción, las piezas de trabajo grandes pueden ser alimentadas a mano sin poner en peligro las manos. Los sujetadores son apropiados para estas aplicaciones. Sin embargo, si las manos del operador deben entrar a la zona entre troqueles, los sujetadores son inaplicables como dispositivos de salvaguarda.

Parecería que la protección del operador sería innecesaria en aplicaciones en las que se alimentan las máquinas con tenazas u otros dispositivos de alimentación, en lugar de las manos. Sin embargo, este concepto no reconoce la fuerte tendencia de los trabajadores a meter la mano cuando algo



**Figura 14-26** Dispositivo barredor. Este dispositivo ya no califica como salvaguarda aceptable para prensas de potencia mecánica.



**Figura 14-27** Sujetadores o restrictores para evitar que las manos del operador entren a la zona de peligro en *todo* momento (cf. los jaladores).

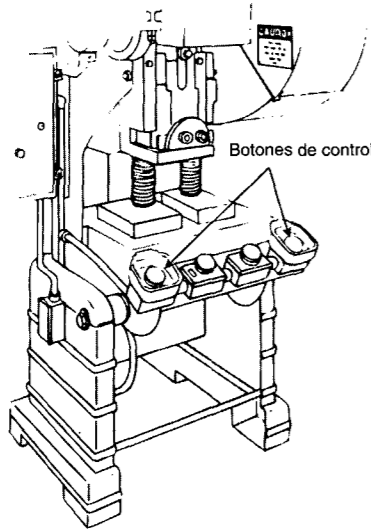
sale mal. Por tanto, aunque las herramientas de alimentación manual favorecen en alguna medida la seguridad, no están reconocidas como dispositivos de salvaguarda en el punto de operación. Se deben utilizar otros medios para *garantizar* la seguridad. Los sujetadores son un buen método, siempre que se utilicen herramientas manuales.

### Controles de dos manos

En vista que sólo tenemos dos manos, ninguna saldrá lastimada en el punto de operación si para operar los controles la máquina requiere de ambas, o por lo menos así dice la teoría. La teoría es buena, pero son necesarios algunos arreglos para que el dispositivo cumpla su objetivo. Los trabajadores se enorgullecen de “derrotar al sistema” o de engañar a la máquina para hacer que opere sin que ellos activen los controles. Uno de los trucos es utilizar una tabla o una cuerda para fijar un control, de forma que el operador accione la máquina con una mano y la alimente con la otra. Otro truco es utilizar la cabeza, la nariz o incluso los dedos de los pies para oprimir uno de los controles. Se sabe que los trabajadores han intentado casi cualquier cosa para superar las características de seguridad de la máquina, en aras de un nuevo récord de producción que les valga un pago más elevado como incentivo de producción. Estas circunstancias descubren que el poder del dinero oscurece la seguridad personal a la hora de motivar a los trabajadores. Quizás también revele algunas ineficiencias en los dispositivos de seguridad tal y como están diseñados, ineficiencias que comprometen la productividad en nombre de la seguridad. Como dijimos en el capítulo 3, los trabajadores y los directores de la empresa tolerarán alguna reducción en la velocidad de las operaciones por razones de seguridad, pero no demasiada.

La figura 14.28 ilustra un dispositivo de control de dos manos y algunas de las características destinadas a impedir que el trabajador lo derrote. Observe la superficie lisa y redonda del botón palmar, que lo hace cómodo para la palma de la mano, pero no para atarlo. También observe las copas alrededor del botón, diseñadas para evitar intentos de atar el botón. El sistema de circuitos de control se puede utilizar también para detectar los juegos sucios y detener la máquina, si los botones no se oprimen al mismo tiempo ni se liberan entre ciclos.

Figura 14-28 Control de dos manos



### Controles o disparadores

El término *control* implica un dispositivo más perfeccionado que el mero *disparador* para activar la máquina. En el contexto de la salvaguarda en el punto de operación, un control de dos manos es un dispositivo que no sólo requiere que ambas manos concurrentemente activen la máquina, sino que también detiene la máquina, interrumpiendo el ciclo, si los controles se sueltan antes de tiempo. La naturaleza de ciertas máquinas no permite tal grado de control sobre el ciclo de la máquina. Los controles de dos manos son inaplicables a estas máquinas.

En las prensas de rotación completa y otras máquinas que no pueden detenerse una vez comenzado el ciclo, se utilizan disparadores de dos manos en lugar de controles. Estos disparadores requieren de ambas manos para iniciar el ciclo de la máquina, pero una vez que éste ha comenzado, no hay protección para el operador. Si el ciclo de la máquina es rápido, y si el operador está lo bastante lejos para mantenerse fuera de peligro, los disparadores lo protegen. Pero si la máquina es lenta o si la estación del disparador está muy cerca, el operador puede introducir la mano en la máquina *después* de haberla activado. Esto nos lleva al tema de las distancias de seguridad, que analizaremos en la siguiente sección. Después de nuestro estudio, veremos que los controles son superiores a los disparadores.

### Distancias de seguridad

Al revisar los dispositivos de salvaguarda para la protección de los operadores en los puntos de operación de las máquinas, observamos que la mayor parte protegen al operador haciendo imposible el introducir la mano en la zona de peligro una vez comenzado el ciclo de la máquina. Sin embargo, dos de estos dispositivos (el sensor de presencia y el control de dos manos) se basan en la capacidad

de interrumpir la máquina a *mitad del ciclo*. Toda máquina mecánica tiene inercia, así que debe pasar algún tiempo entre la señal de detención y el cese completo de movimiento en el área del punto de operación. Si la inercia es grande, tal vez el operador esté en posición de introducir la mano rápidamente en la zona de peligro, antes de que el dispositivo protector detenga completamente la máquina. Por tanto, la estación del operador debe estar apartada del punto de operación, a una distancia suficiente para que sea imposible introducir las manos en la zona de peligro antes de que la máquina se detenga.

Además del dispositivo sensor de presencia y del control de dos manos, el disparador de dos manos también debe estar colocado a una distancia conveniente, según dijimos. Aunque el disparador no es capaz de detener la máquina, el operador está protegido si la distancia hasta la zona de peligro es tan grande que no le permite introducir la mano después de soltar los botones palmares.

Para calcular la *distancia segura* de los sensores de presencia o los controles de dos manos, es necesario calcular primero el tiempo que la máquina tarda en detenerse. La figura 14.29 muestra un modelo de sistema de medición de tiempo de parada que conecta un sensor a un botón palmar y otro al movimiento de la máquina. A la señal que indica que el botón palmar ha sido soltado, el sistema comienza a contar en fracciones de segundo hasta que cesa el movimiento de la máquina. Tenga presente que estamos hablando del movimiento del ariete, el troquel, la cizalla u otra parte *en el punto de operación* de la máquina que pudiera causar alguna lesión. El movimiento del volante o la rotación del motor continúan y de hecho debido a su inercia es imposible detenerlos a tiempo para que resulten de algún beneficio. Generalmente, el tiempo de parada aparece desplegado en el instrumento portátil. El lector debe tener el cuidado de no confundir el dispositivo de medición de tiempo de frenado como se muestra en la figura 14.29; con el *monitor de freno*, que veremos más adelante.

Una vez que se ha determinado el tiempo de parada, debe multiplicarse por la máxima velocidad a la que la mano se puede mover hacia el punto de operación, como en la fórmula siguiente:

$$\text{Distancia de seguridad} = (\text{tiempo de parada}) \times (\text{constante de velocidad de la mano}) \quad (14.1)$$

La OSHA se basa en una velocidad máxima de movimiento de la mano de 160 centímetros por segundo, algunas veces conocida como constante de velocidad de la mano, descubierta por el estudioso sueco L. Lobl. Considere el siguiente ejemplo:



Figura 14-29 Dispositivo de medición de tiempo de frenado.



**Ejemplo 14.1**

Una prensa de potencia está protegida por un sensor de presencia de rayos infrarrojos. Se utiliza un sistema de medición de tiempo de parada para calcular el lapso entre la ruptura del rayo y la detención del ariete de la prensa. Este tiempo de parada resulta ser de 0.294 segundos. Entonces, se calcula la distancia de seguridad así

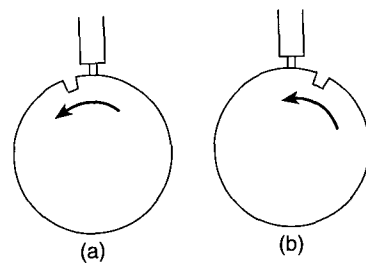
$$\begin{aligned} \text{Distancia de seguridad} &= 0.294 \text{ segundos} \times 150 \text{ centímetros/segundo} \\ &= 47 \text{ centímetros} \end{aligned}$$

Por tanto, todos los puntos en el plano del campo sensor infrarrojo deben estar por lo menos a 47 centímetros de distancia del punto de operación de esta prensa de potencia.

El cálculo hubiera sido idéntico si el dispositivo del ejemplo hubiera sido un control de dos manos (pero no un disparador de dos manos). Los botones palmares del control de dos manos tendrían que colocarse a 47 centímetros del punto de operación.

El cálculo de la distancia de seguridad para el *disparador* de dos manos sigue un algoritmo del todo distinto. Ciertamente, utiliza la misma constante de velocidad de mano de 160 centímetros por segundo; pero la idea es que la máquina complete la parte peligrosa de su ciclo antes de que el operador pueda introducir la mano luego de soltar los botones palmares. Por tanto, entre *más lenta* sea la máquina, más peligrosa es cuando se utilizan disparadores. Es paradójico que entre *más rápida* sea la máquina sea más difícil de detener y más grande tenga que ser la distancia con los *controles* de dos manos, en tanto que con los *disparadores* sucede justo lo opuesto: entre *más lenta* sea la máquina, mayor debe ser la distancia de seguridad.

En muchas máquinas, por ejemplo las prensas hidráulicas, el inicio del ciclo es prácticamente instantáneo cuando se oprimen los botones palmares. Pero con las máquinas que comienzan el ciclo mediante el acoplamiento mecánico de un volante, hay un retraso mientras el mecanismo de acoplamiento espera el punto de coincidencia en el volante. La demora puede ser considerable en máquinas de rpm lentas, especialmente si en el volante sólo hay un lugar adecuado para el acoplamiento. El proceso se explica mejor mediante el diagrama de la figura 14.30. La figura 14.30(a) muestra una ocurrencia muy desafortunada de la posición del volante, con el punto de acoplamiento justo delante del mecanismo de disparo en el momento de activación. Esto sigue el principio que debe utilizarse el *caso peor* de la máquina para determinar cómo hacer segura la operación. Ya que la posición del volante en el momento en que la máquina se activa es un elemento aleatorio, es igualmente posible que el volante esté en la afortunada posición indicada en la figura 14.30(b). Pero ya que no se puede contar con esta posición, la distancia de seguridad se calcula asumiendo que el volante esté en la posición indicada en la figura 14.30(a).



**Figura 14-30** Dos posiciones posibles del volante cuando la máquina se activa; (a) posición desafortunada: el punto de acoplamiento acaba de pasar el mecanismo de activación; (b) posición afortunada: el punto de acoplamiento se aproxima y está muy cerca del mecanismo de activación.

En la mayor parte de las máquinas, el ciclo se termina con una rotación completa del volante. La mitad de esta rotación del volante es una porción peligrosa de la carrera, el movimiento de cierre de la máquina. Así, agregando una revolución completa para el acoplamiento más media revolución para el movimiento de cierre, el periodo de peligro es de una y media revoluciones del volante para máquinas cuyos volantes sólo tienen un solo punto de acoplamiento. En máquinas con varios puntos de acoplamiento espaciados uniformemente en el volante, el periodo de peligro es más corto, dependiendo de cuántos puntos de acoplamiento haya. A modo de ejemplo considere una máquina con cuatro puntos de acoplamiento. En el peor de los casos, lo más lejos que un punto de acoplamiento podría estar del mecanismo de activación en el momento de la activación sería a 90° o a un cuarto de revolución. Agregue esto a la media revolución durante el cierre de la máquina. El periodo total de peligro resulta ser de tres cuartos de revolución.

Para resumir el cálculo de las distancias de seguridad para los dispositivos de *disparador* de dos manos, veamos la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia de seguridad} = \frac{60}{\text{rpm}} \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{N} \right) \times 160 \quad (14.2)$$

donde rpm representa la velocidad del volante en revoluciones por minuto mientras está acoplada, y  $N$  es la cantidad de puntos de acoplamiento en el volante.

En la ecuación (14.2), se utiliza el factor de 60/rpm para determinar el tiempo en segundos requerido para que el volante complete una revolución. La cifra entre paréntesis es la cantidad de revoluciones del volante hasta el cierre en el caso peor, y el factor 160 es la constante de velocidad de la mano en centímetros por segundo. La distancia de seguridad calculada aparece en centímetros.

Es importante recordar que la ecuación (14.2) se debe utilizar para *disparadores* de dos manos, no para controles de dos manos. Es fácil llegar a la conclusión de que los controles de dos manos son superiores a los disparadores de dos manos. Desde el punto de vista de la eficiencia de la producción, los controles de dos manos pueden colocarse mucho más cerca de la máquina, lo que facilita la alimentación manual. Los disparadores de dos manos pueden ser más peligrosos, a menos que se les mueva a una distancia de seguridad mayor, lo que a su vez reduce la productividad.

Llamamos a la figura 14.28 "control de dos manos", pero también podría representar un disparador de dos manos. El dispositivo que muestra esta figura podría haber sido montado en un pedestal, de forma que se moviera más cerca o más lejos del punto de operación, dependiendo del cálculo de la fórmula para la instalación. Los dispositivos de dos manos también pueden montarse directamente sobre la máquina, si la distancia de seguridad es lo bastante pequeña para permitirlo.

Ni la ecuación (14.1) ni la (14.2) son constantes para toda máquina, pues ambas dependen de la instalación debido a las variaciones en tamaño y peso de los troqueles, los que a su vez influyen en la velocidad del volante, el tiempo de parada y la dimensión de la zona de peligro de la máquina. El pedestal es móvil, pero sólo un supervisor o un ingeniero de seguridad debe moverlo. Esto se logra fijando el pedestal en su posición mediante una llave atornillándolo al piso y prohibiendo a los operadores que lo desatornillen, o bien con algún otro medio de fijar su posición. No hacerlo resulta una tentación para el operador, que tal vez quiera colocar el pedestal más cerca de la máquina a fin de acelerar la producción.

Debido a la superioridad de los controles de dos manos sobre los disparadores de dos manos, ambos en términos de seguridad y productividad, muchas plantas industriales están cambiando sus máquinas viejas, equipadas con disparadores, por otras más modernas con controles de dos manos. Tal conversión no es un mero cambio en el dispositivo de dos manos, sino que también representa una

modificación mayor de la máquina y de su aparato de transmisión de energía, de forma que pueda ser clasificada como de rotación parcial en lugar de rotación completa. Características también requeridas para las prensas de rotación parcial son los monitores de frenado y la confiabilidad del control, que explicaremos a continuación.

### Monitoreo de frenado

A partir del análisis anterior se observa que el tiempo de parada es muy importante en el cálculo de la distancia de seguridad permisibles para las máquinas de rotación parcial. Pero el tiempo de parada depende del freno, que desafortunadamente está sujeto a desgaste. El tiempo de parada depende también de la instalación de los troqueles, que pueden cambiar de un lote de producción a otro. Por tanto, es ingenuo aplicar el principio de las distancias de seguridad y después confiar en que la prensa responderá siempre igual que el día en que fue probada. Así, en toda prensa de rotación parcial cuyo dispositivo de salvaguarda dependa del frenado, se necesita un sistema de monitoreo que vigile el freno en *cada carrera*. Observe qué diferente es esto del sistema de medición del tiempo de frenado de la figura 14.29, que se instalaría sólo ocasionalmente a fin de verificar o definir distancias de seguridad. En cambio, el monitor de frenado es una instalación permanente que vigila el recorrido extra del ariete en cada carrera.

Dado que el sistema es mecánico, habrá cierto recorrido extra, y debe establecerse un margen de tolerancia. Los patronos pueden establecer esta tolerancia tan alta como lo deseen, pero no les conviene que sea muy alta, porque un recorrido extra grande toma un tiempo de parada más largo, lo que significa una distancia de seguridad mayor, lo que a su vez reduce la productividad. No hay distancia de seguridad para puertas de tipo B, pero de todas maneras se le permite al patrono establecer un “límite normal” razonable para el recorrido extra del ariete.

El monitor de frenado se diseña de manera que mida el tiempo de parada o bien la distancia de recorrido extra. El estilo más popular es el electromecánico, con un par de interruptores de límite activados por una leva acoplada con el cigüeñal de la prensa. Esta clase se conoce como monitor de *parada superior* (véase la figura 14.31). El primer interruptor señala la aplicación del freno y el segundo indica el movimiento de recorrido extra. La leva no debe activar el interruptor de recorrido extra hasta que se inicia un nuevo ciclo. Tarde o temprano, el freno se deteriorará y el interruptor de recorrido extra se activará, lo que significa que se ha excedido el tiempo de tolerancia de detención del freno. En ese punto, el sistema de monitoreo debe anunciar tal situación.

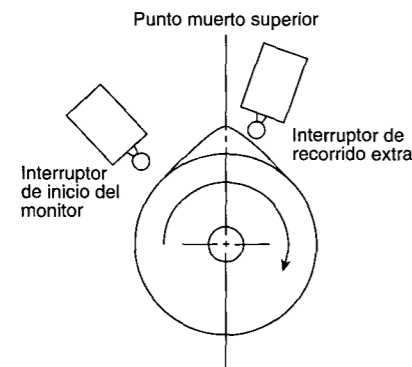


Figura 14-31 Monitor de frenado de parada superior.

Además del monitor de frenado, se requiere un sistema de control para garantizar que la prensa cesará su operación después de que ocurra una falla en el sistema de seguridad del punto de operación, *pero* el sistema de freno *no* se cerrará debido a la falla del sistema. Este requerimiento es una aplicación directa del principio general de protección contra fallas del capítulo 3.

Recuerde el lector que el sistema de monitoreo de frenado y la confiabilidad de los controles no se exigen en todas las prensas de potencia. La razón es que en muchas instalaciones de prensa, el monitor de frenado y el sistema de control representarían un beneficio marginal, en tanto que en otras son de importancia crucial debido a la selección de los métodos de salvaguarda, el modo de operación y la construcción misma de la prensa. La tabla 14.2 resume las opciones de protección o salvaguarda de prensas, la necesidad de monitores de frenado y sistemas de control y las configuraciones alternativas permisibles.

### MÁQUINAS ESMERILADORAS

Hay máquinas esmeriladoras en casi toda planta manufacturera: en la línea de producción, en el cuarto de herramientas o en el taller de mantenimiento.

Son dos o tres los elementos que crean la mayor parte de los problemas, como sigue (véase la figura 14.32):

- No mantener el descanso ajustado cerca (en el margen de 31 milímetros) de la rueda en las máquinas esmeriladoras no manuales.
- No mantener la lengüeta de protección ajustada a por lo menos 63 milímetros.
- No proteger la rueda esmeriladora lo suficiente.

Estas reglas parecerán “puntillosas”, pero las máquinas esmeriladoras plantean un riesgo grave que la gente no conoce: la destrucción de la rueda mientras gira a alta velocidad. No sucede muy a menudo, pero cuando lo hace, las lesiones al operador pueden ser mortales. Estas tres acciones están dirigidas contra este riesgo, incluso el requerimiento de ajuste del descanso.

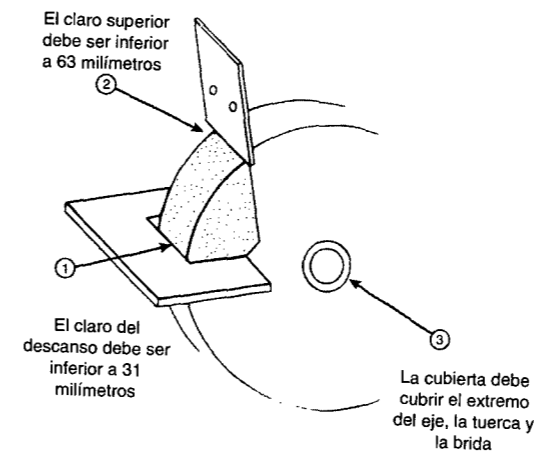


Figura 14-32 Los tres puntos problemáticos principales en las máquinas esmeriladoras ordinarias.

Tabla 14.2 Resumen de salvaguarda de prensas de potencia<sup>a</sup>

Guardas o dispositivo	Rotación completa		Rotación parcial	
	Con manos	Sin manos	Con manos	Sin manos
Guardas Guardas de barrera (fijas, ajustables, o de recinto para troqueles)	Ilegal	Inspeccionar semanalmente	Ilegal	Inspeccionar semanalmente o Monitor de frenado y sistema de control
Guardas de barrera con enclavamiento	Ilegal	Inspeccionar semanalmente	Ilegal	Inspeccionar semanalmente o Monitor de frenado y sistema de control
Puerta tipo A	Inspeccionar semanalmente	Inspeccionar semanalmente	Inspeccionar semanalmente o Monitor de frenado y sistema de control	Inspeccionar semanalmente o Monitor de frenado y sistema de control
Puerta tipo B	Inspeccionar semanalmente	Inspeccionar semanalmente	Monitor de frenado y sistema de control deben detectar la parada superior por recorrido extra más allá de los límites	Inspeccionar semanalmente o Monitor de frenado y sistema de control
Dispositivos sensores de presencia	Ilegal	Ilegal	Distancia de seguridad y Monitor de frenado y sistema de control	Distancia de seguridad e Inspeccionar semanalmente o Monitor de frenado y sistema de control
Jaladores	Inspeccionar: cada turno, cada instalación de troqueles, cada operador	Inspeccionar: cada turno, cada instalación de troqueles, cada operador	Inspeccionar: cada turno, cada instalación de troqueles, cada operador	Inspeccionar: cada turno, cada instalación de troqueles, cada operador
Barredoras	No califican como salvaguarda	No califican como salvaguarda	No califican como salvaguarda	No califican como salvaguarda
Sujetadores (restringidores)	Ilegal	Inspeccionar semanalmente	Ilegal	Inspeccionar semanalmente o Monitor de frenado y sistema de control
Controles de dos manos	Véase Disparadores de dos manos	Véase Disparadores de dos manos	Distancia de seguridad y Posición fija del control y Monitor de frenado y sistema de control	Distancia de seguridad y Posición fija del control
Disparadores de dos manos	Distancia de seguridad y Posición fija del disparador e Inspeccionar semanalmente	Distancia de seguridad y Posición fija del disparador e Inspeccionar semanalmente	Inspeccionar semanalmente o Monitor de frenado y sistema de control	Inspeccionar semanalmente o Monitor de frenado y sistema de control

<sup>a</sup>Este resumen compara los requerimientos de inspección, de monitores de frenado y sistemas de control, distancias de seguridad y las instalaciones legales e ilegales. No incluye especificaciones detalladas, requerimientos para operadores múltiples y otros detalles demasiado numerosos. Para detalles, véase la norma 1910.217 de la OSHA.

Si la pieza de trabajo queda acuñaada entre el descanso y la rueda, se ejerce un gran esfuerzo sobre la rueda esmeriladora. Un claro grande provoca que la pieza de trabajo se reduzca y después baje por la rueda, lo que resulta en una acción grave de acuñaamiento, como se ilustra en la figura 14.33. Las fuerzas de esta acción de cuña ponen en peligro la integridad de la rueda abrasiva, pues es posible que se rompa y lance fragmentos de piedra al operador a velocidades casi tangenciales. Las únicas protecciones contra estos fragmentos de piedra son una buena guarda para la rueda, una lengüeta de protección bien ajustada y ropa protectora.

Cualquiera puede verificar con facilidad el ajuste del claro en el descanso de la máquina esmeriladora, pero no es tan fácil *mantener* el ajuste. Ya que el desgaste de la rueda esmeriladora hace que el claro se ensanche gradualmente, se necesita una vigilancia constante para ver que se mantenga a menos de 31 milímetros. Hay poca tolerancia si se trata de compensar el desgaste, porque 31 milímetros dejan muy poco espacio para poner el descanso más cerca de lo requerido. Dado que no hay forma de evitar un ajuste frecuente, deben introducirse ciertos instrumentos para realizar los ajustes en forma rápida y eficaz; para este fin, se recomienda una galga de descanso, como se ilustra en la figura 14.34. El carácter pasa y /no-pasa de la galga ayuda a tomar una decisión rápida y segura sobre si se debe ajustar el descanso cada vez que se verifique.

Otra revisión fácil es la velocidad máxima de rotación, que no debe exceder el máximo indicado sobre la rueda. Si se opera una rueda abrasiva por encima de su velocidad de diseño, se somete a fuerzas centrífugas peligrosas que también podrían destruirla.

A veces, las ruedas abrasivas tienen imperfecciones de fábrica o daños de transporte que las hacen peligrosas. Antes de instalar una rueda, hay que revisarla en busca de tales daños o imperfecciones. A veces, las imperfecciones invisibles se detectan pegando suavemente sobre la rueda con un instrumento no metálico, como la manija de plástico de un destornillador o un martillo de madera. Una buena rueda produce típicamente un sonido resonante, en tanto que una rota dará un sonido sordo. La razón de que no se empleen objetos metálicos para llevar a cabo la *prueba de resonancia* es que los objetos metálicos pueden resonar y dar la impresión de que una rueda defectuosa es buena.

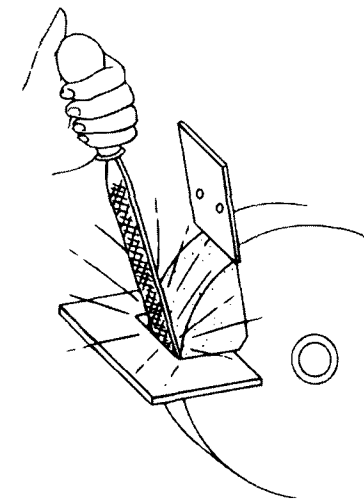
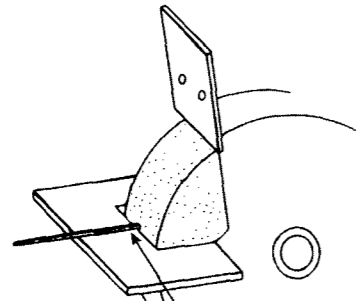
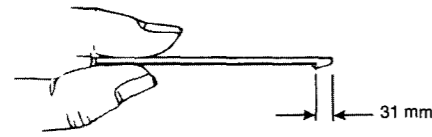


Figura 14-33 Acción grave de acuñaamiento debida a un claro demasiado grande entre descanso y rueda.



El gancho de 31 milímetros en el extremo de la galga no debe engancharse en el borde del descanso; si lo hace, el descanso necesita estar más cerca de la rueda

**Figura 14-34** Galga de descanso de máquina esmeriladora.

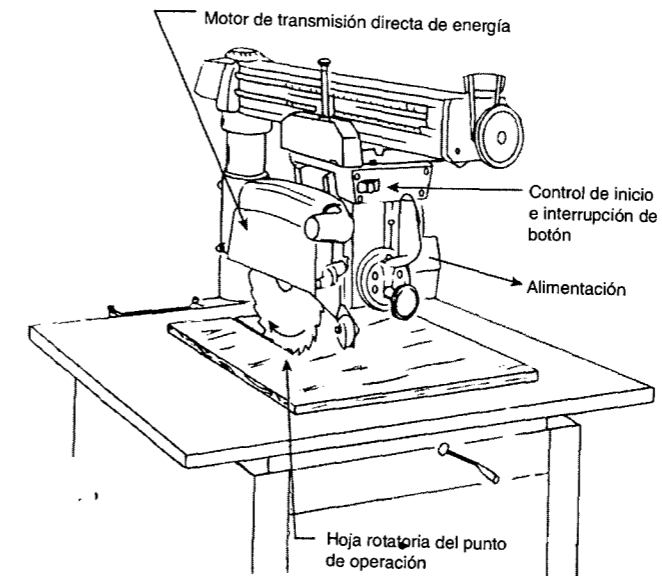
## SIERRAS

Las sierras tienen algunos riesgos obvios y otros no tan evidentes. Casi todos respetan el peligro de una sierra eléctrica, pero siguen causando lesiones graves y es necesario considerar los medios de protegerse tanto de los riesgos manifiestos como de los menos obvios.

### Sierras radiales

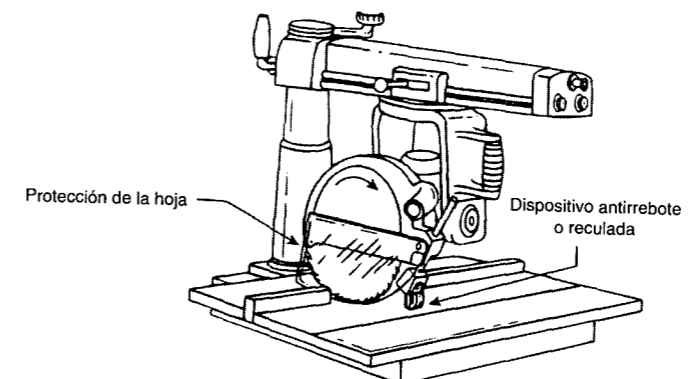
Si el gerente de seguridad e higiene no ha de aprender nada sobre otras sierras, por lo menos debe familiarizarse con ésta. Las sierras radiales o las de brazo radial pueden ser bastante peligrosas, y además son difíciles de resguardar. La figura 14.35 muestra una sierra de brazo radial, pero aunque se observa que la parte superior de la hoja está protegida, la inferior queda expuesta. La figura 14.36 ilustra una guarda inferior para cuchilla de sierras de brazo radial. Las guardas no son muy populares, y a menudo los empleados las retiran.

Otro problema de las sierras radiales es la posición de regreso. La sierra debe montarse de forma que “el extremo delantero de la unidad quede un poco más elevado que el trasero, de forma que la cabeza de corte regrese suavemente a su posición inicial cuando el operador la suelte”. Una sierra radial que se mueve mientras está en funcionamiento es un riesgo obvio, pero una sierra que esté demasiado ajustada en un ángulo “rebotará” al detenerse en su posición inicial: otro riesgo. Las sierras radiales también deben llevar un tope que evite que el operador extraiga el disco del brazo o lo desplace fuera de la mesa de trabajo. El tope debe ser ajustable, a fin de limitar la trayectoria del cabezal de la sierra sólo hasta donde sea necesario.



**Figura 14-35** Sierra radial típica sin protección adecuada y en infracción de la norma de la OSHA. (Fuente: NIOSH, ref. 89.)

Por lo regular, las sierras radiales se utilizan como recortadoras y se instalan como se muestra en la figura 14.35. Sin embargo, es posible reorientar la cabeza de corte a 90° de forma que la hoja quede paralela con la mesa, con lo que ésta se convierte en una sierra de corte de piezas largas de material. En este modo de operación, el cabezal de la sierra se fija en su posición y el material es empujado hacia la sierra. No obstante, hay un riesgo si alimenta a la sierra con el material desde la dirección equivocada. Por razones de seguridad, el material debe introducirse *contra* de la rotación de la hoja. Si se hace *a favor* de la rotación, especialmente si la velocidad de alimentación es rápida, los dientes de la sierra agarrarán la pieza de trabajo y la atraerán hacia la máquina a alta velocidad, jalando de paso las manos del operador hacia la hoja. No es raro que una sierra radial mal alimentada tire de la pieza de trabajo, la pase por la máquina y la arroje al otro lado del lugar.



**Figura 14-36** Sierra de brazo radial equipada con guarda en la parte inferior de la hoja.

## Sierras de mesa

*Sierra de mesa* es un término cotidiano para las sierras alimentadas a mano con un disco circular, montadas en una mesa. A diferencia de las sierras radiales, el cabezal de las sierras de mesa permanece siempre estático durante el corte, mientras se alimenta. En el caso de las sierras de mesa, los tres principales problemas son los capuchones de guarda, los separadores y las uñas antirrebote o reculada (véase la figura 14.37). La protección antirrebote o reculada es más importante en las sierras de corte longitudinal que en las de corte transversal.

Los capuchones de guarda presentan la mayor parte de los problemas, porque la obstrucción a la vista hace el trabajo del operador más difícil e incómodo. Aunque casi todos los capuchones de guarda son metálicos, la mayor parte de las nuevas máquinas vienen con guardas transparentes de plástico. Pero la rápida rotación de la hoja de la sierra puede generar una carga estática en la guarda de plástico no conductor, que se cubre entonces de aserrín y obstaculiza la visión de la hoja. Asimismo, la guarda de plástico se raya con facilidad, lo que reduce aún más la visibilidad.

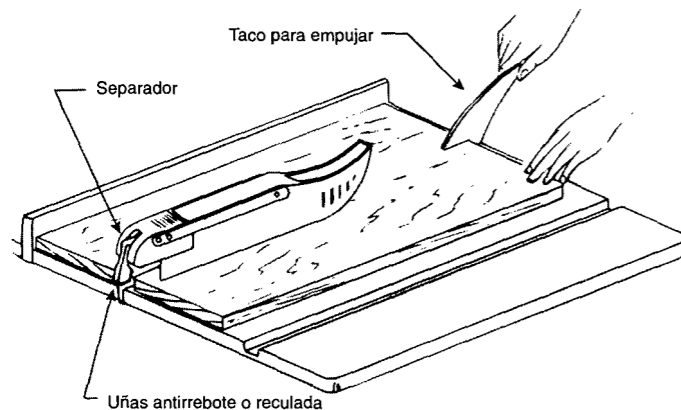
Es cierto que los capuchones de guarda no impedirán por completo el contacto de las manos del operador con la hoja de la sierra. El capuchón de guarda, con su acción de resorte, funciona más como una *barrera de conciencia*, tal como vimos en la sección sobre salvaguarda en el punto de operación de las máquinas en general. Pero hay otra razón para utilizar un capuchón de guarda: proteger al operador de objetos voladores. La hoja de la sierra gira a 3000 rpm, lo que produce grandes fuerzas centrífugas y velocidades tangenciales. Considere el siguiente cálculo para una marca popular de sierra de mesa:

Velocidad de la hoja: 3450 rpm

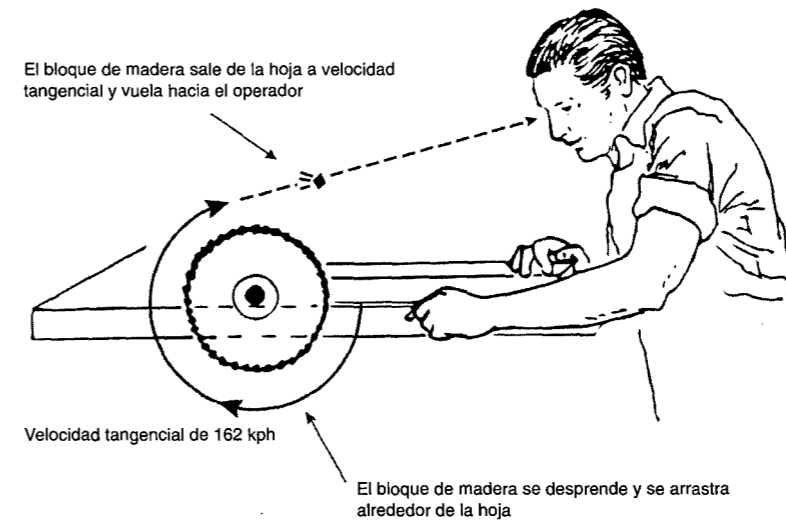
Diámetro de la hoja: 25 centímetros

$$\begin{aligned} \text{Velocidad tangencial} &= (\text{rpm}) \times (\text{perímetro de la hoja}) \\ &= 3450 \text{ rpm} \times 25 \text{ cm} \times \pi \\ &= 270,963 \text{ cm/min} \times \\ &= 162.58 \text{ kilómetros por hora} \end{aligned}$$

Esto significa que si se rompe un diente de la sierra o si un pedazo de madera pequeño o grande se desprende y es arrastrado por la hoja durante casi una revolución, como en la figura 14.38, el objeto saldrá impulsado a la cara del operador a una velocidad de más de 160 kilómetros por hora. No es sorprendente que la protección ocular se considere necesaria para operar las sierras de mesa.



**Figura 14-37** Capuchón de guarda, separador y uñas antirrebote o reculada en sierra de mesa.



**Figura 14-38** Los dientes de sierra rotos o los pedazos de madera son un riesgo para el operador.

## Rebote o reculada

El término “rebote” o “reculada” se refiere a la situación en la que toda la pieza de trabajo se levanta y vuela de regreso hacia el operador de la sierra. La energía de rebote proviene de la hoja de la sierra. La rotación de la hoja va hacia el operador. En la parte frontal de la hoja, donde la sierra tiene el primer contacto con el trabajo, la dirección del movimiento de la hoja es hacia el operador y hacia *abajo*. Pero en la parte trasera, es hacia el operador y hacia *arriba*. Dado que los dientes de la sierra son ligeramente más anchos que el espesor de la hoja, una pieza de trabajo bien alineada hará contacto con la hoja sólo en el punto en el cual se está cortando. Pero si la pieza de trabajo se mueve ligeramente, la porción saliente del corte en la parte posterior de la hoja se desalineará, haciendo que el borde del material adyacente al corte haga contacto con la hoja cuando emerge de la mesa. Este contacto puede causar un movimiento súbito y fuerte hacia arriba, que hace que el material pierda contacto con la superficie de la mesa. Llegado a este punto es casi imposible evitar una mayor desalineación y la pieza queda atrapada firmemente por la hoja. Si la pieza de trabajo es muy delgada o frágil, se romperá, y pequeñas porciones o fragmentos seguirán a la hoja por debajo de la mesa. Pero un resultado mucho más probable es que el material rígido no pueda seguir a la hoja y salga disparado a velocidad tangencial y directamente hacia el operador.

Tanto el separador como las uñas antirrebote están diseñados para impedir el rebote. El separador mantiene el corte de la sierra abierto o separado en la parte terminada, de forma que el material no haga contacto con la hoja. Las uñas antirrebote, o “perros”, están diseñados para impedir el movimiento de rebote, si empezara a ocurrir. La forma del perro permite un fácil movimiento de la dirección de alimentación. Sin embargo, un movimiento hacia atrás hace que el perro sujete el material e impida el rebote.

### Sierras de banda

En la mayor parte de las operaciones de sierra de banda es imposible proteger el punto de operación. Sin embargo, la porción sin uso de la hoja puede protegerse en buena medida. Para esto, se utiliza una guarda deslizante que se mueve arriba o abajo para dar lugar a piezas de trabajo más grandes o más pequeñas. La guarda deslizante, junto con las guardas de la hoja, resguardan toda la hoja, excepto en la porción de trabajo.

### Sierras manuales

Las sierras circulares manuales están sujetas a una variación del riesgo de rebote o reculada, excepto que aquí la *sierra* es la que rebota en lugar del material. Son importantes una capacitación adecuada y el respeto del operador por la sierra, igual que una hoja limpia y afilada, un control de “hombre muerto” y una guarda retráctil para la porción inferior de la hoja. El control de hombre muerto es simplemente un interruptor de resorte (botón o gatillo) que desconectará inmediatamente la corriente de la sierra si el operador lo suelta.

La guarda retráctil de la porción inferior de la hoja en las sierras circulares de mano tal vez es análoga a la guarda en la parte inferior de la hoja de las sierras radiales y el capuchón de guarda en las sierras de mesa. No obstante, la guarda retráctil es mucho más importante en las sierras circulares de mano. Si los operadores sostienen abierta la guarda retráctil con una cuña pequeña, como hacen a veces, la sierra se vuelve muy peligrosa, tanto antes como después del corte. La hoja está expuesta y puede causar daños directos o lesiones si la sierra se deja caer o se coloca sobre una superficie.

Cortar aluminio con una sierra circular de mano puede ser un verdadero problema. Las sierras circulares de mano son muy utilizadas para cortar extrusiones de aluminio a la medida para la fabricación de ventanas, persianas y otros productos de aluminio arquitectónicos. El problema es que la hoja se calienta mucho, hasta alcanzar el punto de fusión del aluminio, alrededor de 650°C. Empezarán a volar gotas de aluminio fundido hacia la guarda, lo que originará un desastre. El aluminio se solidifica después, de modo que la guarda se traba y deja de funcionar.

Un prominente fabricante de artículos arquitectónicos de aluminio luchó con este problema durante cinco años, antes de acudir a medios alternos para proteger al operador. Se instalaron frenos de polaridad inversa en las sierras, que hacían que la hoja se detuviera tan pronto como el operador soltara el gatillo. Esto eliminó la mayor parte del riesgo, porque cuando la hoja se está desacelerando, después de usarla, la guarda de la parte inferior de la hoja es más importante. Como protección adicional, se les dio a los operadores guantes y cojines protectores para manos y muñecas.

### Sierras de cadena

Sin duda alguna, la sierra manual más peligrosa es la de cadena. Si se traba la hoja, se puede provocar un rebote o reculada que cause lesiones graves y quizás mortales al operador. Una cadena sin filo o mal lubricada puede sobrecalentarse y romperse, lo que podría herir gravemente al operador y los trabajadores cercanos. La Comisión de Seguridad de los Productos de Consumo se esfuerza por mejorar las protecciones de manos y minimizar el rebote o reculada.

### Seguetas mecánicas

Las seguetas mecánicas son difíciles de proteger, aún más que sus primas, las sierras de banda horizontal. La sierra de banda puede resguardarse con una protección ajustable en todas las partes de la hoja, excepto la que lleva a cabo el corte. Sin embargo, debido a la acción recíproca de la següeta mecánica se necesitaría una protección mucho más complicada para que en cada pasada se ajuste de atrás a adelante *durante* el corte. Para este riesgo serían apropiadas guardas, barandales o protección por emplazamiento. Algunas seguetas mecánicas modernas están equipadas con confinamientos que encierran toda la carrera de la hoja recíproca.

### BANDAS Y POLEAS

Casi toda industria tiene una amplia variedad de bandas y poleas y otros sistemas para la transmisión de energía desde los motores a las máquinas. Los riesgos se entienden bien y la tecnología es simple. Las bandas y poleas representan un buen objetivo para que el gerente de seguridad e higiene instituya un programa de bajo costo para mejorar la seguridad interna.

No todas las bandas y poleas son peligrosas, y las normas reconocen este hecho excluyendo ciertas bandas pequeñas de movimiento lento. Las exclusiones son intrincadas y se representan mejor mediante el diagrama de decisión de la figura 14.39. Generalmente una altura menor de dos metros desde el piso o plataforma de trabajo se considera una zona de trabajo en la que el personal necesita protección de las bandas y de otros riesgos de las máquinas.

Los acoplamientos del eje, como los que se encuentran entre las bombas y el motor que las hace funcionar, están relacionados con las bandas y las poleas. El método preferido para eliminar los riesgos de estos acoplamientos consiste en diseñarlos de forma que cualquier tornillo, tuerca y prisioneros se utilicen *paralelos* al eje y estén embutidos, como se muestra en la figura 14.40. Si estos sujetadores no rebasan el borde de la brida, como se muestra en la figura, es poco probable que causen lesiones. El mayor riesgo de las cabezas de tornillos prisioneros expuestas es que atraparán partes de ropa suelta y atraerán al trabajador hacia la máquina. Los tornillos prisioneros y otras proyecciones son invisibles en el eje o brida en movimiento rápido, lo que aumenta el riesgo. El gerente de seguridad e higiene tiene que decidir la instalación de guardas de tipo U en dondequiera que hagan falta. Una vez conscientes del riesgo, los trabajadores de mantenimiento pueden recorrer la planta para tomar medidas y fabricar en el taller de hojalatería las protecciones tipo U que se necesiten.

No debe ignorarse la posibilidad de proteger bandas y poleas por *emplazamiento*. Algunas bandas y poleas están colocadas en una parte de la máquina a la que no se exponen los trabajadores. Algunas personas creen que el emplazamiento es el mejor método para resguardar la banda y la polea de los compresores de aire impulsados por motor que operan intermitentemente. Pero debido a que este equipo arranca en forma automática, la protección por emplazamiento puede no ser suficiente.

Un método para proteger compresores de aire grandes es colocarlos solos en un recinto. La puerta debe mantenerse cerrada. Es mejor que el recinto sea pequeño, si los métodos de disipación de calor así lo permiten, de forma que no sea utilizado para almacenamiento o para otros propósitos que expongan a los trabajadores. No debe olvidarse la seguridad del personal de mantenimiento que debe entrar al cuarto para dar servicio al compresor. Se pueden acudir a los procedimientos administrativos y a la capacitación para reducir los riesgos de este personal.

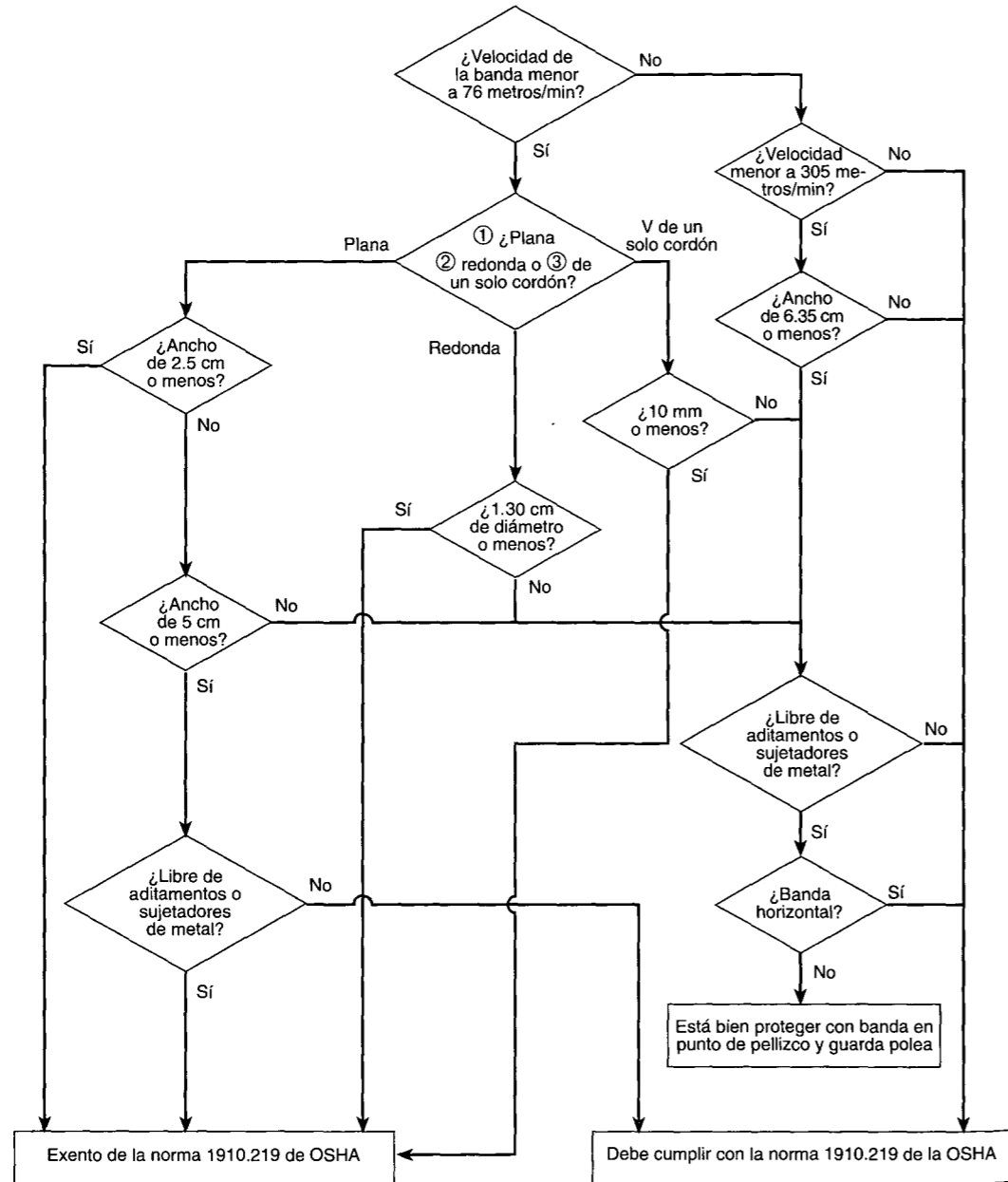


Figura 14-39 Diagrama de decisión para la norma de protección de bandas de la OSHA.

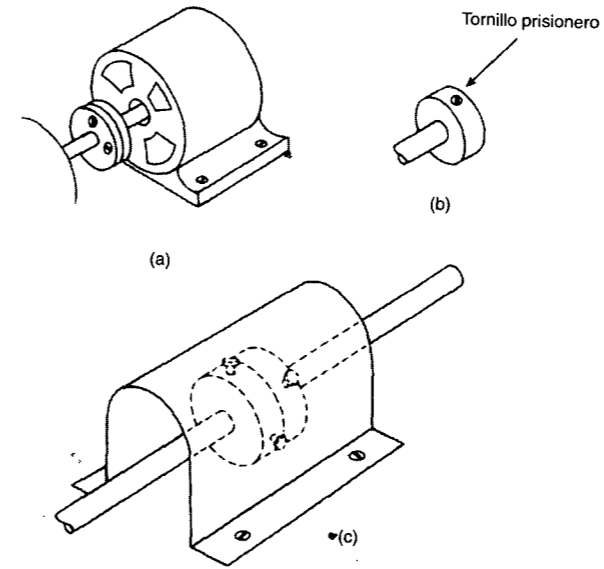


Figura 14-40 Seguridad en acoplamientos de eje: (a) los tornillos se montan paralelamente al eje y están embutidos; (b) el tornillo prisionero está montado en la periferia de la brida, pero está embutido y no la rebasa; (c) los tornillos prisioneros expuestos no presentan riesgos, porque el acoplamiento del eje está cubierto por una guarda en forma de U.

Es importante llamar la atención hacia los riesgos de las mangueras de aire comprimido utilizadas para la limpieza. Las mangueras de aire comprimido con boquillas se utilizan para soplear partículas del área de máquinas. Las normas de seguridad especifican que la presión del aire utilizada para tales propósitos no debe exceder a 30 libras/pulgada-cuadrada. Ahora bien, como la mayor parte de los sistemas de aire comprimido industrial operan a presiones de trabajo mayores a ese límite, se emplea un reductor en la boquilla o una boquilla reductora para disminuir la presión del aire hasta el máximo. La figura 14.41 muestra una boquilla para este propósito.

Una presión excesiva en estas boquillas puede hacer que las partículas voladoras sean peligrosas. Aun con una presión de aire adecuada, hay que entregar al operador protección contra partículas y equipo personal. Si para eliminar las partículas es posible utilizar medios alternos, será en el interés de la seguridad descontinuar las mangueras de aire. Las partículas de metal son muy afiladas y difíciles de manejar, por lo que la limpieza es algo problemática.

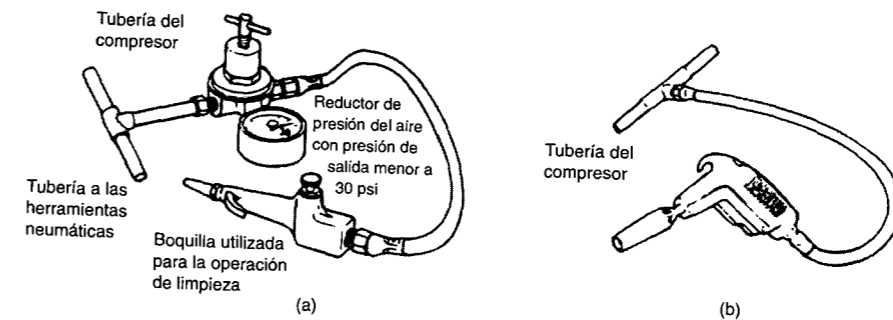


Figura 14-41 Dos formas de cumplir con el requerimiento de la OSHA de reducir el aire comprimido para limpieza a presiones menores a 30 psi. (a) reductor de presión en la tubería; (b) boquilla de ventilación especial que reduce la presión a menos de 30 psi.

El riesgo de las partículas voladoras es bastante obvio, pero la mayoría de la gente no se da cuenta de que las mangueras de aire comprimido utilizadas para la limpieza hasta pueden presentar peligros *mortales*. Ha habido algunos casos de muertes cuando las bromas pesadas han olvidado los peligros del aire comprimido. No hay forma en que el cuerpo humano contenga sin daños internos graves presiones excesivas, incluso de 30 psi. Rara vez se ha enseñado a los trabajadores a respetar la presión de una manguera de aire comprimido ordinaria, y al parecer inofensiva, utilizada para limpieza.

### Elevadores o gatos

Un deceso frecuente de fin de semana ocurre cuando un “mecánico de banqueta” muere bajo un automóvil que se ha caído del gato que lo sostenía. Los gatos son esenciales para levantar, pero la carga levantada es mucho más estable si se transfiere a bloques seguros. Lo que es poco seguro para el mecánico de banqueta también lo es para el trabajador industrial, por lo menos en lo que se refiere a los gatos.

Al igual que con las grúas o las cadenas de malacates, lo tentador es utilizar un gato hasta que falle, pero el resultado bien puede ser una falla catastrófica, una alternativa inaceptable para el fin de la vida para un gato. Por tanto, la única alternativa es inspeccionar el gato a intervalos, en busca de señales de que necesita reparación o bien está gastado hasta el punto de ser peligroso.

### RESUMEN

*Protecciones en las máquinas* es un término casi sinónimo de seguridad industrial, y es un tema de prioridad para los gerentes de seguridad e higiene. Aunque algunos profesionales de la seguridad y la salud lo pasan por alto como anticuado y poco técnico, la protección en máquinas es una tarea desafiante, y nuevas tecnologías de protección se suceden unas a otras.

La parte más peligrosa de la mayor parte de las máquinas es el punto de operación, donde la herramienta hace contacto con la pieza de trabajo. Desafortunadamente, también es la parte más difícil de resguardar. Para cuando la protección es impracticable o imposible, se han diseñado dispositivos electromecánicos para proteger al operador. No se debe olvidar que hay riesgos indirectos en el punto de operación, como partículas o chispas voladoras.

Siguiente en importancia están las bandas, las poleas y otros aparatos de transmisión de energía. Aunque por lo regular se protegen con mayor facilidad que el punto de operación, las bandas, las poleas, los engranes, los ejes y las cadenas deben recibir atención constante en la planta. A menudo las guardas se fabrican en la planta, con la supervisión del gerente de seguridad e higiene. Recuerde la posibilidad de proteger por emplazamiento. No confunda la protección por emplazamiento con la protección por *distancia*, destinada a protegerse del punto de operación en las máquinas, como las prensas, que fabrican grandes piezas de trabajo.

Una de las máquinas de producción más importantes y peligrosas es la prensa de potencia mecánica. Los requerimientos de seguridad para la protección en el punto de operación suelen ser bastante técnicos y complicados. Muchos de los métodos de protección especificados para las prensas pueden utilizarse como principios para la protección en las máquinas en general.

Los riesgos de las sierras radiales son ejemplos de todos los que atañen a las demás sierras. El rebote o reculada es un riesgo de la mayor parte de las sierras. Entre los remedios viables se cuentan varios dispositivos mecánicos, además de la capacitación de los trabajadores respecto al rebote o reculada.

La norma para maquinaria de rueda abrasiva de la OSHA es bastante complicada, pero los problemas principales son pequeños y simples: protección de rueda, tuerca y brida, ajuste de los descansos de las máquinas esmeriladoras y ajuste de las lengüetas de guarda. El gerente de seguridad e higiene debe prestar atención también al equipo misceláneo, como las herramientas de potencia manuales, el equipo de aire comprimido y los gatos. Aquí destaca el requerimiento de reducir la presión del aire a 30 psi o menos cuando el aire se utiliza para limpieza.

### EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 14.1 Explique el término *punto de operación*.
- 14.2 Mencione varios riesgos mecánicos de las máquinas en general. ¿Cuál es el más importante desde el punto de vista de la seguridad?
- 14.3 Identifique varios ejemplos de puntos de pellizco entrante.
- 14.4 Mencione dos formas de salvaguardar una máquina que no requiere de una protección o dispositivo físico. ¿Cuál es la diferencia entre los dos métodos de salvaguarda?
- 14.5 ¿Qué es un cerrojo? ¿En qué difiere del enclavamiento?
- 14.6 ¿Cuáles son las desventajas de las protecciones de malla de nylon para ventiladores?
- 14.7 El tiempo de detención del ariete de cierta prensa de rotación parcial se ha medido en 0.333 segundos. ¿A qué distancia de seguridad mínima debe colocarse el sensor de presencia?
- 14.8 Una prensa de potencia mecánica tiene un embrague de rotación completa y 14 puntos de acoplamiento en el volante, que gira a 90 rpm. ¿A qué distancia mínima del punto de operación de esta prensa debe colocarse un dispositivo de disparador de dos manos?
- 14.9 Mencione algunas razones por las cuales una máquina puede tener barrenos para fijación en las patas.
- 14.10 Mencione varias clases de dispositivos de salvaguarda para el punto de operación.
- 14.11 ¿Cuál es la diferencia entre una guarda de barrera con enclavamiento y una puerta?
- 14.12 ¿Cuál es la diferencia entre los controles de dos manos y los disparadores de dos manos?
- 14.14 ¿Cuál es la diferencia entre las puertas tipo A y tipo B?
- 14.14 ¿Cuál es la ventaja de las cabezas Allen para los tornillos sobre las arandelas en las protecciones de las máquinas?
- 14.15 Una guarda tiene un tamaño máximo de abertura de dos centímetros. Las aberturas de la guarda están a 15 centímetros de la zona de peligro. ¿Cumple el tamaño de la abertura con los requerimientos?
- 14.16 ¿Qué es una barrera de conciencia? ¿Qué es una guarda de plantilla?
- 14.17 Explique los términos *rotación completa* y *rotación parcial* en lo que se refiere a los embragues de prensa. ¿Cuál es más seguro?
- 14.18 ¿Qué es el silenciador de dispositivos de salvaguarda y cuándo está permitido?
- 14.19 ¿Cuál es la diferencia entre los jaladores y los restrictores?
- 14.20 ¿Cuál es la mayor desventaja de los jaladores?



## 334 Capítulo 14 Protecciones en máquinas

- 14.21** Explique la diferencia entre un monitor de frenado y un dispositivo de medición de tiempo de frenado.
- 14.22** Una prensa de embrague de rotación parcial tiene un tiempo de frenado de 0.37 segundos. ¿A qué distancia mínima deben colocarse los controles de dos manos?
- 14.23** ¿Dónde debe colocarse un dispositivo sensor de presencia en la prensa del ejercicio 14.22?
- 14.24** Si la prensa del ejercicio 14.22 fuera de rotación completa y operara a 60 rpm con cuatro puntos de acoplamiento, ¿a qué distancia debería colocarse el disparador de dos manos?
- 14.25** ¿Ofrecería alguna mejoría un control de dos manos a la prensa del ejercicio 14.24? ¿Qué hay de un sensor de presencia?
- 14.26** ¿Cuáles son los tres problemas principales de las máquinas esmeriladoras? ¿Por qué son tan importantes desde el punto de vista de la seguridad?
- 14.27** ¿Qué es la prueba de resonancia?
- 14.28** Compare los riesgos de las sierras de mesa que se utilizan como sierras de corte longitudinal, en comparación con las que se utilizan como sierras de corte transversal.
- 14.29** ¿Cuándo no necesitan guarda los acoplamientos de eje?
- 14.30** ¿En qué consiste el peligro del aire comprimido utilizado para limpieza? ¿En qué circunstancias está permitido?
- 14.31** Describa la naturaleza de las frecuentes notificaciones de la OSHA con respecto a los cerrojos y marbetes.
- 14.32** La malla de metal expandido de la guarda de una máquina tiene un tamaño de abertura máximo de 1.30 centímetros. ¿Cuál es la mínima distancia legal al punto de operación para colocarla?
- 14.33** ¿Cuál es el significado de *protección por emplazamiento*? ¿En qué difiere de la protección por distancia?
- 14.34** Explique cómo se puede modificar para que califique para cerrojo una máquina diseñada para arrancar y detenerse con interruptores de botón de encendido y apagado.
- 14.35** Explique el término *dispositivo de aislamiento*.
- 14.36** Explique el término *estado mecánico cero*.
- 14.37** ¿Cuál de los principios de protección contra fallas que estudiamos en el capítulo 3 se aplica al término *estado mecánico cero*?
- 14.38** ¿A qué riesgo se aplica el término *protección por escudo*?
- 14.39** Haga un comentario sobre la conveniencia de las herramientas o tenazas para alimentación manual para salvaguardar el punto de operación.
- 14.40** ¿Cuál es el mejor color para una guarda en el punto de operación? Explique.
- 14.41** Analice las alternativas diferentes comparativas de las guardas de recinto para troqueles en comparación con las guardas de barrera fija.
- 14.42** Diga qué guardas para máquinas son inapropiadas para la alimentación manual en el punto de operación.
- 14.43** Un conocido método para la salvaguarda en el punto de operación para la alimentación manual es seguro si se realiza con herramientas manuales o tenazas. ¿Cuál es este método?
- 14.44** Explique los resultados posibles cuando los troqueles de una prensa troqueladora se cierran sobre una pieza mal alineada.
- 14.45** Analice por lo menos dos ventajas del acoplamiento por transmisión de embrague de fricción en una prensa troqueladora en comparación con uno de transmisión mecánica firme.
- 14.46** ¿Es legal utilizar una puerta de tipo B en una prensa de rotación completa? ¿Es recomendable? ¿Cuál es el riesgo de utilizarla en una prensa de rotación completa?
- 14.47** Enumere y describa todas las instalaciones de prensa mecánica para las cuales es legal utilizar alimentación manual.
- 14.48** Enumere y describa todas las instalaciones de prensa mecánica para las cuales las normas exigen un monitor de frenado y sistema de control.
- 14.49** ¿Qué característica opcional de los dispositivos sensores de presencia es permisible para darles la misma ventaja de producción que las puertas de tipo B tienen sobre las de tipo A? Explique la ventaja.
- 14.50** Describa dos desventajas de las barreras de conciencia.
- 14.51** Refiera por lo menos dos ventajas de utilizar luz infrarroja en vez de luz visible en los sensores de presencia.
- 14.52** Explique la diferencia entre los términos “monitor de frenado” y “dispositivo de medición de tiempo de frenado”.
- 14.53** El interruptor del límite de recorrido extra de parada superior de un monitor de frenado en una prensa de potencia mecánica es ajustable. ¿Cuál es la ventaja de ajustar alto el recorrido extra? ¿Cuál es la ventaja de ajustarlo bajo?
- 14.54** ¿Qué sucede cuando se activa el interruptor del límite de recorrido extra de parada superior al final de un ciclo de la prensa?
- 14.55** Describa dos características requeridas de una sierra de mesa para impedir el rebote o reculada. ¿Cuál impide que el rebote comience y cuál detiene el movimiento si ya inició?
- 14.56** ¿Qué característica de la sierra circular de mano hace que la guarda retráctil de hoja sea aún más importante que en las sierras de mesa o radiales?
- 14.57** ¿Cuál es la diferencia entre una segueta mecánica y una sierra de banda? ¿Cuál es más difícil de proteger? ¿Por qué?
- 14.58** Explique por qué “las guardas de barrera fija grandes toleran grandes distancias entre la guarda y el punto de operación y una malla de tejido más abierto en el material de la guarda”.
- 14.59** Describa las desventajas de las barreras de conciencia en lugar de las guardas de máquina.
- 14.60** Explique los beneficios de utilizar un interruptor de pie para activar una prensa en la cual el punto de operación está protegido por una pantalla de luz infrarroja.
- 14.61** Describa dos alternativas diferentes a las de utilizar luz infrarroja y luz visible, como medios para los dispositivos sensores de presencia.
- 14.62** ¿Qué características de diseño de los sistemas sensores de presencia se permiten para aumentar la eficiencia en la misma forma que las puertas tipo B aventajan a las de tipo A?
- 14.63** Haga un comentario sobre la relación entre la velocidad de una prensa troqueladora y su seguridad. ¿Cuándo es mejor una máquina lenta y cuándo es mejor una máquina rápida?
- 14.64** ¿Por qué deben fijarse al suelo los pedestales de control, si se utilizan en prensas troqueladoras?
- 14.65** **Caso de diseño.** Se está rediseñando una estación de trabajo para aumentar su velocidad de producción y darle mayor competitividad en una industria que compite en el mercado mundial. La vieja estación de trabajo es una operación de prensa troqueladora, que utiliza una prensa de volante de rotación completa con una puerta de tipo A. Con alimentación por robot, la norma de producción de la estación es de 600 unidades por hora. Describa tres diseños alternativos para esta estación y explique por qué debería ser capaz de aumentar considerablemente la velocidad de producción sin infringir las normas de seguridad. Califique las alternativas con una descripción de las desventajas de cada una.
- 14.66** **Caso de diseño.** Una prensa de rotación completa con dos puntos de acoplamiento en el volante tiene botones palmares de dos manos instalados a una distancia de 41.6 centímetros del punto de operación.

Calcule la velocidad mínima del volante para que la prensa cumpla con las normas. Explique por qué una velocidad menor del volante sería más peligrosa.

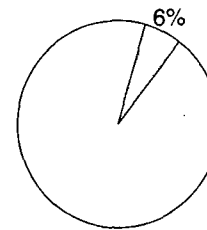
- 14.67 Caso de diseño.** Una prensa de rotación completa tiene una rotación de volante a 100 rpm. La prensa está equipada con botones palmares de dos manos, montados en la máquina a una distancia de 51 centímetros del punto de operación. ¿Cuántos puntos de acoplamiento se necesitarían en el volante para que la máquina sea segura?
- 14.68 Caso de diseño.** En el diseño de prensa del ejercicio 14.50, suponga que la cantidad máxima disponible de puntos de acoplamiento del volante fuera de 14. ¿Qué modificaciones necesitaría hacer en la transmisión mecánica para que la instalación de la prensa del ejercicio 14.50 fuera segura?

### EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 14.69** Revise las estadísticas de coerción de la OSHA para determinar la frecuencia de notificaciones por “protección general del punto de operación”. ¿Cuál es el lugar que la OSHA otorga a esta norma entre las demás, en términos de frecuencia?
- 14.70** Revise las estadísticas de coerción de la OSHA para determinar la frecuencia de notificaciones por la “protección del punto de operación” en las prensas de potencia mecánica.
- 14.71** Revise las estadísticas de coerción de la OSHA para determinar las tres normas citadas con mayor frecuencia en la norma de maquinaria de rueda abrasiva.

## CAPÍTULO 15

### Soldadura



**Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema**

Después de un tema tan amplio como el de la protección en las máquinas, podría parecer una minucia referirse a un campo tan estrecho como el de la soldadura. Sin embargo, a muchos sorprenderá saber que los procesos de soldadura presentan algunos de los más grandes riesgos a la seguridad y a la salud. En términos de magnitud de los riesgos, la soldadura abarca aún más que la protección en máquinas y, para el caso, que cualquier otro capítulo de este libro.

Este capítulo se titula “Soldadura”, y hay que tomar el término en su sentido más amplio para incluir la soldadura con gas, la soldadura con arco eléctrico, la soldadura por resistencia e incluso procesos relacionados, como el estañado y la soldadura fuerte, que técnicamente no son en realidad procesos de soldadura. Los procesos de soldadura son tan diversos, que antes de referirnos a sus riesgos conviene mencionarlos y comprender su terminología fundamental.

### TERMINOLOGÍA DEL PROCESO

La clave para comprender los riesgos de la soldadura es saber cómo funciona el proceso en sí, y a menos que los gerentes de seguridad e higiene posean este conocimiento, su credibilidad ante sus contrapartes de fabricación y operación será mínima. Todos saben que la soldadura requiere que se derrita o se funda el material para formar una unión rígida. Así, la primera pregunta para determinar el proceso es “¿Qué material se funde?” Si el material fundido es parte de las piezas a unir o de un material semejante de relleno, el proceso es de *soldadura*. Si en cambio es algún otro material con una temperatura de fusión menor, decimos que el proceso es *soldadura fuerte por latón* o *estañado*. La división entre soldadura por latón y el estañado está en los 427°C (800°F); la soldadura por latón se encuentra arriba de esa temperatura y el estañado debajo.

Como la soldadura requiere que se fundan los materiales, se requiere calor, aplicado intensamente, para alcanzar los altos puntos de fusión de los materiales. El método para aplicar este calor

intenso identifica el proceso. Excluyendo procesos inusuales y extraños, cómo los *thermit* y el láser, las tres clases básicas de soldadura convencional son:

- Soldadura con gas
- Soldadura con arco eléctrico
- Soldadura por resistencia

El ejemplo común de la *soldadura con gas* es el familiar proceso del soplete de oxiacetileno, en el cual se hace que el gas acetileno, que arde a gran temperatura, se quemé todavía con más calor al alimentar la flama con oxígeno puro. Para soldar materiales con punto de fusión más bajo, se utilizan gases más seguros, como el gas natural, el propano o el gas MAPP (nombre de marca). Estos gases se emplean a menudo para la soldadura por latón y para el estañado.

El gerente de seguridad e higiene debe tener cuidado de no confundir la soldadura aplicada con gas con algunas clases de soldadura de arco eléctrico, que aplican un gas inerte para facilitar el proceso. De hecho, algunos de estos procesos tienen nombres como “soldadura de arco de gas y metal” o “soldadura de arco con gas tungsteno”, pero no son soldaduras con gas. La característica que distingue a la soldadura con gas es que éste debe utilizarse como combustible para el proceso, no como gas inerte.

Las clases de *soldadura eléctrica* son aún más variadas que las soldaduras con gas. La soldadura de arco requiere de un pequeño espacio entre electrodos, uno de los cuales es por lo regular la misma pieza de trabajo. El calor proviene del arco eléctrico que se forma entre los electrodos. El proceso que tipifica al arco eléctrico es la *varilla electrodo* o la soldadura de arco de metal protegido (*shielded metal arc welding*, SMAW),<sup>1</sup> que se muestra en la figura 15.1. Esta operación portátil y popular se ve en la soldadura de acero estructural de los edificios, en la reparación de componentes de acero y en una gran variedad de procesos de fabricación. La *varilla electrodo* es una pieza para *soldar* sostenida por una pinza y que se consume en el proceso. Consiste en un metal de relleno, rodeado de un *fundente*, término que explicamos más adelante. La *varilla de núcleo* (*flux-cored arc welding*, FCAW), es similar a la soldadura SMAW. En este caso, el fundente está en el interior de la varilla, lo que recuerda la soldadura de ácido o de núcleo de resina. Algunas veces, el proceso de soldadura no consume el electrodo, como ocurre por ejemplo en el proceso conocido como TIG (*tungsten inert gas*, “gas inerte tungsteno”) o GTAW (*gas tungsten arc welding*, “soldadura de arco con gas tungsteno”), que se muestra en la figura 15.2. En un proceso relacionado, GMAW (*gas metal arc welding*, “soldadura de arco con gas y metal”), el arco eléctrico consume un electrodo *flexible*, que está enrollado en un carrete y alimenta continuamente al arco durante la soldadura.

Los términos *fundente* y *gas inerte* necesitan una explicación. Las elevadas temperaturas de fusión del acero y otros metales los hacen muy vulnerables a la oxidación, dañina para la soldadura. En general, el fundente está formado por un compuesto químico que se combina con las impurezas y con el oxígeno para evitar la oxidación de los metales calientes. Después de combinarse con las impurezas, mientras el fundente todavía está en estado de fusión, el líquido resultante se llama *escoria*, que más tarde se solidifica y debe ser eliminada de la soldadura terminada. En ciertos procesos, alguno de los gases inertes, como el argón o el helio, se utiliza con el mismo propósito. El gas inerte desplaza el aire de la soldadura y, por tanto, mantiene el oxígeno lejos de los metales calientes. Por desgracia, el gas inerte a veces también aleja el oxígeno del *soldador*, una característica indeseable que estudiaremos más adelante, en la sección de los mecanismos de riesgo.

<sup>1</sup> Abreviatura recomendada por Sociedad Estadounidense de Soldadura (*American Welding Society*, AWS).

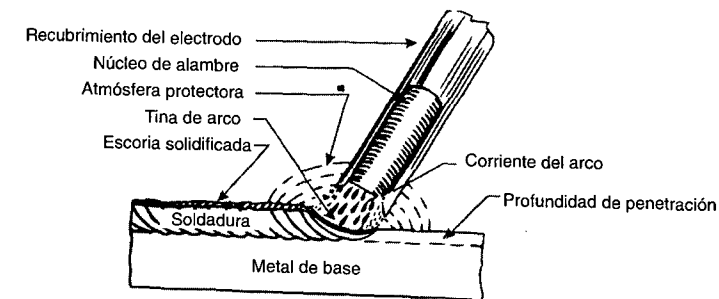


Figura 15-1 Varilla electrodo o SMAW.

Llegando a este punto, debemos mencionar otro proceso de arco eléctrico: el *proceso de arco sumergido*, o SAW (*submerged arc process*, “soldadura de arco sumergido”). En este proceso, el fundente es granular y, como se aprecia en la figura 15.3, el arco eléctrico está oculto bajo la pila de fundente granular y el charco de escoria derretida. Esto tiene grandes ventajas para la seguridad y la salud, y la popularidad del arco sumergido va en aumento. A menudo, las máquinas de soldadura automática se programan para aplicar el fundente automáticamente y mover el electrodo a lo largo de una trayectoria larga y recta en la fabricación de grandes vigas o traveses de placa de acero estructurales. Sin embargo, si se aplica la soldadura SAW en un sitio sobre la cabeza es un problema, debido a que el fundente granular caerá por acción de la gravedad, en lugar de cubrir la soldadura.

La *soldadura por resistencia* (figura 15.4) es uno de los procesos menos riesgosos. Tiene amplio uso en la fabricación en masa de productos. Sin embargo, la resistencia está limitada a láminas relativamente delgadas de material. El principio de la soldadura por resistencia es pasar corriente eléctrica a través del material que se va a soldar, el cual se funde por resistencia y el calor generado. También se aplica presión en el punto de la soldadura. Lo atractivo de la soldadura por resistencia es que la fusión ocurre sólo donde se encuentren las superficies en contacto. Las superficies exteriores y adyacentes, expuestas a contaminantes atmosféricos que dañan la soldadura, no alcanzan el punto de fusión y el daño al material es mínimo. Este hecho también evita la necesidad de un fundente o gas inerte que complica tanto el proceso de producción como los aspectos de seguridad y salud.

La *soldadura de resistencia por puntos* (*resistance spot welding*, RSW) tiene amplio uso para unir recubrimientos, carcasas, guardas o protecciones de lámina de metal en productos tan diversos como calentadores espaciales y contenedores de granos. Otra industria importante es la automovilística.

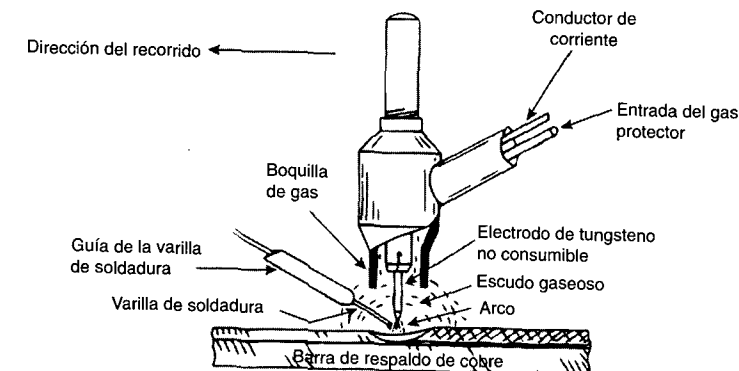
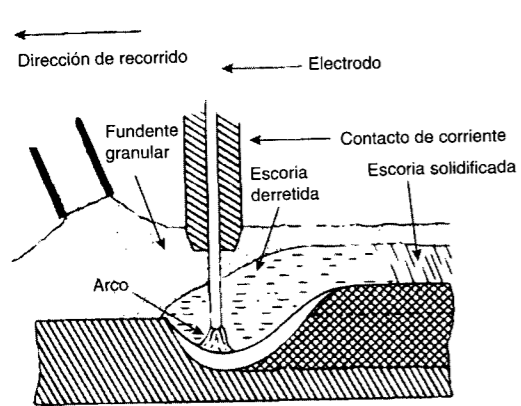
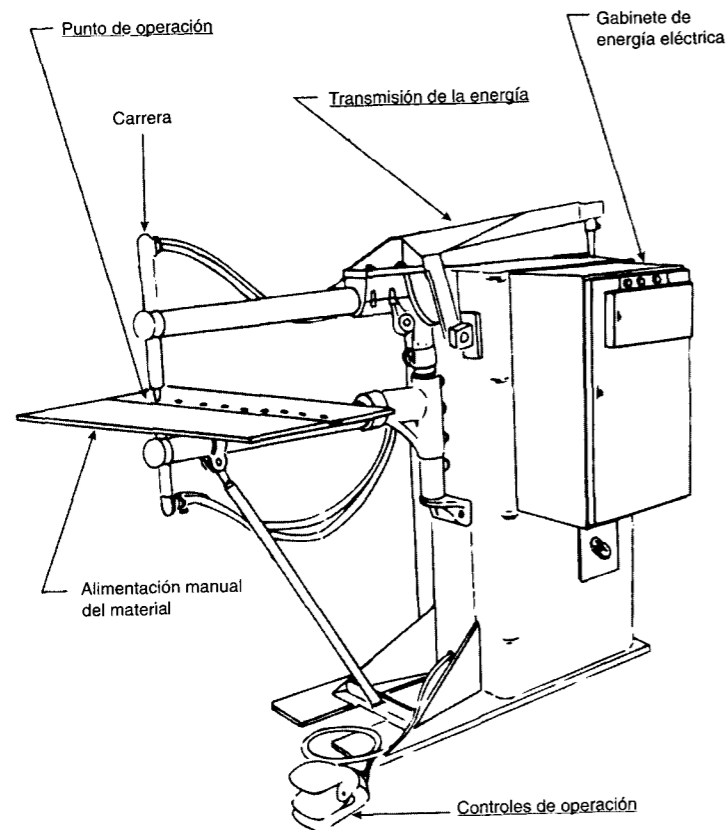


Figura 15-2 Soldadura TIG (gas inerte tungsteno) o GTAW (soldadura de arco con gas tungsteno).



**Figura 15-3** Soldadura de arco sumergida (SAW).



**Figura 15-4** Soldadura de resistencia por puntos.

La soldadura de costura (*seam welding*, RSEW) se prefiere a la soldadura por punto para sellado hermético, porque un par de rodillos aplican una presión constante y una serie de pulsos eléctricos hacen una costura de puntos de soldadura superpuestos.

Citemos también algunos de los procesos menos usuales porque, aunque sean poco usados o el gerente de seguridad e higiene los considere acaso raras veces, la naturaleza de sus riesgos puede ser completamente diferente. El método para soldar *thermit* (“*termita*”, TW) emplea una reacción química para producir el calor de la soldadura. El *thermit* es bueno para las aplicaciones incómodas o quizás cuando la soldadura queda lejos de una fuente de energía eléctrica o de gas. La *soldadura por rayo láser* (*laser beam welding*, LBW) utiliza un rayo concentrado de luz láser para generar el calor de la soldadura. Los láseres realizan la soldadura con tanta precisión que se utilizan para aplicaciones casi microscópicas en piezas diminutas.

### RIESGOS DE LA SOLDADURA CON GAS

La variedad de procesos de soldadura debería darnos alguna pista de por qué es tal la magnitud de los riesgos. Pasemos, pues, a examinar estos riesgos, comenzando con la soldadura con gas, porque es la que ha traído a los gerentes de seguridad e higiene la mayoría de los problemas.

#### Riesgos del acetileno

Los cilindros para soldadura con gas nos son tan familiares que es difícil recordar su devastador poder destructivo. El acetileno, el gas combustible para la mayor parte de las soldaduras con gas, es tan inestable que está prohibida su presurización en múltiples a presiones superiores a 15 psig (30 psia). Compare esta baja presión con la del familiar oxígeno, el nitrógeno y otros cilindros de gas comprimido ordinarios, que contienen presiones que superan los 2000 psi.

Hay varios trucos para evitar los riesgos por inestabilidad del gas acetileno; el más popular es disolverlo en un solvente adecuado, por lo general acetona. En estas condiciones, se puede elevar la presión hasta alrededor de 200 psi. Conforme el gas acetileno se extrae del cilindro, la presión baja ligeramente, lo que permite que una mayor cantidad de gas se separe de la solución y se consiga un equilibrio a una presión adecuada para la soldadura. De esta manera, se puede almacenar una cantidad relativamente grande de acetileno en un cilindro razonablemente portátil.

La figura 15-5 muestra el interior de un cilindro de acetileno. La mayoría de la gente no sabe que el cilindro contiene un material de relleno sólido y absorbente para la solución de acetona y acetileno. El contenido es más líquido que gaseoso, y esto lleva a otro riesgo. Los cilindros de aceti-



**Figura 15-5** Cilindro de acetileno.

leno deben mantenerse con el extremo de la válvula hacia arriba, tanto cuando están almacenados como cuando están en uso. No hay peligro en inclinar los cilindros ligeramente, y de hecho es práctica común hacerlo cuando se usan carretillas manuales para manejar cilindros conectados para su uso. Sin embargo, es un buen consejo no inclinar los cilindros a un ángulo mayor de 45° de la vertical.

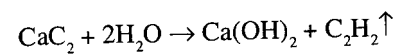
Si los cilindros se almacenaran horizontalmente o con el extremo de la válvula hacia abajo, podría entrar a sus conductos la acetona líquida, en lugar del gas acetileno. Después, cuando se abra la válvula, el soldador podría recibir un flujo inesperado y muy inflamable de acetona. Dado que el propósito de abrir la válvula es encender el soplete con una fuente de chispa, es obvio que sería fácil encender la acetona líquida por accidente. Es difícil controlar acetona derramada y ardiendo, además de que es bastante peligrosa. Remitimos al lector al capítulo 10, para que considere las características de inflamabilidad de la acetona.

Otra manera de que salga acetona líquida por la válvula es utilizar el cilindro cuando está casi vacío. Las fugas de acetona se detectan con facilidad, pues como es el principal ingrediente del removedor de esmalte de uñas, su olor nos es familiar a todos.

A veces, algunos cilindros de acetileno tienen fugas alrededor del vástago de la válvula, lo cual origina lo que los soldadores llaman “fuegos de vástago”. También hay que buscar fugas en el tapón del fondo del cilindro. En un incidente, por fortuna no serio, el soldador estaba perplejo porque ocasionalmente oía una pequeña explosión que, aunque audible, no causaba daños. Al cabo resolvió el misterio: descubrió que las explosiones se producían en la pequeña concavidad debajo del cilindro. Las pequeñas explosiones eran inofensivas, pero imagine cuánto habría aumentado el riesgo si no hubiera habido ignición y se hubiera permitido que el cilindro defectuoso liberara lentamente el acetileno, por ejemplo durante su almacenamiento por la noche.

Es importante saber cerrar rápidamente la alimentación del combustible en una emergencia, en particular si se trata de acetileno. Algunas válvulas están diseñadas para aceptar una llave especial, pero los martillos y las llaves en general no son apropiados para abrir estas válvulas. La llave especial debe estar a la mano para su uso inmediato.

Una “lámpara de minero” de carburo arde con acetileno si se echan trozos de carburo de calcio en agua. La reacción química es la siguiente:



Así, el gas acetileno sale lentamente en burbujas de la solución de agua y alimenta la lámpara. Se puede aprovechar la misma reacción para generar gas acetileno para soldadura por medio de un generador. Este proceso evita el riesgo de almacenamiento a gran escala de cilindros de acetileno. Pero el proceso de almacenar acetileno en cilindros se ha perfeccionado y comercializado a tal medida, y se ha hecho tan relativamente seguro, que los generadores de acetileno ya rara vez se ven. El proveedor de cilindros tiene instalado un gran generador de acetileno, pero esto no es de preocupar para la mayoría de los gerentes de seguridad e higiene.

Antes de abandonar el tema de los riesgos del acetileno, debemos considerar otros gases combustibles. Si el gerente de seguridad e higiene realmente quiere ganarse la aprobación de la dirección, ofrecerá una innovación de producción que hará más seguro el lugar de trabajo, reducirá la vulnerabilidad legal de la empresa y reducirá los costos de producción, *todo al mismo tiempo*. Es difícil hacerlo, pero no imposible, y la selección del gas combustible para soldadura presenta una oportunidad. Se necesita hacer la “tarea” y ser diligente en la investigación del asunto, pero las recompensas para la empresa y para todos los interesados suelen valer la pena.

Ya hablamos del gas MAPP, el gas natural y el propano como alternativas para el acetileno. La primera objeción que el gerente de seguridad e higiene escuchará ante la idea de utilizar estos gases es que no arden con suficiente calor. Es cierto que el acetileno los supera cuando se necesita una flama muy caliente, pero muchas aplicaciones industriales no necesitan temperaturas tan elevadas como los soldadores quieren para *algunas* aplicaciones. Ciertamente los gases alternos son lo bastante calientes para soldadura por latón y el estañado, pero también para algunas aplicaciones de soldadura.

Una razón por la que no funcionan los intentos poco vigorosos por cambiar a gases alternos es que los soldadores insisten en usar las mismas puntas de soplete que utilizaban con el acetileno. Unas puntas de soplete especiales pueden ser el secreto que hará de la nueva idea un éxito. En ocasiones también hace falta enseñar a los soldadores a ajustar sus sopletes para lograr una “flama neutra” con las características de calor apropiadas.

El caso 15.1 refiere cómo un gerente de seguridad e higiene brindó a su empresa un alivio económico con una sugerencia que mejoró la seguridad al tiempo que redujo los costos de producción.

### CASO 15.1 REDUCCIÓN DE UN RIESGO POR SUSTITUCIÓN

El gerente de seguridad e higiene de una planta manufacturera observó que una operación de producción empleaba equipo convencional de soldadura con gas para llevar a cabo una operación de soldadura de latón. La instalación convencional de soldadura con gas consta de una carretilla portátil con el soplete conectado a los cilindros de oxígeno y acetileno. Sin embargo, en una operación de producción en la cual el proceso se queda en un lugar dentro de la planta, no hay necesidad que el equipo de soldadura esté sobre una carretilla portátil ni que utilice gases combustibles que se suministran en costosas botellas o depósitos portátiles. Aún más, ya que la operación era de soldadura por latón, no de soldadura, se necesitaba una temperatura mucho menor para hacer el trabajo, lo que dio al gerente la idea de que quizás el peligroso y caro gas acetileno, con su flama caliente característica, no fuera necesario. Así, sugirió que se optara por el combustible para soldadura más barato, el gas natural, que corría por las tuberías maestras de la planta. Ahora bien, las fuentes de servicio público de gas natural están a una presión muy baja, aproximadamente a 4 oz/in.<sup>2</sup>, y los soldadores esgrimieron este hecho para rechazar la idea, arguyendo que la presión del gas natural era muy baja obtener eficacia en este proceso de producción. Sin rendirse, el gerente negoció un arreglo con la empresa suministradora para que surtiera gas natural a la planta a mayor presión. El resultado fue una operación de soldadura por latón muy exitosa, que utilizaba gas natural como sustituto de combustible en lugar del —mucho más costoso— gas acetileno. Por haber persistido en su idea, este hombre ganó prestigio ante el director general y toda la planta. Demostró que resolvía los problemas sin perder de vista los costos de producción y la eficiencia, aparte de su trabajo en el mejoramiento de la seguridad. Al mismo tiempo, redujo la posibilidad de que la planta quedara expuesta a una notificación de la OSHA, por una de las normas con mayor frecuencia de notificaciones.



Figura 15-6 Cilindro de oxígeno.

### Cilindros de oxígeno

Hemos visto los riesgos del inestable acetileno. En comparación, el oxígeno es mucho más estable; más aún, es casi del todo seguro si se mantiene lejos de fuentes de combustible. Pero irónicamente, los cilindros de oxígeno son más peligrosos que los de acetileno. La razón es la presión tan alta de los cilindros de oxígeno. La figura 15.6 representa el familiar cilindro de oxígeno; observe su parecido con una bomba o un cohete. Es difícil comprender la energía que puede liberarse por la súbita ruptura de la válvula de un cilindro de oxígeno que tiene una presión de 2000 psi. Ha habido numerosos casos de cilindros voladores que derrumban paredes de ladrillo. Si la válvula se rompe mientras el cilindro está confinado en una habitación relativamente pequeña, éste puede rebotar en las paredes hasta que mate a cualquier desafortunado que se encuentre en la misma habitación en ese momento. Imagine el riesgo de un pesado cilindro que vuela sin control por todo el lugar como un globo que se desinfla de pronto.

Los trabajadores dejan caer sin pensar cilindros de oxígeno al suelo o los golpean violentamente entre sí. A menudo se observan cilindros de oxígeno parados, solos y sin soporte. Aunque son bastante pesados, sus bases pequeñas hacen fácil que se caigan, con el peligro de golpear la válvula. Es necesario combatir en las sesiones de capacitación en seguridad la tentación de dejar los cilindros de oxígeno de pie solos y sin soporte.

Otra tentación de los cilindros de oxígenos es que parecen rodillos perfectos para sostener y mover artículos pesados. Independientemente si están llenos o “vacíos” (aun un cilindro usado no está vacío por completo), el uso de los cilindros como rodillos o soportes puede dañar los cilindros mismos y tal vez la válvula. Si se emplean como rodillos, los cilindros grandes y pesados crean un problema de *control*. Una vez que una carga pesada comienza a moverse sobre un conjunto de cilindros de soldadura, puede *atropellar* a algún trabajador.

Un problema permanente es acordarse de la tapa de protección de la válvula, que debe retirarse para utilizar el cilindro, pero que también debe volver a atornillarse en su sitio cuando el cilindro se almacena. La tapa protege a la importante válvula, y si alguna vez se mueve el cilindro sin ella, se corre el riesgo de que éste se caiga y se desprenda la válvula con resultados desastrosos.

Cuando se cincha un cilindro de oxígeno a una carretilla de ruedas o diablo junto con un cilindro de acetileno y el regulador está colocado para la soldadura, por lo general se considera que está en

estado operativo, no en almacenamiento. Por tanto, la práctica en la industria dice que en esta situación las tapas de protección de las válvulas no tienen que estar colocadas.

Si se observa con atención la tapa de protección de la figura 15.6, se aprecia una ranura vertical más bien rara; en realidad, son dos, pero una está oculta. Estas ranuras tienen un propósito de ingeniería definido, pero no el que la mayoría de la gente piensa. Si la válvula se suelta mientras la tapa de protección está atornillada, el gas que sale hará impacto a gran velocidad con la porción superior cerrada de la tapa, lo que tenderá a contrarrestar la fuerza del gas. Las partes ranuradas en los costados de la tapa permiten que el gas salga, pero en direcciones exactamente opuestas, lo que equilibra las fuerzas y deja al cilindro relativamente quieto.

Por desgracia, la abertura de las ranuras en la tapa son una invitación para su mal uso por parte del trabajador que intenta mover el cilindro. Los cilindros son pesados y difíciles de manejar, especialmente para el trabajador que ha tenido que mover muchos en un solo día. Además, en los climas fríos tienen tendencia a congelarse y se pegan al suelo, a alguna placa o incluso entre sí. Como el trabajador quiere encontrar la manera de despegarlos, la abertura de la ranura le parece el lugar ideal para insertar una barra y hacer algo de palanca. Pero éste *no* es el propósito de las ranuras, y este mal uso hace que las válvulas se rompan o queden dañadas.

Como si los riesgos de la presión no fueran suficientes, el oxígeno presenta otros riesgos debido a sus propiedades químicas. Como hemos dicho, es relativamente estable en ausencia de fuentes combustibles, pero el riesgo de incendio del oxígeno puro a presión en presencia de un combustible es muy elevado. Una sustancia tan inocua como la grasa ordinaria puede convertirse de repente en un combustible explosivo en presencia de oxígeno puro a presión. En cuanto abren la válvula, los trabajadores tienen la costumbre de colocar la mano frente a la abertura para saber si el cilindro funciona. Si tienen grasa en las manos o los guantes, corren el riesgo de perder una mano en la combustión explosiva que puede producirse.

Hemos examinado por separado los riesgos del acetileno y del oxígeno, pero cuando los cilindros de oxígeno y acetileno se almacenan juntos, los riesgos se multiplican. Siempre hay la posibilidad que uno o más de los cilindros tenga fuga. Quizás el lector recuerde el caso citado de pequeñas explosiones en el tapón con fuga del fondo de un cilindro de acetileno. El acetileno ya es muy inflamable, y la presencia de oxígeno puro empeora la situación aproximadamente cinco veces (el aire ordinario contiene alrededor de 20 por ciento de oxígeno; es oxígeno puro es 100 por ciento). Una barrera no combustible de por lo menos 1.5 metros de altura debe separar los cilindros de oxígeno y acetileno, o deben estar alejados por lo menos seis metros.

### Sopletes y aparatos

Debido a su función vital en la seguridad, los sopletes, los múltiples, los reguladores y los aparatos relacionados deben estar “aprobados”, lo que usualmente significa aprobados por un laboratorio reconocido, como Underwriters’ o Factory Mutual.

El soplete común y corriente, que se ilustra en la figura 15.7, es una pieza de ingeniería más compleja de lo que la mayoría de la gente piensa. A menudo se considera al soplete como un simple y útil conjunto de tubo y válvula para suministrar tanto oxígeno como gas combustible a la flama de soldadura, pero es más que eso. Observe en la figura que tiene una *cámara mezclado-*

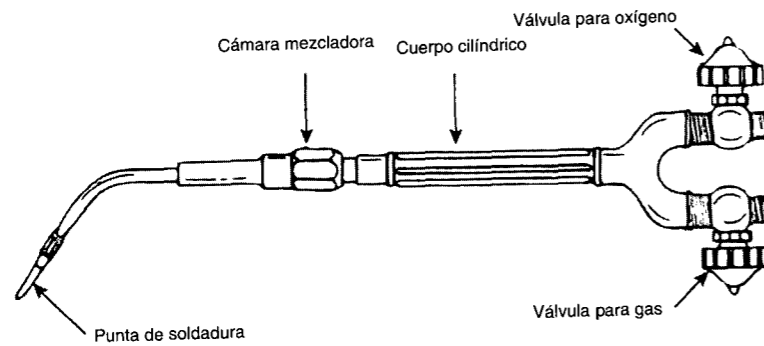


Figura 15-6 Soplete de oxiacetileno

ra. El soplete está diseñado de forma que el mezclado tenga lugar en el momento correcto y con el volumen *total* correcto. El soldador controla la *proporción* de volúmenes de la mezcla ajustando las válvulas del soplete para oxígeno o acetileno: una flama oxidante rica en oxígeno y una flama reductora rica en combustible; pero el volumen total de la mezcla lo determina el soplete. La cámara mezcladora corresponde a las diversas aperturas correctas para las puntas de soplete aprobadas, y esto también es un equilibrio importante. Si se perturba este equilibrio, las velocidades de flujo se pueden alterar también, y la flama puede empezar a recorrer la corriente de la mezcla y comienza a arder *dentro* del soplete. Esto en realidad no es tan poco común; todos los soldadores conocen este fenómeno y lo llaman *retroceso de la llama*. Un sonido explosivo es la advertencia de que está a punto de ocurrir. Una vez que comienza, se puede escuchar un sonido zumbante distintivo. El calor generado dentro del soplete pronto lo arruinará, además de que presenta un riesgo de seguridad. Esta peligrosa situación se controla cerrando rápidamente ambas válvulas del soplete.

Aún con el soplete y las puntas aprobadas, puede ocurrir un retroceso de la llama debido al deterioro del equipo, especialmente en las puntas. Éstas puntas operan cerca del calor, y desde luego se vuelven frágiles, se queman y se agrietan o se les caen pedazos. Si no se reemplaza la punta, es más probable que sucedan retrocesos de la llama.

A pesar de la importancia y complejidad del soplete y de la punta, no es poco común ver que los usan como martillo o como cincel. La tentación proviene de la formación de la escoria, un producto de desecho del fundente del que ya hablamos. Generalmente, la escoria dura cubre la soldadura y se le adhiere. Para terminar el trabajo, el soldador o su ayudante deben eliminar la escoria de la soldadura terminada. El soplete y su punta están tan a la mano para este trabajo (observe la forma en la figura 15-7) que muchas veces los soldadores se ahorran una caminata utilizando el soplete como herramienta. Es una buena manera de arruinar una pieza costosa del aparato y al mismo tiempo de aumentar la posibilidad de un retroceso de la llama.

El juego de soplete es costoso y puede ser propiedad del soldador. Pero aunque pertenezca a la empresa, el soldador a quien se le asigne puede ser con todo derecho muy posesivo, debido a la importancia de cuidar del aparato. Esto puede causar otro problema de seguridad. En ocasiones, los soldadores quieren guardar su soplete en sus cajas de herramientas bajo llave. Aquí el peligro es que casi todas las cajas de herramientas contienen por lo menos un poco de grasa o de materiales

aceitosos. La grasa o el aceite sobre el soplete son peligrosos por la presencia oxígeno, según dijimos. El caso 15.2 ilustra un riesgo relacionado, el de guardar los sopletes de soldadura en casilleros personales.

### CASO 15.2 SEGURIDAD DE LOS SOPLETES DE SOLDADURA

Los sopletes son herramientas valiosas, y a los soldadores no les gusta abandonarlos al final del día de trabajo. A veces cuentan con casilleros para valores personales, y ahí guardan los sopletes de soldadura, conectados a las mangueras que a su vez permanecen conectadas al gas combustible de soldadura y los cilindros de oxígeno. En el estado de Iowa, una vez un soldador guardó su soplete en su casillero personal de la siguiente manera. Cerró las válvulas de su soplete antes de retirarse, pero no cerró las válvulas de cilindro en la carretilla de soldadura. De las válvulas del soplete se fugó una pequeña cantidad de gas acetileno y de oxígeno, lo que en el curso de la noche formó una mezcla explosiva dentro del casillero. A la mañana siguiente cuando el soldador abrió su casillero aparentemente estaba fumando. La mezcla de acetileno y oxígeno produjo una poderosa explosión que decapitó al soldador.

La siguiente pieza del aparato de soldadura que más se maltrata es la manguera que entrega gas al soplete. Para ser práctica, debe ser flexible, y por tanto está sometida a los riesgos físicos del desgaste, el desgarre y el deterioro. Cuando son muchas, se enredan con facilidad, y por eso los soldadores unen las mangueras de acetileno y de oxígeno con cinta; pero esta costumbre puede ocultar defectos. Es buena idea mantener por lo menos 20 de cada 30 centímetros descubiertos.

Los múltiples son redes de tubos rígidos que permiten que uno o más cilindros provean uno o más sopletes. Las instalaciones de múltiples son frecuentes cuando una operación de producción normal requiere un uso repetido y a largo plazo de gas de soldadura. El propósito principal de los múltiples para soldadura es aumentar el volumen de soldadura a gas, pero por lo general la seguridad también aumenta. En el caso 15.1 referimos un ejemplo de instalación de múltiple.

### Tuberías de servicio

Los múltiples que acabamos de describir no deben confundirse con las *tuberías de servicio*, una instalación todavía más permanente. Algunas plantas utilizan tanto gas de soldadura, que resulta práctico entubar el gas hasta la estación de trabajo, lo que puede presentar algunos problemas. Las tuberías para acetileno deben ser ya sea de acero o de hierro forjado, porque el cobre reacciona con el acetileno y produce acetileno de cobre, un explosivo. Un peligro de la entubación de oxígeno es, de nuevo, la posibilidad de contacto con aceite o grasa. Los acoplamientos y la tubería deben

verificarse antes de instalarlos y si fuera necesario hay que limpiarlos a conciencia. Para este propósito, se sugiere una solución de agua caliente y sosa cáustica o fosfato trisódico. Hoy, algunos ingenieros recomiendan un solvente moderno, como el cloroetano (1,1,1-tricloroetileno). Los sistemas de tubería de oxígeno deben purgarse después de la instalación, sopleteándolos con nitrógeno o con bióxido de carbono sin aceite. Para asegurar que se ha retirado toda traza de aceite, debe utilizarse cloroetano.

También puede ocurrir un retroceso de llama en los sistemas de tubería de servicio, y para ello se especifican dispositivos de protección, como válvulas de revisión en posiciones apropiadas. Un dispositivo de protección consiste en un simple cerrojo de agua. Pero si el agua se congela, el sistema no funcionará, así que se necesita un anticongelante.

Son muchas las cosas que pueden salir mal en los sistemas de tubería de servicio para soldadura, y a veces no son evidentes. Estos problemas se originan de una ventilación de emergencia inadecuada, juntas inapropiadas, errores en la instalación de túneles y otros factores demasiado numerosos para mencionarlos aquí. El propósito de este libro es alertar al gerente de seguridad e higiene sobre los posibles problemas que acompañan a estos sistemas, de forma que pueda estar seguro de que el personal conoce y sigue las normas apropiadas de instalación.

## RIESGOS DE LA SOLDADURA DE ARCO

La soldadura con gas podrá tener un historial de seguridad más tormentoso, pero la soldadura de arco es un proceso más popular y en muchas formas es aún más peligroso. Ésta es una de las ironías del asunto. Los principales riesgos de la soldadura de arco son problemas de salud, incendios y explosión, riesgos oculares (por radiación) y riesgos por espacio confinado. Aunque estos riesgos pueden ser graves en la soldadura de arco, están presentes en menor grado en la soldadura con gas y en otras clases de soldadura. Por tanto, más adelante explicaremos estos temas en secciones independientes. Antes de estudiar los riesgos de la soldadura de arco, se debe conocer el equipo utilizado.

### Diseño del equipo

Los fabricantes de soldadura industrial con arco hacen todo lo posible, mediante de las normas federales que han ayudado a redactar y por otros medios, para promover sus equipos por encima de modelos menores y más baratos que pudieran hacerles competencia. Pero además del lucro hay otra razón para sus esfuerzos. Se encuentran modelos pequeños y relativamente poco costosos de máquinas para soldadura de arco que operan con la corriente doméstica ordinaria de 110 volts. Pero hay desventajas físicas en la soldadura con corriente doméstica ordinaria. La soldadura requiere de grandes cantidades de energía eléctrica en forma de circuitos de bajo voltaje y alto amperaje. Debido a que los circuitos domésticos están diseñados para amperajes insuficientes para soldar, las pequeñas máquinas domésticas compensan con voltaje lo que les falta en amperaje. Los riesgos del alto voltaje de estas pequeñas máquinas de soldadura son difíciles de comprender, porque las máquinas de soldadura industrial se alimentan de voltajes mucho mayores, del orden de 240 a 480 volts. La clave de la paradoja es que las máquinas industriales reducen el alto voltaje a menos de 80 volts, en tanto que elevan el amperaje a niveles eficaces. En el capítulo 16 volveremos al tema del voltaje y el amperaje, y entonces dejaremos en claro el problema de la máquina de soldadura.

### Aterrizaje

Aun cuando la máquina opere a los voltajes apropiados, si algo sale mal, el soldador y demás personal pueden recibir un choque eléctrico por contacto con la máquina. La manera de protegerse consiste en asegurarse de que el bastidor de la máquina está bien aterrizado. Así, si hay un corto peligroso con el bastidor, el mecanismo de protección para exceso de corriente se activará. El aterrizaje de las máquinas de soldadura debe ser fuerte, tanto física como eléctricamente, para cumplir las demandas de corriente. Ésta es una consideración especialmente importante en lo que atañe a las máquinas portátiles.

### Operación

En el caso del equipo de soldadura, la capacitación en seguridad e higiene dará como resultado una mayor vida de servicio del equipo, un punto que a veces pasa inadvertido. El cable de soldadura transporta tanta corriente eléctrica que se puede calentar en exceso y dañar el aislamiento. Si el cable se enrolla, aunque sea conveniente, aumenta el riesgo. El cable enrollado debe extenderse antes de soldar. No se permiten empalmes en el cable dentro de los tres metros del portaelectrodo. Los empalmes mismos deben aislarse apropiadamente. Se requiere cierto juicio para determinar cuándo hay que remplazar los cables de soldadura. Ciertamente, si hay daños hasta el punto en que algunos conductores tienen espacios descubiertos, hay que remplazarlos de inmediato.

El soldador debe tener cuidado de evitar que los elementos equivocados se conviertan en parte del circuito de soldadura, ya sea durante la soldadura o mientras el portaelectrodo no está en uso. El voltaje no es tan peligroso como el calor producido por amperajes altos. No deben formar parte del circuito eléctrico depósitos o cilindros de gas comprimido, independientemente de la inflamabilidad de su contenido. El incremento de calor provocado por una corriente de alto amperaje en el metal conductor del cilindro puede provocar una acumulación de presión en el cilindro que puede superar sus límites de diseño.

Algunas clases de soldadura por arco son más seguras que otras, y su popularidad aumenta. Esto es cierto sobre todo con respecto a los riesgos de generación de humos y radiación, que veremos más tarde.

## RIESGOS DE LA SOLDADURA POR RESISTENCIA

La forma más limpia, más saludable y probablemente más segura de soldar es la soldadura por resistencia. Todavía presenta riesgos de choque eléctrico, pero más importantes son los riesgos mecánicos que rodean el punto de operación.

### Riesgos de descarga

Igual que en la bobina de encendido de los automóviles, muchas máquinas de soldadura por resistencia acumulan energía eléctrica en un banco de capacitores para su liberación súbita al realizar la soldadura. El voltaje puede alcanzar cientos e incluso miles de volts en su pico. Estos voltajes no son



de la variedad observada en las descargas de electricidad estática acumulada al caminar sobre una alfombra gruesa. Tal vez los voltajes estén al mismo nivel, pero los de la máquina de soldadura están acompañados por la capacidad de entregar una corriente que quema. Los capacitores que almacenan esta energía eléctrica deben tener puertas y paneles de acceso con enclavamiento. El enclavamiento no sólo debe cortar la energía hacia la máquina, sino que debe poner todos los capacitores en corto circuito. De otro modo, los capacitores podrían causar una descarga mortal, aun si la energía está *desconectada*. Poner en cortocircuito los capacitores cuando la máquina está apagada es un ejemplo del principio de “estado mecánico cero”, que estudiamos en el capítulo 14, y del principio general a prueba de fallas, que vimos en el capítulo 3.

### Protección

Las máquinas de soldadura de puntos y de costura aplican presión a los materiales cuando sueldan. En las máquinas de soldadura de puntos, esta presión hace que la máquina se parezca a las prensas troqueladoras, y el operador puede resultar lesionado por los riesgos mecánicos. Remitimos al lector quizá a la figura 15.4 para estudiar la operación de la soldadora de puntos.

Las máquinas de soldadura de costura no son como las prensas troqueladoras, pero tienen también riesgos en su punto de operación. La naturaleza de tales riesgos es que la rotación opuesta de los rodillos produce un par de puntos de pellizco internos tanto arriba como abajo del material que se está soldando. Los riesgos de las soldadoras de costura no parecen ser tan peligrosos como los de las soldadoras de puntos, porque las de costura suelen formar parte de una operación de producción automática o mecanizada y, por tanto, no es tan grande la exposición del operador.

## INCENDIOS Y EXPLOSIONES

La soldadura es una de las causas principales de los incendios industriales. Quizás más que con cualquier otro riesgo de la soldadura, el gerente de seguridad e higiene tiene aquí una parte significativa, porque la prevención de incendios por soldadura es más un asunto de procedimiento que cualquier otra cosa. Esto significa que la capacitación se vuelve un elemento muy importante en la estrategia de prevención. Por fortuna el gerente cuenta con un caudal de elementos audiovisuales, bibliografía y estudio de casos sobre el tema.

Para ilustrar el punto con un solo caso, recordemos que uno de los accidentes industriales más devastadores y trágicos de los Estados Unidos ocurrió en Arkansas a finales de los años sesenta. La chispa de un soldador inició un incendio en un silo de misiles y murieron 53 trabajadores que estaban atrapados dentro. Este accidente revela que la soldadura se añade a otros riesgos, como espacios de trabajo encerrados, combustible y materiales inflamables y falta de ventilación. La soldadura de viejos tambores de petróleo o de tuberías que alguna vez han contenido asfalto u otros productos de petróleo ha ocasionado un elevado número de explosiones y muertes sin sentido.

A menudo coinciden la soldadura (una operación peligrosa) y los espacios cerrados (que son emplazamientos peligrosos). En el capítulo 11 nos referimos principalmente a los riesgos de salud por trabajar en espacios encerrados. Cuando el trabajo que se realiza en el espacio cerrado es de soldadura, se conjuntan riesgos tanto para la seguridad como para la salud. El uso de un gas inerte para proteger la soldadura puede provocar deficiencias de oxígeno. En otra situación, la presencia de oxígeno y fuentes de ignición por los procesos de soldadura con gas pueden agravar el problema de incen-

dio y explosión. La soldadura es con frecuencia una operación de reparación, y a veces es necesaria en un espacio cerrado.

Al parecer, la gente no se da cuenta del potencial de ignición de las operaciones de soldadura. No es seguro observar directamente la soldadura debido al riesgo para los ojos, pero, a excepción de los mismos soldadores y sus ayudantes, pocas personas se dan cuenta de la clase de fuegos artificiales que en despiden. Algunas películas industriales son buenas para ilustrarlos. Las chispas vuelan por dondequiera, y no sólo pertenecen a la variedad benigna que se observa en las esmeriladoras de banco, sino también trozos y salpicaduras visibles de metal fundido al rojo vivo que son capaces de perforar telas gruesas, recipientes de plástico y grietas en el piso. Los soldadores son los que mejor conocen el riesgo de incendio de los arcos y las chispas generados por el proceso de soldadura. Por tanto, uno pensaría que vacilarían en soldar en áreas donde las chispas de soldadura pudieran causar un incendio. Ahora bien, puesto que con frecuencia la soldadura es una operación de reparación breve, se tiene la tentación de arriesgarse un poco. Esta tentación ha causado tragedias como la que se describe en el caso 15.3.

### ESTUDIO DE CASO 15.3 SOLDADURA EN ESPACIO CONFINADO

Un empleado de una empresa de servicios de tráiler se introdujo en un depósito de carga de 33,000 litros para soldar una fuga en la pared interior. A pesar de la presencia de fuertes vapores de solvente de laca (el material que el depósito había contenido), el soldador decidió seguir adelante con la reparación, aunque la política escrita de seguridad de la empresa requería el uso de un medidor de explosión. Cuando comenzó a soldar, ocurrió una explosión. Se sacó al empleado del depósito y fue llevado a un hospital cercano, donde el médico de turno lo declaró muerto (ref. 122).

### Permisos para soldadura

Para no caer en la tentación de ignorar los riesgos a corto plazo de operaciones de reparación por soldadura, el gerente de seguridad e higiene hará bien en instituir un procedimiento de permisos obligatorios para soldar en áreas generales de la planta, en almacenes y en cualquier espacio cerrado. Deben tomarse tantas precauciones especiales, que es una buena idea hacer una lista de verificación firmada. Por lo general, el responsable es el supervisor del área en la que se efectuará la soldadura, pero en algunos casos el soldador puede hacer las verificaciones necesarias y firmar el formulario. La responsabilidad del gerente de seguridad e higiene es establecer el sistema de permisos y asegurarse de que funcione verificando los permisos cada tanto, cuando observa que se realizan soldaduras en áreas de posible riesgo. Cualquier responsable le dará al asunto una concienzuda atención antes de firmar un formulario de permiso de soldadura, especialmente si el personal ha recibido capacitación de seguridad sobre los devastadores riesgos de los incendios por soldadura, como el que mató a 53 personas en Arkansas. Tal capacitación hará que el supervisor o soldador lo piense dos veces antes de firmar el formulario.

Se debe ejercer el buen juicio al tratar de establecer un sistema de permisos que encuentren razonable tanto los soldadores como el personal de la planta. La clave consistirá en otorgar permisos

abiertos o exenciones en aquellas áreas en las cuales los riesgos de incendio son mínimos. Por ejemplo, la soldadura que se realiza en el taller del soldador debe ser responsabilidad del mismo, y que el gerente de seguridad e higiene intente imponer ahí un sistema de permisos constituye una interferencia poco prudente. En algunos casos, la totalidad de la planta puede estar razonablemente segura contra incendios por soldadura, y quizá no se necesite un sistema de permisos. Las encuestas de identificación de riesgos y una planeación avanzada, a fin de saber exactamente cuándo y dónde hace falta este sistema, serán muy útiles.

## PROTECCIÓN DE LOS OJOS

La protección de los ojos entra dentro del tema del equipo de protección personal (capítulo 11), pero la protección de los ojos en las operaciones de soldadura es tan importante que este capítulo sobre la soldadura no estaría completo sin una sección sobre este tema.

Observe la cuidadosa referencia en el párrafo anterior a las *operaciones* de soldadura, no a los *operadores* de soldadura. Por supuesto, los soldadores necesitan protección, pero es fácil olvidar a los ayudantes y a las demás personas que se encuentran en el área. En algún punto de su carrera, casi todos los soldadores han sufrido una quemadura en los ojos y tienen el cuidado de protegerlos, tanto para evitar dolores y molestias como para impedir lesiones oculares graves. Pero el personal con menos experiencia necesita más supervisión y controles administrativos.

Cuando se refiera a los números de tono de los lentes de soldador, recuerde que entre mayor sea el número, más oscuro será (es decir, protegerá contra más rayos). Los diversos métodos de soldadura con arco producen radiaciones mucho más intensas y, por tanto, requieren de números de tono más elevados que los de soldadura con gas. La radiación de la soldadura por arco, excepto en los métodos de arco sumergido, es tan intensa que se necesita una careta para proteger toda el área del rostro contra quemaduras. La soldadura por gas se realiza con lentes o gafas.

## ROPA DE PROTECCIÓN

La ropa adecuada es un asunto serio para el soldador profesional. Prácticamente todo soldador de arco experimentado ha sufrido una “quemadura de sol” por los rayos ultravioletas producidos por el arco de soldadura. A tal soldador no hace falta decirle que utilice ropa protectora que cubra todas las áreas de la piel, que de lo contrario estarían expuestas a los rayos del arco. Pero la quemadura ultravioleta es sólo uno de los diversos riesgos contra los que protege la ropa. Las chispas calientes y ardientes o las pequeñas piezas de metal fundido pueden deslizarse entre los pliegues de los zapatos o de la ropa. Incluso si la ropa no tiene costuras o si los pliegues están bien protegidos, un pedazo caliente de metal fundido puede quedar atrapado en un doblez y abrirse paso hasta el soldador.

Por tradición, el cuero es el material favorito para guantes, delantales y perneras de soldador, debido a sus cualidades superiores de protección térmica. La lana también es muy duradera. Pero el nomex y otros materiales sintéticos también están ganando popularidad. La tela de algodón es atacada por la radiación y se desintegra pronto, aun si se salva de ser quemada por las chispas.

Los riesgos que representan las chispas y el metal que cae se incrementan en gran medida cuando la soldadura debe hacerse sobre la cabeza. Aquí, el soldador recibe una ducha de chispas de

soldadura. Deben protegerse cuidadosamente todas las aberturas de la ropa y aun bajo la careta la cabeza debe protegerse contra incidentes como una chispa en el oído.

## GASES Y HUMOS

Hay dos extremos en las preocupaciones por los riesgos de respiración de los soldadores. Uno, llámémosle posición A, es el que ocupan los mismos soldadores, que a menudo no se preocupan en absoluto de una exposición crónica al “humo” de soldadura. Algunos soldadores incluso disfrutaban del olor de los humos. El otro extremo, la posición B, es la del higienista industrial, que a veces se muestra celoso en exceso y que se las arregla para encontrar algún riesgo en casi todas las situaciones de humos de soldadura. Ninguno de los dos extremos tiene toda la razón, y pueden llevar a peligrosos errores en las estrategias de seguridad e higiene.

El principal error de la posición A es que quienes la adoptan ignoran los efectos a largo plazo de una exposición crónica. Tienden a creer que si los humos de soldadura no los hace sentir náuseas, mareos ni provocan algún otro síntoma agudo, son inofensivos. Pero según sabemos por los principios que tratamos en los capítulos 1 y 8, las exposiciones crónicas pueden ser las más peligrosas debido a sus efectos en la salud del trabajador.

La posición B exagera los efectos de exposiciones diminutas a contaminantes peligrosos. Cualquiera se aterroriza al saber que algunas soldaduras liberan fosgeno, el mismo gas utilizado en la guerra química. Pero las exposiciones son muy reducidas y se controlan con los procedimientos adecuados. A fin de cuentas, ningún estudio epidemiológico ha demostrado que la soldadura sea una ocupación extremadamente peligrosa. Desde el punto de vista de la salud, los soldadores no tienen promedios de vida significativamente inferiores a otros trabajadores en general. Habiendo dicho esto, pasemos a clasificar los riesgos de las atmósferas de soldadura y a examinar racionalmente lo que se debe hacer sobre ellas.

## Clases de contaminantes

La figura 15.8 contiene un diagrama de los principales contaminantes en las atmósferas de soldadura: partículas y gases. Las primeras son partículas de polvo o de humo, aún más diminutas. Los humos metálicos son diminutas partículas de metal que se han vaporizado debido al arco y que al enfriarse se solidifican. Los gases pueden estar presentes como gases inertes de protección o bien pueden ser producto de una reacción química del proceso.

En el capítulo 8 explicamos el término *pneumoconiosis* que aparece en la figura 15.8; es sólo un término general que significa literalmente “reacciones al polvo en los pulmones”. Los pulmones tienen defensas naturales contra el polvo, y las *pneumoconiosis* de algunos soldadores no son más riesgosas que las causadas por barrer el piso. Sin embargo, algunos polvos de soldadura son más peligrosos porque causan *fibrosis*, la acumulación de tejido fibroso (y por tanto inútil) en los pulmones. Los polvos más dañinos son aquellos cuyas partículas microscópicas no son más o menos redondas, sino que tienen forma de fibras. El asbesto y el sílice son ejemplos.

Los “irritantes pulmonares” son más directos, en el sentido de que atacan sin más los pulmones, sean partículas o gases. No obstante, los riesgos más insidiosos son los de las partículas o gases que no irritan directamente a los pulmones, sino que por esa vía pasan al resto del cuerpo, donde actúan como venenos sistémicos.

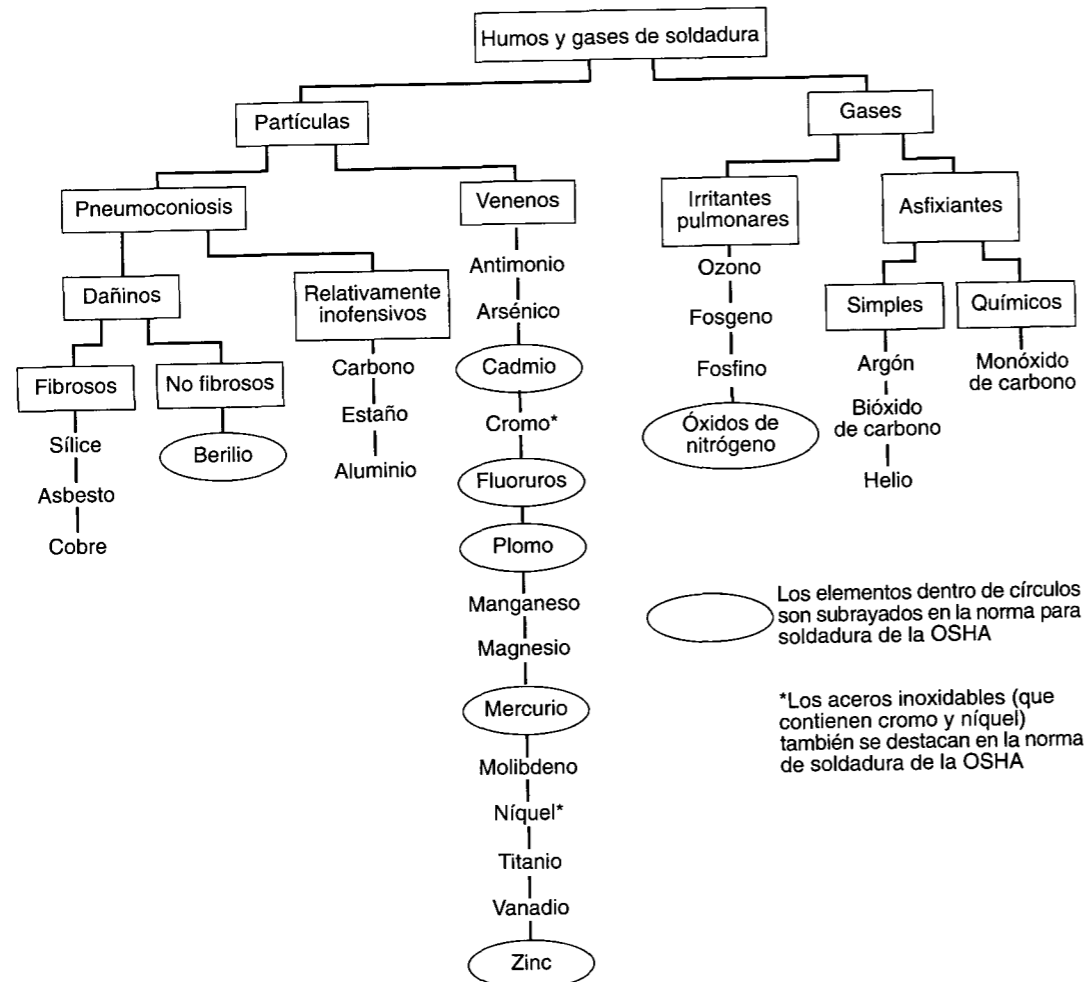


Figura 15-8 Clasificación de los humos de soldadura según el riesgo.

Sería bueno tener tablas cuantificadas de los niveles esperados de contaminantes para los constituyentes atmosféricos de diversas clases de soldadura. Ha habido algunos intentos experimentales de hacerlo (véase refs. 56, 151), pero son tantas las variables que es casi imposible hacer predicciones confiables sobre el contenido de los humos de soldadura. La mejor estrategia es estar consciente de los contaminantes riesgosos y saber qué situaciones los producirán con más probabilidad. Es posible practicar un muestreo atmosférico en las situaciones sospechosas, a fin de determinar si los niveles de contaminantes son realmente excesivos.

**Potenciales de riesgo**

El principal contribuyente a los contaminantes atmosféricos en las operaciones de soldadura es el recubrimiento o el estado del material que se va a unir. Es cierto que la soldadura sobre hierro limpio

o acero de construcción ordinario produce cantidades bastante abundantes de humo de óxido de hierro, pero por fortuna la siderosis, es decir, la pneumoconiosis producida por el óxido de hierro, no es una enfermedad muy peligrosa cuando viene sola. Sin embargo, si la superficie del metal está recubierta por un material que contiene asbesto, hay que eliminar el recubrimiento para no contaminar el aire.

Incluso el acto de limpiar las superficies de metal que se van a soldar presenta riesgos secundarios. Si para limpiar el metal se utilizan hidrocarburos clorados, como el tricloroetileno, estos solventes deben también eliminarse con cuidado antes de llevar a cabo la soldadura. La energía del arco puede provocar la descomposición del solvente en peligroso gas fosgeno.

El término *galvanizado* se refiere a un recubrimiento de zinc sobre el metal cuyo objetivo es evitar la herrumbre. La soldadura con acero galvanizado necesita precauciones especiales y una buena ventilación, porque el arco de soldadura puede producir humos de zinc o de óxido de zinc. El zinc no es tan peligroso como su pariente el plomo, pero puede causar una breve e incómoda “fiebre de humo de metal”. La exposición diaria produce alguna inmunidad, pero se pierde en pocos días, en apenas un fin de semana sin exposición. El siguiente lunes por la mañana, regresan de nuevo las náuseas y los escalofríos, lo que ha llevado a que esta enfermedad se conozca como el “malestar del lunes por la mañana”, aunque se admite que hay algo más en los lunes que “enferma” a los trabajadores.

Los metales plateados o electrodepositados son mucho más peligrosos para soldar que el hierro o acero sobre el cual se efectúa el plateado. El cadmio es un metal de plateado cuyos humos de soldadura se consideran muy peligrosos. Es un humo mortal con una sola exposición aguda. Aún peor, las exposiciones agudas al cadmio no presentan síntomas de advertencia. Las exposiciones crónicas se han asociado con enfisema y deficiencia renal.

El acero inoxidable es uno de los materiales más peligrosos para soldar, debido a su alto contenido de cromo. La oxidación provocada por el calor de la soldadura produce trióxido de cromo, que reacciona con el agua para producir ácido crómico. Este ácido ulcera las zonas acuosas de la piel y las membranas mucosas. En el capítulo 11 vimos otros riesgos del ácido crómico, al analizar el fenómeno de los agujeros de cromo.

La soldadura en espacios confinados complica el problema de la contaminación atmosférica. En tales espacios, los riesgos por gases aumentan. El nitrógeno y el argón son agentes inertes para la protección de la soldadura, pero también son asfixiantes simples. Otro asfixiante simple en las atmósferas de soldadura es el bióxido de carbono. A diferencia de los asfixiantes simples, el monóxido de carbono es un asfixiante químico que también se encuentra en alguna medida en las atmósferas de soldadura, especialmente en la de gas.

El nitrógeno no es tan inerte como el argón o el helio, de los que ya dijimos que son agentes inertes, aunque es un elemento relativamente estable. Pero el nitrógeno se puede oxidar, en especial por las extremas temperaturas de soldadura, y crea óxidos que pueden ser dañinos. Debido a que hay varios óxidos de nitrógeno y a que son difíciles de aislar, los higienistas industriales se refieren a ellos como grupo con el nombre de “NO<sub>x</sub>”. El óxido nitroso, N<sub>2</sub>O, a menudo llamado “gas de la risa”, alguna vez se consideró inofensivo e incluso se utilizaba como anestésico dental. Mucho más dañinos son sus peligrosos primos, el óxido nítrico (NO) y sobre todo el bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). De acuerdo con Sax (ref. 141), el NO<sub>x</sub> en concentraciones de 60 a 150 ppm puede provocar un efecto retrasado después de una irritación inicial en la nariz y en la garganta. Después de respirar aire fresco, la irritación desaparece y la víctima se siente bien de nuevo. Sin embargo, de seis a 24 horas

después, comienza la siguiente serie de síntomas: cerrazón y sensación de ardor en el pecho, falta de respiración, necesidad de aire, cianosis, pérdida de la consciencia y muerte. Las atmósferas de soldadura no están tan concentradas, pero se debe observar que 100 ppm es sólo una centésima parte del uno por ciento.

El plomo y el mercurio son venenos sistémicos bien conocidos, y sus vías principales de entrada al cuerpo son los humos transportados por el aire. La mayor parte de las soldaduras no requiere de estos dos metales. El estañado se emplea ampliamente con aleaciones de plomo, pero sus bajas temperaturas hacen que los humos de plomo sean relativamente inofensivos.

El berilio es un metal de aleación muy útil, utilizado en acero, cobre y aluminio. Pero la presencia de la aleación del berilio en el material hace que éste sea muy peligroso para soldar. Dado que los riesgos por humos (partículas) de berilio son tanto agudos como crónicos, la mayoría de los soldados temen a los peligros del berilio.

El flúor y sus compuestos, usualmente fluoruros, entran a la atmósfera de la soldadura a través del fundente o del recubrimiento de la varilla de soldadura. El popular proceso de soldadura de arco de metal protegido (SMAW) está sometido a los riesgos de los compuestos de flúor. El riesgo principal es el de la exposición crónica, no aguda, y las exposiciones a largo plazo provocan anomalías en los huesos. Otros compuestos y fundentes limpiadores pueden ser también riesgosos, y el personal debe verificar los ingredientes y seguir las instrucciones del fabricante.

Antes de abandonar el tema de los gases y humos de soldadura, debemos resaltar un punto importante. Ninguno de los materiales tóxicos o situaciones riesgosas que describimos en esta sección es tan peligroso como para impedir la soldadura. Las atmósferas de soldadura pueden hacerse seguras mediante ventilación de escape local o general o bien con equipo de protección personal. La clave es reconocer las condiciones potencialmente riesgosas, probar la atmósfera en busca de niveles excesivos de contaminantes y corregir cuando sea necesario.

## RESUMEN

La soldadura representa un microcosmos en el estudio del campo de la seguridad y la higiene en el trabajo. Presenta riesgos mecánicos, de incendio y de contaminación del aire, consideraciones de equipo de protección personal y casi cualquier otro de los temas que tratamos en este libro. Los procesos de soldadura son muchos y variados, y la mayoría de los gerentes de seguridad e higiene sabrán poco sobre los aspectos técnicos y la terminología. No obstante, algo de estudio sobre los principios básicos de la soldadura puede crear oportunidades para la revisión o la sustitución de procesos, de modo que se proteja la salud y aumente la seguridad, al mismo tiempo que mejora la eficiencia y se reducen los costos de producción. Ningún otro tema parece ofrecer tantas oportunidades a los gerentes de seguridad e higiene.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 15.1 ¿Cuáles son las tres clases básicas de la soldadura convencional? ¿Cuál es la más limpia y saludable?
- 15.2 ¿Qué distingue al estañado y la soldadura por latón de la soldadura?
- 15.3 ¿Qué distingue al estañado de la soldadura por latón?

- 15.4 ¿Cuál es el nombre de uso común para el proceso de soldadura de arco más popular? ¿Cuál es la designación oficial de la Sociedad Estadounidense de Soldadura para este proceso?
- 15.5 Identifique los siguientes procesos de soldadura:
  - (a) GTAW
  - (b) GMAW
  - (c) SAW
  - (d) RSEW
  - (e) RSW
- 15.6 ¿Por qué deben almacenarse los cilindros de acetileno con el extremo de la válvula hacia arriba?
- 15.7 ¿Por qué se cargan los cilindros de oxígeno a una presión tan superior a la de los cilindros de acetileno?
- 15.8 ¿Cuál es el riesgo de los guantes grasos en la soldadura por oxiacetileno?
- 15.9 Describa una forma de modificar la soldadura con gas para reducir costos de producción y al mismo tiempo evitar riesgos.
- 15.10 ¿Por qué las tapas de protección de válvulas son importantes para la seguridad? Explique el propósito de las ranuras de las tapas. ¿Cómo es que a menudo se les da mal uso?
- 15.11 Explique el fenómeno del retroceso de la llama en las operaciones de soldadura.
- 15.12 ¿Cómo es que pegar las mangueras de soldadura con cinta para mantenerlas en orden puede ser un riesgo?
- 15.13 ¿Por qué las máquinas de soldadura de arco pequeñas que operan con corriente doméstica ordinaria pueden ser más peligrosas que las máquinas de soldadura de arco industriales?
- 15.14 ¿Por qué se deben desenrollar los cables de soldadura antes de utilizarlos?
- 15.15 ¿Cuál es el riesgo principal de permitir que los tanques de metal se vuelvan parte del circuito de soldadura?
- 15.16 ¿Qué proceso de soldadura de arco está ganando popularidad por ser más saludable que los demás? ¿Cuál es su gran desventaja?
- 15.17 ¿Cuál es el riesgo mecánico principal de las soldadoras de punto?
- 15.18 Mencione al menos dos razones por las que la gente se siente psicológicamente inclinada a correr el riesgo de los incendios por soldadura.
- 15.19 ¿Contra qué riesgo están dirigidos principalmente los permisos de soldadura?
- 15.20 ¿Cuál de las siguientes operaciones de soldadura requieren mayor protección de los ojos: SMAW, SAW o RSEW?
- 15.21 ¿Cuál es el mejor material natural para los delantales, guantes y perneras de protección?
- 15.22 Mencione la pneumoconiosis que resulta de la exposición al humo de óxido de hierro. ¿Es un riesgo grave?
- 15.23 ¿Por qué es difícil proporcionar tablas precisas del contenido de humos en las atmósferas de soldadura?
- 15.24 ¿Qué es lo que distingue a los humos de soldadura de los gases tóxicos producidos por el proceso de soldadura?
- 15.25 Describa algunas características del material del lugar de trabajo que, cuando están presentes, hacen que los humos y gases de soldadura sean más peligrosos para el soldador.
- 15.26 Considere las condiciones descritas en el caso 15.4 y describa los mecanismos de riesgo junto con sus consecuencias potenciales.

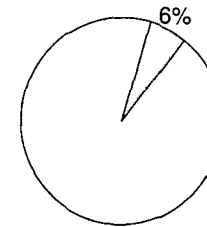
**CASO 15.4**

Un soldador ha dispuesto un múltiple para un conjunto de cilindros de oxígeno y acetileno almacenados juntos y en el suelo. El múltiple presuriza el acetileno gaseoso y depresuriza el oxígeno a 50 psig para ambos. La habitación tiene un fuerte olor a removedor de esmalte. El soldador lleva unos guantes grasos y está retirando la escoria de la soldadura con la punta de su soplete. Éste se encuentra conectado al múltiple mediante dos mangueras flexibles que están pegadas cuidadosamente con una cinta para ductos que las cubre por completo.

- 15.27 El nitrógeno es un gas de muy amplio uso en operaciones de soldadura, excepto en la soldadura por gas. Explique.
- 15.28 En partes por millón, calcule la concentración aproximada de nitrógeno en el aire normal. ¿Por qué el nitrógeno, que es tan abundante en el aire, puede ser un riesgo?
- 15.29 El acetileno es un gas inestable. Describa los pasos que se siguen para hacerlo seguro de contener y manejar.
- 15.30 Analice los principales riesgos asociados con los cilindros de oxígeno utilizados para soldadura.
- 15.31 Mencione algunos combustibles como opciones al acetileno en los procesos de soldadura. ¿Cuál es la superioridad del acetileno?
- 15.32 Explique por qué algunas personas exageran los riesgos de las operaciones de soldadura. También diga por qué otras minimizan tales riesgos.
- 15.33 Si los artículos que se van a soldar se limpian primero con un solvente, ¿qué peligroso gas puede generarse si el solvente no se retira por completo antes de comenzar la soldadura?
- 15.34 Describa el “malestar del lunes por la mañana” de los soldadores. ¿Qué lo provoca?
- 15.35 ¿Es la exposición al fundente de soldadura un riesgo agudo o crónico? ¿Qué efecto adverso tiene en el cuerpo?

**EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN**

- 15.36 Examine los peligros relativos de los diversos óxidos de nitrógeno, llamados genéricamente  $\text{NO}_x$ . ¿Cuál tiene efectos tanto agudos como crónicos?
- 15.37 Investigue registros de desastres industriales causados por soldadura.
- 15.38 Revise la página en Internet de la Sociedad Estadounidense de Soldadura (*American Welding Society*). ¿Qué fuentes valiosas de información ofrece el gerente de seguridad e higiene?

**C A P Í T U L O 1 6****Riesgos eléctricos**

*Porcentaje de notificaciones de OSHA a la industria general relacionados con este tema*

Cada año, el Centro Nacional de Estadísticas de Salud (*National Center for Health Statistics*) informa de 500 a 1 000 electrocuciones accidentales en los Estados Unidos. Aproximadamente una de cada cuatro está relacionada con industrias y granjas. Todos saben que una descarga eléctrica puede ser mortal, pero el mecanismo del riesgo es un misterio para la mayoría, en gran medida por el hecho de que la electricidad es invisible. El uso de la electricidad en nuestras casas ha llevado a cierto grado de complacencia, lo que es un factor en la mayor parte de las electrocuciones.

**RIESGOS DE ELECTROCUCIÓN**

El primer paso de la seguridad contra electrocución es derribar el mito de que “los circuitos ordinarios de 110 volts son seguros”. La verdad es que estos circuitos pueden matar con facilidad, y de hecho lo hacen, a mucha más gente que los circuitos de 220 o 440 volts, que casi todos respetan. Con todo, persiste el mito de los 110 volts porque casi todo el mundo ha resistido sin mayores daños una descarga en casa o en el trabajo. Estos accidentes llevan a las víctimas a la falsa conclusión de que, aunque una descarga de 110 volts es desagradable, no será mortal. Aunque saben que otras personas han muerto por tales descargas, de alguna manera se sienten resistentes o demasiado fuertes.

Es cierto que algunas personas son más resistentes a los riesgos de electrocución que otras, pero un factor mucho más importante es el conjunto de condiciones que rodea al accidente. Se sabe que emplazamientos mojados o húmedos son peligrosos, pero aun el sudor o la transpiración del cuerpo aportan la humedad que puede hacer el contacto eléctrico mortal. Otra condición importante es el punto de contacto. Si el flujo de corriente entra al cuerpo por los dedos y sale por un contacto en el codo, ningún órgano vital sufre una exposición directa. Pero si el flujo va de la mano a los pies, afecta el corazón, los músculos del pecho y el diafragma, con posibles resultados mor-

tales. Cuando el torso cierra el circuito, se produce también una exposición que puede ser mortal. Otro factor es la presencia de heridas en la piel, pues si están en la zona de contacto, el flujo de corriente puede ser mucho mayor.

### Efectos fisiológicos

El sistema nervioso central es el conducto para las señales entre el cerebro y los músculos, incluyendo los de órganos vitales como el corazón y el diafragma. Estas señales están constituidas por diminutos voltajes eléctricos que originan las contracciones y distensiones musculares. Una descarga eléctrica externa envía por el cuerpo corrientes muchas veces mayores a las diminutas corrientes naturales del sistema nervioso. Estas corrientes mayores acalambran o congelan los músculos en violentas contracciones que no permitirán que la víctima suelte el objeto contactado o que detendrán la respiración o el corazón.

El corazón es nuestro músculo más importante. Su función es una contracción y relajación rítmica, controlada por pulsos eléctricos naturales. Por tanto, es muy vulnerable a cualquier corriente eléctrica pulsante. La alimentación de energía eléctrica común suministra una corriente alterna que cicla a una frecuencia de 60 hertz. Es irónico que 60 Hz sea una de las frecuencias más peligrosas a las que se pueda exponer el corazón. Esta frecuencia tiende a provocar que el corazón lata débil e irregularmente a una velocidad demasiado rápida para ser eficaz, un fenómeno conocido como *fibrilación*. Una vez que comienza la fibrilación, la muerte es casi segura, aunque a veces es posible detenerla mediante descargas eléctricas controladas que restablecen el ritmo cardiaco natural. Por desgracia, raramente se dispone de un desfibrilador con rapidez suficiente para salvar la vida de una víctima electrocutada.

La respiración suspendida por choque eléctrico se debe al acalambramiento de los músculos responsables, como el diafragma y los intercostales que controlan la expansión de la caja torácica. El remedio en primeros auxilios es dar respiración artificial, igual que en el caso de los casi ahogados y en otras crisis respiratorias.

¿Cuánta corriente es mortal? No hay una respuesta precisa, pero la figura 16.1 resume la opinión de varios expertos. La escala horizontal es logarítmica y está en unidades de miliamperes, es decir, milésimas de ampere. Para poner la gráfica en perspectiva, una lámpara de mesa ordinaria, con un foco de 60 watts, consume aproximadamente 500 miliamperes de corriente, mucho más de lo necesario para ser mortal. Un circuito doméstico ordinario de 20 o 30 amperes no activará el cortacircuitos hasta que haya un flujo de corriente de 20,000 a 30,000<sup>1</sup> miliamperes, aproximadamente de 100 a 1000 veces lo que se requiere para la dosis mortal.

Con tanta potencia en los circuitos domésticos ordinarios de 110 volts, parecería que casi nadie podría sobrevivir una descarga eléctrica. Pero el cuerpo, y en particular la piel, ofrece una resistencia que limita el flujo de la corriente eléctrica cuando es expuesta a un potencial de 110 volts. Para comprender esta resistencia, habrá que repasar los fundamentos de la electricidad.

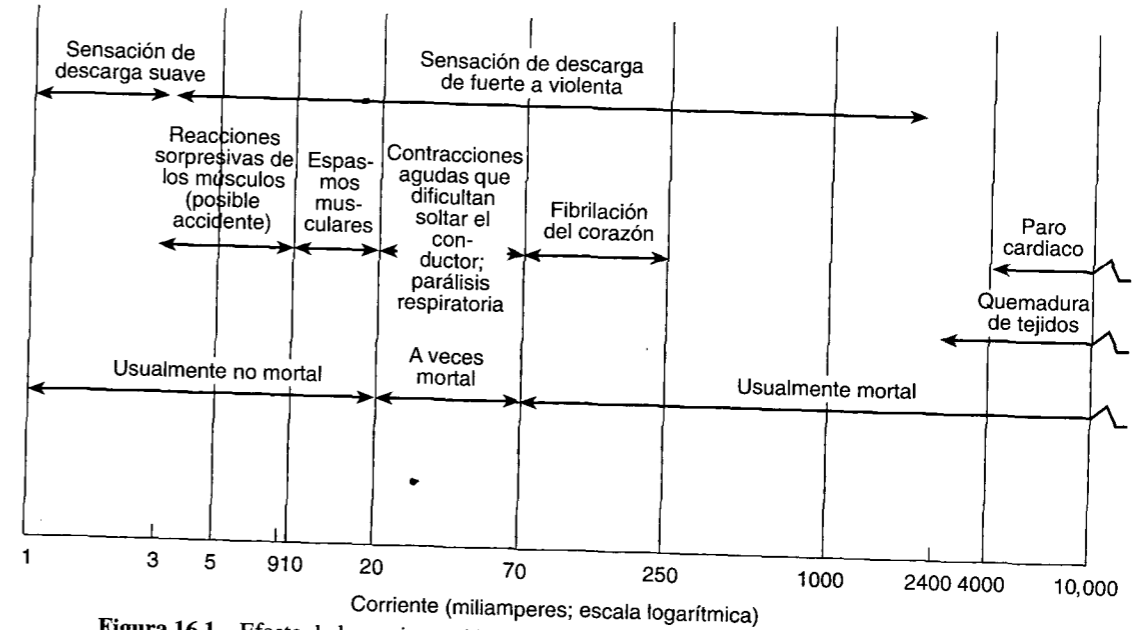


Figura 16.1 Efecto de la corriente eléctrica alterna en el cuerpo humano.

### Ley de Ohm

La ley básica de los circuitos eléctricos es la *ley de Ohm*, que dice

$$I = \frac{V}{R} \tag{16.1}$$

donde  $I$  = corriente en amperes

$R$  = resistencia en ohms

$V$  = voltaje en volts

La ley se puede volver a escribir de la forma

$$V = IR \text{ o } R = \frac{V}{I}$$

El wattaje es una medida de la potencia, y se calcula a partir de cantidades conocidas de corriente y voltaje o resistencia, como sigue:

$$W = V \times I \text{ y } W = I^2R \tag{16.2}$$

donde  $W$  es la potencia en watts

<sup>1</sup>1 amper = 100 miliamperes

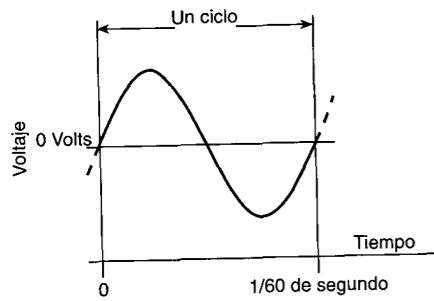


Figura 16-2 Voltaje de corriente alterna.

Los circuitos de corriente alterna (CA), que son los predominantes en los hogares y las industrias, son los más importantes. Los circuitos AC comunes tienen frecuencia de 60 ciclos por segundo (en los Estados Unidos, en Canadá, y en México), como se muestra en la figura 16.2. Es más conveniente generar y distribuir corrientes alternas que corrientes directas. Pero los cálculos de la corriente, resistencia y voltaje utilizando la ley de Ohm son algo incómodos en los circuitos de CA, porque en cada ciclo el voltaje varía de cero a positivo, de vuelta a cero, a negativo y de nuevo a cero. Por comodidad, en los circuitos CA se calcula una corriente “efectiva” como un valor un poco inferior a los picos de corriente. Una corriente directa a través de una carga dada genera tanto calor como una corriente alterna con corrientes pico 41.4 por ciento superiores. Así, la relación de corriente efectiva a corriente pico se calcula como sigue:

$$\frac{\text{Corriente efectiva}}{\text{Corriente pico}} = \frac{100\%}{100\% + 41.4\%} = 0.707 = 70.7\%$$

Los voltajes efectivos se calculan con las mismas relaciones que las corrientes efectivas, ya que están relacionados por la ley de Ohm. Entonces, un circuito ordinario de 110 volts tiene un voltaje efectivo de 110 volts, aunque en cada ciclo ocurren picos de voltaje mayores a 150 volts.

La corriente que consume un foco ordinario de lámpara de 60 watts puede calcularse despejando la ecuación (16.2)

$$I = \frac{W}{V} = \frac{60 \text{ watts}}{110 \text{ volts}} = 0.55 \text{ ampere}$$

Debido a que el alambre y otras partes del circuito consumirán algo de energía, una buena aproximación al flujo de corriente en la lámpara de mesa de 60 watts es de 1/2 ampere, o sea 500 miliamperes, como dijimos.

Volviendo ahora a la pregunta de por qué no muere más gente por circuitos ordinarios de 110 volts, usemos la ley de Ohm para determinar cuánto puede limitar la piel el flujo de corriente eléctrica a través del cuerpo. Si está bien seca, la piel es un buen aislante y puede tener una resistencia de 100,000 ohms o más. Utilizando la ley de Ohm, una exposición a 110 volts resultaría entonces en sólo una corriente diminuta:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{110 \text{ volts}}{100,000 \text{ ohms}} = 0.0011$$

= aproximadamente un miliampere

En la figura 16.1 se puede observar que una corriente tan pequeña ni siquiera será notada. Pero añadida cualquier transpiración u otra humedad, y la resistencia se reduce drásticamente. Debido a la sola transpiración, la resistencia de la piel se puede reducir 200 veces, a un nivel de unos 500 ohms con un buen contacto con el conductor eléctrico. Una vez en el interior del cuerpo, la resistencia eléctrica es muy baja y la corriente fluye casi sin impedimento. Si la resistencia total en el circuito es de sólo 500 ohms, la corriente se calcula como

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100 \text{ volts}}{500 \text{ ohms}} = 0.22 \text{ ampere}$$

= 220 miliamperes

En la figura 16.1 se observa que si una corriente alterna de este nivel atraviesa el cuerpo y alcanza al corazón, probablemente será mortal. Por tanto, si alguna vez ha recibido una descarga eléctrica, y a la mayoría nos ha ocurrido, puede estar contento de que no estuviera sudando lo suficiente, que no tuviera un contacto lo bastante bueno, que la trayectoria de la corriente no pasara por el tronco, que estuviera mal aterrizado o que alguna otra resistencia obstruyera la corriente. De lo contrario, habría muerto por el circuito ordinario de 110 volts, sin importar lo resistente que se considerara a las descargas eléctricas. Los principios y conceptos de los riesgos de electrocución con corriente doméstica ordinaria quedan ilustrados en los casos 16.1 y 16.2.

### CASO 16.1

Un trabajador está usando una sierra circular de mano para cortar tiras de aluminio extruido en la fabricación de ventanas para tormenta. Con la mano izquierda sostiene firmemente la pieza en la que trabaja y la sierra con la mano derecha. El aluminio es un excelente conductor, y la pieza de trabajo está haciendo un contacto eléctrico sólido con tierra. En un accidente que sucede con frecuencia, el trabajador corta accidentalmente el cable eléctrico por la mitad. ¿Cuáles son las consecuencias probables en las tres circunstancias siguientes?

- Caso A: La herramienta está aterrizada mediante la tercera terminal de la clavija eléctrica.
- Caso B: La herramienta tiene doble aislamiento.
- Caso C: La herramienta tiene una clavija de tres barras, unida mediante un adaptador a un contacto de pared de dos terminales; la herramienta no está aterrizada.

#### Solución

*Caso A.* La corriente fluirá por la carcasa metálica de la manija de la sierra en dos trayectorias, una por el circuito de tierra y la otra por la mano derecha del trabajador, por el torso y por la mano izquierda hasta la pieza de trabajo, que está bien aterrizada. Aunque la resistencia en las trayectorias puede ser relativamente baja, la resistencia en la tercera terminal, que aterriza el conductor, debe ser la menor de las dos, del orden de los dos o tres ohms. Una resistencia tan baja activaría de inmediato un cortacircuitos de 15 o 20 amperes, del tipo que se encuentran en tales circuitos, como se puede confirmar en el siguiente cálculo, utilizando la ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{110 \text{ volts}}{3 \text{ ohms}} = 36 + \text{ amperes}$$

Este flujo de corriente se agregaría a la corriente que pudiera fluir por el cuerpo del hombre y las demás trayectorias a tierra, incluyendo quizás cierto flujo en la misma herramienta, antes de que el accidente cortara el cable por completo. Por tanto, la corriente total activaría fácilmente cualquier cortacircuitos e interrumpiría el flujo para proteger al trabajador.

*Caso B.* Una herramienta con doble aislamiento tendría una carcasa no conductora, por lo que no habría flujo alguno por la manija y el cuerpo del trabajador. El cortacircuitos se activaría cuando la hoja metálica hiciera contacto tanto con el alambre vivo como con el neutro bien aterrizado. Además, si en el momento del accidente la hoja estaba cortando una pieza de trabajo de aluminio, habría otra excelente trayectoria hacia tierra y hacia la pieza de trabajo aterrizada, de modo que una corriente en exceso activaría el cortacircuitos.

*Caso C.* Sin doble aislamiento para proteger al trabajador y ningún conductor a tierra para activar el cortacircuitos, se dan las condiciones para causar el común accidente que resulta en electrocución. La mano izquierda bien aterrizada del trabajador permitiría que un flujo sustancial de corriente pasara por su torso superior, la zona de peligro para una exposición del corazón y los pulmones. Un valor razonable de resistencia de la trayectoria, con un buen aterrizaje en la mano izquierda y la pieza de trabajo de aluminio sería de 600 ohms. En tal circuito a tierra, la corriente se calcularía como sigue:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{110 \text{ volts}}{600 \text{ ohms}} = 0.183 \text{ ampere}$$

Esta corriente, tan sólo una pequeña fracción de un ampere, no surtiría efecto en un cortacircuitos normal de 15 o 20 amperes. A pesar de que una corriente de 183 miliamperes es demasiado reducida para romper el circuito, es muy grande para fluir por la parte superior del trabajador, y es peligrosa. Tal corriente se clasifica en la figura 16.1 como una descarga de fuerte a violenta, usualmente mortal, capaz de producir fibrilación cardíaca. La hoja metálica de la sierra puede proveer una buena trayectoria de tierra por medio del conductor neutro cortado o la pieza de trabajo con un buen aterrizaje, y crearía una corriente en exceso que activaría el cortacircuitos y salvaría la vida del trabajador. Pero tal aterrizaje dependería del azar; de otro modo, el accidente sería mortal.

## CASO 16.2

Un trabajador utiliza una "luz de extensión" suspendida del cofre de un automóvil mientras repara el motor. El trabajador se inclina sobre la salpicadera mientras trabaja, de forma que su pecho hace un firme contacto, aunque presenta cierta resistencia por la delgada camiseta que utiliza y por la pintura de la salpicadera. La luz, que ha pasado por muchos años de uso pesado, tiene una conexión desgastada en el punto en el cual el cable flexible se une con el receptáculo del foco. Al ajustar el trabajador la posición de la luz, la conexión desgastada hace un contacto accidental entre el dedo índice del trabajador y el alambre de corriente. La corriente pasa por el dedo y el brazo del trabajador, continúa por numerosas rutas por su torso. La mayor parte fluye a tierra por el pecho y la salpicadera del automóvil y alguna por los pies y los zapatos. El contacto entre el alambre y el dedo es sólo parcial, y la resistencia eléctrica de la piel en el punto de contacto es de aproximadamente 800 ohms. Si esta resistencia representa más o menos la mitad de la resistencia total en el cortocircuito, ¿cuánta corriente fluirá por el torso del hombre? ¿Se activaría el cortacircuitos, que es para 15 amperes? ¿Sería una descarga mortal?

*Solución:* En esta situación, la corriente fluiría por muchas rutas paralelas en el cuerpo del hombre, pero para fines de considerar el flujo total de corriente debido al cortocircuito, se puede considerar que la ruta es equivalente a una ruta efectiva con una resistencia del doble de 800 ohms, es decir de 1600 ohms. Utilizando la ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{110 \text{ volts}}{600 \text{ ohms}} = 0.069 \text{ ampere} \\ = 69 \text{ miliamperes}$$

Tal flujo de corriente es demasiado pequeño para activar el cortacircuitos de 15 amperes, aun si en el cálculo se incluye el flujo de corriente por la lámpara de 60 watts encendida, que según vimos antes era de 0.55 amperes. Si todo el cortocircuito de 69 miliamperes pasa por el centro del cuerpo del individuo, estará en un peligro crítico de electrocución. La figura 16.1 revela que 69 miliamperes están en la región de "a veces mortal" y de "parálisis respiratoria". La víctima puede sobrevivir si un observador alerta está capacitado en resucitación cardiopulmonar y aplica respiración artificial, y si es lo suficientemente afortunada para que no ocurra fibrilación cardíaca.



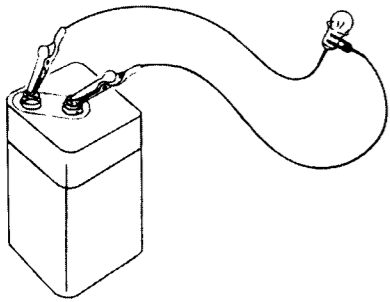


Figura 16-3 Circuito eléctrico que hace un lazo completo.

## Aterrizaje

En el análisis anterior empleamos el término “aterrizado”. ¿Qué significa este término eléctrico? Un requerimiento para que la corriente eléctrica fluya es que su trayectoria haga un lazo completo desde la fuente de energía eléctrica, a lo largo del circuito y de vuelta a la fuente de energía. Comprendemos este lazo cuando conectamos un foco de linterna a los postes de una batería, como se observa en la figura 16.3. La desconexión del circuito en cualquier punto del lazo detiene el flujo de la corriente. Esto significa que siempre deberá haber dos conductores: uno para llevar la corriente al dispositivo (usualmente llamado “carga”) que la utiliza y otro que la lleve desde la carga de regreso a la fuente eléctrica. Sin embargo, hay un truco que en la mayor parte de las aplicaciones de energía eléctrica convierte en muy simple el largo viaje de vuelta a la fuente eléctrica.

En su mayor parte, la tierra es un conductor bastante bueno de la electricidad. Además, tiene tanta masa que una fuente de electricidad hecha por el hombre no la afecta en forma alguna. Así, hagamos lo que hagamos sobre la superficie de la tierra, ésta mantiene un potencial o carga relativamente estable. Esto significa que si clavamos dos varillas en la tierra, aún a grandes distancias una de la otra, podemos considerar que la resistencia entre ellas es nula. El flujo de corriente puede no ser directo de una varilla a la otra, porque en todo momento hay millones de contactos eléctricos a tierra. Algunos de estos contactos son positivos y otros negativos, pero el resultado total es cero, es decir, al potencial de tierra. Así, cualquier conductor eléctrico que se introduzca en la tierra asumirá de inmediato este potencial cero de referencia. Ésta es una característica muy conveniente, porque nos permite aprovechar la tierra como un gran conductor común de vuelta a la fuente de energía. La figura 16.4 ilustra el uso de la tierra como conductor de regreso.

Un examen cuidadoso de la figura 16.4 revela que la empresa suministradora de energía incluye un conductor neutro por separado para completar el circuito de regreso a la fuente. Hay situaciones que hacen que depender del potencial común de la tierra de alguna manera sea poco confiable. Por ejemplo, una temporada muy seca puede hacer que la superficie de la tierra pierda su conductividad. Esto resulta especialmente un problema si el área está seca alrededor de la varilla del conductor de tierra enterrada en el suelo. Entonces, el conductor neutro asegura que el circuito se complete, independientemente de las condiciones del terreno.

El uso de la tierra en los circuitos eléctricos es tan ventajoso que se considera indispensable. Sin embargo, la misma conveniencia y proximidad del suelo presenta un riesgo. Si una persona hace contacto con un conductor energizado y al mismo tiempo está en contacto con la tierra o algún otro objeto que tiene una trayectoria conductora hacia tierra, cierra el lazo del circuito eléctrico haciendo

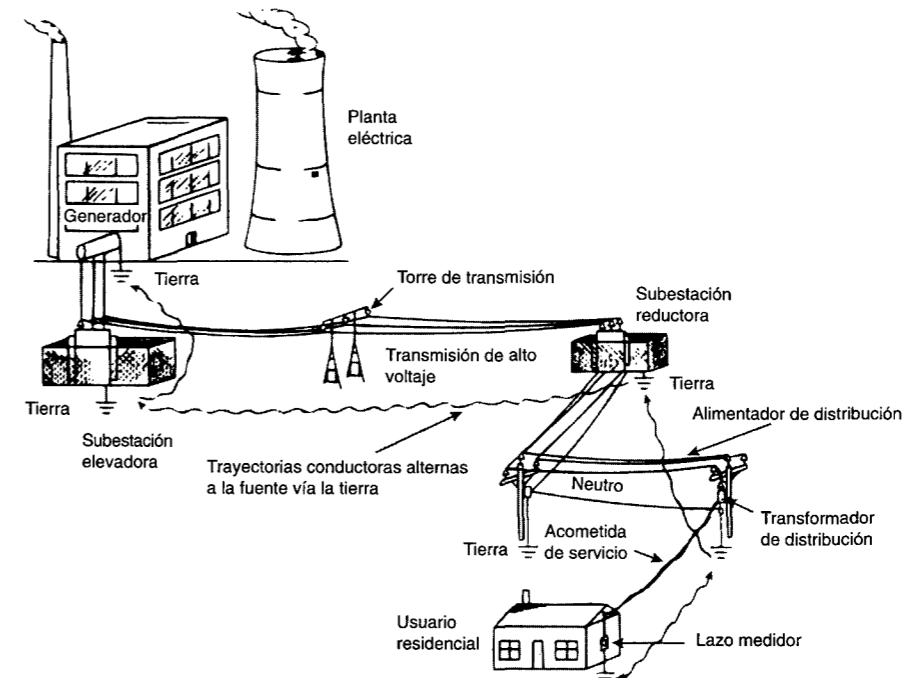


Figura 16-4 Trayectorias conductoras alternas a la fuente a través de la tierra.

pasar la corriente eléctrica por su cuerpo. Una gran parte del *National Electrical Code*® está dedicada a la prevención de este riesgo.

La mejor manera de no convertirse en parte de la trayectoria a tierra es mediante el aislamiento de los conductores. Además, a las superficies conductoras expuestas se les da una buena conexión con tierra, usualmente por medio de un alambre, de forma que se reduzca al mínimo la posibilidad de que uno sirva de trayectoria a tierra. Paradójicamente, en algunos casos poco frecuentes, el *National Electrical Code*® utiliza un método opuesto. En algunos sistemas, tiene más sentido *aislar* la estructura completa de tierra. Si la estructura está aislada, los trabajadores están protegidos por no estar en contacto con conductores que los pudieran conectar con la tierra.

## Alambrado

El circuito común de 110 volts consta de tres alambres: *de corriente*, *neutro* y *de tierra*. Algunas veces, al neutro se le llama conductor “aterrizado”, en cuyo caso la tierra se llama conductor “aterrizante”. La finalidad del alambre de corriente (usualmente un alambre negro aislado) es proveer el contacto entre la fuente de energía y el dispositivo (carga) que la utiliza. El neutro (por lo general un alambre blanco aislado) completa el circuito conectando la carga con tierra. Tanto el alambre de co-

<sup>2</sup> La Asociación Nacional de Protección contra Incendios (*National Fire Protection Association*, NFPA) publica periódicamente el *National Electrical Code*®, abreviado NEC. National Fire Protection Association, 470 Atlantic Avenue, Boston, MA 02201.

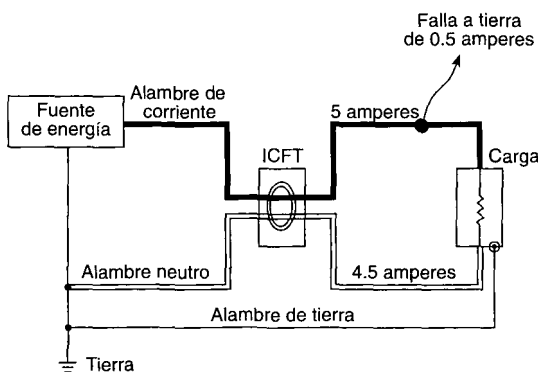
riente como el neutro llevan la misma corriente, pero el de corriente tiene un voltaje efectivo de 110 volts con respecto a tierra, en tanto que el voltaje del neutro tiene es cerca de cero con respecto a tierra.

El tercer alambre es el alambre de tierra, y por lo regular es verde o bien simplemente es un alambre desnudo. Su propósito es de seguridad. Si algo sale mal, de forma que el alambre de corriente haga contacto con la carcasa del equipo o con alguna otra parte conductora del equipo, en su trayectoria hacia tierra la corriente puede pasar por alto la carga y hacer un circuito reducido, comúnmente llamado *corto*. Dado que la carga en sí es ignorada, el corto es una trayectoria a tierra de muy baja resistencia y, según la ley de Ohm, consume una corriente muy elevada. En los circuitos protegidos, esta corriente “volará” un fusible o “activará” un cortacircuitos casi de inmediato, dependiendo de la clase de protección, y detendrá todo flujo de corriente.

Por supuesto, es posible tener un corto sin alambre de tierra. Por su emplazamiento o instalación, el equipo puede estar aterrizado o bien el alambre de corriente hace contacto con el neutro de alguna manera. Algunas veces, el corto a tierra es sólo parcial, porque hay una resistencia considerable en la trayectoria a tierra, y no siempre se detecta, pues el flujo de corriente es de un amperaje insuficiente para hacer que la corriente total del circuito active la protección contra excesos de corriente. En este caso, la corriente continuará fluyendo y las cargas del equipo seguirán operando en presencia de estos cortos, o *fallas a tierra*. Las fallas a tierra pueden ser peligrosas en las construcciones. Este riesgo es la base de los interruptores de circuitos por falla a tierra (ICFT) en las construcciones. La protección ICFT se instala además de las protecciones contra excesos de corriente como cortacircuitos o fusibles.

La figura 16.5 explica cómo funciona un ICFT. Siempre que el flujo de corriente en el neutro sea menor que el flujo de corriente en el alambre de corriente, se indica una falla de tierra, y un interruptor corta todo el circuito y detiene el flujo de corriente. Una dificultad de los ICFT es que es casi imposible evitar algunas fugas a tierra, en particular cuando las condiciones son húmedas o los cables de extensión demasiado largos. Esto hace que el ICFT se active aunque no haya ningún riesgo, una situación que en la industria de la construcción se conoce como “activación molesta”. Una alternativa es que el patrono pruebe, inspeccione y mantenga registros del estado de los conductores a tierra del equipo.

Un malentendido respecto a los cortos es la idea de que un buen fusible o cortacircuitos es suficiente para detener el flujo de un peligroso corto por el cuerpo de una persona. Un nuevo examen de la figura 16.1 demuestra que la persona morirá casi con toda certeza por exposición a una corriente que no haría ni saltar siquiera los fusibles domésticos populares más pequeños (es decir, fusibles de 15 o 20 amperes). Un fusible o cortacircuitos de 15 amperes recibirá hasta 15,000 miliamperes antes de volar, varias veces la cantidad de corriente mortal mostrada en la figura 16.1. Las bondades del tercer alambre,




**Figura 16-5** Interruptor de circuitos por falla a tierra (ICFT). La falla a tierra de 0.5 amperes provoca un desequilibrio de flujo de corriente entre el alambre de corriente y el neutro. Este desequilibrio activa el ICFT para que corte el circuito.

o alambre de tierra, están en que genera un corto de muy baja resistencia y alta corriente hacia tierra, que activará el fusible o cortacircuitos de inmediato, antes de que *otras* trayectorias de cortocircuito a tierra (como las que pasan por el cuerpo de una persona) puedan hacer su daño.

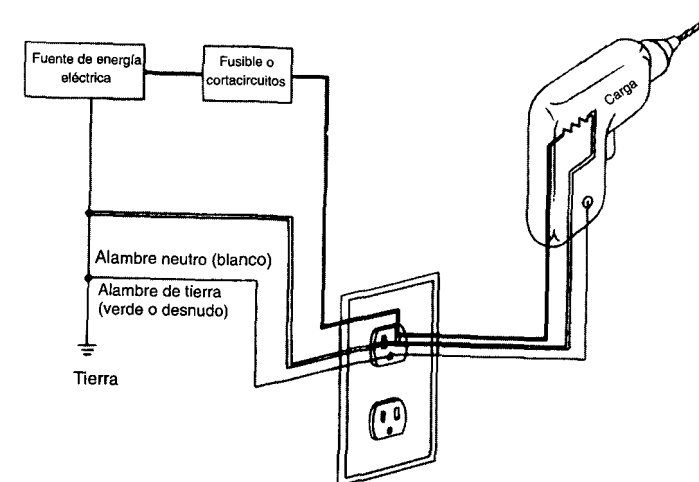
## Doble aislamiento

Menos de la mitad de las herramientas manuales eléctricas están bien aterrizadas. Los estudios de equipo devuelto a la fábrica para reparaciones han demostrado que gran cantidad de unidades han sido alteradas, de forma que el sistema de aterrizaje ya no está intacto. Una alteración común es cortar la tercera terminal de la clavija, de forma que pueda conectarse en un receptáculo antiguo de dos alambres. Para contrarrestar esta práctica, en vez de aterrizar el equipo se permite el uso de herramientas con “doble aislamiento”. Una segunda capa de aislamiento da una medida adicional de protección al operador de herramientas con doble aislamiento, en caso de un corto a la carcasa del equipo.

La mayor parte de las herramientas con doble aislamiento tienen carcasa de plástico, no conductora, pero ésta no es una indicación totalmente confiable de que tengan doble aislamiento. La segunda capa de aislamiento debe aplicarse de acuerdo con especificaciones precisas, antes de que la herramienta pueda calificar para la designación de “doble aislamiento”. Las herramientas calificadas tienen la marca del fabricante como “de doble aislamiento” o un cuadrado dentro de otro,  a fin de indicar el aislamiento doble.

## Peligros de un mal alambrado

En el trabajo de alambrado original, a menudo los electricistas cometen errores o usan prácticas antiguas que incrementan los riesgos. Una de estas prácticas es “puentear” (conectar) el alambre de tierra con el neutro. En realidad, éste es un truco que funcionará y usualmente nadie lo discute, pero la práctica presenta riesgos. La figura 16.6 muestra el alambrado correcto de un circuito y revela que tanto el alambre neutro como el de tierra están conectados directamente a tierra. Así, en la figura 16.7, en la que la tierra ha sido puenteada con el neutro, el sistema de alambrado no utiliza tercer alambre.



**Figura 16-6** Circuito de 110 volts correctamente alambrado.

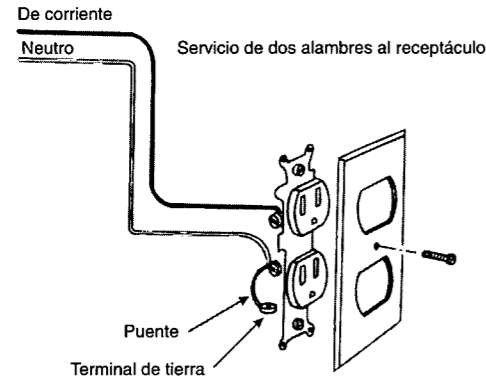


Figura 16-7 Tierra puenteada con el neutro.

El riesgo principal de puentear la tierra con el neutro es que puede crear bajos voltajes en las partes expuestas del equipo. La caja o carcasa del equipo está conectada al alambre de tierra. Puesto que normalmente no fluye ninguna corriente por el alambre de tierra, es un método excelente para mantener el voltaje en la carcasa del equipo cerca de cero con respecto a tierra. Pero el neutro sí lleva una corriente considerable. Con la ley de Ohm se puede calcular que esta corriente en el neutro puede hacer que la terminal del neutro tenga un bajo voltaje respecto a tierra, especialmente si el alambre del neutro debe recorrer una larga distancia de regreso a tierra hasta el medidor. Si el circuito lleva una corriente de 20 amperes y la resistencia del alambre neutro es de 1/2 ohm, el voltaje en la carcasa del equipo se calcula será

$$V = IR = 20 \cdot 1/2 = 10 \text{ volts}$$

Éste es un voltaje bajo, pero teóricamente es capaz de producir una corriente mortal en el cuerpo, si las condiciones son exactamente las correctas (más bien, las equivocadas). Sin embargo, el verdadero riesgo es que cuando una conexión suelta o corroída en alguna parte del circuito del neutro incrementa su resistencia, quizás a cuatro o cinco ohms, hace que el voltaje aumente varias veces.

Otro error común es la *inversión de polaridad*, lo que simplemente significa que los alambres de corriente y del neutro están invertidos. Éste es otro problema sutil, porque la mayor parte del equipo operará a la perfección con la polaridad invertida. Un riesgo es que como las terminales designadas (terminal negra, de corriente; blanca, neutro) están invertidas, la confusión podría provocar un accidente a un técnico que no se lo espera. Otro riesgo es que un corto a tierra entre el interruptor y la carga podría provocar que el equipo funcione indefinidamente, sea que el interruptor esté conectado o no (véase la figura 16.8). Por último, si la polaridad está invertida, los receptáculos de los focos de luz pueden volverse peligrosos. En la figura 16.9(a), un receptáculo bien alambrado muestra que la rosca es neutra. Pero en un receptáculo con polaridad invertida, como el de la figura 16.9(b), los filetes expuestos de la rosca se vuelven vivos, y el botón, que está más protegido en el fondo del receptáculo, es el neutro.

Quizás el error de alambrado más común de todos es no conectar la terminal de tierra a un alambre de tierra, situación que se conoce como *tierra abierta* o “tierra no continua”. Éste es otro error que fácilmente puede pasar inadvertido, porque el equipo que se conecte a estos circuitos funcionará normalmente. Pero si ocurre un corto accidental a la carcasa del equipo, el trabajador corre el peligro de electrocutarse.

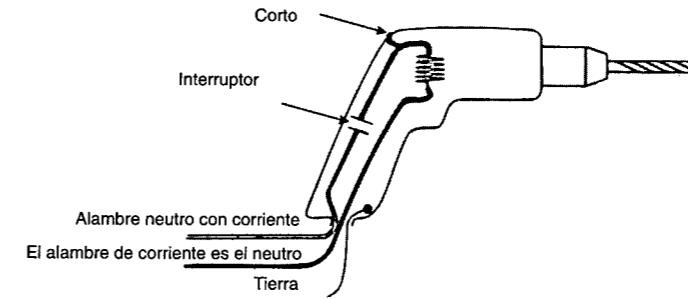


Figura 16-8 Polaridad invertida. Un corto en la posición indicada en el circuito para este taladro hará que opere de continuo, independientemente del interruptor.

Estos tres casos de mal alambrado no son los únicos errores que pueden cometerse, y ni siquiera son los más peligrosos. Pero dado que permiten que los circuitos eléctricos “funcionen normalmente”, pasan inadvertidos por usuarios mal informados del equipo conectado a dichos circuitos. Se cometen con frecuencia debido a que estos errores no impiden en lo inmediato el funcionamiento. Algunas verificaciones simples con probadores poco costosos pueden poner fácilmente de manifiesto estos problemas. Más adelante los examinaremos.

## RIESGOS DE INCENDIO

La mayoría de la gente piensa en la electrocución cuando se habla de seguridad eléctrica, pero los códigos eléctricos tienen tanto que ver con riesgos de incendio como con la electrocución. Muchos sistemas, como los fusibles o cortacircuitos, protegen tanto contra incendio como contra electrocución, pero su función principal es la prevención de incendios.

## Incendios en alambres

Una de las causas más comunes de incendio de origen eléctrico es la de alambres que se calientan en exceso, porque conducen demasiada corriente. El diámetro de los alambres (calibre) debe ser el adecuado para manejar la carga de corriente esperada, y la protección contra corriente en exceso (fusibles o cortacircuitos) debe garantizar que no se excedan las cargas. La sustitución de fusibles con centavos de cobre es un método común para suprimir la protección contra excesos de corriente, con la finalidad que el circuito maneje cargas más elevadas. Si no hay ningún fusible para quemarse, el alambre mismo funcionará como el siguiente eslabón más débil. Si el alambre se calienta lo suficiente para quemarse y partirse en dos, cualquier contacto con materiales combustibles por donde corra tiene probabilidades de producir un incendio.



Figura 16-9 Riesgos de la polaridad invertida en el receptáculo de una lámpara: (a) receptáculo alambrado correctamente; (b) receptáculo con polaridad invertida.

### Arcos y chispas

Siempre que dos conductores hagan contacto físico para completar un circuito, un arco eléctrico diminuto (o no tan diminuto) salva la brecha en el aire justo antes del contacto. Este arco puede ser tan pequeño que es indetectable, pero está lo bastante caliente para encender vapores o polvos explosivos que se encuentren en sus límites peligrosos de concentración.

Cuando el arco eléctrico es la descarga instantánea de un objeto con carga estática, a menudo se le llama *chispa*. Las chispas son capaces de encender una mezcla explosiva, como ocurre con la chispa de encendido de los motores de los autos. Se evitan las chispas conectando eléctricamente, o “ligando”, dos objetos que puedan tener una carga estática diferente. Esto es muy importante cuando se vacían líquidos inflamables de un recipiente a otro.

Es prácticamente imposible evitar el arco que ocurre cuando se cierra un circuito eléctrico ordinario. Esto significa que interruptores, luces, receptáculos, motores y casi cualquier dispositivo eléctrico, hasta el teléfono, son una fuente de ignición para concentraciones riesgosas de vapores o polvos explosivos. En el capítulo 10 analizamos los márgenes de los vapores explosivos y definimos los límites explosivos LEI y LES. Ya que el arco es imposible de evitar, hay que acudir a algunos medios de separar el arco de concentraciones peligrosas en el aire. Para ello se utiliza alambre, conducto o equipo que o bien esté sellado contra vapor o bien sea lo bastante resistente para contener y prevenir la propagación de una explosión dentro del conducto o equipo. Es un proyecto costoso y resulta tentador tomar atajos. El *National Electrical Code®* tiene un código estricto para el alambrado y equipo eléctrico diseñado para emplazamientos riesgosos. El gerente de seguridad e higiene debe ser capaz de identificar en la planta operaciones o emplazamientos peligrosos que requieren alambrado y equipo eléctrico especial. De acuerdo con lo anterior, a continuación nos ocuparemos del tema de la identificación.

### Emplazamientos peligrosos

Una de las tareas más difíciles en el campo de la seguridad industrial es la definición de los emplazamientos industriales que requieren alambrado y equipo especial para evitar explosiones. Los procesos industriales son tan diversos que no se prestan a una definición general. Además, varían los mecanismos de ignición de los materiales. Por ejemplo, el riesgo de acumulación de calor en carcazas de equipo eléctrico y balines cubiertos con polvos inflamables es totalmente diferente del riesgo de ignición por chispa de vapores explosivos derivados de líquidos inflamables. Aunque el problema sea difícil, se debe encarar porque ciertos emplazamientos industriales son demasiado peligrosos para permitir que se expongan a fuentes eléctricas de ignición.

El *National Electrical Code®* define meticulosamente diversas condiciones para clasificar los emplazamientos peligrosos en seis clases generales. Dentro de estas clasificaciones hay varios grupos que identifican la sustancia que provoca el riesgo.

La clasificación principal obedece a la clase física del material peligroso presente en el aire, que se designa como *clase*. La siguiente clasificación se llama *división*, y atañe al grado de riesgo considerando la frecuencia relativa con la que el proceso libera al aire materiales riesgosos. Los criterios para las divisiones son subjetivos, no cuantitativos, excepto en lo que se refiere a las áreas de pintura a pistola de aire. Esta subjetividad introduce problemáticas áreas ambiguas.

La figura 16.10 es un diagrama de decisión que simplifica el complicado proceso de clasificar emplazamientos peligrosos. La gráfica es sólo aproximada, porque una definición estricta requeriría enumerar páginas de excepciones y condiciones, muchas de las cuales se superpondrían. Lo que hay

que recordar es que la clase es el material y la división es el grado de riesgo. Así, uno puede decir que emplazamientos de división 1 son más peligrosos que emplazamientos de división 2, pero no puede decir con seguridad que localizaciones clase I sean más peligrosas que las localizaciones clase II o III.

Dado, pues, que la clasificación es tan compleja, la industria se apoya en ejemplos comunes de industrias similares para decidir si un emplazamiento es división 1 o 2 o no representa un riesgo suficiente para clasificar en absoluto. En la tabla 16.1 se dan algunos ejemplos de emplazamientos peligrosos.

Por lo regular, la calificación del equipo para emplazamientos peligrosos es válida para las divisiones 1 y 2. Cuando hay dudas, casi todas las industrias prefieren utilizar equipo aprobado para la división 1, a fin de estar preparadas para lo peor. La mayor parte de las infracciones al código no son por selección de equipo de división 2 cuando se debería haber seleccionado división 1, sino por el uso de conductos de pared delgada y equipo eléctrico convencional en emplazamientos de división 1 o 2.

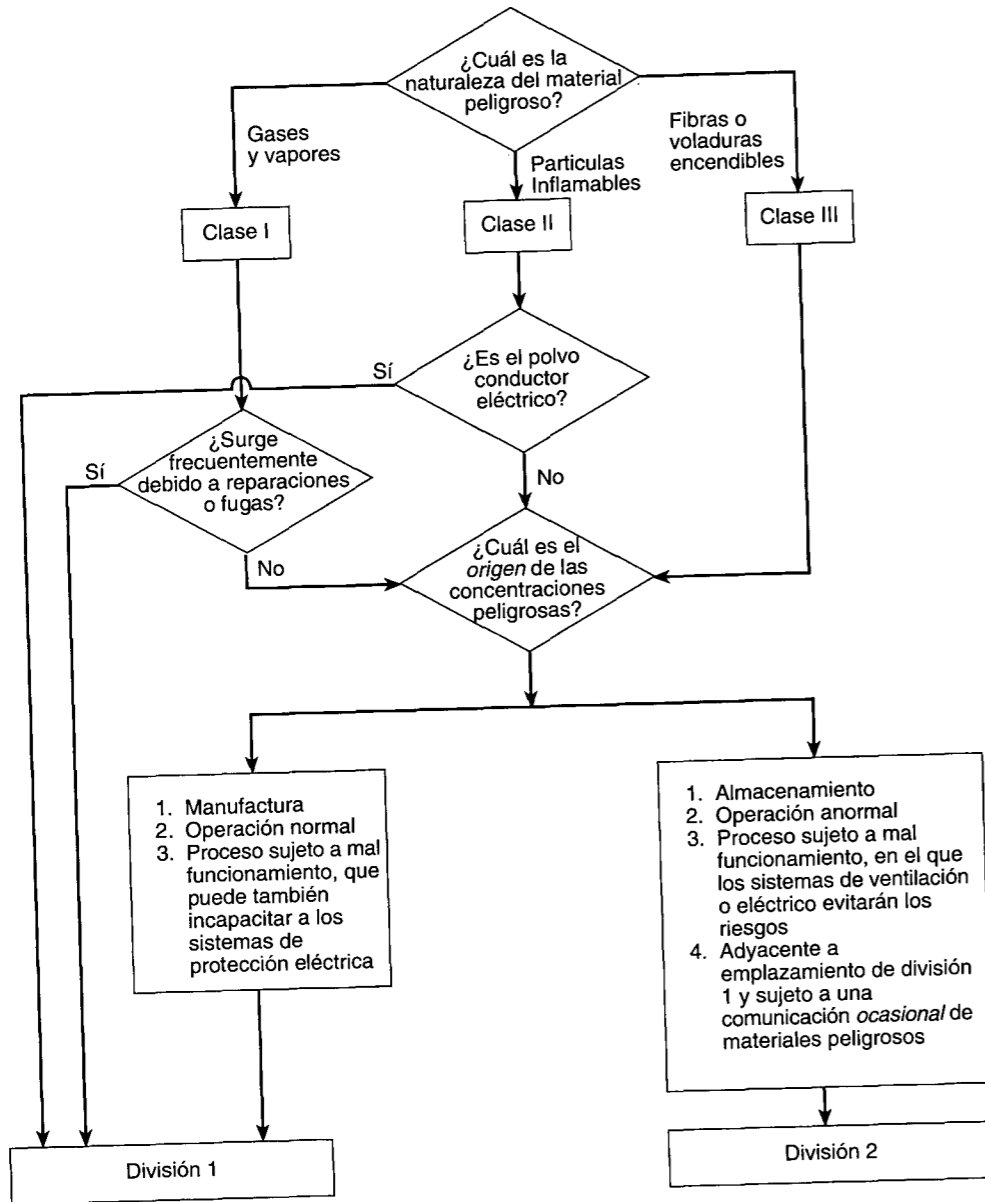
La “aprobación” del equipo eléctrico para uso en emplazamiento peligroso significa que el diseño del fabricante ha sido probado y aprobado por un laboratorio de pruebas reconocido, como el Underwriters’ o Factory Mutual. Si el equipo pretende ser utilizado en emplazamientos peligrosos, deberá tener una etiqueta que indique su clasificación.

La figura 16.11 muestra varios ejemplos de *equipo a prueba de explosión* aprobado para emplazamientos clase I, división 1. El conducto a prueba de explosión se parece más a un tubo que el conducto de pared delgada convencional, que se parece más a una tubería. Las cajas de unión a prueba de explosión son piezas fundidas, a diferencia con las cajas de lámina de metal convencionales, que son embutidas. Las complicadas estructuras para teléfonos y hasta para los interruptores de luz hacen obvio el hecho de que el equipo a prueba de explosión cuesta varias veces más que el equipo convencional.

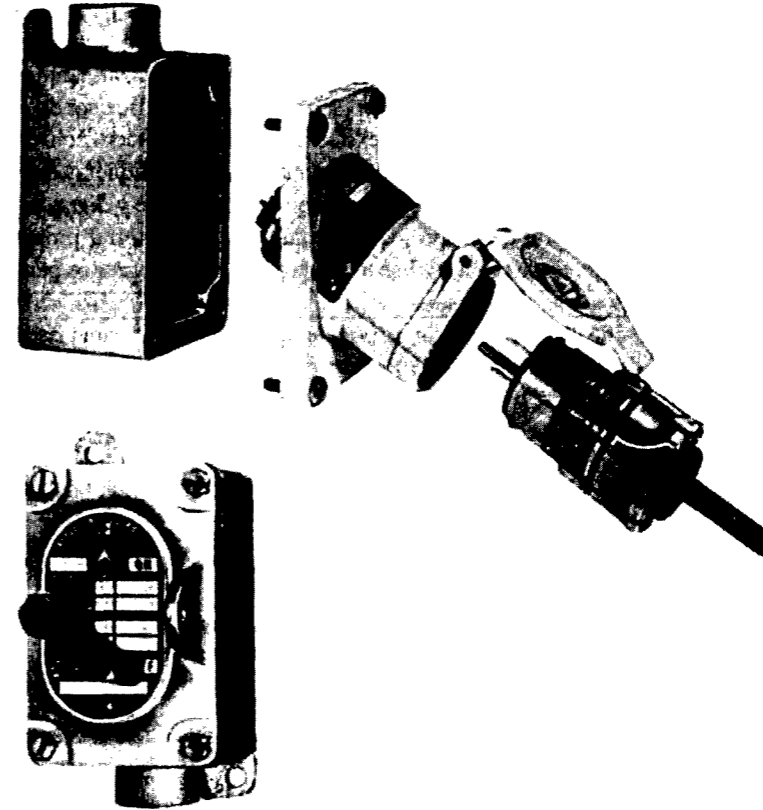
En emplazamientos de división 1, se acepta el hecho de que no hay manera de garantizar que los vapores se mantendrán fuera del conducto y del equipo. Durante el mantenimiento, la instalación y otros periodos abiertos, entrarán vapores al sistema. Por tanto, el diseñador del equipo eléctrico asume esta realidad y diseña el equipo de división 1 para que soporte una explosión interna y enfríe los gases conforme escapan, antes de que puedan encender toda el área en una explosión devastadora.

**Tabla 16.1** Clasificación de riesgos comunes

Descripción	Clasificación
Áreas de pintura con pistola de aire (pintura inflamable)	clase I, división 1
Áreas adyacentes, pero fuera de cabina de pintura con pistola de aire	clase I, división 2
Áreas de depósitos o cubas abiertas de solventes volátiles inflamables	clase I, división 2
Áreas de almacenamiento de líquidos inflamables	clase I, división 2
Dentro de refrigeradores que contienen recipientes abiertos o de fácil ruptura con líquidos volátiles inflamables	
Cuartos para generador de gas	clase I, división 1
Molinos o procesadores de grano	clase I, división 1
Áreas de almacenamiento de grano	clase II, división 1
Áreas de pulverización de carbón	clase II, división 2
Molino de magnesio pulverizado	clase II, división 1
Emplazamiento de despepitadora de algodón	clase II, división 1
Áreas de almacenamiento de viruta de madera	clase III, división 1
Tubería cerrada para líquidos inflamables	clase III, división 2
(tubería sin válvulas, válvulas de una vía, medidores, o equipo similar)	No clasificada



**Figura 16-10** Diagrama de decisión para la clasificación de emplazamientos peligrosos, desde el punto de vista de la ignición de materiales en el aire.



**Figura 16-11** Equipo eléctrico a prueba de explosión, aprobado para emplazamientos Clase I, División 1. Observe los componentes maquinados para servicio pesado. (a) Clavija exterior y receptáculo eléctrico; (b) interruptores de pared. (Fuente: Cortesía de Appleton Electric Co.)

En contraste, *casi todo* el tiempo, el equipo eléctrico de división 2 goza de cierto aislamiento de vapores explosivos peligrosos. Por tanto, si el equipo de división 2 se puede sellar apropiadamente con juntas para que sea a prueba de vapor, será seguro. El equipo de clase I, división 2 se caracteriza por ser hermético contra el vapor, en tanto que el equipo de clase I, división 1 *no* es hermético contra el vapor, pero es a prueba de explosiones. Por supuesto, si el equipo está clasificado de clase I, división 1 (a prueba de explosiones), también es aceptable para uso en áreas clase I, división 2, aunque el equipo no sea hermético contra el vapor.

La comparación anterior entre equipo y emplazamientos de división 1 y división 2 se basa en la generalización de que todo equipo aprobado para emplazamientos de división 1 es también aceptable para emplazamientos de división 2 *de la misma clasificación*. Sin embargo, debe observarse que el equipo aprobado para emplazamientos clase I no está aprobado necesariamente para clase II o III. Los mecanismos de riesgo de polvos inflamables clase II o fibras clase III son diferentes a los riesgos de los vapores clase I. Polvos y fibras pueden asentarse sobre equipo caliente, con lo que aíslan e impiden la disipación de calor necesaria durante la operación. Tal aislamiento hace que se acumule mucho calor en el equipo, lo que puede dar por resultado la ignición del polvo y una explosión.

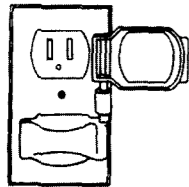
Un error común cuando se eligen receptáculos eléctricos para emplazamientos peligrosos es confundir los contactos eléctricos a prueba de intemperie con equipo aprobado. Los contactos para intemperie ordinarios, como se ve en la figura 16.12, no están aprobados para ningún emplazamiento peligroso, ni en división 1 ni en 2. La cubierta con resorte protege al receptáculo en la intemperie cuando no está en uso, pero si se inserta una clavija, el receptáculo queda tan expuesto como un contacto convencional.

El gerente de seguridad e higiene puede sentirse desconcertado al leer las etiquetas del equipo y ver que el equipo está clasificado y etiquetado por clase y grupo, en lugar de clase y división. Al igual que la designación de clase, la designación de grupo identifica la clase de material presente en la atmósfera, pero lo hace con más detalle. En la tabla 16.2 se resumen cuatro de los grupos pertenecientes a la clase I y tres de la clase II.

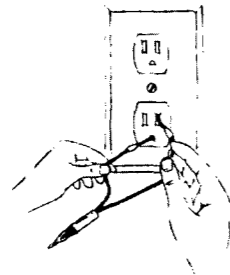
Lo habitual es que las etiquetas de clasificación digan, por ejemplo, “aprobado para clase I, grupos A y B”, y omitan la designación de división. Cuando esto ocurre, la clasificación es invariablemente aceptable para emplazamientos de división 1 y 2. Si el equipo está sólo sellado contra vapor y aprobado únicamente para división 2, la designación de división debe aparecer en la etiqueta. En general, el equipo clase I estará aprobado ya sea para grupos C y D o para los cuatro grupos de la clase I: A, B, C y D.

**Tabla 16.2** Grupos y Clases

Clase	Grupo	Descripción	Ejemplos	Industrias
I	A		Acetileno	Generadores de combustible de soldadura
	B	Gases y algunos líquidos muy inflamables	Hidrógeno	Productos químicos y plásticos
	C	Productos químicos muy inflamables	Éter etilo, sulfuro de hidrógeno	Hospitales, plantas químicas
	D	Combustibles y productos químicos inflamables	Gasolina	Refinerías, plantas químicas, áreas de pintura con pistola de aire
II	E	Polvos de metal	Magnesio	Plantas químicas
	F	Carbón, coque, polvo de carbón	Negro de humo	Minas, laminación de acero, plantas de energía eléctrica
	G	Polvos de grano	Harina, almidón	Molinos y elevadores de grano



**Figura 16-12** Los contactos de intemperie ordinarios no están aprobados para emplazamientos peligrosos.



**Figura 16-13** Probador de circuitos.

**EQUIPO DE PRUEBA**

En aras de la seguridad eléctrica general, hay varios equipos de prueba baratos a los que el gerente de seguridad y salud debe acudir para realizar inspecciones internas ocasionales. A continuación veremos unas descripciones breves de tales artículos.

**Probador de circuitos**

El probador de circuitos (figura 16.13) tiene simplemente dos alambres terminales conectados por un pequeño foco, casi siempre de neón. Cada vez que una de las terminales toca un alambre con corriente y la otra un conductor aterrizado, lo que completa el circuito, el foco se enciende. El probador funciona sólo para cierto margen voltaje, pero la mayor parte son capaces de manejar circuitos tanto de 110 como 220 volts. El probador de circuitos es de alguna manera un dispositivo de seguridad, pues con él los trabajadores de mantenimiento se aseguran que la energía está desactivada antes de tocar los cables de corriente. El probador de circuitos se puede utilizar también para determinar si las partes expuestas de las máquinas o los conductores están *vivas* o *energizadas*.

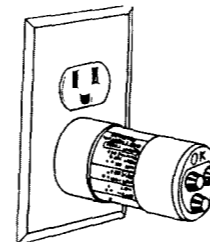
**Probador de alambrado de receptáculos**

Uno de los dispositivos de prueba más simples y de más uso es el probador de alambrado de receptáculos, que uno puede llevar en el bolsillo (véase la figura 16.14). No necesita baterías ni cables. El usuario se reduce a conectar el dispositivo en cualquier contacto normal de 110 volts e interpreta las luces indicadoras para determinar si el receptáculo está mal alambrado. Observe en el enunciado precedente la forma “mal alambrado”, en lugar de “bien”. En efecto, el dispositivo sólo detectará ciertos errores, y una indicación con las luces “correctas” significa nada más que no se encontraron esos errores. El receptáculo aún podría estar mal alambrado.

La figura 16.15 revela que el probador de alambrado de receptáculos no es más que un conjunto de tres probadores de circuito. La porción inferior de la figura muestra los errores de alambrado que se interpretan con las luces indicadoras. El probador muestra como correcto uno de los errores de alambrado más comunes, a saber, “tierra puenteada a neutro”.

**Probador de continuidad**

A veces es útil verificar un circuito muerto simplemente para ver si todas las conexiones están completas o si ha ocurrido alguna rotura en el conductor. La figura 16.16 ilustra un probador de continuidad simple, que es igual a un probador de circuitos, excepto por la pequeña batería que se incluye



**Figura 16-14** Probador de alambrado de receptáculos.

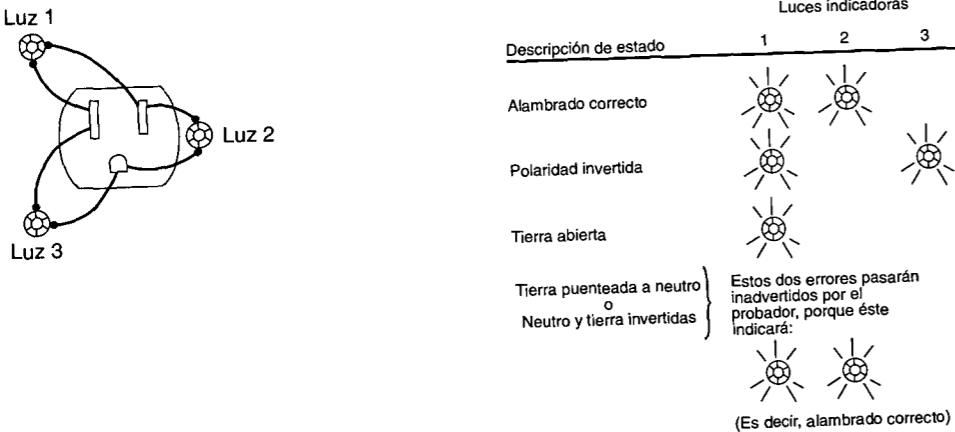


Figura 16-15 Esquema del probador de alambrado de receptáculos.

para dar energía a la luz. El probador de continuidad tiene una resistencia eléctrica mucho menor que la del probador de circuitos debido a que se utiliza en circuitos muertos. Si el probador de continuidad se emplea en un circuito de 110 volts energizado, volará inmediatamente un fusible o activará un cortacircuitos.

Una aplicación importante del probador de continuidad es para verificar la trayectoria a tierra. Una terminal del probador se conecta a la carcasa expuesta del equipo de la máquina que se examina, y la otra a un objeto que se sabe que está aterrizado. Si el foco se enciende, la máquina está aterrizada. En caso contrario, hay una falta de continuidad o ruptura en alguna parte de la trayectoria a tierra.

**VIOLACIONES FRECUENTES**

Una vez instruido en los principios de los riesgos eléctricos, el gerente de seguridad e higiene debe saber qué buscar cuando haga una inspección. Pero como repaso, en el resto del capítulo describiremos las infracciones más notificadas por el *National Electrical Code*®.

**Aterrizaje de herramientas y aparatos portátiles**

A nadie sorprenderá que el código eléctrico notificado con mayor frecuencia sea el que concierne al aterrizaje. Éste es el código notificado para taladros eléctricos, lijadoras, sierras y demás equipo manual portátil no aterrizado. El equipo no portátil, como refrigeradores, congeladores y acondicionadores de aire, también debe aterrizar. Debe darse especial atención al uso de herramientas eléctricas portátiles, utilizadas en emplazamientos húmedos o mojados y, por supuesto, a clavijas a las que se les haya eliminado la terminal de tierra.

**Partes vivas expuestas**

Las partes vivas expuestas se encuentran casi tan a menudo como el equipo portátil sin aterrizar. Si los conductores del equipo no pueden aislarse ni cubrirse las terminales, se deben utilizar recintos con cerrojo para no exponer a los trabajadores. Con mucha frecuencia se observan partes energizadas expuestas en instalaciones eléctricas descuidadas, a las que no se colocaron las tapas de las cajas de unión o en las que falta la placa de cubierta de los receptáculos. Una caja de interruptores, fusibles o caja de cortacircuitos que tenga la puerta abierta también constituye una "parte viva expuesta".

**Uso inapropiado de cables flexibles**

Las instalaciones hechas o temporales están prohibidas, igual que sustituir el alambrado permanente con cables flexibles. Ejemplos obvios son los cables flexibles que corren en las perforaciones en paredes, techos, suelos, puertas o ventanas.

**Señalización de desconectores**

Este punto es fácil de corregir. La caja de desconectores o el tablero de interruptores para motores y aparatos debe estar identificado, de forma que pueda desconectarse el equipo rápida y confiablemente. También se debe etiquetar el principio de los circuitos derivados o ramales, como por ejemplo en la caja del cortacircuitos, para indicar su propósito. Si del emplazamiento o la instalación del desconector resulta obvio qué máquinas o circuitos controla, la señalización quizá no sea necesaria. Muy pocas de las infracciones de señalización de desconectores son calificadas como "serias".

**Conexión de clavijas a cables**

Éste es otro elemento bastante simple. Cuando se repara la clavija de un cable de extensión, del cable de un aparato o de cualquier cable flexible, asegúrese de amarrar un nudo en el cable o hacer algo que evite que un tirón en éste se transmita directamente a las uniones o tornillos terminales. Se trata sólo un principio básico de mantenimiento eléctrico.

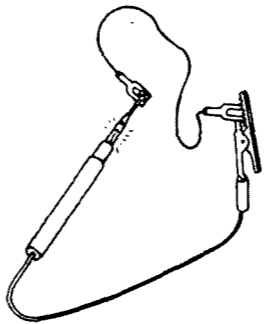


Figura 16-16 Probador de continuidad.

## RESUMEN

Iniciamos el capítulo con algunas reflexiones sobre lo que la electricidad, aun en cantidades pequeñas, puede hacerle al cuerpo humano. El mayor riesgo lo presentan los circuitos de 110 volts, no los de 220 volts o mayores, debido a su popularidad y a la complacencia de quienes los usan. Además de los riesgos de electrocución, la electricidad también implica riesgos de incendio, sin mencionar quemaduras y otros riesgos de exposición eléctrica.

Unos probadores simples pueden evidenciar rápidamente algunos errores de alambrado frecuentes, que de lo contrario pasarían inadvertidos en una operación normal. Pero algunos probadores son demasiado simples e ignoran errores comunes como la “tierra puenteada al neutro”.

Adquirir equipo eléctrico para procesos industriales que producen vapores, polvos o fibras inflamables es una tarea difícil y costosa. Las definiciones y los códigos para los emplazamientos peligrosos con atmósferas explosivas son también complicados y engañosos. Se recomienda al gerente de seguridad e higiene que busque las marcas requeridas en el equipo eléctrico instalado en emplazamientos peligrosos, a fin de asegurarse de que el equipo está aprobado para la clase y la división de su emplazamiento.

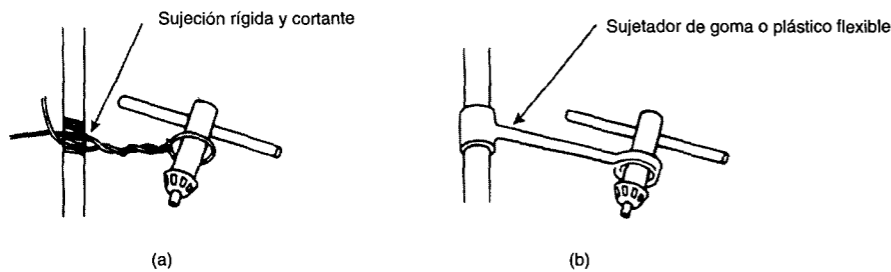
Las infracciones a los códigos eléctricos son a menudo por situaciones fáciles de corregir. El aspecto más importante que hay que recordar es el aterrizaje (el aterrizaje de equipo tanto portátil como fijo y de los circuitos que lo sirven). De menor frecuencia, pero de gran importancia, son las notificaciones de la OSHA por el uso de conductos y equipo eléctrico no aprobado en atmósferas explosivas de vapores o polvos inflamables.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 16.1 ¿Cuáles son los dos principales riesgos de la electricidad?
- 16.2 ¿Aproximadamente cuánta gente muere cada año por electrocución en los Estados Unidos?
- 16.3 Compare los riesgos de la electricidad de 110, 220 y 440 volts.
- 16.4 ¿Aproximadamente qué flujo de corriente sostenida por el corazón y los pulmones se vuelve mortal?
- 16.5 ¿Qué función desempeña el aterrizaje en los circuitos eléctricos? ¿Por qué requieren las regulaciones de seguridad que el equipo esté aterrizado?
- 16.6 Compare las funciones de los alambres de corriente, neutro y de tierra.
- 16.7 ¿Qué es un ICFT y dónde se utiliza?
- 16.8 Explique el término *doble aislamiento*.
- 16.9 ¿Cuáles son los riesgos de la polaridad invertida?
- 16.10 Compare los “arcos” y “chispas” eléctricas.
- 16.11 Explique la diferencia entre emplazamientos peligrosos clase I, II, y III.
- 16.12 ¿Qué significan los términos *división* y *grupo* en la clasificación de emplazamientos peligrosos?
- 16.13 Explique la diferencia entre un probador de continuidad y un probador de circuitos.
- 16.14 Mencione algunas de las violaciones más frecuentes al código eléctrico.
- 16.15 Cierta serie de luces para árbol de Navidad tiene ocho luces, todas de cinco watts. Si no hay falla a tierra, ¿cuánta corriente fluye por alambre de corriente en la clavija del receptáculo? ¿Cuánta fluye por el neutro?
- 16.16 En el ejercicio 16.15, si toda la corriente que fluye por el alambre pasara por el corazón de una persona, ¿sería una corriente mortal?
- 16.17 Un trabajador de mantenimiento alambra una lámpara eléctrica de 110 volts sin desconectar el circuito. Sin carga energizada en el circuito, el trabajador hace contacto accidentalmente con el alambre de corriente desnudo. ¿Qué es probable que ocurra? ¿En qué condiciones moriría el trabajador?
- 16.18 En el ejercicio 16.17, suponga que el alambre tocado fuera el alambre neutro. ¿Qué es probable que ocurra? ¿Existen condiciones en las cuales el trabajador moriría?
- 16.19 En el ejercicio 16.17, suponga que el alambre tocado fuera el alambre de tierra del equipo. ¿Qué es probable que ocurra?
- 16.20 Las “luces de extensión” portátiles utilizadas en reparaciones de automóviles han causado muchos decesos. Explique los mecanismos de riesgo.
- 16.21 Explique la diferencia entre un ICFT y un cortacircuitos ordinario.
- 16.22 Explique por qué es tan difícil de detectar el defecto de alambrado de “tierra puenteada al neutro”.
- 16.23 Un trabajador se electrocutó cuando taladraba una pared. La broca hizo contacto con un alambre eléctrico y perforó el aislante. La terminal de tierra de la clavija eléctrica del taladro había sido cortada. Describa cómo pudo haberse evitado esta muerte.
- 16.24 En la muerte descrita en el ejercicio 16.23, la terminal de tierra cortada era una infracción al código. ¿Cómo contribuyó esto al riesgo? ¿Qué hubiera pasado si la terminal de tierra hubiese estado intacta?
- 16.25 Se puede decir que el “aterizaje”, con respecto a la electricidad, puede ser tanto bueno como malo. Explique lo “bueno y lo malo” del aterrizaje eléctrico.
- 16.26 Explique la diferencia entre los términos “conductor aterrizado” y “conductor aterrizante”.
- 16.27 En cada una de las situaciones siguientes, explique la naturaleza del riesgo y describa los resultados probables.
- (a) Un trabajador roza con la pernera de su pantalón una tira terminal de 120 volts con tornillos terminales expuestos. Cada tercer tornillo tiene corriente, con tornillos neutros en medio.
- (b) La bota de un trabajador hace contacto con una barra bus de 440 volts. Se crea una trayectoria a tierra por el pie del trabajador y los clavos de la suela de la bota hasta el piso de concreto. La resistencia de la trayectoria a tierra es de 10,000 ohms.
- (c) Un trabajador alambra un circuito “activo” de 220 volts utilizando un destornillador con mango de madera. El destornillador resbala y su parte metálica hace un corto directo por la terminal activa y el neutro adyacente.
- (d) Un trabajador cambia un contacto de pared de 120 volts en un garaje, de pie en un piso de concreto. El circuito está energizado, pero el trabajador tiene cuidado de no tocar los alambres de corriente y neutro al mismo tiempo.
- 16.28 Un trabajador diestro está reparando un receptáculo para foco de luz de 120 volts con un destornillador de mango aislado. Está utilizando una camisa de manga corta, y su brazo derecho desnudo está apoyado en una tubería de agua. Un alambre de corriente desnudo hace contacto con la carcasa metálica del receptáculo que el trabajador sostiene en una mano mientras aplica el destornillador con la otra. Se forma una trayectoria a tierra con una resistencia total de 600 ohms. Calcule el flujo de corriente y describa la trayectoria probable. ¿Se activará el cortacircuitos? ¿Hay riesgo de electrocución? De ser así, ¿qué factores contribuyen?
- 16.29 Describa el fenómeno de la fibrilación y su efecto probable.
- 16.30 ¿Qué característica de la energía eléctrica agrava el riesgo de fibrilación?



- 16.31** Calcule el voltaje pico para una línea con un voltaje efectivo de 240 volts CA.
- 16.32** Un circuito CA tiene voltajes pico de  $\pm 80$  volts. Calcule el voltaje efectivo.
- 16.33** Un circuito CA tiene voltajes pico de  $\pm 170$  volts. Calcule el flujo de corriente *efectivo* en este circuito, si la carga total utiliza 60 watts de potencia. Calcule el flujo de corriente pico.
- 16.34** Explique por qué es tan importante que la resistencia sea baja en la trayectoria del “tercer alambre” hacia tierra. (Nota: “La electricidad sigue la trayectoria de menor resistencia” no es la respuesta correcta).
- 16.35** Explique por qué las herramientas eléctricas “en corto” pueden continuar operando. Hay por lo menos dos condiciones que llevarán a este fenómeno.
- 16.36** Explique por qué a menudo el común defecto de un alambrado de “tierra abierta” pasa inadvertido.
- 16.37** ¿Está bien utilizar equipo aprobado para división 1 en emplazamientos peligrosos de división 2? ¿Por qué? ¿Está bien utilizar equipo aprobado para clase I en emplazamientos peligrosos de clase II? ¿Por qué?
- 16.38** **Caso de diseño.** En una historia real de deceso por electrocución, la figura 16.17(a) ilustra cómo estaba sujeta al cable de energía una llave de mandril para un taladro manual, de forma que siempre a la mano para que el operador cambiara con ella las brocas. El deceso ocurrió cuando el alambre retorcido perforó el aislante del cable después de un uso continuado. La figura 16.17(b) muestra una manera mucho más segura de sujetar la llave de mandril. ¿Qué otros factores contribuyeron también al deceso y cómo se pudieron haber evitado? Suponga que la terminal de tierra de la clavija del taladro había sido cortada. ¿Cómo habría influido esta infracción en la muerte?



**Figura 16-17** Causa de una muerte por electrocución: la llave de mandril asegurada al cable mediante un amarre de alambre retorcido. (a) Sujeción poco segura e improvisada de la llave de mandril. El alambre o la cinta dañarán finalmente el aislamiento del cable. (b) Método más seguro de sujetar la llave de mandril.

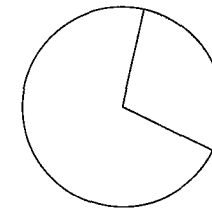
- 16.39** **Caso de diseño.** Una empresa de diseño e ingeniería arquitectónica busca consejo acerca de las normas de seguridad federal para el alambrado de un nuevo proceso para fabricar pigmentos. El proceso utiliza clorobenceno y libera concentraciones inflamables en las cercanías del equipo de proceso. Especifique la clasificación de clase, división y grupo apropiadas para el alambrado y el equipo eléctrico localizados en el área.
- 16.40** **Caso de diseño.** En el caso del ejercicio 16.15, suponga que otro proveedor de equipo de proceso propone un sistema totalmente cerrado en el cual las liberaciones ocurrirían sólo durante reparaciones o en caso de fuga. Tales situaciones surgen de la necesidad de limpiar cada tanto el mecanismo de

alimentación interna. ¿Tendrá el sistema cerrado algún impacto sobre la seguridad y el sistema de alambrado indicado?

## EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 16.41** Averigüe en Internet quién publica el *National Electrical Code*®. ¿Qué otros auxiliares de seguridad eléctrica ofrece esta organización?
- 16.42** Revise las estadísticas recientes sobre el número de electrocuciones anuales en su localidad. ¿Qué porcentaje ocurre “en el trabajo”? ¿Esta cantidad de electrocuciones aumenta o disminuye?
- 16.43** La frecuencia de las notificaciones de la OSHA cambia un poco cada año. Revise las estadísticas de imposición para determinar las cinco normas eléctricas más notificadas. ¿Corresponden a la información de este capítulo?

## Construcción



29% *Porcentaje de notificaciones de la OSHA a la industria en general relacionadas con este tema*

Este libro no estaría completo sin un capítulo dedicado a la industria de la construcción y su relación con el campo de la seguridad y la higiene. ¿Por qué se escoge esta industria, siendo que por lo demás el resto del libro es una aproximación general al tema? Son dos las razones principales. La primera es que desde hace largo tiempo la industria de la construcción se considera más peligrosa que las demás. Las instalaciones de trabajo son temporales y la economía dicta métodos diferentes para instalaciones como barandales y escaleras. La naturaleza misma del trabajo obliga a que se corran riesgos que en el resto de la industria se considerarían innecesarios. Estos riesgos adicionales bastarían para que la OSHA tuviera un interés especial en la construcción; pero la insistencia de esta oficina obedece a otra razón, que probablemente influye más. La Ley de Seguridad y Salud Laboral (*Occupational Safety and Health Act*) de 1970 fue antecedida por la Ley de Seguridad en las Construcciones (*Construction Safety Act*), Ley Pública 91-54. El resultado de esta secuencia es que las normas federales de seguridad en las construcciones ya estaban en vigor en el momento de la aprobación de la ley de la OSHA, más general. La ley de la OSHA incluía la adopción de las “normas federales” como normas de consenso nacional, pasando por alto los largos procedimientos de promulgación requeridos para normas nuevas. Así, se ha conservado un conjunto más bien completo de normas para la construcción (Parte 29 CFR 1926) independiente de las normas para la industria en general (Parte 29 CFR 1910). Las normas de construcción son un ejemplo clásico de normas “verticales”, a diferencia del método general de la OSHA de adoptar normas “horizontales”, tal como explicamos en el capítulo 4. El gerente de seguridad y salud de las empresas constructoras debe buscar primero en las normas verticales de construcción, pero debe estar consciente de que si la OSHA no puede encontrar una norma de construcción que cubra un riesgo de una obra en construcción, el inspector de cumplimiento tiene la libertad de recurrir a las normas generales emitir una notificación. Esto da una nueva dimensión al problema de obligar a la industria de la construcción a cumplir con las normas.

Este capítulo está dedicado principalmente a los gerentes de seguridad e higiene de empresas constructoras, pero los gerentes del resto de las industrias lo encontrarán de provecho. Casi todas las industrias tienen proyectos de remodelación o de expansión que exigen construcciones. Aun si contratara por fuera el proyecto, lo que suceda sigue siendo importante para la empresa, porque sus propios empleados pueden quedar expuestos a los riesgos provocados por el personal de construcción del contratista. Tales riesgos pueden ser tanto físicos como legales.

## INSTALACIONES GENERALES

### Iluminación

Curiosamente, hay normas para las obras en construcción que definen la intensidad de iluminación mínima para diversas áreas, en tanto que la industria en general no cuenta con una tabla parecida. La razón quizás se relaciona con los riesgos de tropezones y fosas, comunes en las obras en construcción, riesgos que se intensifican con una mala iluminación. La iluminación mínima normal de 1.5 metros-bujía es en realidad bastante baja para la iluminación del área de construcción en general, y la norma se reduce aun más, hasta 90 centímetros-bujía, para el colado de concreto, las áreas de excavación y desechos, los caminos de acceso, las áreas de almacenamiento activas, las plataformas de carga y las áreas de reabastecimiento de combustible y mantenimiento de campo. Los requerimientos de iluminación son más elevados para la mayoría de los *talleres* de construcción y áreas interiores.

### Manejo y almacenamiento de materiales

El verdadero ensayo de la estructura en la mayoría de los edificios ocurre durante su propia construcción. La carga más pesada que los pisos soportan son los materiales almacenados que se utilizan durante la construcción misma. Es necesario planear la situación a fin de evitar sobrecargas y un posible colapso. Todos los clavos deben retirarse de la madera usada antes de apilarla.

El aparejo para el manejo de materiales, como cadena, cuerda y cable, a menudo se usa hasta que falla. Si llega a ocurrir una falla en una obra en construcción, el gerente de seguridad y salud debe estar preparado para explicar por qué, dado que es obligatorio inspeccionar el aparejo antes de usarlo en *cada turno*.

La eliminación de desperdicios requiere de vigilancia durante toda la fase de construcción. Es difícil concentrarse en la eliminación de desperdicios y desechos cuando se trabaja con un plazo cercano, pero la acumulación de desechos peligrosos no sólo es poco segura, sino que también demora el avance. Se necesitan toboganes cubiertos para deshacerse de materiales desde alturas superiores a seis metros. Además, ciertos materiales de desecho, como el asbesto, requieren de una protección especial.

## EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Los requerimientos de la construcción en lo que se refiere al equipo de protección personal son similares a los de la industria en general. La principal diferencia es de énfasis.

### Cascos protectores

Al principio de la lista está la protección de la cabeza; sin duda, el casco protector es un símbolo en la industria de la construcción. Tan notoria es la falta de cascos protectores en una cuadrilla, que la regla se presta para avergonzar, tanto a los trabajadores como al gerente. Sólo se citan condiciones generales sobre *cuándo* son necesarios los cascos protectores. Se deja la decisión en manos del gerente de seguridad y salud y, como señalamos en el capítulo 11, se recomienda ser prudente.

### Protección para los oídos

Quizás sorprenda a algunos lectores que la protección para los oídos sea una preocupación en la *construcción*, pero en este trabajo a veces se producen niveles dañinos de ruido. Por ejemplo, piense en los niveles de ruido y la duración de la exposición de un “martillo neumático”.

### Protección de ojos y cara

La preocupación más importante en lo que se refiere a los ojos de los trabajadores de la construcción es por daño mecánico, como al usar remachadoras de acero estructural, esmeriles, herramientas eléctricas, herramientas para trabajar madera, boquillas para concreto y otros equipos que producen chispas y partículas. Los trabajadores de la construcción pueden estar expuestos incluso al láser, pues se emplea en algunas herramientas para verificar la alineación y la deflexión de las vigas de acero en puentes y edificios.

### Protección contra caídas

Dado el número de muertes y lesiones que causa, en el trabajo de la construcción el riesgo mayor son las caídas. Donde en la industria en general quizá haya una pared permanente, en la construcción puede tener sólo un barandal. Donde en la industria en general hay un barandal permanente, en la construcción puede tener un barandal temporal o quizás nada. Donde en la industria en general hay una escalera permanente, en la construcción quizá haya una escalera vertical temporal. Las escaleras fijas de la industria en general quizás tengan jaulas o dispositivos de seguridad, mientras que las escaleras de construcción a menudo no tienen ninguna protección.

El equipo de protección personal es la respuesta a muchos riesgos de caída en la industria de la construcción, simplemente porque la protección por otros medios puede ser estorbosa y aún imposible. Los arneses corporales y los cabos acolladores atados a cuerdas salvavidas son esenciales para la seguridad de los trabajadores de la construcción sujetos a riesgo de caídas.

Un error que se comete al seleccionar equipo de protección contra caídas es improvisar con cinturones de cuero y cuerdas comunes. Un cinturón de cuero y hebilla ordinarios no satisfará la prueba especificada de 2000 kilos de resistencia a la tensión para herraje de protección contra caídas. Nadie pesa 2000 kilos, pero lo que importa en la caída es la carga por impacto, que puede ser varias veces superior al peso muerto ordinario. Por tanto, si una persona de 100 kilos cae, genera una fuerza de media o una tonelada sobre el sistema de protección contra caídas. Utilizando un factor de seguridad de aproximadamente cuatro, es fácil ver por qué la norma especifica un límite de carga a la tensión de 2000 kilos.

El cabo acollador es la parte del sistema de protección contra caídas que se sujeta al arnés corporal por un extremo y al cabo o estructura salvavidas por el otro. El cabo acollador debe tener una resistencia a la ruptura nominal de 2 700 kilos. La norma aplicable específica “nylon de 1.3 centímetros o equivalente”. Tenga cuidado de no sustituir el nylon de 1.3 centímetros con materiales de resistencia a la ruptura equivalente. La fuerza a la tensión o a la ruptura no es la única consideración al seleccionar un cabo acollador. En las cuerdas de fibra artificial hay cierta elasticidad que amortigua la carga por impacto al detener una caída.

Un punto importante respecto a los cabos acolladores de seguridad es que no deben ser demasiado largos. La norma específica “una longitud máxima para permitir una caída no mayor de 1.8 metros”. El razonamiento es que no tiene sentido impedir una caída con el cabo acollador, si el trabajador ya ha caído tanto que el impacto por la cuerda será mortal. Sin embargo, a menudo se interpreta mal la norma sobre este punto. Observe cuidadosamente que la redacción de la norma no limita la longitud del cabo acollador a 1.8 metros. La figura 17.1 aclara el punto.

Una dificultad consiste en tratar de sujetar el cabo acollador a un cabo salvavidas vertical, especialmente cuando el acollador debe ajustarse arriba o abajo sobre el salvavidas, como cuando se trabaja en un andamio. Es necesario que el acoplamiento se deslice libremente cuando sea necesario, pero debe trabarse y sostener si el trabajador cae. Hay dispositivos mecánicos, pero el nudo de triple vuelta (que se muestra en la figura 17.2) es fácil de hacer y vale para este fin.

En general, la protección contra caídas se considera desde el punto de vista de la altura, pero el trabajo sobre o cerca del agua presenta un riesgo diferente. Incluso el mejor de los nadadores tendrá dificultades si se cae en el agua totalmente vestido y quizás cargado de herramientas, equipo o materiales como remaches o pernos. Si el agua está más bien fría, el peligro de hipotermia aumenta el riesgo de ahogarse.

Los riesgos de ahogarse son tomados muy en serio en las normas federales, que requieren

1. Salvavidas o chalecos de trabajo flotante y
2. Boyas de aro cada 60 metros y

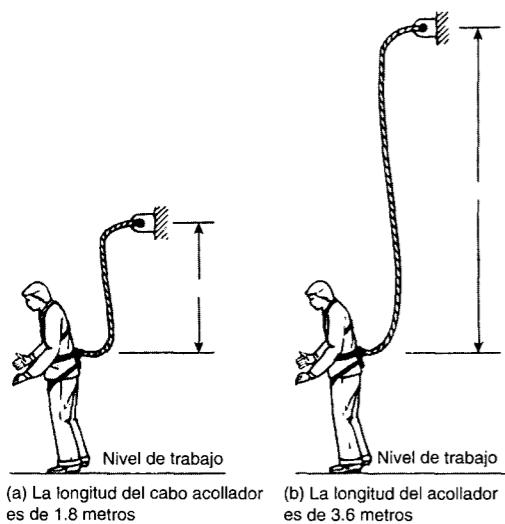


Figura 17-1 La longitud máxima del cabo acollador debe permitir una caída no mayor a 1.8 metros.

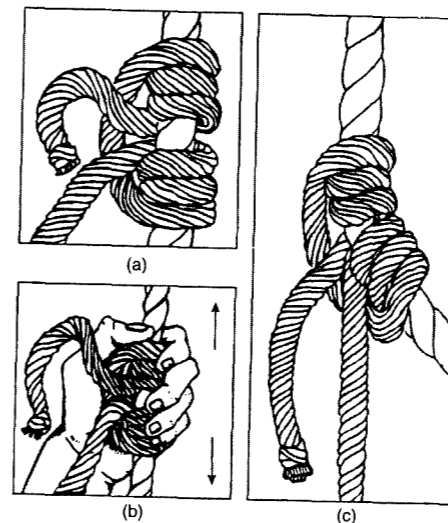


Figura 17-2 (a) Nudo de vuelta triple hecho con el extremo libre del cabo acollador; (b) se eleva y desciende fácilmente deslizándose sobre el cable o cabo salvavidas; (c) cuando se tira fuerte del cabo acollador, como en una caída, el nudo triple no se deslizará sobre el cabo salvavidas.

### 3. Un esquife salvavidas

siempre que los empleados trabajen por encima o cerca del agua y corran el peligro de ahogarse.

## PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

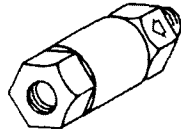
Desde el punto de vista de la pérdida de propiedades, los incendios son más peligrosos después de que el edificio se ha terminado, pero para proteger a los trabajadores de la construcción se deben controlar también los riesgos de incendio durante la misma. Las obras en construcción tienen mayor libertad para distribuir extinguidores de incendio que la que tienen las industrias en general. Se puede utilizar incluso una manguera de jardín ordinaria en lugar de extinguidores de incendio. Pero hay tantas restricciones sobre tal uso de mangueras de jardín que la mayoría de los gerentes de seguridad y salud lamentarán haber considerado esta alternativa.

El mayor problema respecto a la prevención de incendios durante la construcción es el manejo de líquidos inflamables. Para los ordinarios, como la gasolina, las cantidades transportadas no deben ser mayores a 3.78 litros, a menos que se utilicen latas metálicas de seguridad aprobadas. Las latas metálicas de seguridad aprobadas deben utilizarse para cantidades de hasta 3.78 litros, a menos que el líquido inflamable se utilice directamente desde su contenedor original. Los contenedores deben mantenerse lejos de escaleras y de salidas y pasillos.

## Herramientas

Es bien sabido que las cabezas en forma de hongo en cinceles, cuñas y otras herramientas de impacto son poco seguras. El riesgo es que una esquirola de metal se desprenda y cause una lesión grave al ojo, incluso la pérdida total de la vista. Otro problema de las herramientas manuales corresponde a los mangos defectuosos, especialmente las cabezas de martillo flojas.

Las obras en construcción emplean a veces herramientas neumáticas, como taladros, engrapadoras o clavadoras. Las herramientas neumáticas deben estar aseguradas a la manguera



**Figura 17-3** Dispositivo en línea para evitar movimiento de látigo en caso de falla de una manguera neumática.

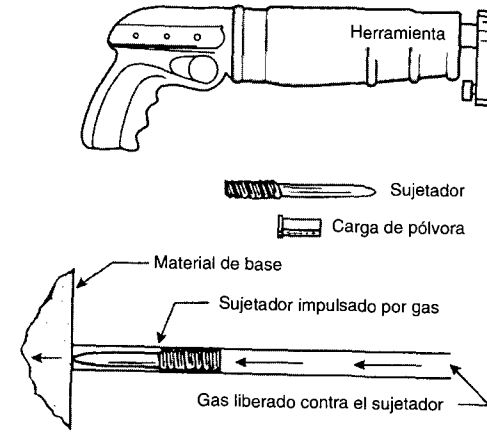
mediante algún medio, a fin de impedir una desconexión accidental. Las mangueras mayores a 1.3 centímetros de diámetro interior necesitan un dispositivo reductor de presión, para impedir una acción de látigo en caso de fallas. La figura 17.3 es un diagrama de un dispositivo reductor de presión para este fin. Es un simple dispositivo en línea, que usualmente se coloca entre la manguera y el compresor. Por desgracia, el dispositivo reduce la capacidad total del sistema. Operando a toda capacidad, por ejemplo cuando se conectan varias herramientas al mismo tiempo, la presión corriente abajo se vuelve tan baja que el dispositivo (válvula cargada con resorte) comienza a cerrar, como si la tubería corriente abajo se hubiera roto. Esto cierra o casi el suministro de aire a las herramientas, por lo que el sistema es inútil a esa capacidad. El resultado es que el trabajador retira el dispositivo de la línea y desaparece. Éste es un dolor de cabeza para muchos gerentes de seguridad y salud.

Se han descubierto algunas aplicaciones para herramientas de operación hidráulica, en particular en el campo de la construcción de los servicios públicos. Las herramientas hidráulicas operan según el mismo principio que las neumáticas, pero como medio utilizan líquidos en lugar de aire. Las presiones del fluido pueden alcanzar 3000 psi manométricos, aproximadamente 20 veces la máxima presión que alcanzan herramientas neumáticas. Presiones tan elevadas dan a las herramientas hidráulicas una potencia mucho mayor que las herramientas neumáticas, pero se corren riesgos si se exceden los límites de presión de operación del equipo. Sin embargo, desde el punto de vista del ruido en el trabajo las herramientas hidráulicas tienen ventajas de seguridad e higiene sobre las neumáticas. Los riesgos adicionales debido a los fluidos hidráulicos son la conductividad eléctrica y el incendio. Estos riesgos tienden a entrar en conflicto, puesto que los fluidos más resistentes al fuego son conductores eléctricos. Cuando se trabaja en la construcción y modificación de sistemas de servicio de transmisión y distribución eléctrica, el riesgo de la conductividad eléctrica es más grave que el de incendio. Es necesario que los fluidos hidráulicos utilizados para las secciones aisladas de camiones grúas, elevadores aéreos y herramientas hidráulicas utilizados en o cerca de cables y equipo energizados para la transmisión y distribución de la energía sean del tipo aislante. Los fluidos utilizados en las herramientas hidráulicas empleadas en otras aplicaciones deben ser resistentes al fuego.

Las herramientas energizadas con pólvora llevan una carga explosiva para suministrar de la fuerza necesaria. La aplicación de estas herramientas está aumentando, porque son a la vez rápidas y eficaces. La incrustación de sujetadores en concreto, en obras de tabique o en acero demanda grandes y bien colocadas fuerzas de impacto. Las herramientas de impacto de pólvora son capaces de suministrar estas fuerzas de manera conveniente, con lo que aceleran el trabajo. Pero a la par de esta velocidad, fuerza y conveniencia, vienen riesgos de seguridad.

Una herramienta de impacto de pólvora parece y opera como una pistola, según se aprecia en la figura 17.4. Hasta los cartuchos de pólvora parecen balas. Sin embargo, en las herramientas de impacto de pólvora el proyectil es independiente del cartucho, como se muestra en la figura 17.4.

Las herramientas de impacto de pólvora son en ciertos aspectos más peligrosas que las pistolas. Funcionan con una variedad de cartuchos y con una amplia gama de grados de potencia. Un experto



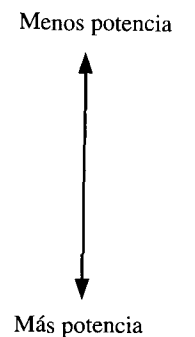
**Figura 17-4** Herramienta de sujeción de impacto por pólvora. (Fuente: NIOSH, ref. 121.)

ha de escoger con sumo cuidado los cartuchos. Una potencia insuficiente no hará el trabajo; demasiada potencia puede disparar el sujetador del otro lado del material y matar a un compañero en otra habitación (como en efecto ha ocurrido). Para evitar tales riesgos, y por conveniencia, los cartuchos tienen un código de color que los identifica. Los cartuchos metálicos están disponibles en 12 grados de potencia, como se muestra en la tabla 17.1. Podría ser necesario respaldar el trabajo con algún material que impida que el sujetador lo atravesase totalmente.

También se requieren conocimientos y buen juicio para evitar materiales muy duros o frágiles, como el hierro colado o fundido, el mosaico vidriado, el acero cementado, los bloques de vidrio, la roca viva, el tabique de fachada o el tabique hueco. Si el material fue astillado o agrietado por un sujetador anterior no satisfactorio, el nuevo sujetador debe colocarse en otra parte. Los sujetadores que se ponen demasiado cerca del borde del material pueden provocar la fragmentación explosiva del material del borde. Obviamente, siempre es necesario proteger los ojos al utilizar herramientas de impacto por pólvora.

**Tabla 17.1** Identificación por color para las cargas de potencia en cartucho para herramientas de impacto por pólvora

Nivel de potencia	Color del cartucho	Color de la carga
1	Latón	Gris
2	Latón	Café
3	Latón	Verde
4	Latón	Amarillo
5	Latón	Rojo
6	Latón	Morado
7	Níquel	Gris
8	Níquel	Café
9	Níquel	Verde
10	Níquel	Amarillo
11	Níquel	Rojo
12	Níquel	Morado



## ELÉCTRICOS

A menudo, los trabajadores de la construcción están en contacto con la tierra y trabajan en emplazamientos húmedos, en condiciones adversas. La electrocución, junto con las caídas, encabeza la lista de causas de muerte entre los trabajadores de la construcción.

Un requerimiento fundamental en las obras en construcción es que todos los contactos de 15 y 20 amperes tengan ya sea un interruptor de circuito por falla de tierra (ICFT) o un programa de aseguramiento del conductor de tierra en el equipo, incluyendo inspección, pruebas y registros. Los gerentes de seguridad e higiene de las empresas constructoras se enfrentan a una decisión entre las dos alternativas, y los siguientes párrafos pretenden ayudarlos a tomarla.

En el capítulo 16 explicamos el propósito y el principio de operación del ICFT. Los riesgos por descarga eléctrica por fallas a tierra son mayores en obras en construcción que en la industria en general. Debido a los mayores riesgos, el *National Electrical Code*® especificó los ICFT para la construcción, pero no para la industria en general, aunque serían valiosos en cualquier circuito eléctrico que diera servicio a aparatos o herramientas manuales. Muchas personas los han instalado en sus domicilios.

Parece que casi todo dispositivo de seguridad tiene sus inconvenientes, y el ICFT no es la excepción. El dispositivo monitorea cualquier diferencia en el flujo de corriente entre los conductores de tierra y neutral con una exactitud de fracciones de miliampere. Pero hay formas en que estas corrientes pueden desequilibrarse sin ningún riesgo. Ocurren diminutas fugas de corriente por razones insignificantes. Un aislamiento húmedo o debilitado puede provocar una capacitancia entre conductor y tierra, de lo que surge una fuga diminuta. Aunque ninguna de estas situaciones por sí misma representa un riesgo notable, su efecto acumulado podría bastar para activar el ICFT y desconectar todo el circuito. A esto se le llama *activación molesta* y ha convertido al dispositivo en tema de polémica en la industria de la construcción.

En el capítulo 16 citamos una alternativa permisible a los ICFT: un cuidadoso mantenimiento de los conductores de tierra del equipo eléctrico, que incluya inspecciones periódicas y registros. La idea del “programa de aseguramiento del conductor de tierra en el equipo” es que, si una herramienta eléctrica hace corto con la carcasa o el mango, el sistema de aterrizaje del tercer alambre aumentará la corriente para activar rápidamente el cortacircuitos. Por lo tanto, un buen conductor de tierra puede proveer una protección semejante al ICFT.

El programa de aseguramiento del conductor de tierra en el equipo es atractivo para muchas empresas constructoras porque así no tienen que comprar equipo de ICFT, además de que también se ahorran la llamada *activación molesta* de la que ya hemos hablado. Pero aunque los costos son menos tangibles, no dejan de estar presentes en la alternativa de aseguramiento de tierras. Se necesitan instrumentos y tiempo para probar los conductores de tierra, y el asunto del registro siempre incurre en costos intangibles. Un análisis del impacto económico de las dos alternativas estimó un costo de cumplimiento de 87.5 millones de dólares por la adquisición, instalación y mantenimiento del primer año de los ICFT, en tanto que calculó que el aseguramiento del conductor de tierra en el equipo tendría costo por los mismos rubros de 36 a 43.8 millones de dólares. La inflación cambia las estimaciones absolutas de costo anual, pero la diferencia relativa entre los costos de ambas opciones muestra que el programa de aseguramiento es más económico.

En las obras en construcción, la iluminación temporal es un problema eléctrico más frecuente que en el resto de la industria. A menudo se ven focos ordinarios suspendidos de cables eléctricos. Los cables y las luces deben estar *diseñados* para este fin; todos los cables eléctricos para la iluminación temporal deben ser para servicio pesado y se debe mantener el aislamiento en buenas condiciones. Para evitar un contacto accidental con los focos, hay que protegerlos a menos que la construcción del reflector sea tal que los focos queden bien fuera de alcance.

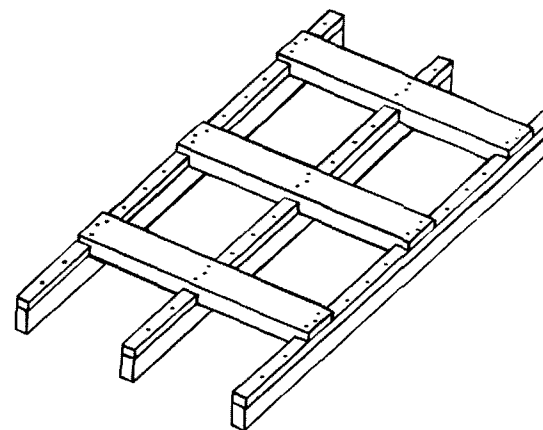
Una obra en construcción consiste de una profusión de situaciones temporales, y los cables eléctricos o extensiones colgados por toda el área son una escena común. Pero también maniobran por el vehículo de servicio pesado, como equipo de excavación, camiones con cargas pesadas y camiones u ollas de entrega de concreto. La situación es demasiado peligrosa para permitir que cables eléctricos atraviesen las áreas de trabajo, a menos que se cubran o eleven para protegerlos de daños. En los cables flexibles no están permitidos los empalmes, a menos que estén moldeados o vulcanizados apropiadamente.

## ESCALERAS DE MANO Y ANDAMIOS

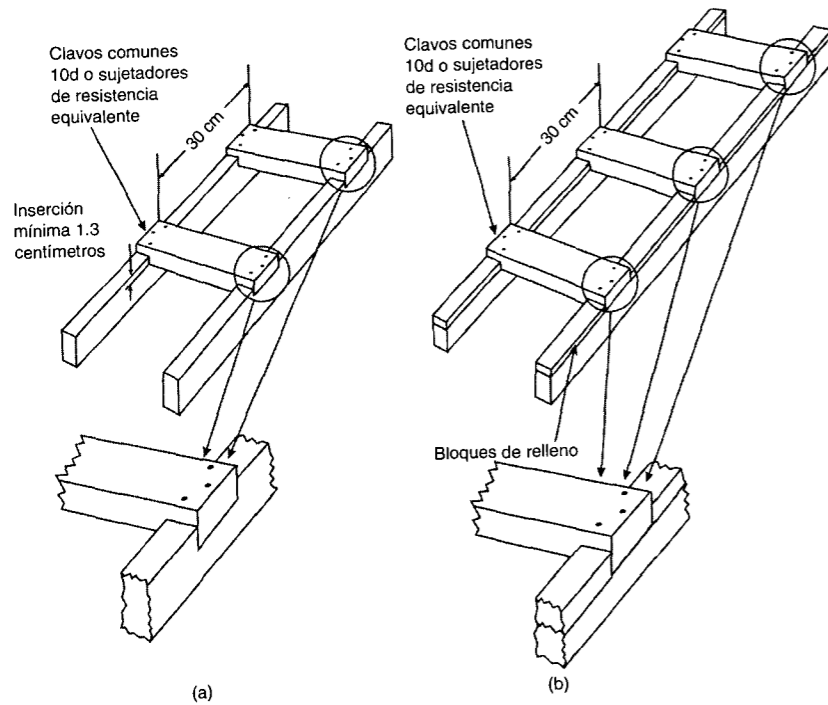
Las cláusulas para el “cuidado y uso” de escaleras de mano son de lo más importante tratándose de la construcción, lo mismo que en la industria en general, como explicamos en el capítulo 7. Sin embargo, las escaleras utilizadas en las obras en construcción tienen algunas diferencias que han provocado algunos problemas.

### Escaleras hechas en el trabajo

Las empresas constructoras suelen fabricar sus propias escaleras, que no son ilegales si se construyen como deben. El primer requerimiento es determinar cuántas personas van a aprovecharlas. Si se prevé tránsito simultáneo en dos direcciones, una escalera convencional no funcionará y es preciso acondicionar una escalera con barrotes dobles, como la que se muestra en la figura 17.5. De hecho, si la escalera es el único medio de acceso o salida de un área de trabajo para 25 o más personas, la escalera con barrotes dobles es *obligatoria*, a menos que se provea de dos escaleras.



**Figura 17-5** Escalera con barrotes dobles para tránsito simultáneo en dos direcciones.



**Figura 17-6** Dos formas aceptables de colocar los barrotos en escaleras para obras en construcción hechas en el trabajo: (a) los barrotos insertos en los rieles laterales; (b) barrotos apuntalados con bloques de relleno.

El mayor error que se comete al construir escaleras en el trabajo o en el hogar es no insertar los barrotos en los rieles laterales (véase la figura 17.6). Significa mucho más trabajo insertar los barrotos o utilizar bloques de relleno que simplemente clavarlos en su sitio, pero su seguridad y estabilidad aumenta varias veces.

## Andamios

El tema de los andamios puede ponerse algo técnico, pero los detalles técnicos pueden resultar muy importantes. El gerente de seguridad e higiene encontrará útil y a veces imperativo recurrir a los servicios de un ingeniero profesional registrado. Ésta es un área en la cual la credencial, así como los conocimientos, pueden ser de gran provecho.

Uno de los aspectos técnicos de los andamios es el factor de seguridad. El factor de seguridad por diseño de los andamios y sus componentes es de cuatro, y se eleva a seis para los cables que soportan andamios suspendidos. La aplicación de contrapesos, amarres, pies y la provisión por carga eólica pueden ser bastante técnicos, y es recomendable la evaluación de un ingeniero.

El gerente de seguridad e higiene se sentirá perdido por los muchos nombres confusos de andamios listados en las normas de construcción aplicables. Pero la mayor parte de los andamios con nombres poco familiares, como “andamios plegables”, “andamios con soporte lateral” y “tablón con listones”, son muy raros. Los más populares son los siguientes:

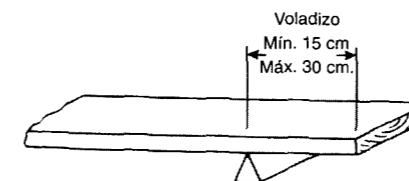
- De marco soldado (o andamios “de armadura de cama”)
- Andamios móviles de propulsión manual (sobre rodajas)
- De suspensión de dos puntos (o andamios “de columpio”)
- Andamios de tubo y acoplador

Algunos andamios, como los de tubo y acoplador y los de marco soldados se apoyan en una estructura sobre tierra y deben tener bases sólidas. Si el suelo está en pendiente, quizá sean necesarios gatos de andamio para nivelar las bases. Cierta “encajonado artificial” puede ser aceptable, pero no se aceptan objetos tan inestables como barriles, cajas, ladrillos sueltos o bloques de cemento. Los bloques de cemento resultan un verdadero problema, porque la mayoría de la gente siente que son muy fuertes y rígidos. Pero los andamios concentran mucho las cargas en unos pies relativamente pequeños, y bien pueden atravesar por completo un bloque de cemento moldeado. Si el soporte de un andamio perfora su apoyo, es probable que ocurra un movimiento peligroso y las consecuencias pueden ser muy serias. Tal incidente tiene mayor probabilidad de ocurrir en el peor momento (esto es, cuando hay personal sobre el andamio).

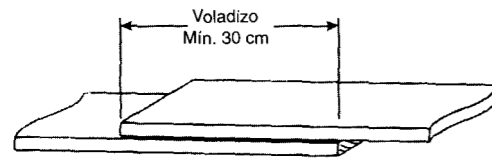
En andamios suspendidos desde arriba, como los de suspensión de dos puntos (de columpio), la seguridad de la sujeción en el techo es de importancia evidente. Debido a que los techos varían en estructura y diseño, un ingeniero puede ser muy útil para asegurar un punto de anclaje seguro. Los ganchos de cornisa están diseñados para engancharse sobre el borde, no en él. Además, se necesitan retenes adicionales como medios de soporte secundario. Algunas veces no hay en el techo una estructura sólida para la retenida, y la única solución es cruzar todo el techo y bajar a tierra por el otro lado del edificio. Amarrar el andamio a un tubo de ventilación ordinario equivale a llamar a los problemas.

Los cinturones de seguridad y los cabos salvavidas para el personal sobre andamios de columpio suspendidos deben estar sujetos al edificio, no al andamio. Así, si el andamio falla, se puede salvar al personal. Para guías sobre la sujeción del cabo acollador al cabo salvavidas, vuelva al análisis sobre protección contra caídas.

El piso del andamio también es importante. Las planchas sueltas pueden ser especialmente peligrosas si el voladizo fuera del soporte es insuficiente como seguridad. Pero demasiado voladizo puede ser también peligroso, porque un trabajador podría dar un paso más allá del soporte y hacer que la plancha se incline como en un sube y baja. La figura 17.7 muestra los mínimos y máximos voladizos de la plancha. La figura 17.8 muestra la superposición mínima, a menos que las planchas estén aseguradas contra movimiento.



**Figura 17-7** Especificaciones de voladizo máximo en una plancha de andamio.



**Figura 17-8** Especificaciones de superposición de plancha de andamio.

## PISOS Y ESCALERAS

Como en la industria en general, la norma para la guarda de pisos y plataformas con costados abiertos es una de las notificadas con mayor frecuencia en la construcción. Curiosamente, en lugar de establecer una distancia de caída vertical de 1.2 metros, como en el resto de la industria, la especificación para la construcción es de 1.8 metros. Así, un piso o plataforma con costados abiertos, a 1.8 metros o sobre el nivel del piso debe estar protegido por un barandal común. Los pasillos a 1.2 metros de altura o más deben resguardarse.

Durante la construcción de edificios con escaleras, los trabajadores las utilizan durante las operaciones de terminado. Si las escaleras del edificio están diseñadas adecuadamente (véase el capítulo 7), el gerente de seguridad e higiene de la empresa tiene poco de qué preocuparse.

Es necesario mencionar un peligro latente en el uso de las nuevas escaleras del edificio durante la construcción. Muchas escaleras y descansos actuales están contruidos de acero, con escalones huecos en forma de sartén que se rellenan en el sitio con concreto u otros materiales. Los contratistas a menudo dejan hasta el final el trabajo de vaciar los escalones. Entretanto, los trabajadores se apoyan sobre los escalones huecos, sujetos al riesgo de tropezarse con el borde de acero. Por supuesto, la exposición al riesgo es inevitable durante la construcción de las escaleras. Pero una vez que se han instalado, se puede utilizar madera u otro material temporal para rellenas el espacio y eliminar el riesgo de tropezón hasta la terminación del edificio.

## GRÚAS Y MALACATES

Las grúas, malacates y demás equipo de manejo de material o de personal son herramientas esenciales en la industria de la construcción. En el capítulo 13 exploramos en detalle los riesgos de estas máquinas. En este capítulo analizaremos el tema desde el punto de vista de la construcción, donde más se emplean estas máquinas.

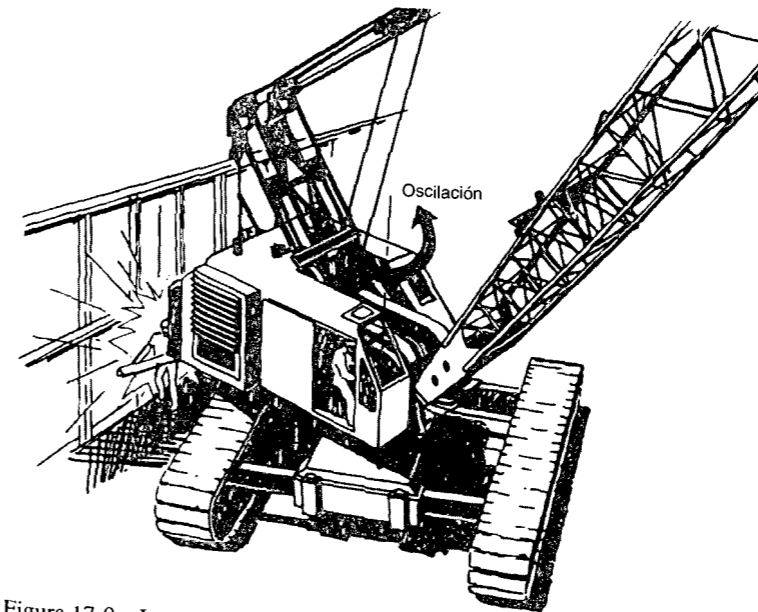
En el capítulo 13 hablamos del riesgo del doble bloqueo. Aunque puede ser un riesgo en cualquier grúa o malacate, la mayoría de las muertes que ha causado han tenido lugar en la industria de construcción. Una grúa puede tener doble bloqueo de muchas maneras: al levantar la carga, al extender el aguilón e incluso al bajar el aguilón de una grúa con un malacate estacionario, montado en la parte trasera de la bisagra del aguilón. Es difícil que el operador sortee todos los dobles bloqueos de las máquinas, y por ello han ocurrido muertes incluso cuando eran operadores experimentados los que controlaban las grúas. En 1973, la norma del ANSI<sup>1</sup> para grúas móviles hidráulicas incorporó el requerimiento de “una característica de prevención de daños por doble bloqueo” en las grúas de

<sup>1</sup>ANSI B30.15-1973

aguilón telescópico de menos de 18 metros de extensión. Los gerentes de seguridad e higiene deben huir de la tentación de adquirir equipo viejo, que quizás no esté fabricado de acuerdo con las normas de seguridad. Y para el equipo que ya ha sido adquirido, se debe considerar la factibilidad de las adaptaciones.

En las obras en construcción, la ejecución simultánea de muchas partes del proyecto significa que muchas veces el personal estará trabajando alrededor o cerca de una grúa en operación. El operador de la grúa evitará mover la canasta u otra carga sobre el personal y tratará de evitar que la cabina golpee a nadie, pero no es posible que vigile todas las partes móviles todo el tiempo. Particularmente peligrosa es la parte trasera de la cabina, que en muchos modelos oscila hacia fuera de la oruga u otra subestructura cuando la cabina y el aguilón giran, como se muestra en la figura 17.9. Este movimiento ocurre en cada ciclo de operación y es una amenaza constante al personal de tierra. El riesgo es muy serio, y los accidentes tienen gran probabilidad de causar muertes. El empleado puede ser golpeado o bien aplastado entre la cabina y algún otro objeto, como una pared, un montón de materiales u otro vehículo.

Otro riesgo serio de las grúas de construcción es la posibilidad de contacto con líneas aéreas de energía eléctrica vivas y expuestas. Todos los años, el contacto del aguilón con líneas de transmisión de alto voltaje produce accidentes mortales. Entre mayor sea el voltaje, mayor deberá ser el espacio entre la grúa y la línea de transmisión eléctrica para evitar arcos. Las normas federales reconocen esta realidad, y establecen fórmulas para el cálculo del espacio mínimo requerido para diversos voltajes. Como durante el tránsito pudiera ser difícil mantener las distancias, las normas de la OSHA son un poco más flexibles por lo que se refiere a las grúas en tránsito. Para complicar el problema, los



**Figura 17-9** La parte trasera de la cabina de la grúa es un área peligrosa debido al radio de oscilación. (Fuente: Cortesía de Construction Safety Association of Ontario.)



		Voltaje de la línea aérea		
		50 kV	345 kV	750 kV
En tránsito	Construcción	1.2 m.	3 m.	4.8 m.
	Industria en general		1.2 m.	
En operación	Construcción	3 m.	3 metros + [.63 cm × (voltaje de línea nominal) – 50kV]	
	Industria en general			
		Voltaje de la línea aérea		
		50 kV	345 kV	750 kV

Figura 17-10 Espacio de las grúas con las líneas de transmisión eléctricas.

requerimientos para grúas del resto de la industria son diferentes, lo que da por resultado en un conjunto enredado de requerimientos. Éstos aparecen resumidos en la figura 17.10.

Una costumbre habitual de los trabajadores es “montar la bola de jaquecas”. La figura 17.11 revela que la bola de jaquecas es el peso en forma de pelota que sirve para mantener la tensión necesaria en el cable cuando el gancho no está cargado. A muchos los trabajadores les gusta pararse sobre la bola y dar un paseo, utilizando la grúa como elevador, una práctica que horroriza a los transeúntes. El pasear sobre la bola de jaquecas no está previsto en las normas de la OSHA, pero se considera peligroso. La OSHA puede recurrir a la Cláusula de Deber General y citar prácticas peligrosas con probabilidad de causar la muerte o serios daños físicos. También puede citar la falta de protección contra caídas, pues los trabajadores que cabalgan en la bola de jaqueca no están protegidos. La costumbre es tan visible desde la calle que fácilmente puede ocasionar una inspección de la OSHA. Si los trabajadores han de ser subidos mediante la grúa, se recomienda utilizar una jaula de levantamiento sujeta al gancho.

Las grúas de martillo son enormes estructuras que se valen de contrapesos en el extremo del brazo opuesto al trabajo (véase la figura 17.12). Se emplean en la construcción de edificios grandes. Algunas veces, los trabajadores de la construcción tendrán que laborar *sobre* el brazo horizontal, lo que presenta un riesgo mortal de caída. Para protegerlos se necesitan barandales o cinturones de seguridad, cabos acolladores y cabos salvavidas.

A veces se utilizan también helicópteros para ciertas operaciones, como la colocación de un capitel. Aunque son poco frecuentes, los riesgos de esta operación son peculiares y por tanto merecen alguna mención. Los cables de maniobra ordinarios, que se usan en todas las grúas para controlar la carga desde abajo, pueden ser un riesgo en el caso de los helicópteros porque se pueden atorar en los

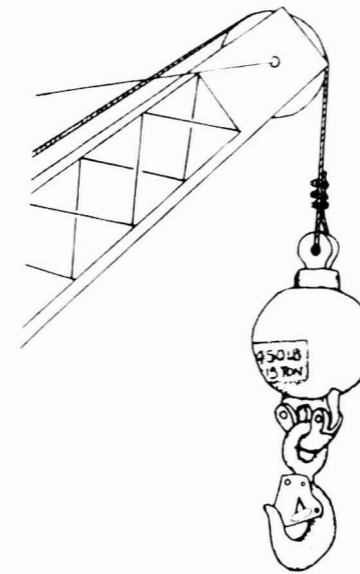


Figura 17-11 Bola de jaquecas. Estas bolas varían en peso, desde menos de 50 kilos hasta una tonelada o más. El peso de la bola supera la fricción de las poleas del cable de la grúa. La bola de jaquecas no debe confundirse con la bola de demolición, mucho más pesada.

rotores y causar una tragedia. Los cables de maniobra deben ser de longitud tal que no sea posible que se enreden en los rotors.

Los ganchos de carga son otro problema de los helicópteros que hacen las veces de grúa. En las grúas ordinarias, la única preocupación es que el gancho aguante la carga y no la suelte en el momento equivocado. En los helicópteros, además de este problema se tiene la preocupación de que el gancho *no* suelte la carga en el momento correcto. Los ganchos de carga para las grúas de helicóptero necesitan un control mecánico de emergencia para soltar la carga en caso de que la liberación eléctrica falle.

Otro efecto inusual que puede representar un riesgo es la generación de una carga eléctrica estática en la carga, que se genera por la fricción del aire con el rotor y otras partes móviles. Para enfrentar el riesgo se puede utilizar un dispositivo de tierra que disipe la carga estática antes de que personal de tierra se acerque. También se usan guantes protectores de goma. Una vez que la grúa aterriza, la carga estática se disipa directamente a tierra.

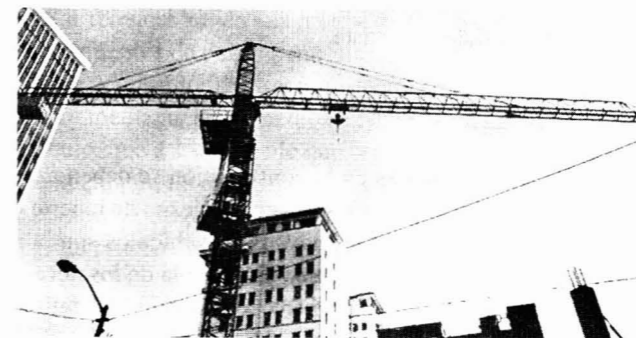


Figura 17-12 Grúa de martillo.

Un riesgo indirecto producto de los helicópteros es el incendio en tierra. Las aspas rotatorias generan tanto viento en tierra que se considera poco seguro tener fuegos abiertos en la trayectoria de un helicóptero que vuela bajo.

### Elevadores de material y de personal

A menudo en las obras en construcción se utilizan elevadores externos temporales para transportar trabajadores y materiales. Deben diseñarse, mantenerse y emplearse de la forma correcta a fin de evitar riesgos graves. La gravedad de estos riesgos me toca muy de cerca, porque mi hermano escapó por poco de un accidente mortal en un elevador de esta clase, que falló y causó la muerte de dos de los cinco miembros de su sección de inspección de ingeniería en una refinería de petróleo. Otros dos quedaron discapacitados total y permanentemente y el quinto, mi hermano, no sufrió ningún daño porque ese día le habían pedido que se quedara en la oficina a terminar un dibujo de ingeniería.

Los requerimientos de diseño para elevadores de personal y de material son diferentes, y uno de los principales factores de seguridad consiste en respetar la distinción. Los elevadores de material deben señalarse claramente con la leyenda “No se permiten pasajeros”. Por otro lado, se permite transportar material en un elevador de personal siempre que no se exceda su capacidad nominal.

Se necesitan puertas con pestillo para proteger todo el ancho de la entrada del pasillo de elevadores, tanto de material como de personal. En el caso de los elevadores de personal, un enclavamiento eléctrico debe impedir que el levantador se mueva cuando la puerta está abierta; además, las puertas de entrada deben tener cerrojos mecánicos, accesibles sólo a quienes se encuentran dentro del carro.

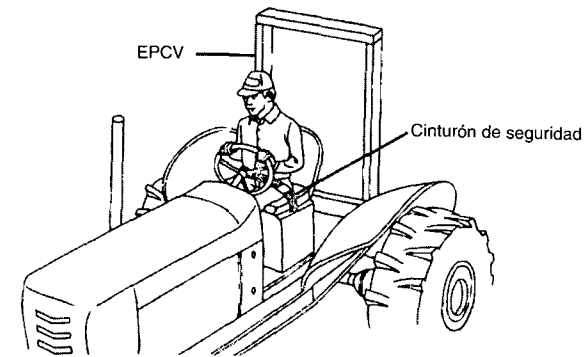
### Elevadores aéreos

En las obras en construcción se necesita una alternativa a los andamios, escaleras y elevadores para los emplazamientos altos e incómodos. El uso de plataformas de aguilón o “canastas” aéreas montadas en vehículos está ganando popularidad. Por lo general, el aguilón es *articulado* (capaz de doblarse por la mitad), *extensible hidráulicamente* (telescópico) o ambos.

El mayor problema de los elevadores aéreos no es su construcción, sino la forma en que se utilizan. Quienquiera que vaya en una canasta aérea necesita distinguir la diferencia entre su percha y *terra firma*. El piso de la canasta es el único lugar donde ponerse de pie (y no en una escalera o una plancha transportadas arriba). También es peligroso sentarse en el borde de la canasta. Incluso si el trabajador *está* bien parado en la canasta, necesita un cinturón corporal con cabo acollador atado al aguilón o a la canasta, como protección contra riesgos como el encuentro sorpresivo con una rama de árbol o un bache en el piso que lo saque volando de la canasta.

### VEHÍCULOS Y EQUIPO PESADO

Después de las caídas y las electrocuciones, más muertes en la construcción se deben a vehículos, tractores y equipo de movimiento terrestre que a cualquier otro riesgo. El riesgo de muerte lo corren tanto los conductores del equipo como sus compañeros. Los *vuelcos* de vehículos son la principal causa de muerte de conductores, en tanto que los *atropellamientos* dan cuenta de los decesos de los compañeros de tierra. Sin embargo, no debe excluirse un número considerable de fallecimientos debidos a la reparación de llantas.



**Figura 17-13** Las estructuras de protección contra volcadura para vehículos de la construcción impiden muertes cuando se les utiliza con cinturones de seguridad.

### EPCV

Las siglas EPCV significan *estructuras de protección contra volcadura* y es un cambio de importancia en el diseño de vehículos de la construcción introducido por las normas de seguridad federales. El propósito de las EPCV, ilustrado en la figura 17.3, es proteger al operador de lesiones serias o la muerte en caso de que el vehículo se vuelque. Los siguientes tipos de equipo de construcción requieren de EPCV:

- Palas excavadoras autopropulsadas con llantas de hule
- Cucharón cargador frontal, con llantas de hule
- Topadora de llantas de goma
- Tractores agrícolas e industriales de tipo con ruedas
- Tractores oruga
- Cargadores tipo oruga
- Niveladoras de motor

Están exentos los tractores colocadores de tubos de aguilón lateral.

Para que funcione, el sistema de EPCV debe ser capaz de soportar tremendas cargas por impacto, que se incrementan conforme aumenta el peso del vehículo. Las normas son bastante específicas en lo concerniente a las pruebas estructurales a las que se deben someter los sistemas EPCV a fin de calificar. Para todos los tractores agrícolas e industriales del tipo de ruedas utilizados en la construcción, se requiere ya sea una prueba de laboratorio o bien una de campo que determinen si cumplen los requerimientos de desempeño. La prueba de laboratorio puede ser estática o dinámica. En la prueba estática, el bastidor del tractor estacionado se va cargando gradualmente, mientras se mide la deformación mediante instrumentos de deflexión. La energía de entrada requerida es función del peso del vehículo, que a su vez tiene que ser una función de sus caballos de fuerza. En otras palabras, el peso neto del tractor no puede aligerarse por debajo de los límites de los caballos de fuerza nominales a fin de cumplir con las pruebas de EPCV.

La prueba dinámica utiliza un péndulo<sup>2</sup> de dos toneladas que aporta una carga de impacto en la parte trasera y lateral de la EPCV en pruebas sucesivas. La altura desde la cual se suelta el péndulo

<sup>2</sup> Más en concreto, 2000 kg.

depende del peso calculado del tractor con base en los caballos de fuerza, igual que en la prueba estática. No deben excederse los límites de deflexión.

Si se utiliza la prueba de campo, se hace que el tractor vuelque, tanto hacia atrás como de lado, ya que ambos accidentes ocurren con facilidad. Si el peso real del tractor es menor al especificado según sus caballos de fuerza, se deberá añadir lastre para las pruebas.

En todas las pruebas de EPCV es buena idea quitar el vidrio de protección y las protecciones de intemperie, que pueden quedar destruidas. Si hay alguna duda sobre si las protecciones absorben parte de la energía, lo que ayudaría a la EPCV a pasar la prueba, es *obligatorio* retirarlas.

Al llegar a este punto, el lector debe ver que adaptar un tractor viejo para que cumpla con los requerimientos de EPCV, no es tarea fácil. Aconsejamos al gerente de seguridad e higiene para que no lleve el tractor al soldador local y le pida que le ingenie una EPCV. A menos que el tractor realmente vaya a estar sujeto a la prueba habitual, el diseño del marco debe ser idéntico al que fue probado para ese modelo de tractor. Los tractores muy viejos o de modelo raro son un problema. Si una EPCV calificada se desmonta por cualquier razón, debe volverse a montar con abrazaderas o soldadura de igual o mejor calidad que la requerida en el original. La EPCV debe estar etiquetada permanentemente con el nombre y la dirección del fabricante y la marca, modelo o número de serie de la máquina adecuada. Este requerimiento de etiquetado es un serio impedimento para el soldador o el fabricante a quien se le pide que adapte a un tractor viejo una EPCV. En suma, es fácil ver por qué la mayor parte de las empresas envían su equipo viejo al mercado de segunda mano; de hecho, muchos se exportan a países que no requieren EPCV.

Después de que el gerente de seguridad e higiene se ha asegurado que todo el equipo de construcción apropiado ha sido equipado con EPCV, su siguiente cometido es ver que se utilice en la forma correcta. Para la eficiencia de las EPCV es esencial que el operador se ponga cinturón de seguridad. Si es lanzado fuera del vehículo, la EPCV no lo defenderá en absoluto y puede de hecho contribuir a su muerte. Los pasajeros son otro riesgo, a menos que el vehículo esté equipado con cinturones de seguridad para ellos. Los “aventones” en equipo pesado para las obras en construcción son una práctica peligrosa.

### Protección contra atropellamientos

Casi todo el saldo de fallecimientos por equipo pesado de construcción se debe a personal atropellado. El estudio de esta importante categoría de decesos apunta a dos direcciones principales: la visibilidad del operador y la concientización del peatón.

No es factible darle a los operadores una visibilidad tan buena como la que gozan los conductores de automóviles particulares, en razón de la enorme pieza de maquinaria que mueven en tierra. No es ninguna sorpresa que ocurran con tanta frecuencia atropellamientos en las obras en construcción. El operador necesita toda la ayuda disponible pero, irónicamente, algunos de los parabrisas en peor estado se observan en el equipo de construcción. Desde temprano, el operador, el supervisor y todos los interesados están ansiosos por poner en movimiento el equipo, pero si la mañana es fría, es crucial descongelar y retirar la escarcha, y muchas veces el equipo a propósito no es bueno. Los parabrisas sucios o agrietados también son una imagen común en el rudo ambiente de la construcción.

El segundo eslabón en la cadena de la prevención de los riesgos de atropellamiento es la bocina que advierte al personal cuando la visibilidad permite que el operador vea a los trabajadores en peligro en el suelo. Por lo común, el personal está distribuido por toda la obra en construcción, y el operador necesita una buena bocina para anunciarles cuándo están peligrosamente cerca.

Además de la bocina normal, se necesitan también “alarmas de reversa”, que sirven al equipo para el movimiento de tierra y los vehículos para la construcción que tienen obstaculizada la visión hacia atrás, cuando marchan, precisamente, en reversa. El término *visión obstaculizada* puede ser algo vago, pero la mayoría de los profesionales de seguridad e higiene están asumiendo la postura de que las máquinas para el movimiento de tierra de todo tipo necesitan estas alarmas. Ha muerto demasiada gente por el movimiento en reversa de las máquinas para tomar este requerimiento a la ligera. Esto se dice, aunque se reconoce que el constante bip-bip-bip de las alarmas de reversa puede ser muy monótono en una obra en construcción y quizás incluso lleve a cierta complacencia de parte del personal en peligro. Una alternativa es la colocación de un observador de pie detrás de la máquina, para alertar a los demás siempre que la máquina retroceda. Sin embargo, esto es costoso y tiene la desventaja de ser un *control administrativo* o de *práctica de trabajo*, en vez del siempre preferido *control de ingeniería* representado por la alarma de reversa.

### Camiones de volteo

Hemos de destacar otro riesgo de los vehículos y el equipo para la construcción. Los camiones de volteo pueden causar un terrible accidente si la caja levantada cae mientras el conductor u otro trabajador está subido en el área expuesta por razones de trabajo de mantenimiento o inspección. Algunas veces, todo lo que sostiene la caja levantada es la presión de una tubería hidráulica, que puede perderse súbitamente por muchas fallas. Por esta razón, la seguridad del trabajador de mantenimiento o inspección dentro del área expuesta exige que se equipe el camión con algún medio de soporte sujeto en forma permanente y capaz de fijarse en posición.

### ZANJAS Y EXCAVACIONES

Una causa importante de muertes en la construcción es el derrumbe súbito de la pared de una zanja o excavación. Es difícil imaginarse el drama de cavar en pos de un compañero que ha quedado enterrado vivo. Antes de dedicarme al campo de la seguridad y la salud en el trabajo, fui testigo de un drama semejante en Tempe, Arizona. La zanja estaba localizada justo debajo del descanso de una escalera pública en la cual por casualidad yo estaba parado, así que mi ubicación estaba directamente sobre la escena del derrumbe. La impresión es inolvidable, y este recuerdo motivaría a cualquiera a tratar de impedir accidentes semejantes en el futuro, punto que sostiene los principios de evasión de riesgos establecidos en el capítulo 3. Reconociendo la gravedad de este riesgo, la OSHA ha organizado varios programas sobre derrumbes en zanjas y excavaciones. A mediados de los noventa, Joseph Dear (ref. 359) citó el resultado de tal énfasis en el estado de Indiana, donde las muertes en zanjas y excavaciones se redujeron de seis a una al año después de la realización de programas de zanja especiales.

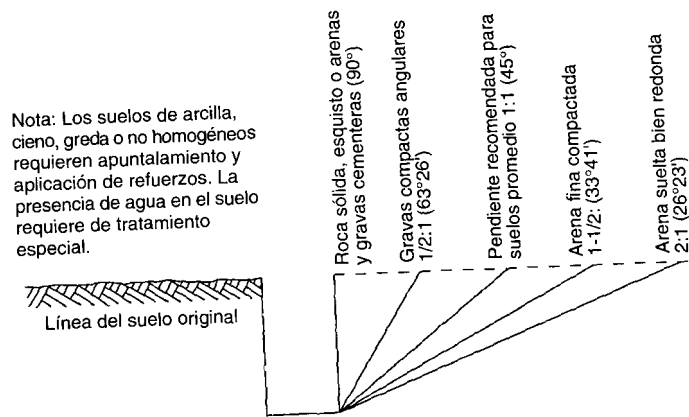
Todas las zanjas son excavaciones, pero no todas las excavaciones son zanjas. Las zanjas son excavaciones estrechas y profundas; la profundidad es mayor que la anchura, pero ésta no es mayor a 4.5 metros, según la definición habitual. Las zanjas son más encerradas y en general más peligrosas que otras excavaciones, en especial porque ambas paredes pueden derrumbarse y atrapar al trabajador. Sin embargo, estas paredes son más fáciles de apuntalar que las de las excavaciones. Si tienen más de 1.5 metros de profundidad, ambas son peligrosas y quitarán la vida a cualquiera que se ponga en el camino de una pared que se derrumba. El riesgo no es simplemente de sofocación. Un derrumbe arrastra toneladas de tierra que aplastarán el cuerpo y los pulmones del trabajador, incluso si la cara y los pasajes aéreos se mantienen despejados.

El *ángulo de reposo* se define como el mayor ángulo sobre el plano horizontal al cual el material se mantendrá quieto sin deslizarse. Naturalmente, varía según el material (los ángulos aproximados aparecen en la figura 17.14). La ciencia de los derrumbes de tierra no es exacta, y la incertidumbre pone en peligro los esfuerzos por controlar el riesgo. Es difícil decir si un tipo de suelo es "característico", "de gravas compactas angulares" o algo intermedio. Las especificaciones para apuntalar zanjas son más específicas, como se observa en la figura 17.2.

A la incertidumbre del riesgo de los derrumbes se añaden ciertos factores que lo incrementan:

- Lluvias torrenciales, que suavizan la tierra y favorecen los deslizamientos.
- Vibraciones de equipo pesado o de tráfico callejero cercano.
- Perturbaciones previas en el suelo, como construcciones anteriores u otras excavaciones.
- Congelación y descongelación alternada del suelo.
- Grandes cargas estáticas, como cimientos de edificios o materiales apilados cercanos.

Aunque se requiere de juicio para decidir si hay que apuntalar, el riesgo es tan serio que es prudente adoptar una política conservadora, bien lejos del área marginal donde un derrumbe puede o no ocurrir. Una cosa es segura: *después* de que *ocurra* el derrumbe y haya una muerte, el funcionario de la OSHA se presentará en la escena y todos (incluyendo el funcionario) concluirán que el apuntalamiento o la protección era insuficiente.



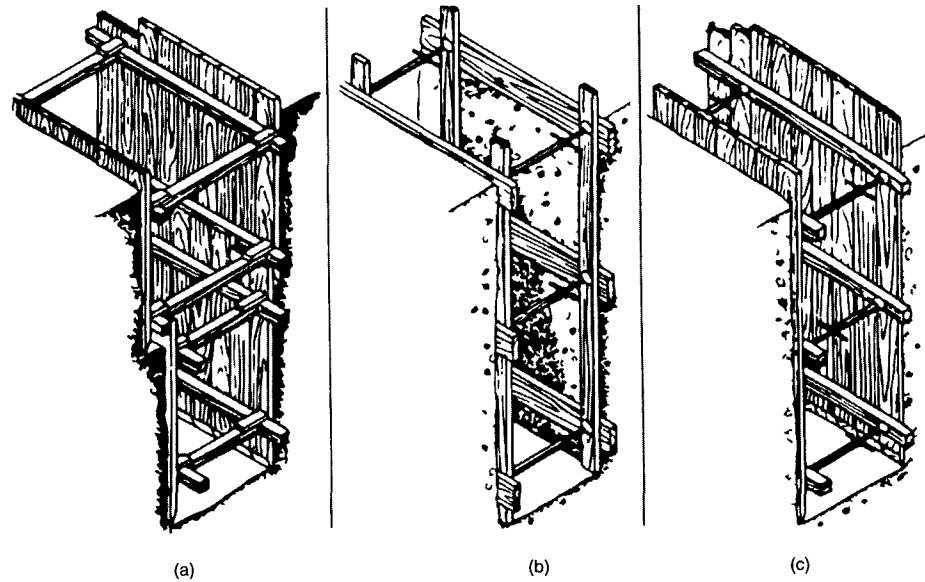
Nota: Los suelos de arcilla, cieno, greda o no homogéneos requieren apuntalamiento y aplicación de refuerzos. La presencia de agua en el suelo requiere de tratamiento especial.

Figura 17-14 Ángulo de reposo aproximado para la pendiente de los lados de las excavaciones

TABLA 17-2 APUNTALAMIENTO DE ZANJAS - REQUERIMIENTOS MÍNIMOS

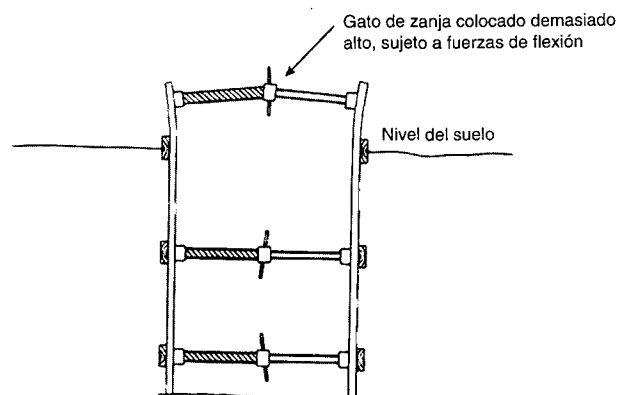
Espaciamiento máximo (pies)	Tipo o estado del terreno	Tamaño y espaciamiento de miembros														
		Verticales		Vigas longitudinales		Refuerzos transversales (pulg)										
		Dimensión mínima (pulg)	Espaciamiento máximo (pies)	Dimensión mínima (pulg)	Espaciamiento máximo (pies)	Profundidad de la zanja (pies)	Espaciamiento máximo (pies)									
5-10	Duro, compacto	3 x 4 o 2 x 6	6													
	Propenso a grietas	3 x 4 o 2 x 6	3	4 x 6	4					2 x 6	4 x 4	4 x 6	6 x 6	6 x 8	4	6
10-15	Suave, arenoso, o relleno	3 x 4 o 2 x 6	Capas cerradas	4 x 6	4	4 x 4	4 x 6	4 x 6	4 x 6	4 x 4	4 x 6	4 x 6	6 x 6	8 x 8	4	6
	Presión hidrostática	3 x 4 o 2 x 6	Capas cerradas	6 x 8	4	4 x 4	4 x 6	6 x 6	6 x 8	4 x 4	4 x 6	6 x 6	6 x 8	8 x 8	4	6
	Duro	3 x 4 o 2 x 6	4	4 x 6	4	4 x 4	4 x 6	6 x 6	6 x 8	4 x 4	4 x 6	6 x 6	6 x 8	8 x 8	4	6
	Propenso a grietas	3 x 4 o 2 x 6	2	4 x 6	4	4 x 4	4 x 6	6 x 6	6 x 8	4 x 4	4 x 6	6 x 6	6 x 8	8 x 8	4	6
15-20	Suave, arenoso, o relleno	3 x 4 o 2 x 6	Capas cerradas	4 x 6	4	4 x 6	6 x 6	6 x 8	8 x 8	4 x 6	6 x 6	6 x 8	8 x 10	8 x 10	4	6
	Presión hidrostática	3 x 6	Capas cerradas	8 x 10	4	4 x 6	6 x 6	6 x 8	8 x 8	4 x 6	6 x 6	6 x 8	8 x 10	8 x 10	4	6
Más de 20	Todo tipo de condiciones	3 x 6	Capas cerradas	4 x 12	4	4 x 12	6 x 8	8 x 8	8 x 10	4 x 12	6 x 8	8 x 8	10 x 10	10 x 10	4	6
	Todo tipo de condiciones	3 x 6	Capas cerradas	6 x 8	4	4 x 12	8 x 8	8 x 10	10 x 10	4 x 12	8 x 8	8 x 10	10 x 12	10 x 12	4	6

\*Los gatos de zanjas pueden utilizarse en lugar o en combinación con los refuerzos transversales. No se requiere apuntalar en roca sólida, esquisto duro o escoria dura. Donde se desee, se puede reemplazar la madera por apuntalamiento y aplicación de refuerzos de láminas de metal de igual resistencia. Fuente: Code of Federal Regulations 29 CFR 1926.652.



**Figura 17-15** Sistema de apuntalamiento de zanjas: (a) los refuerzos se utilizan con dos longitudes de apilamiento de lámina; (b) refuerzos con gatos de tornillo, en suelo duro; (c) gatos de tornillo utilizados con apilamiento completo de lámina. (Fuente: Cortesía del Consejo Nacional de Seguridad, Chicago; utilizado con permiso).

En la figura 17.15 se muestra un sistema de apuntalamiento de zanjas. Los gatos de zanja pueden ser del tipo de tornillo o de operación hidráulica. Necesitan estar asegurados para evitar que caigan o se resbalen si se aflojan cuando las paredes laterales se asienten. Se debe tener cuidado en nivelar los gatos y también asegurarse de que están por debajo del plano de la superficie de la tierra de alrededor. Un gato de zanja colocado demasiado alto puede estar sujeto a fuerzas de flexión, como se muestra en la figura 17.16. Esto puede dañar e incluso arruinar el gato de zanja. El sistema de apuntalamiento debe retirarse lenta y cuidadosamente. A veces es necesario retirar los refuerzos o gatos por medio de cables desde arriba, después que todo el mundo ha evacuado la zanja.



**Figura 17-16** Gato de zanja colocado incorrectamente.

Los derrumbes no son los únicos riesgos al trabajar en zanjas y excavaciones. En las zanjas, todos los trabajadores están en peligro por la caída de rocas, herramientas, maderos o tubos. Es necesaria protección para la cabeza y es importante una buena limpieza alrededor de los bordes de la excavación.

Hay todavía otro riesgo aunque no haya personal dentro de la excavación y las máquinas realicen todo el trabajo. A menudo se rompen las líneas de servicio público, lo que se presta a incendios, explosiones e inhalaciones. Tales accidentes no sólo son peligrosos, sino que siempre son caros y exigen coordinarse con la empresa de servicios, cosa que hubiera sido mejor antes de la excavación. El gerente de seguridad e higiene debe poner en práctica un procedimiento mediante el cual alguien marque un alto y efectúe una comprobación con las empresas de servicios públicos, en lugar de proceder a “ciegas” con el proyecto de excavación.

Las señales de un derrumbe inminente, la ruptura de una línea de servicios públicos, las peligrosas acumulaciones de gases tóxicos en excavaciones profundas y otras situaciones de emergencia demandan la necesidad de una salida rápida y fácil. Debe colocarse una escalera, peldaños o cualquier otro medio de escape de forma que no haya que recorrer más de 7.5 metros en sentido lateral.

Dijimos al principio del capítulo que la OSHA ha organizado varios programas de especiales para la imposición de reglas respecto a los riesgos en zanjas y excavaciones. ¿Exactamente cuán especiales le parecen a la OSHA estos riesgos? La respuesta se asoma en una noticia de 1997 (ref. 52), según la cual la OSHA declaró que en los cinco años anteriores, esa dependencia y sus oficinas estatales con jurisdicción habían realizado un total de 9 400 inspecciones de zanjas. De éstas, casi 200 fueron investigaciones de accidentes mortales. Las zanjas y las excavaciones siguen siendo uno de los principales riesgos en la industria de la construcción, y es probable que conserven esta posición hasta bien entrado el siglo XXI.

## TRABAJO EN CONCRETO

El accidente industrial más grave en la historia de los Estados Unidos fue el desplome parcial de una pared de concreto. El año era 1978, y el lugar Willow Island, Virginia occidental, donde había una enorme torre de enfriamiento en construcción para una planta de energía nuclear. Las paredes de la estructura, que se colaban continuamente, sostenían andamios para trabajadores a 52 metros de altura. En el momento del accidente, la pared de concreto “crudo” no había fraguado lo suficiente para aceptar la carga. La pared cedió y tiró el andamio; 51 trabajadores cayeron hacia la muerte.

La presión por mantener los tiempos de los proyectos de construcción antagoniza con el fraguado cuidadoso del concreto. Pero las consecuencias de apresurar el trabajo son serias, aun si nadie sale lastimado. La memoria del trágico accidente de Willow Island recuerda a los gerentes de proyectos las secuelas. El tiempo de fraguado del concreto está en función tanto del tiempo como de la temperatura. Lo ideal es aproximadamente 21°C; las temperaturas mayores o menores retrasan el fraguado.

Antes incluso de que se haga el colado del concreto hay riesgos en la colocación de las varillas de acero de refuerzo. En las estructuras verticales, las varillas de refuerzo necesitan retenes o algún otro soporte para evitar que caigan. Otro riesgo son las puntas expuestas de las varillas de refuerzo verticales. Parecerá exagerado, pero ha habido trabajadores que han muerto *empalados*

al caer sobre ellas. Los riesgos más serios para los trabajadores están en las escaleras, cuando se apoyan en las puntas salientes de las varillas de refuerzo. Pero aun en el suelo, a nivel de tierra, un tropezón y una caída sobre una varilla expuesta puede ser mortal. En un caso, un trabajador tropezó en el suelo y cayó sobre una varilla de refuerzo expuesta, que le atravesó el cuello y le seccionó la yugular. El trabajador salvó la vida gracias a la rápida intervención de una persona capacitada en primeros auxilios. La solución al problema de las varillas de refuerzo expuestas consiste en doblarles las puntas, cubrirlas con madera o envolverlas en lona hasta que estén listas para el colado.

Las formas o cimbras de concreto necesitan apuntalamientos de diseño cuidadoso para evitar que se derrumben con los riesgos que recuerdan los de los derrumbes en las excavaciones. Justo antes del vaciado, la presión hidrostática del concreto húmedo puede ser muy grande. Entonces, en el momento en el que el esfuerzo en la forma o cimbra está al máximo, a menudo se aplica equipo vibratorio para que la distribución sea uniforme, lo que se suma a los esfuerzos sobre las cimbras. El diseño tiene que ser conservador para evitar el riesgo de que las cimbras se “destripen”.

Muchas veces, el concreto se vacía mediante cubas movidas por grúa. Los equipos de vibración tienen que trabajar con el concreto recién vaciado muy cerca de la cuba móvil. La técnica de vaciado pide mantener al personal de vibración lejos de la trayectoria aérea de la cuba. Montarse en la cuba de concreto está prohibido.

## ERECCIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL

¿Quién no se ha maravillado del valor del constructor de rascacielos que “camina en la viga” a decenas de metros de altura en la superestructura de acero de un nuevo edificio en construcción? Quizás este trabajo siempre será peligroso, pero el riesgo ha disminuido un poco debido al requerimiento de la instalación de redes de seguridad, siempre que la distancia de caída exceda de dos pisos o 7.5 metros. Una alternativa es utilizar andamios o pisos temporales. El caso 17.1 es un ejemplo clásico de los beneficios de las redes de seguridad en la erección de estructuras de acero.

### CASO 17.1

#### Redes de seguridad en el puente Golden Gate

La construcción del puente Golden Gate, en San Francisco, en la década de los treinta, fue todo un desafío de ingeniería todavía más peligroso debido al viento, la lluvia y las mareas. Muchos trabajadores perdieron la vida al caer a las traicioneras aguas. Luego de que la cuota de muertes hubo alcanzado los 23, los trabajadores se rehusaron a continuar si no se fortalecía la protección de seguridad. Se reanudó el trabajo después de que se instalaron redes de seguridad. Otros 10 trabajadores cayeron del puente, pero todos fueron salvados por las redes de seguridad (ref. 8).

Ahora se requiere de un riel de seguridad en el perímetro de los pisos temporales en edificios y otras estructuras de gran altura. Sin embargo, durante el armado del acero estructural se permite el uso de un cable de 1.3 centímetros y aproximadamente 107 centímetros de altura en lugar del barandal de seguridad. Para que funcione, debe verificarse con frecuencia de modo que siempre se mantenga tenso.

Para mantener la integridad estructural conforme se asciende, los pisos permanentes deben seguir al acero estructural según avanza la obra. La regla general es de no más de ocho pisos entre el piso en erección y el piso permanente más alto. No se permiten más de cuatro pisos o 15 metros de pernos o soldadura sin terminar por encima de los cimientos o del piso asegurado permanente más alto.

Los sitios de erección de acero estructural están sujetos al riesgo constante de caída de objetos. Se requiere que los remaches, pernos y pasadores se almacenen en contenedores asegurados, y si todo lo demás falla, está el casco protector para resguardar al trabajador de abajo. Sin embargo, no servirá de nada con algunos objetos. Recuerdo un caso en Chicago, en el cual una viga de acero aplanó un auto estacionado desde la luz trasera izquierda hasta el faro derecho. El auto estaba estacionado junto a una acera a lo largo de la cual yo caminé de ida y vuelta de una junta. El accidente ocurrió durante la junta. Por suerte, nadie salió lastimado.

## DEMOLICIÓN

Algunos dirían que el tema de la demolición no tiene que ver en un capítulo titulado “Construcción”, pero la demolición y la construcción están íntimamente relacionadas. Si el sitio no está despejado, la demolición de estructuras es el primer paso en la construcción de un nuevo edificio. Muchas de las herramientas y equipo, como grúas y excavadoras, son iguales.

La gente identifica la habilidad, los conocimientos y la calidad como importantes para los trabajos de construcción, pero la mayoría no considera que la demolición requiera de estas dotes. Con todo, los conocimientos de ingeniería que se requieren para un trabajo de demolición exceden a la ingeniería de la construcción original. Los edificios por demoler a menudo han sido dañados por incendios o quizá fueron condenados por alguna razón seria, por ejemplo un daño estructural. Para toda operación de demolición se requiere de un informe escrito sobre la investigación de ingeniería realizada por adelantado.

Las demoliciones comienzan con operaciones manuales, como el desarmado de artículos recuperables, y después se procede a romper el material y tirarlo a nivel de la calle, actividad que entraña sus peligros. El área de abajo necesita protección, si está fuera de las paredes de la estructura. Se necesitan toboganes capaces de soportar cargas por impacto junto con buenas compuertas de descarga para encauzar el material que cae. Un riesgo es que el personal se caiga por el tobogán al tirar el desecho. Para evitarlo se necesita un barandal grande, de algo más de un metro de alto. También es necesario un zócalo de guarda o tope, si es que se utilizan carretillas, para que no se vayan por el tobogán.

Una vez que las operaciones ligeras han terminado, se utiliza equipo de demolición más pesado, como grúas con bolas. La mayor parte de las paredes son inestables sin apoyo lateral, así que no se debe permitir que queden aisladas a alturas mayores de un piso. Al final del turno no debe quedar en pie ninguna pared inestable.



**Figura 17-17** Edificio que se derrumba en una demolición explosiva controlada. (Fuente: Cortesía de Jim Wolfe Photo, Tulsa, Oklahoma.)

Una técnica de demolición espectacular cuya popularidad va en ascenso es la demolición explosiva controlada, ilustrada en la figura 17.17. El método consiste en que se detonan cargas explosivas cuidadosamente calculadas para precipitar una falla catastrófica de la estructura del edificio, lo que origina un derrumbe inmediato y total. La operación se ha llevado a cabo con éxito en muchos edificios del centro de ciudades estadounidenses. Por lo regular se realiza a la hora tranquila del amanecer, por la mañana del domingo. Aunque la operación es dramática y parece peligrosa, es bastante segura y evita muchos de los riesgos de un proceso lento de desmantelamiento.

## VOLADURAS EXPLOSIVAS

La demolición es sólo una aplicación de las voladuras; la industria de la construcción tiene otras. La preparación de cortes en los caminos es la más importante. La preocupación principal de las voladu-

ras de construcción es el manejo, almacenamiento y transporte seguros de los explosivos. Invitamos al lector a repasar algunos de los conceptos de manejo de explosivos que tratamos en el capítulo 10.

Casi todos hemos visto la advertencia familiar de “apague su radio de dos vías” en las áreas de voladura. La posibilidad es remota, pero podría detonarse una cápsula de voladura encendida eléctricamente con la pequeña corriente inducida por los transmisores de radio. Los rayos son un riesgo aún mayor, y todas las operaciones de voladura deben detenerse cuando se acerca una tormenta eléctrica. Los radares, las líneas de energía cercanas e incluso las tormentas de polvo pueden también ser fuentes de corriente.

La buena visibilidad reduce muchos riesgos, y los riesgos de voladuras explosivas entran en esta categoría. Las voladuras sobre tierra deben ser llevadas a cabo sólo en las horas del día. Las voladuras con pólvora negra están prohibidas en la construcción y han sido remplazadas con métodos modernos más seguros.

El transporte de materiales explosivos está sujeto a las reglamentaciones del Departamento de Transporte de los Estados Unidos, que son tan familiares para los proveedores y la mayoría de los operadores de la construcción que los utilizan. Se exigen letreros que digan **EXPLOSIVOS** en letras rojas grandes (10 centímetros) en los cuatro costados del vehículo. Las cápsulas explosivas deben transportarse en un vehículo distinto del que transporta otros explosivos, y aparte de otros transportes.

Los vehículos para explosivos deben llevar a bordo un buen extinguidor clasificado en por lo menos 10 ABC. Sería una tontería tratar de controlar un incendio en el compartimento de carga de un vehículo que transporta explosivos. Sin embargo, la mayor parte de los incendios vehiculares comienzan en el compartimento del motor o fuera, aunque adyacentes al vehículo. Tales incendios se pueden controlar con un buen extinguidor esgrimido por un operador capacitado, con lo que se evita una catástrofe explosiva.

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Un área especializada en la construcción es la erección y la modificación de líneas y equipo de transmisión y distribución eléctrica. La transmisión eficiente de niveles utilizables de energía eléctrica necesita voltajes muy altos. Las reglas para manejar voltajes altos son muy diferentes de las que gobiernan el manejo de voltajes domésticos, industriales y comerciales ordinarios. Por ejemplo, en los voltajes ordinarios, un peligro es el contacto con partes expuestas energizadas. En los altos voltajes, a veces es peligroso incluso colocarse en las *cercanías* de partes energizadas, como se aprecia en la tabla 17.3, con base en la norma de la OSHA. Para voltajes en el intervalo de los kilovolts, es posible que la atmósfera no sea un buen aislante, de modo que los arcos se convierten en un riesgo. Por tanto, se deben conservar las distancias de seguridad. Por supuesto, en las distancias que se anotan en la tabla 17.3 se incluyen factores de seguridad. Las distancias físicas de arcos reales son mucho menores, pero hay un elemento de incertidumbre debido a factores como la humedad y la presión barométrica. Además, quizá el electricista de la línea de transmisión no sea capaz de estimar con precisión su distancia con la línea o el equipo de alto voltaje. Este hecho hace que los factores de seguridad sean esenciales.

En este campo, el equipo de protección personal para trabajo con altos voltajes toma una nueva dimensión, el del *grado* de protección. Los aislantes ordinarios en herramientas, guantes y demás equipo aislado, que son buenos aislantes para las aplicaciones ordinarias, pueden fallar

completamente en exposiciones a altos voltajes. Todo el asunto de trabajar con líneas de alto voltaje energizadas es un mundo extraño para los no iniciados, un mundo lleno de curiosos efectos físicos. La industria del servicio público de energía eléctrica ofrece un ejemplo de primera de una industria en la cual la capacitación y la consciencia y la comprensión de los riesgos son claves para que el lugar de trabajo sea seguro, lo que viene a confirmar los principios establecidos en el capítulo 3.

**Tabla 17.3** Distancias mínimas para el trabajo a mano desnuda con línea energizada (corriente alterna)

Intervalo del voltaje (fase a fase) (kV)	Distancia (en pies y pulgadas) para voltaje máximo	
	Fase a tierra	Fase a tierra
2.1 – 15	2–0	2–0
15.1 – 35	2–4	2–4
35.1 – 46	2–6	2–6
46.1 – 72.5	3–0	3–0
72.6 – 121	3–4	4–6
138 – 45	3–6	5–0
161 – 169	3–8	5–6
230 – 242	5–0	8–4
345 – 362	7–0 <sup>a</sup>	13–4 <sup>a</sup>
500 – 552	11–0 <sup>a</sup>	20–0 <sup>a</sup>
700 – 765	15–0 <sup>a</sup>	31–0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Para 345-362, 500-552, y 700-765 kV se puede reducir la distancia libre mínima, siempre que no supere la distancia más corta entre una parte energizada y una superficie aterrizada.

Fuente: Code of Federal Regulations 29 CFR 1926.955

## RESUMEN

La industria de la construcción merece una consideración especial por ser tan peligrosa y también porque la OSHA la ha vigilado más de cerca que al resto de las industrias. El gerente de seguridad e higiene que se desenvuelve en la construcción debe recordar que su tarea principal es evitar las muertes. Las cinco principales categorías superiores de muertes en esta industria son:

- Caídas
- Electrocuciiones
- Volcadura de vehículos
- Personal atropellado por vehículos
- Derrumbes de excavaciones

Si el gerente de seguridad e higiene tiene presentes estas categorías, estará en posición de situar en perspectiva los esfuerzos generales de protección en el sitio de construcción.

En cierta forma, este capítulo es un resumen de todo el libro. La industria de la construcción contiene casi todos los riesgos presentes en la industria en general, pero aquí suelen ser peores. Complica el problema la naturaleza transitoria de los problemas que se encuentran. Es difícil adoptar

procedimientos de salvaguarda costosos, como el apuntalamiento de zanjas, cuando la exposición al riesgo se reduce a unos pocos días o incluso horas. Por varias razones, los tiempos de construcción siempre son impositivos. El monto de las inversiones es una, pero también cuentan las costosas interrupciones en las instalaciones así como el tráfico de la calle; además, no faltan imprevistos que obligan al gerente del proyecto a luchar de continuo por mantenerse en los tiempos. En este entorno, siempre habrá espacio para mejoras al programa de seguridad y salud. Lo que es cierto para la construcción es también cierto para el resto de la industria, aunque quizás en grado menor. El lector debe reconocer el reto que representa esta realidad.

Esperamos que este libro haya lanzado alguna luz sobre los retos que enfrenta el gerente de seguridad e higiene en el entorno industrial reglamentario de nuestros días y que haya contribuido con algunas reflexiones sobre cómo enfrentar los riesgos. El campo presentará nuevos retos en los años venideros. Cada uno trae nuevas oportunidades para que los gerentes de seguridad e higiene tengan un efecto benéfico en la vida de sus compañeros y en la salud y bienestar financiero de sus empresas.

## EJERCICIOS Y PREGUNTAS DE ESTUDIO

- 17.1 ¿Cuál es el nivel mínimo de iluminación permitido para las áreas generales de construcción? ¿En qué áreas se puede reducir la iluminación a 90 centímetros-bujía?
- 17.2 ¿Cómo se utiliza el láser en la construcción?
- 17.3 ¿Qué fuerza de tensión se especifica para aparejos del cinturón de seguridad? Mencione dos razones por las cuales la especificación es tan superior al peso de cualquier ser humano.
- 17.4 ¿Qué es un cabo acollador del cinturón de seguridad? ¿Qué resistencia a la ruptura se especifica para los cabos acolladores?
- 17.5 ¿Qué es un nudo de tres vueltas?
- 17.6 Compare las herramientas de potencia hidráulicas con las neumáticas, desde el punto de vista de la seguridad y la salud.
- 17.7 ¿Por qué son peligrosas las grúas de construcción para las personas en el suelo?
- 17.8 ¿Por qué los ganchos de helicóptero (para sujetar la carga) son más complicados que los de las grúas de construcción ordinarias?
- 17.9 ¿Qué representan las siglas EPCV?
- 17.10 ¿Cuáles son las dos estrategias principales para impedir que el personal sea atropellado por equipo de construcción?
- 17.11 ¿Cuál es la diferencia entre una zanja y una excavación?
- 17.12 ¿Cómo se dañan los gatos de zanja por colocarlos mal?
- 17.13 ¿Qué es una varilla de refuerzo? ¿Por qué es peligrosa?
- 17.14 ¿Cuándo se debe proteger con redes de seguridad a los trabajadores de erección de acero estructural?
- 17.15 ¿Qué construcción de riel de seguridad se permite durante la erección de acero estructural?
- 17.16 ¿Por qué se requiere de una investigación de ingeniería antes de demoler un edificio?
- 17.17 ¿Es buena idea llevar un extinguidor a bordo de un camión que transporta explosivos? ¿Por qué?



- 17.18** Una grúa de construcción tipo oruga está operando cerca de una línea de energía eléctrica de 550 kilovolts. ¿Cuál es la distancia mínima a la que el aguilón se puede acercar a la línea?
- 17.19** La grúa de construcción tipo oruga del ejercicio 17.18 termina su trabajo y se mueve hacia el trabajo siguiente, pasando por debajo de la misma línea de energía de 550 kilovolts, donde ésta cruza sobre una calle hacia otra zona del vecindario. ¿Qué distancia mínima se especifica para esta situación?
- 17.20** Suponga que en el ejercicio 17.18 la grúa oruga se hubiera utilizado en otra industria. ¿Qué distancia mínima sería la permitida?
- 17.21** Si la grúa del ejercicio 17.20 está en tránsito, ¿cuál es el espacio mínimo a la línea de energía de 550 kV?
- 17.22** Un pintor está de pie sobre una plataforma de trabajo a ocho metros sobre el nivel del suelo. Para evitar una caída, sujetó su cinturón de seguridad a un cabo salvavidas de 3.6 metros que sirve como acollador y que está firmemente sujeto a la estructura, en un punto a 12 metros de altura. ¿Infringe este arreglo las normas de protección contra caídas? Explique.
- 17.23** Un punto conveniente y seguro para sujeción de cables de protección contra caídas está localizado a 10.6 metros sobre el nivel del suelo, en la pared exterior de un edificio. Una línea de seguridad de seis metros, que puede utilizarse como cabo acollador del cinturón, está a la mano para la conexión con este punto de sujeción. ¿Cuál es el nivel inferior y superior en los cuales se puede colocar la plataforma de trabajo, para que los trabajadores estén protegidos con un cabo acollador de seis metros sujeto en este punto? Enuncie todas las hipótesis necesarias para su solución.
- 17.24** Explique el riesgo de las cabezas de hongo de los cinceles.
- 17.25** ¿Qué cláusulas se especifican en las normas federales para impedir que los trabajadores se ahoguen?
- 17.26** Explique el sistema de códigos para identificar el nivel de potencia de las cargas de pólvora en cartucho en las herramientas de impacto.
- 17.27** Para cumplir con las normas, ¿con cuánta frecuencia se deben verificar los aparejos para el manejo de materiales en las obras en construcción?
- 17.28** ¿Cuál es el método habitual para disponer de material de desecho desde niveles más altos que el de tierra durante las construcciones? ¿Qué precaución especial se requiere cuando el material está a una altura mayor de seis metros?
- 17.29** ¿Cuál es el principal riesgo de incendio en las obras en construcción?
- 17.30** ¿Qué riesgo corre el personal cuando se secciona la manguera de potencia neumática? ¿Qué dispositivo se especifica en las normas federales para controlarlo? ¿Qué problemas se han encontrado en el campo con el uso de este dispositivo?
- 17.31** Explique varias maneras en que las grúas pueden sufrir un doble bloqueo. Trace diagramas para esclarecer su razonamiento.
- 17.32** Explique la controversia que despertó el requerimiento de ICFT en la industria de la construcción.
- 17.33** ¿Qué es un gancho de cornisa? ¿Qué otras precauciones se necesitan cuando se utiliza?
- 17.34** ¿Qué son los peldaños huecos de tipo sartén y qué riesgo representan?
- 17.35** **Caso.** Una grúa de construcción está descansando sin carga. La bola de jaqueca está cerca pero no en contacto con la nariz del aguilón de la grúa, que está en posición casi erecta. La cuerda corrediza de la

grúa está montada en un malacate estacionario en la parte trasera de la bisagra del aguilón. Mientras el operador está en el proceso de bajar el aguilón, el cable se rompe y la bola de jaqueca y gancho caen a tierra. Explique la causa más probable del accidente. Utilice un diagrama para mostrar cómo ocurriría el incidente. ¿Qué precaución pudo haberlo evitado?

- 17.36** ¿Cuántas vidas se perdieron por caídas durante la construcción del puente Golden Gate? ¿Cuántas caídas más ocurrieron después de la instalación de las redes de seguridad? ¿Cuántas de estas últimas fueron mortales?
- 17.37** ¿En qué momento de la vida de un edificio es más probable que lleve la mayor carga?
- 17.38** ¿Con qué frecuencia debe inspeccionarse el aparejo para manejo de material de construcción en busca de daños o desgaste?
- 17.39** ¿Qué característica de los cables de fibra artificial, además de fuerza y peso, los hacen especialmente convenientes como cabos acolladores?
- 17.40** ¿Qué significa “astillarse”, y qué tiene que ver con la necesidad de proteger los ojos?
- 17.41** ¿Está bien empalmar cables de extensión flexibles en obras en construcción? Explique.
- 17.42** ¿Qué es una “bola de jaqueca” y cuál es su finalidad?
- 17.43** ¿Cuál es la ventaja principal de la grúa de martillo sobre la grúa oruga convencional?
- 17.44** Los ganchos de carga para los helicópteros usados en la construcción tienen un riesgo adicional que no está presente en los ganchos de las grúas. ¿Cuál es este riesgo?
- 17.45** ¿Está bien utilizar un elevador de material para personal? ¿Y al revés? Explique.
- 17.46** Explique los términos “articulado” y “de extensión hidráulica” que se aplican a las plataformas de aguilón montadas en vehículos.
- 17.47** Identifique y compare un ejemplo de “control de ingeniería” con uno de “control administrativo o de práctica de trabajo” para el riesgo de atropellamiento por equipo pesado.
- 17.48** Explique el concepto de “ángulo de reposo” con respecto a los riesgos de construcción.
- 17.49** Identifique los dos tipos de esfuerzo extraordinario sobre las formas o cimbras de concreto que exigen un diseño conservador para impedir que se destruyan.

## EJERCICIOS DE INVESTIGACIÓN

- 17.50** La construcción y la agricultura comparten muchos riesgos comunes. Examine los datos disponibles sobre los riesgos en la agricultura. En concreto, trate de identificar el accidente mortal más común de granja. ¿Cuántas muertes se calcula que ocurren cada año por esta causa?
- 17.51** Menos de 10 años después del accidente de Willow Island, Virginia occidental, que cobró las vidas de 51 trabajadores de la construcción, ocurrió otro accidente similar. Investigue en Internet y otras fuentes los detalles de esta otra tragedia, que causó el mayor número de muertes en la construcción desde Willow Island.

# Bibliografía

1. *Accident Facts*. Itasca, IL: National Safety Council, 1996.
2. AFI 91-202. *The Air Force Mishap Prevention Program*. U.S. Air Force, 1991.
3. AFI 91-204. *Safety Investigations and Reports*. U.S. Air Force, 1995.
4. *Arc Welding and Gas Welding and Cutting: Safety and Health* (NIOSH 78-138). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1978.
5. *Arkansas Workers' Compensation Laws and Rules of the Commission* (rev. ed.). Little Rock, AR: Workers' Compensation Commission, June 1986.
6. Asfahl, C. Ray, ed., *OSHA Standards Digest*, Fayetteville, AR: New Century Media, 1995.
7. *Auto and Home Supply Stores: Health and Safety Guide* (NIOSH 76-113). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
8. Avers, Laura, "A Bridge Builder's Worst Nightmare," *Ohio Monitor*, Vol. 65, No. 3, July-August 1993, p. 16.
9. Barciela, Susana, "Working Column," *Miami Herald*, March 21, 1994.
10. Barnett, Ralph L., "Foot Controls: Riding the Pedal," *Safety Brief*, Vol. 12, No. 4, July 1997.
11. Bischoff, Kenneth B., and Robert J. Lutz, "Pharmacokinetics and Risk Assessment," course description, *Continuing Education*. New York: American Institute of Chemical Engineers, 1992, p. 45.
12. Bland, Jay, ed., *The Welding Environment*. Miami, FL: American Welding Society, 1973.
13. *Bloodborne Pathogens Final Standard: Summary of Key Provisions*, Fact Sheet OSHA 92-46. Washington, DC: U.S. Department of Labor, August 5, 1992.
14. "Brake Monitoring," *Manufacturing Engineering*, February 1976.
15. Briscoe, G. J., *Risk Management Guide*, DOE 76-45, SSDC-11, Revision 1. Idaho Falls, ID: EG&G Idaho Inc., 1982.
16. Chaffin, D., and K. Park, "Biomechanical Evaluation of Two Methods of Manual Load Lifting," *AIE Transactions*, Vol. 6, No. 2, June 1974.
17. Chapnik, Elissa-Beth, and Clifford M. Gross, "Evaluation, Office Improvements Can Reduce VDT Operator Problems," *Occupational Health and Safety*, Vol. 56, No. 7, July 1987.

18. *Chemistry Laboratory Safety Library* (5th ed.). Boston: National Fire Protection Association, 1975.
19. Christensen, Herbert E., et al., eds., *Registry of Toxic Effects of Chemical Substances* (1975 ed.). Rockville, MD: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
20. Christensen, Herbert E., et al., eds., *Suspected Carcinogens*. Rockville, MD: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
21. "Cleaning up the environment," *U.S. News and World Report*, March 25, 1991, p.45.
22. "Color Detector Tubes and Direct Reading Gas Detection Instruments," *SKC Bulletin* 9206, June 1, 1992.
23. *A Common Goal*. Little Rock, AR: Arkansas Department of Labor, 1975.
24. "Computer Chips and Miscarriages" column, *Occupational Hazards*, Vol. 54, No. 12, December 1992.
25. *Concepts and Techniques of Machine Safeguarding* (OSHA 3067). Washington, DC: U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 1980.
26. *Concrete Products and Industry: Health and Safety Guide* (NIOSH 75-163). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
27. *Construction and Related Machinery Manufacturers: Health and Safety Guide* (NIOSH 78-103). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1977.
28. *Construction Industry OSHA Safety and Health Standards* (29 CFR 1926/1910: OSHA 2207) (rev.). Washington, DC: Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 1979.
29. *Construction vs. Manufacturing 1974-94*, U.S. Department of Labor table. Washington, DC: Department of Labor, 1996.
30. *Cost of Government Regulation Study*. Chicago: Arthur Andersen, 1979.
31. Covan, John M., *Electric Hazards Control Manual*, Little Rock, AR: Arkansas Department of Labor, 1977.
32. *Cranes: A Guide to Good Work Practices for Operators* (NIOSH 78-192). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1978.
33. Crites, Thomas R., "Reconsidering the Costs and Benefits of a Formal Safety Program," *Professional Safety*, Vol. 40, No.12 December 1995, p. 28.
34. Cross, Rich, "EPA's Tank Rule: A Compliance Nightmare for Motor Carriers," *Commerical Carrier Journal*, November 1988.
35. Dear, Joseph A., "The Rate of Injuries and Illnesses in Construction," speech to the Northwest Indiana Business Roundtable, March 23, 1995.
36. DeGross, Lola, "Deadline to Submit Comments on OSHA Draft Guidelines on Night Retail Violence Extended Again" Release USDL: 96-437. Washington, DC: U.S. Department of Labor News, October 17, 1996.
37. Dickie, D. E., *Crane Handbook*. Toronto: Construction Safety Association of Ontario, 1975.
38. Douglass, Cynthia, "Indoor Air Quality Act of 1991," Congressional Testimony. Washington, DC: U.S. House of Representatives, Committee on Science, Space, and Technology, Subcommittee on Environment, February 7, 1992.
39. *Draeger Tube Handbook*. Pittsburgh: National Draeger, 1992.
40. *Drug Testing Monitor* (brochure). Washington, DC: Traffic World, 1989.
41. Eckhardt, Robert, "The Safety Professional in the Corporate Social Structure," *Professional Safety*, Vol. 38, No. 5, May 1993, p. 31.
42. *Engineering Control of Welding Fumes* (NIOSH 75-115). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
43. *Fabricated Structural Metal Products Industry: Health and Safety Guide* (NIOSH 78-100). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1977.
44. *Fatal Facts*, No. 36. Washington, DC: U.S. Department of Labor, 1988.
45. *Federal Register*, OSHA Standard 29 CFR 1910.146, with preamble, 58 FR 4549, January 14, 1993.
46. Feldman, Marye C., and James B. Bramson, "What Is the Cost of Compliance," *Journal of the American Dental Association*, Vol. 125, June 1994, p. 682.
47. Felsenthal, Edward, "Out of Hand: Is It an Epidemic or Largely a Fad? The Debate Over Repetitive-Stress Injury Heats Up," *Wall Street Journal*, Vol. 223, No. 35, February 18, 1994.
48. *Fiberglass Layup and Sprayup* (NIOSH 76-158). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1976.
49. *Fire Protection Handbook* (15th ed.). Quincy, MA: National Fire Protection Agency, 1981.
50. *Flashpoint Index of Trade Name Liquids* (9th ed.). Boston: National Fire Protection Association, 1978.
51. Fleming, Susan Hall, "Florida Excavation Firm Involved in Fatal Trench Collapse Faces \$448,000 OSHA Penalty, Third Highest for Trenching," Release USDL: 97-147. Washington, DC: U.S. Department of Labor News, April 30, 1997.
52. Fleming, Susan Hall, "Secretary of Labor Reich Announces Violence Prevention Guidelines for Health Care and Social Service Workers," Release USDL: 96-99, Washington, DC: U.S. Department of Labor News, March 14, 1996.
53. Foulke, Edwin G., Jr., "Contested Cases Get a Fair Shake," *Safety and Health*, Vol. 148, No. 3, September 1992, p. 68.
54. *Foundries: Health and Safety Guide* (NIOSH 76-124). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1976.
55. Fox, Stephen, "Manhole Cover Industry Hury by Industry Imports," *Northwest Arkansas Times*, 1981 (an Associated Press interview with Jim Pinkerton, Pinkerton Foundry, Lodi, CA).
56. *Fumes and Gases in the Welding Environment*. Miami, FL: American Welding Society, 1979.
57. Garg, A., D. B. Chaffin, and G. D. Herrin, "Prediction of Metabolic Rates for Manual Materials Handling Jobs," *American Industrial Hygiene Association Journal*, Vol. 39, 1978, pp. 661-674.
58. *General Industry OSHA Safety and Health Standards* (29 CFR 1910, OSHA 2206) (rev.). Washington, DC: U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 1989.
59. Glantz, Stanton A., "Health Hazards of Secondhand Smoke," *Trial*, Vol. 29, No. 6, June 1, 1991, p. 36.
60. Gonzales, Claire, "EEOC Sues Exxon for Disability Act Violation," U.S. Equal Employment Opportunity Commission News Release, June 28, 1995.

61. *Grain Mills: Health and Safety Guide* (NIOSH 75-144). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
62. Greene, Warner C., "AIDS and the Immune Systems," *Scientific American*, Vol. 269, No. 3, September 1, 1993, p. 98.
63. Griffin, Mark F., "A Review of the Effectiveness of OSHA's Safety Enforcement Policy," Master's thesis, University of Arkansas, Fayetteville, 1993.
64. Grimaldi, John V., and Rollin H. Simonds, *Safety Management* (3rd ed.). Homewood, IL: Richard D. Irwin, 1975.
65. Hamilton, Robert W., "The Role of Nongovernmental Standards in the Development of Mandatory Federal Standards Affecting Safety or Health," *Texas Law Review*, Vol. 56, No. 8, November 1977.
66. Hammer, Willie, *Occupational Safety Management and Engineering* (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1981.
67. *Handbook of Organic Industrial Solvents*, Technical Guide 6 (5th ed.). Chicago: Alliance of American Insurers, 1980.
68. Hawley, Gessner G. (revision author), *The Condensed Chemical Dictionary* (9th ed.). New York: Van Nostrand Reinhold, 1975.
69. "Hazardous Employer Program" (Amended Rule 2) Little Rock, AR: Arkansas Workers' Compensation Commission, 1997.
70. *Health and Safety Guide for Public Warehousing*. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1978.
71. Heinrich, H. W., *Industrial Accident Prevention* (4th ed.). New York: McGraw-Hill, 1959.
72. *Hotels and Motels: Health and Safety Guide* (NIOSH 76-112). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
73. *Houston Chronicle*, January 10, 1984.
74. Hyatt, E. C., et al., "Effect of Facial Hair on Worker Performance," *American Industrial Hygiene Association Journal*, April 1973.
75. Imre, John, unpublished doctoral dissertation, Michigan State University, East Lansing, 1974.
76. *The Industrial Environment: Its Evaluation and Control*. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1973.
77. *Industrial Noise Control Manual* (NIOSH 79-117) (rev. ed.). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1978.
78. *Industrial Ventilation* (15th ed.). Lansing, MI: Committee on Industrial Ventilation, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1978.
79. Kamp, John, *Job Candidate Profile Technical Manual* (2nd ed.). St. Paul, MN: St. Paul Fire and Marine Insurance Company, 1991.
80. LaBar, Gregg, "Hamlet, NC: Home to a National Tragedy," *Occupational Hazards*, Vol. 54, No. 9, September 1992, p. 29.
81. LaBar, Gregg, "Testing the Limits of Industrial Hygiene," *Occupational Hazards*, Vol. 55, No. 5, May 1993, p. 56.
82. Lapedes, Daniel N., ed. *Dictionary of Scientific and Technical Terms* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill, 1978.
83. Lastowka, James A., "OSHA's Process Safety Standard: Key Lessons from the First Five Years," *Occupational Hazards*, Vol. 59, No. 7, July 1997, p. 45.

84. Lee, Cynthia, and Sheila Hall, "Region V: Partnership and Teamwork for Success," *Job Safety and Health Quarterly*, Vol. 6, No. 2, Winter 1995, p. 10.
85. *Lithographic Printing Industry: Employee Health and Safety* (NIOSH 77-223). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1977.
86. Loewer, Otto J., Thomas C. Bridges, and Ray A. Bucklin, *On-farm Drying and Storage*. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 1994.
87. Lorenzi, Neal, "From Research to Reality," *Professional Safety*, Vol. 40, No. 8, August 1995, p. 16.
88. Lovett, John N., *Industrial Noise Control Manual*, Little Rock, AR: Arkansas Department of Labor, 1976.
89. *Machine Guarding: Assessment of Need* (NIOSH 75-173). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
90. Main, Jeremy, "The Big Cleanup Gets It Wrong," *Fortune*, Vol. 123, No. 10, May 20, 1991, p. 95.
91. *Manual of Respiratory Protection against Radioactive Materials* (NUREG-0041). Washington, DC: U.S. Atomic Energy Commission, Directorate of Regulatory Standards, 1974.
92. *Manufacturers of Paints and Allied Products: Health and Safety Guide* (NIOSH 75-179). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
93. McClay, Robert E., "Toward a More Universal Model of Loss Incident Causation," *Professional Safety*, Vol. 34, No. 1, January 1989.
94. McElroy, Frank E., ed., "Administration and Programs," *Accident Prevention Manual for Industrial Operations* (10th ed.). Chicago: National Safety Council, 1992.
95. McElroy, Frank E., ed., "Administration and Programs," *Accident Prevention Manual for Industrial Operations* (10th ed.). Chicago: National Safety Council, 1992.
96. *Metal Stamping Operations, Health and Safety Guide* (NIOSH 75-174). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
97. *Method of Recording and Measuring Work Injury Experience* (ANSI Z16.1-1967). New York: American National Standards Institute, 1967.
98. Moore, Larry R., "Preventing Homicide and Acts of Violence in the Workplace," *Professional Safety*, Vol. 42, No. 7, July, 1997, p. 20.
99. *Most Frequently Asked Questions Concerning the Bloodborne Pathogens Standard*, OSHA Administrative Memo Information Booklet, Washington, DC: U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, February 1, 1993.
100. Mukherjee, Sougata, "OSHA's Cost to Business Tops \$33 Billion," *Baltimore Business Journal*, Vol. 14, No. 24, November 1, 1996, p. 27.
101. *National Electrical Code®* (NEC). Boston: National Fire Protection Association, 1971 and 1981.
102. National Safety Council, Safety Training Institute program announcement, Itasca, IL: National Safety Council, October, 1995.
103. Nemeth, John C., "Risk: Dollars and Trust," *Environmental Spectrum*, Vol. 8, No. 1, 1991.
104. *NFPA Inspection Manual* (3rd ed.). Boston: National Fire Protection Association, 1970.
105. *NIOSH Certified Equipment: Cumulative Supplement* (NIOSH 77-195). Morgantown, WV: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1977.

106. *Occupational Diseases: A Guide to Their Recognition*. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1951.
107. *Occupational Exposure Sampling Manual* (NIOSH 77-173). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1977.
108. *Occupational Injuries and Illnesses in the United States by Industry*. Washington, DC: U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, 1985.
109. *Occupational Safety and Health Cases*, Vols. 1-9. Washington, DC: Bureau of National Affairs, 1974-1982.
110. *Occupational Safety and Health Directory* (NIOSH 80-124). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services (NIOSH), 1980.
111. *Occupational Safety and Health Reporter* (weekly periodical), Vols. 1-11. Washington, DC: Bureau of National Affairs, Inc., 1971-1982.
112. *Occupational Safety and Health in Vocational Education* (NIOSH 79-125). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services (NIOSH), 1979.
113. Olishifski, Julian B., and Frank E. McElroy, eds. *Fundamentals of Industrial Hygiene*. Chicago: National Safety Council, 1971.
114. "OSHA," column, *Occupational Hazards*, Vol. 54, No. 12, December 1992, p. 11.
115. "OSHA," column, *Occupational Hazards*, Vol. 55, No. 9, September 1993, p. 26.
116. "OSHA Proposes Fines for Ergonomics-Related Injuries," *Material Handling Engineering*, Vol. 44, No. 2, February 1989, p. 42.
117. *Overhead and Gantry Cranes* (ANSI B.30.2.0-1976). New York: American National Standards Institute, 1976.
118. Parker, Sandra C., C. Ray Asfahl, and Susan Johnsen, "An Industrial Chemical Hazards Database with Natural Language Interface: An Application of Artificial Intelligence," *Proceedings, Tenth Annual conference for Computers and Industrial Engineering*, Dallas, TX, 1988.
119. Peterson, Donald R., and David B. Thomas, *Fundamentals of Epidemiology*. Lexington, MA: Lexington Books, 1978.
120. *Plumbing, Heating and Air Conditioning Contractors: Health and Safety Guide* (NIOSH 76-127). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
121. *Power Actuated Fastening Tools* (NIOSH 78-178A). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1978.
122. "Preamble to the OSHA Lockout/Tagout Standard," *Federal Register*, Vol. 54, No. 169, September 1, 1989.
123. *A Prescription for Battery Workers* (NIOSH 76-153). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1976.
124. "Psychological Tests & Workplace Violence," *The Florida Bar Journal*, March 1994.
125. *Public Law 91-596* (Williams-Steiger Occupational Safety and Health Act of 1970), U.S. Congress, December 19, 1970.
126. *Public Law 101-336* (Americans with Disabilities Act of 1990), U.S. Congress, July 26, 1990.
127. Ramachandran, Kumar, "An Analysis Tool for Building Design Based on the Simulation Modeling of Human Behavior in Buildings During Emergencies/Fires," proposal for a doctoral dissertation, Department of Industrial Engineering, University of Arkansas, Fayetteville/August 1997.
128. "Rapid Rater," Independent Insurance Agents of Arkansas, May 1, 1991.
129. *Recordkeeping Requirements under the Occupational Safety and Health Act of 1970*. Washington, DC: U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 1978.
130. *Registry of Toxic Effects of Chemical Substances*. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1976.
131. Rekus, John F., "OSHA's Lockout-Tagout Standard Mandates Control of Energy Sources," *Occupational Health and Safety*, Vol. 59, No. 11, p. 108.
132. *Respiratory Protection: An Employer's Manual* (NIOSH 78-193A). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1978.
133. *Respiratory Protection: A Guide for the Employee* (NIOSH 78-193B). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1978.
134. *Rigging Manual*. Toronto: Construction Safety Association of Ontario, 1975.
135. Ritzel, Dale O., and Rodney G. Allen, "Validity of the Basic Principle of Safety Management or Loss Control," *Professional Safety*, Vol. 41, No. 2, February, 1996, p. 24.
136. Ryan, Joseph P., "Power Press Safeguarding: A Human Factors Perspective," *Professional Safety*, Vol. 32, No. 8, August 1987, pp. 23-26.
137. *Safety Requirements for Woodworking Machinery* (ANSI 01.1-1975). New York: American National Standards Institute, 1975.
138. *Safety Standard for Monorail Systems and Underhung Cranes* (ANSI B30.11-1973). New York: American National Standards Institute, 1973.
139. *Sample Bloodborne Pathogens Exposure Control Plan*. Philadelphia: OSHA Philadelphia Regional Office of Technical Support, March 25, 1992.
140. Saulter, Gilbert J., Regional Administrator, OSHA Region VI, in a speech entitled "OSHA Update," July 27, 1988, Little Rock, AR.
141. Sax, N. Irving, *Dangerous Properties of Industrial Materials* (5th ed.). New York: Van Nostrand Reinhold, 1975.
142. Scannell, Gerard F., "OSHA's Efforts to Protect Workers from Indoor Air Pollution," Congressional Testimony. Washington, DC: Committee on Energy and Commerce, Subcommittee on Environment, April 10, 1991.
143. Schuster, Eric S., "Understanding the ADA," *Association Management*, Vol. 43, No. 4, April 1, 1991, p. 51.
144. Sensidyne Product Literature, "The First Truly Simple Precision Gas Detector System." Largo, FL: Sensidyne, 1984.
145. *Sign and Advertising Display Manufacturers: Health and Safety Guide* (NIOSH 76-126). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1976.
146. Smith, Harry C., "BLEVE Can Blow You to Oblivion," *Ohio Monitor*, Vol. 52, No. 10, October 1979, p. 16.
147. "Standard Code of Practice for Safety of Machinery," British Standard BS5304:1988.
148. *Threshold Limit Values* (TLV booklet). Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists. September 1993/1994.
149. *Title III Fact Sheet*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 1987. U.S. Government Printing Office Document 1987-718-872-1302/1280.
150. "The Tobacco Settlement, Statements & Information" Washington, DC: The American Cancer Society, June 20, 1997, Internet address: <http://www.cancer.org/tobacco/tralertl.html>.
151. *The Welding Environment*. Miami, FL: American Welding Society, 1973.
152. Wells, A. Judson, "Deadly Smoke," *Occupational Health and Safety*, September 1989.

153. Wilkinson, Bruce S., "Substance Abuse Programs," *Proceedings of the American Society of Safety Engineers Annual Professional Development Conference and Exposition*, Baltimore, MD, June 14-17, 1987.
154. *Wooden Furniture Manufacturing: Health and Safety Guide* (NIOSH 75-167). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education and Welfare (NIOSH), 1975.
155. *Worker Exposure to AIDS and Hepatitis B*. Washington, DC: U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 1987.
156. *Work Injury and Illness Rates*. Chicago: National Safety Council, 1981.
157. *Work Practices Guide for Manual Lifting* (NIOSH 81-122). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services (NIOSH), 1981.
158. "Workplace Smoking Rule Moves Too Slowly for ASH," *Keller's Industrial Safety Report*, Vol. 7, No. 5, May 1997.
159. Zumar, Tony, "Worker's Comp Safety Division Update," presentation in Little Rock, AR, September 16, 1993.

## A P É N D I C E A

# Límites de exposición permisible según la OSHA

### APÉNDICE A.1: TABLA GENERAL DE LÍMITES PARA LOS CONTAMINANTES DEL AIRE

Los límites de exposición permisibles (LEP) son promedios de tiempo ponderado de 8 horas (PPT), a menos que se especifique lo contrario; una designación (C) denota un límite tope. Se deben determinar las concentraciones a partir de muestras del aire de zona de respiración.

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Acetaldehído	75-07-0	200	360	
Ácido acético	64-19-7	10	25	
Anhídrido acético	108-24-7	5	20	
Acetona	67-64-1	1000	2400	
Acetonitrilo	75-05-8	40	70	
Acetaminofluór 2-; véase 1910.1014	53-96-3			
Dicloruro de acetileno; véase 1,2-Dicloroetileno				
Tetrabromuro de acetileno	79-27-6	1	14	
Acroleína	107-02-8	0.1	0.25	
Acrilamida	79-06-1		0.3	X
Acrilonitrilo; véase 1910.1045	107-13-1			
Aldrina	309-00-2		0.25	X
Alcohol alílico	107-18-6	2	5	X
Cloruro de alilo	107-05-1	1	3	
Éter glicidil alilo (AGE)	106-92-3	(C) 10	(C) 45	
Bisulfuro de propilo alilo	2179-59-1	2	12	
α-Alúmina	1344-28-1			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Metal de aluminio (como Al)	7429-90-5			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
4-Aminodifenilo; véase 1910.1011	92-67-1			
2-Aminoetanol; véase Etanolamina				
2-Aminopiridina	504-29-0	0.5	2	

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Amoniaco	7664-41-7	50	35	
Sulfamato de amonio	7773-06-0			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
n-Acetato amil	628-63-7	100	525	
Sec-acetato amil	626-38-0	125	650	
Anilina y homólogos	62-53-3	5	19	X
Anisidina (isómeros o-, p-)	29191-52-4		0.5	X
Antimonio y compuestos (como Sb)	7440-36-0		0.5	
ANTU (α-naftiltiurea)	86-88-4		0.3	
Arsénico, compuestos inorgánicos (como As)	7440-38-2		10µg/m <sup>3</sup>	
véase 1910.1018			0.5	
Arsénico, compuestos orgánicos (como As)	7440-38-2	0.05	0.2	
Arsina	Varía según el compuesto			
Asbesto:				
véase 1910.1001 para construcción véase 1926.1101				
Metilo-azinfos	86-50-0		0.2	X
Bario, compuestos solubles (como Ba)	7440-39-3		0.5	
Sulfato de bario	7727-43-7			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Benomil	17804-35-2			
Polvo total				
Fracción respirable				
Benceno; Véase 1910.1028 véase el apéndice A.2 para los límites aplicables en las operaciones o sectores excluidos en 1910.1028 <sup>d</sup>	71-43-2			
Bencidina; véase 1910.1010	92-87-5			
Benzo (a) pireno; véase volátiles de Carbón				
p-benzoquinina; véase Quinina	94-36-0		5	
Peróxido de benzoilo	100-44-7	1	5	
Cloruro de benzoilo	7440-41-7		Véase el apéndice A.2	
Berilio y compuestos de berilio (como Be)				
Bifenilo; véase Difenilo				
Teluro de bismuto	1304-82-1			
No dopado			15	
Polvo total			5	
Fracción respirable				
Óxido de boro	1303-86-2			
Polvo total			15	
Trifluoruro de boro	7637-07-2	(C) 1	(C) 3	
Bromo	7726-95-6	0.1	0.7	
Bromoformo	75-25-2	0.5	5	X
Butadieno (1,3-Butadieno); véase 1910.1051; 1910.19	106-99-0	1:5STEL		

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Butanetiol; véase mercaptano Butilo				
2-Butanona (metilo etil cetona)	78-93	200	590	
2-Butoxietanol	111-76-2	50	240	X
n-Acetato butilo	123-86-4	150	710	
sec-Acetato butilo	105-46-4	200	950	
ert-Acetato butilo	540-88-5	200	950	
n-Alcohol butilo	71-36-3	100	300	
sec-Alcohol butilo	78-92-2	150	450	
tert-Alcohol butilo	75-65-0	100	300	
Butilamina	109-73-9	(C) 5	(C) 15	X
tert-Cromato butilo [como CrO <sub>3</sub> ]	1189-85-1		(C) 0.1	X
n-Éter glicidil butilo (BGE)	2426-08-6	50	270	
Mercaptano butilo	109-79-5	10	35	
p-tert-Butiltolueno	98-51-1	10	60	
Cadmio (como Cd); véase 1910.1027	7440-43-9			
Carbonato de calcio	1317-65-3			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Hidróxido de calcio	1305-62-0			
Povo total			15	
Fracción respirable			5	
Óxido de calcio	1305-78-8		5	
Silicato de calcio	1344-95-2			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Sulfato de calcio	7778-18-9			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Alcanfor, sintético	76-22-2		2	
Carbarilo (Sevin)	63-25-2		5	
Negro de humo	1333-86-4		3.5	
Bióxido de carbono	124-38-9	5000	9000	
Bisulfuro de carbono	75-15-0		Véase el apéndice A.2	
Monóxido de carbono	630-08-0	50	55	
Tetracloruro de carbono	56-23-5		Véase el apéndice A.2	
Celulosa	9004-34-6			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Clordano	57-74-9		0.5	X
Canfeno clorado	8001-35-2		0.5	X
Óxido difenil clorado	55720-99-5		0.5	
Cloro	7782-50-5	(C) 1	(C) 3	
Bióxido de cloro	10049-04-4	0.1	0.3	
Trifluoruro de cloro	7790-91-2	(C) 0.1	(C) 0.4	
Cloroacetaldehido	107-20-0	(C) 1	(C) 3	
α-Cloroacetofenone (cloruro de fenacilo)	532-27-4	0.05	0.3	
Clorobenceno	108-90-7	75	350	
o-Clorobencilideno	2698-41-1	0.05	0.4	
malononitrilo clorobromometano	74-97-5	200	1050	
2-Cloro-1,3-Butadieno;				

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
véase β-Cloropreno				
Clorodifenilo (42% Cloro) (PCB)	53469-21-9		1	X
Clorodifenilo (54% Cloro) (PCB)	11097-69-1		0.5	X
1-Cloro-2,3-epoxypropano; véase Epiclorohidrina				
2-Cloroetano; véase Clorohidrina etileno				
Cloroetileno; véase Cloruro de vinilo				
Cloroformo (triclorometano)	67-66-3	(C) 50	(C) 240	
Bis éter (clorometilo); véase 1910.1008	542-88-1			
Chloromethyl methyl ether; véase 1910.1006	107-30-2			
1-Cloro-1-nitropropano	600-25-9	20	100	
Cloropicrina	76-06-2	0.1	0.7	
β-Cloropreno	126-99-8	25	90	X
2-Cloro-6 (triclorometilo) piridina	1929-82-4			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Ácido crómico y cromatos [como CrO (III)]	Varía según el compuesto	Véase el apéndice A.2		
Compuestos de Cromo (II) (como Cr)	7440-47-3		0.5	
Compuestos de Cromo (III) (como Cr)	7440-47-3		0.5	
Metal y sales de Cromo insolubles (como Cr)	7440-47-3		1	
Criseno; véase volátiles de brea de Carbón				
Clopidol	2971-90-6			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Polvo de carbón (menor o igual a 5% SiO <sub>2</sub> ), Fracción respirable		Véase el apéndice A.3		
Polvo de carbón (mayor o igual a 5% SiO <sub>2</sub> ), Fracción respirable		Véase el apéndice A.3		
Volátiles de brea de Carbón (fracción soluble en benceno), antraceno, BaP, fenantreno, acridina, criseno, pireno	65966-93-2		0.2	
Metal, polvo, y humo de Cobalto (como Co)	7440-48-4		0.1	
Emissiones de horno de coque; véase 1910.1029			150µg/m <sup>3</sup>	
Cobre	7440-50-8			
Humo (como Cu)			0.1	
Polvos y vahos				

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
(como Cu)				
Polvo de algodón <sup>e</sup> ; véase 1910.1043 en despepitadora de algodón, véase 1910.1046			1	
herbicida de crag (Sesone)	136-78-7			200-750 µg/m <sup>3</sup>
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Cresol, todos los isómeros	1319-77-3	5	22	X
Crotonaldehido	123-73-9	2	6	
	4170-30-3			
Cumeno	98-82-8	50	245	X
Cianuros (como CN)	Varía según el compuesto		5	
Ciclohexano	110-82-7	300	1050	
Ciclohexanol	108-93-0	50	200	
Ciclohexanona	108-94-1	50	200	
Ciclohexeno	110-83-8	300	1015	
Ciclopentadieno	542-92-7	75	200	
2,4-D (Ácido oxiacético diclorofeno)	94-75-7		10	
Decaborano	17702-41-9	0.05	0.3	X
Demetón (Systox)	8065-48-3		0.1	X
Alcohol diacetona (4-Hidroxi-4-metilo-2-pentanone)	123-42-2	50	240	
1,2-Diaminoetano; véase Etilenediamina				
Diazometano	334-88-3	0.2	0.4	
Diborano	19287-45-7	0.1	0.1	
1,2-Dibromo-3-cloropropano (CBCP); véase 1910.1044	96-12-8	ppb (partes por mil millones)		
1,2-Dibromoetano; véase Dibromuro etileno				
Fosfato dibutilo	107-66-4	1	5	
Ftalato dibutilo	84-74-2		5	
<i>o</i> -Diclorobenceno	95-50-1	(C) 50	(C) 300	
<i>p</i> -Diclorobenceno	106-46-7	75	450	
3,3-Diclorobencidina véase 1910.1007	91-94-1			
Diclorodifluorometano	75-71-8	1000	4950	
1,3-Dicloro-5. 5-Dimetilo hidantoína	118-52-5		0.2	
Diclorodifeniltri- cloroetano (DDT)	50-29-3		1	X
1,1-Dicloroetano	75-34-3	100	400	
1,2-Dicloroetano; véase Dicloruro Etileno				
1,2-Dicloroetano	540-59	200	790	
Éter dicloroetílico	1111-44-4	(C) 15	(C) 90	X
Diclorometano; véase Cloruro metileno				
Dicloromonofluorometano	75-43-4	1000	4200	
1,1-Dicloro-1-nitroetano	594-72-9	(C) 10	(C) 60	



430 Apéndice A Límites de exposición permisible según la OSHA

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
1,2-Dicloropropano; véase Dicloruro propilenc	76-14-2	1000	7000	
Diclorotetrafluoroetano	62-73-7		1	X
Diclorvos (DDVP)	102-54-5			
Hierro dicitropentadienilo			15	
Total de polvo			5	
Fracción respirable			0.25	X
Dieldrin	60-57-1			
Dietilamina	109-89-7	25	75	X
2-Dietilaminoetanol	100-37-8	10	50	
Éter dietílico; véase Éter etílico	75-61-6	100	860	
Difluorodibromometano	2238-07-5	(C) 0.5	(C) 2.8	
Éter diglicidil (DGE)				
Dihidroxibenceno; véase Hidroquinina	108-83-8	50	290	X
Diisobutilo cetona	108-18-9	5	20	
Diisopropilamina	60-11-7			
4-Dimetilaminoazobenceno; véase 1910.1015				
Dimetoximetano; véase Metial	127-19-5	10	35	X
Dimetil acetamida	124-40-3	10	18	
Dimetilamina				
Dimetilaminobenceno; véase Xilidina	121-69-7	5	25	X
Dimetilnilina ( <i>N,N</i> -Dimetilnilina)				
Dimetilbenceno; véase Xileno				
Dimetilo-1,2-dibromo-2, 2-dicloroetilfosfato	300-76-5	10	30	X
Dimetilformamida	68-12-2			
2,6-Dimetilo-4-heptanona; véase Diisobutilo cetona	57-14-7	0.5	1	X
1,1-Dimetilhidrazina	131-11-3		5	X
Dimetilftalato	77-78-1	1	5	X
Sulfato dimetilo			1	
Dinitrobenceno (todos los isómeros)				
Isómero <i>o</i>	528-29-0			
Isómero <i>m</i>	99-65-0			
Isómero <i>p</i>	100-25-4		0.2	X
Dinitro- <i>o</i> -cresol	534-52-1		1.5	X
Dinitrotolueno	25321-14-6			X
Dioxano	123-91-1	100	360	
(dióxido dietileno)				
Difenil (bifenil)	92-52-4	0.2	1	
1,1-Diisocianato difenilmetano; véase isocianato bisfenil Metileno	34590-94-8	100	600	X
Éter metilo glicol dipropileno	117-81-7		5	
Ftalato octilo di- <i>sec</i> [Di-(2-etilhexilo) ftalato]	12415-34-8			
Esmeril			15	
Polvo total				

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Fracción respirable			5	
Endosulfan	115-29-7		0.1	X
Endrin	72-20-8		0.1	X
Epiclorohidrina	106-89-8	5	19	X
EPN	2104-64-5		0.5	X
1,2-Epoxypropano; véase óxido Propileno				
2,3-Epoxy-1-propanol; véase Glicidol				
Etanetiol; véase mercaptano Etilo				
Etanolamina	141-43-5	3	6	
2-Etoxietanol (celosolve)	110-80-5	200	740	X
2-Etoxietilacetato (acetato celosolve)	111-15-9	100	540	X
Acetato de etilo	141-78-6	400	1400	
Acrilato de etilo	140-88-5	25	100	X
Alcohol etílico (etanol)	64-17-5	1000	1900	
Etilamina	75-04-7	10	18	
Etil amil cetona (5-Metilo-3-heptano)	541-85-5	25	130	
Etilbenceno	100-41-4	100	435	
Bromuro de etilo	74-96-4	200	890	
Etil butilo cetona (3-heptano)	106-35-4	50	230	
Cloruro de etilo	75-00-3	1000	2600	
Éter etílico	60-29-7	400	1200	
Óxido de etileno	109-94-4	100	300	
Mercaptano etílico	75-08-1	(C) 10	(C) 25	
Silicato de etilo	78-10-4	100	850	
Etilenclorohidrina	107-07-3	5	16	X
Etilendiamina	107-15-3	10	25	
Dibromuro de etileno	106-93-4			
Dicloruro de etileno (1,2 -Dicloroetano)	107-06-2			
Dinitrato de etilglicol	628-96-6	(C) 0.2	(C) 1	
Acetato de metiletilglicol; véase acetato de metil celosolve)				
Etilenimina; véase 1910.1012	151-56-4			
Óxido de etileno; véase 1910.1047	75-21-8	1		
Cloruro de etilideno; véase 1,1-Dicloroetano				
N-Etilmorfolina	100-74-3	20	94	X
Ferban	14484-64-1			
Polvo total			15	
Polvo de ferovanadio	12604-58-9		1	
Fluoruros (como F)				
Flúor	7782-41-4		0.1	0.2
Fluorotriclorometano (triclorofluorometano)	75-69-4	1000	5600	
Formaldehido; véase 1910.1048	50-00-0	1		
Ácido fórmico	64-18-6	5	9	
Furfural	98-01-1	5	20	X
Alcohol furfuril	98-00-0	50	200	
Glicerina (vaho)	56-81-5			

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Polvo total			15	
Fración respirable			5	
Glicidol	556-52-5	50	150	
Éter monoetilglicol; véase 2-Etoxietanol			10	
Polvo de granos (avena, trigo, cebada)			Véase el apéndice A.3	
Grafito, polvo natural respirable	7782-42-5			
Grafito, sintético			15	
Polvo total			5	
Fración respirable				
Guthion; véase Metilo-azinfos				
Yeso	13397-24-5		15	
Polvo total			5	
Fración respirable			0.5	
Hafnio	7440-58-6		0.5	X
Heptacloro	76-44-8			
Heptano ( <i>n</i> -heptano)	142-82-5	500	2000	X
Hexacloroetano	67-72-1	1	410	X
Hexacloronaftaleno	1335-87-1		0.2	
<i>n</i> -Hexano	110-54-3	500	1800	
2-Hexanone (Metilo <i>n</i> -butilo cetona)	591-78-6	100	410	
2-Hexano (metilo isobutilo cetona)	108-10-1	100	410	
Acetato <i>sec</i> -hexil	108-84-9	50	300	
Hidrazina	302-01-2	1	1.3	X
Bromuro de hidrógeno	10035-10-6	3	10	
Cloruro hidrógeno	7647-01-0	(C) 5	(C) 7	X
Cianuro de hidrógeno	74-90-8	10	11	
Fluoruro de hidrógeno (como F)	7664-39-3	Véase el apéndice A.2		
Peróxido de hidrógeno	7722-84-1	1	1.4	
Seleniuro de hidrógeno (como Se)	7783-07-5	0.05	0.2	
Sulfuro de hidrógeno	7783-06-4		Véase el apéndice A.2	
Hidroquinona	123-31-9		2	
Iodo	7553-56-2	(C) 0.1	(C) 1	
Humo de óxido de hierro	1309-37-1		10	
Acetato de isomilo	123-92-2	100	525	
Alcohol isomílico (primario y secundario)	123-51-3	100	360	
Acetato de isobutilo	110-19-0	150	700	
Alcohol isobutílico	78-83-1	100	300	
Isoforona	78-59-1	25	140	
Acetato de isopropilo	108-21-4	250	950	
Alcohol isopropílico	67-63-0	400	980	
Isopropilamina	75-31-0	5	12	
Éter isopropílico	108-20-3	500	2100	
Éter isopropilglicol	4016-14-2	50	240	
Caolín	1332-58-7		15	
Polvo total			5	
Fración respirable				
Cetena	463-51-4	0.5	0.9	

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Plomo inorgánico (como Pb); véase 1910.1025 (para Industria General), o 1926.62 (para Construcción)	7439-92-1		50 µg/m <sup>3</sup>	
Caliza	1317-65-3			
Polvo total			15	
Fración respirable			5	
Lindano	58-89-9		0.5	
Hidruro de litio	7580-67-8		0.025	
LPG (gas licuado de petróleo)	68476-85-7	1000	1800	
Magnesita	546-93-0			
Polvo total			15	
Fración respirable			5	
Humo de óxido de magnesio	1309-48-4			
Partículas totales			15	
Malatión	121-75-5			
Polvo total			15	X
Anhídrido maléico	108-31-6	0.25	1	
Compuestos de manganeso (como Mn)	7439-96-5		(C) 5	
Humo de Manganeso (como Mn)	7439-96-5		(C) 5	
Mármol	1317-65-3			
Polvo total			15	
Fración respirable			5	
Mercurio (aryl e inorgánico) (como Hg)	7439-97-6		Véase el apéndice A.2	
Compuestos de alquilo de mercurio (como Hg)	7439-97-6		Véase el apéndice A.2	
Mercurio (vapor) (como Hg)	7439-97-6		Véase el apéndice A.2	
Óxido de mesitilo	141-79-7	25	100	
Matanotiol; véase Metil mercaptán				
Metoxiclor	72-43-5			
Polvo total			15	
2-Metoxietanol (metilo celosolve)	109-86-4	25	80	X
Acetato de 2-metoxietanol (acetato de metil celosolve)	110-49-6	25	120	X
Acetato de metilo	79-20-9	200	610	
Acetileno de metilo (propino)	74-99-7	1000	1650	
Mezcla de propadieno de metilo acetileno (MAPP)		1000	1800	
Acrilato de metilo	96-33-3	10	35	X
Metilal (dimetoximetano)	109-87-5	1000	3100	
Alcohol metílico	67-56-1	200	260	
Metilamina	74-89-5	10	12	
Alcohol metilamílico; véase Metilo isobutilo carbinol				
Metilo- <i>n</i> -amil cetona	110-43-0	100	465	
Bromuro de metilo	74-83-9	(C) 20	(C) 80	X
Metilbutilcetona; véase 2-Hexanona				
Metil celosolve;				

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
véase 2-Metoxietanol				
Acetato de metil celosolve; (véase Acetato de 2-metoxietanol)				
Cloruro de metilo	74-87-3	Véase el apéndice A.2		
Metilcloroformo (1,1,1-Tricloroetano)	71-55-6	350	1900	
Metilciclohexano	108-87-2	500	2000	
Metilciclohexanol	25639-42-3	100	470	
<i>o</i> -Metilciclohexanona	583-60-8	100	460	X
Cloruro de metileno	75-09-2	Véase el apéndice A.2		
Etil metilo cetona (MEK); véase 2-Butanona	107-31-3	100	250	
Formato de metilo	60-34-4	(C) 0.2	(C) 0.35	X
Metil hidrazina (monometil hidrazina)	74-88-4	5	28	X
Yoduro de metilo	110-12-3	100	475	
Metil isoamil cetona	108-11-2	25	100	X
Metil isobutilo carbinol				
Metil isobutilo cetona; véase Hexona	624-83-9	0.02	0.05	X
Metil isocianato	74-93-1	(C) 10	(C) 20	
Metil mercaptán	80-62-6	100	410	
Metil metacrilato				
Metil propil cetona; véase 2-Pentanona	98-83-9	(C) 100	(C) 480	
$\alpha$ -Metil estireno	101-68-8	(C) 0.02	(C) 0.2	
Metil bisfenilo isocianato (MDI)				
Mica; véase Silicatos				
Molibdeno (como Mo)	7439-98-7		5	
Compuestos solubles				
Compuestos insolubles			15	
Polvo total			9	X
Anilina monometilo	100-61-8	2		
Monometil hidrazina; (véase Metil hidrazina)				
Morfolina	110-91-8	20	70	X
Nafta (alquitrán de hulla)	8030-30-6	100	400	
Naftalina	91-20-3	10	50	
$\alpha$ -naftalinamina; véase 1910.1004	134-32-7			
$\beta$ -naftalinamina; véase 1910.1009	91-59-8			
Carbonilo de níquel (como Ni)	13463-39-3	0.001	0.007	
Níquel, metal y compuestos insolubles (como Ni)	7440-02-0		1	
Níquel, compuestos solubles (como Ni)	7440-02-0		1	
Nicotina	54-11-5		0.5	X
Ácido nítrico	7697-37-2	2	5	
Óxido nítrico	10102-43-9	25	30	

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
<i>p</i> -Nitroanilina	100-01-6	1	6	X
Nitrobenceno	98-95-3	1	5	X
<i>p</i> -nitroclorobenceno	100-00-5		1	X
4-Nitrobifenilo; véase 1910.1003	92-93-3			
Nitroetano	79-24-3	100	310	
Bióxido de nitrógeno	10102-44-0	(C) 5	(C) 9	
Trifluoruro de nitrógeno	7783-54-2	10	29	
Nitroglicerina	55-63-0	(C) 0.2	(C) 2	X
Nitrometano	75-52-5	100	250	
1-Nitropropano	108-03-2	25	90	
2-Nitropropano	79-46-9	25	90	
<i>N</i> -Nitrosodimetilamina; véase 1910.1016				
Nitrotolueno (todos los isómeros)		5	30	X
Isómero- <i>o</i>	88-72-2			
Isómero- <i>m</i>	99-08-1			
Isómero- <i>p</i>	99-99-0			
nitrclorometano; véase Cloropicrin				
Octacloronaftaleno	2234-13-1		0.1	X
Octano	111-65-9	500	2350	
Vaho de petróleo, mineral	8012-95-1		5	
Tetróxido de osmio (como Os)	20816-12-0		0.002	
Ácido oxálico	144-62-7		1	
Difluoruro de oxígeno	7783-41-7	0.05	0.1	
Ozono	10028-15-6	0.1	0.2	
Paraquat	4685-14-7		0.5	X
	1910-42-5			
	2074-50-2			
Paratión	56-38-2		0.1	X
Partículas de otra manera no regulados (LPNR) <sup>f</sup>				
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
PCB; véase Clorodifenil (42% y 54% de cloro)				
Pentaborano	19624-22-7	0.005	0.01	
Pentacloronaftaleno	1321-64-8		0.5	X
Pentaclorofenol	87-86-5		0.5	X
Pentaeritritol	115-77-5			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Pentano	109-66-0	1000	2950	
2-Pentanona (Metilpropil cetona)	107-87-9	200	700	
Percloroetileno (tetracloroetileno)	127-18-4	Véase el apéndice A.2		
Perclorometilo mercaptano	594-42-3	0.1	0.8	
Fluoruro de perclorilo	7616-94-6	3	13.5	
Perlita	93763-70-3			
Polvo total			15	

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Fracción respirable			5	
Destilados de petróleo (nafta) (solvente de hule)		500	2000	
Fenol	108-95-2	5	19	X
p-fenilenediamina	106-50-3		0.1	X
Éter fenilo, vapor	101-84-8	1	7	
Mezcla de éter fenil bifenil		1	7	
Feniletileno; véase Estireno				
Éter fenilglicidilo (PGE)	122-60-1	10	60	
Fenilhidrazina	100-63-0	5	22	X
Fosdrina (Mevinphos)	7786-34-7		0.1	X
Fosgeno (cloruro de carbonilo)	75-44-5	0.1	0.4	
Fosfina	7803-51-2	0.3	0.4	
Ácido fosfórico	7664-38-2		1	
Fósforo (amarillo)	7723-14-0		0.1	
Pentacloruro de fósforo	10026-13-8		1	
Pentasulfuro de fósforo	1314-80-3		1	
Tricloruro de fósforo	7719-12-2	0.5	3	
Anhídrido ftálico	85-44-9	2	12	
Picloram	1918-02-1			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Ácido pícrico	88-89-1		0.1	X
Pindona (2-Pivalil-1,3-indandiona)	83-26-1		0.1	
Yeso	26499-65-0			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Platino (como Pt)	7440-06-4			
Metal				
Sales solubles			0.002	
Cemento Portland	65997-15-1			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Propano	74-98-6	1000	1800	
beta-Propiolactona; véase 1910.1013	57-57-8			
Acetato de n-propilo	109-60-4	200	840	
Alcohol de n-propilo	71-23-8	200	500	
Nitrato de n-propilo	627-13-4	25	110	
Dicloruro de propileno	78-87-5	75	350	
Propilenimina	75-55-8	2	5	X
Óxido de propileno	75-56-9	100	240	
Propino; véase Metil acetileno				
Piretro	8003-34-7		5	
Piridina	110-86-1	5	15	
Quinona	106-51-4	0.1	0.4	
RDX; véase Ciclonita				
Rodio (como Rh), humo de metal y compuestos insolubles	7440-16-6		0.1	
Rodio (como Rh), compuestos solubles	7440-16-6		0.001	

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Ronnel	299-84-3		15	
Rotenona	83-79-4		5	
Rojo				
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Compuestos de selenio (como Se)	7782-49-2		0.2	
Hexafluoruro de selenio (como Se)	7783-79-1	0.05	0.4	
Sílice, amorfo, tierra diatomácea, con contenido menor a 1% de sílice cristalino	61790-53-2		Véase el apéndice A.3	
Sílice, amorfo, precipitado y gel	112926-00-8		Véase el apéndice A.3	
Sílice, cristobalita cristalina, polvo respirable	14464-46-1		Véase el apéndice A.3	
Sílice, cuarzo cristalino, polvo respirable	14808-60-7		Véase el apéndice A.3	
Sílice, trípoli cristalino (como cuarzo), polvo respirable	1317-95-9		Véase el apéndice A.3	
Sílice, tridimita cristalina, polvo respirable	15468-32-3		Véase el apéndice A.3	
Sílice, fusionado, polvo respirable	60676-86-0		Véase el apéndice A.3	
Silicatos (contenido menor al 1% de sílice cristalino)				
Mica (polvo respirable)	12001-26-2		Véase el apéndice A.3	
Saponita, Polvo total			Véase el apéndice A.3	
Saponita, polvo respirable			Véase el apéndice A.3	
Talco (con contenido de asbesto): utilizar el límite del asbesto; véase 29 CFR 1910.1001			Véase el apéndice A.3	
Talco (sin contenido de asbesto), polvo respirable	14807-96-6		Véase el apéndice A.3	
Tremolita, asbestiforme; véase 1910.1001				
Silicio	7440-21-3			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Carburo de silicio	409-21-2			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Plata, metal y compuestos solubles (como Ag.)	7440-22-4		0.01	
Saponita; véase silicatos				
Fluoroacetato de sodio	62-74-8		0.05	
Hidróxido de sodio	1310-73-2		2	X
Almidón	9005-25-8			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Estibina	7803-52-3	0.1	0.5	
Solvente Stoddard	8052-41-3	500	2900	
Estricnina	57-24-9		0.15	
Estireno	100-42-5		Véase el apéndice A.2	

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Sacarosa	57-50-1			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Dióxido sulfúrico	7446-09-5	5	13	
Hexafluoruro sulfúrico	2551-62-4	1000	6000	
Ácido sulfúrico	7664-93-9		1	
Monocloruro sulfúrico	10025-67-9	1	6	
Pentafluoruro sulfúrico	5714-22-7	0.025	0.25	
Fluoruro sulfúrico	2699-79-8	5	20	
Systox; véase Demeton	93-76-5		10	
2,4,5-T (ácido 2,4,5-tricloro-fenoxiacético)				
Talco; véase Silicatos				
Tantalo, metal y polvo de óxido	7440-25-7		5	
TEDP (Sulfotep)	3689-24-5		0.2	X
Telurio y compuestos (como Te)	13494-80-9		0.1	
Hexafluoruro de telurio (como Te)	7783-80-4	0.02	0.2	
Temefos	3383-96-8			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
TEPP (pirofosfato de tetraetilo)	107-49-3		0.05	X
Terfenilo	26140-60-3	(C) 1	(C) 9	
1,1,1,2-Tetracloro-2,2-difluoroetano	76-11-9	500	4170	
1,1,1,2-Tetracloro-2,2-difluoroetano	76-12-0	500	4170	
1,1,2,2-Tetracloroetano	79-34-5	5	35	X
Tetracloroetileno; véase percloroetileno				
Tetraclorometano; véase tetracloruro de Carbono				
Tetracloronaftaleno	1335-88-2		2	X
Tetraetilo de plomo (como Pb)	78-00-2		0.075	X
Tetrahidrofurano	109-99-9	200	590	
Tetrametilo de plomo, (como Pb)	75-74-1		0.075	X
Tetrametilo succinonitrilo	3333-52-6	0.5	3	X
Tetranitrometano	509-14-8	1	8	
Tetrilo (2,4,6-Trinitrofenil-metilnitramina)	479-45-8		1.5	X
Talio, compuestos solubles (como Tl)	7440-28-0		0.1	X
4,4-Tiobio (6- <i>tert</i> .Butilo- <i>m</i> -cresol)	96-69-5			
Polvo total			15	
Fracción respirable			5	
Thiram	137-26-8		5	
Estaño, compuestos inorgánicos (excepto óxidos) (como Sn)	7440-31-5		2	
Estaño, compuestos orgánicos (como Sn)	7440-31-5		0.1	
Dióxido de titanio	13463-67-7			

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Polvo total			15	
Tolueno	108-88-3			
2,4-Diisocianato de tolueno (TDI)	584-84-9		Véase el apéndice A.2	
<i>o</i> -Toluidina	95-53-4	(C) 0.02	(C) 0.14	
Toxafeno; véase canfeno clorado		5	22	X
Tremolita; véase Silicatos				
Fosfato de tributilo	126-73-8		5	
1,1,1-Tricloroetano; véase Cloroformo de metilo				
1,1,2-Tricloroetano	79-00-5	10	45	X
Tricloroetileno	79-01-6		Véase el apéndice A.2	
Triclorometano; véase Cloroformo				
Tricloronaftaleno	1321-65-9		5	X
1,2,3-Tricloropropano	96-18-4	50	300	
1,1,2-Tricloro-1,2,2-trifluoroetano	76-13-1	1000	7600	
Trietilamina	121-44-8	25	100	
Trifluorobromometano	75-63-8	1000	6100	
2,4,5-Trinitrofenilo; véase ácido Pícrico				
2,4,6-Trinitrofenilmetilo nitramina; véase Tetril				
2,4,6-Trinitrotolueno (TNT)	118-96-7		1.5	X
Fosfato de triortocresil	78-30-8		0.1	
Fosfato de trifenilo	115-86-6		3	
Trementina	8006-64-2	100	560	
Uranio (como U)	7440-61-1			
Compuestos solubles			0.05	
Compuestos insolubles			0.05	
Vanadio	1314-62-1			
Polvo respirable (como V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )				
Humo (como V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			(C) 0.5	
Vaho de aceite vegetal			(C) 0.1	
Polvo total				
Fracción respirable			15	
Vinilbenceno; véase Estireno			5	
Cloruro de vinilo; véase 1910.1017	75-01-4			
Cianuro de vinilo; véase Acrilonitrilo				
Viniltolueno	25013-15-4	100	480	
Warfarina	81-81-2		0.1	
Xilenos (isómeros <i>o</i> -, <i>m</i> -, <i>p</i> -)	1330-20-7	100	435	
Xilidina	1300-73-8	5	25	X
Itrio	7440-65-5		1	
Humo de cloruro de zinc	7646-85-7		1	
Humo de óxido de zinc	1314-13-2		5	

Sustancia	Número CAS <sup>a</sup>	límite de exposición permisible		Piel
		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3c</sup>	
Óxido de zinc	1314-13-2			
Polvo total		15		
Fracción respirable			5	
Estearato de zinc	557-05-1			
Polvo total		15		
Fracción respirable			5	
Compuestos de zirconio (como Zr)	7440-67-7		5	

<sup>a</sup> El número CAS es sólo para información. La imposición legal está basada en el nombre de la sustancia. Para una entrada que abarque más de un compuesto metálico medido como el metal correspondiente, se da el número CAS de éste, no el de cada compuesto.

<sup>b</sup> Partes de vapor o gas por millón de partes de aire contaminado por volumen, a 25°C y a 760 torr.

<sup>c</sup> Miligramos de sustancia por metro cúbico de aire. Cuando la entrada aparece sólo en esta columna, el valor es exacto; cuando se anota junto con una entrada en ppm, es aproximada.

<sup>d</sup> La norma final del benceno en 1910.1028 se aplica a todas las exposiciones laborales, excepto en algunas circunstancias como la distribución y venta de combustibles, los recipientes y tuberías sellados, la producción de coque, la perforación y producción de petróleo y gas, el procesado de gas natural y la exclusión porcentual para mezclas líquidas; en el caso de los subsegmentos exentados, para el benceno se aplican los límites del apéndice A.2. Véase 1910.1028 para las circunstancias específicas.

<sup>e</sup> Este PPT de ocho horas se aplica al polvo respirable, medido según un muestreador vertical de polvo de algodón o un instrumento equivalente. El promedio ponderado por tiempo se aplica a las operaciones de procesamiento de desechos de algodón de reciclaje de desperdicios (clasificación, mezcla, limpieza y cardado) y teñido. Véase también el 1910.1043 para los límites para el polvo de algodón aplicables a otros sectores.

<sup>f</sup> Todos los polvos inertes o molestos, ya sean minerales, inorgánicos u orgánicos, no referidos por nombre de sustancia, están cubiertos por el límite de partículas de otra forma no reglamentadas (LPNR), que es igual al límite para polvo inerte o molesto del apéndice A.3. 18.

Fuente: Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1000, 54 FR 36767, sept. 5, 1989; 54 FR 41244, oct. 6, 1989; 55 FR 3724, feb. 5, 1990; 55 FR 12819, abr. 6, 1990; 55 FR 19259, mayo 9, 1990; 55 FR 46950, nov. 8, 1990; 57 FR 29204, julio 1°, 1992, 57 FR 42388, sept. 14, 1992, 58 FR 35340, junio 30, 1993; 61 FR 56746, nov. 4, 1996.

### APÉNDICE A.2: LEP Y LEPC PARA ALGUNOS MATERIALES ESPECIALIZADOS

Sustancia	Promedio ponderado de tiempo en ocho horas	Concentración máxima aceptable	Máximo tope aceptable sobre la concentración máxima aceptable en un turno de ocho horas	
			Concentración	Duración máxima
Benceno <sup>a</sup> (Z37.40-1969)	10 ppm	25 ppm	50 ppm	10 min.
Berilio y compuestos de berilio (Z37.29-1970)	2 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup>	30 min.
Polvo de cadmio (Z37.5-1970)	0.2 mg/m <sup>3</sup>	0.6 mg/m <sup>3</sup>		
Humo de cadmio <sup>b</sup> (Z37.5-1970)	0.1 mg/m <sup>3</sup>	0.3 mg/m <sup>3</sup>		
Disulfuro de carbono (Z37.3-1968)	20 ppm	30 ppm	100 ppm	30 min.
Tetracloruro de carbono (Z37.17-1967)	10 ppm	25 ppm	200 ppm	Cinco min. en cualquier periodo de cuatro horas

Ácido crómico y cromatos (Z37-7-1971)		1 mg/10 m <sup>3</sup>		
Dibromuro de etileno (Z37.31-1970)	20 ppm	30 ppm	50 ppm	5 min.
Dicloruro de etileno (Z37.21-1969)	50 ppm	100 ppm	200 ppm	5 min. en cualquier periodo de tres horas
Flúor como polvo (Z37.28-1969)	2.5 mg/m <sup>3</sup>			
Formaldehído: véase 1910.1048				
Fluoruro de hidrógeno (Z37.28-1969)	3 ppm			
Sulfuro de hidrógeno (Z37.2-1966)		20 ppm	50 ppm	10 min. una vez solamente, si no ocurre otra exposición medible
Mercurio (Z37.8-1971)		1 mg/10 m <sup>3</sup>		
Cloruro de metilo (Z37.18-1969)	100 ppm	200 ppm	300 ppm	5 min. en cualquier periodo de 3 horas
Cloruro de metileno véase 1910.1052	25 ppm		125 ppm	15 min.
Órgano (alquilo) mercurio (Z37.30-1969)	0.01 mg/m <sup>3</sup>	0.04 mg/m <sup>3</sup>		
Estireno (Z37.15-1969)	100 ppm	200 ppm	600 ppm	5 min. en cualquier periodo de 3 horas
Tetracloroetileno (Z37.12-1967)	100 ppm	200 ppm	300 ppm	5 min. en cualquier periodo de 3 horas
Tolueno (Z37.12-1967)	200 ppm	300 ppm	500 ppm	10 min
Tricloroetileno (Z37.19-1967)	100 ppm	200 ppm	300 ppm	5 min. en cualquier periodo de 2 horas

<sup>a</sup>Esta norma se aplica a los segmentos de la industria exentos del PPT de ocho horas de una ppm y del LEPC de cinco ppm de la norma del benceno en 1910.1028.

<sup>b</sup>Esta norma se aplica a cualquier operación o sector para el cual la norma del cadmio, 1910.1027, se encuentre suspendida o no esté en efecto.

Fuentes: Code of Federal Regulations CFR 1910.1000. 57 FR 42388, sept. 14, 1992; 58 FR 21781, abr. 23, 1993; 58 FR 35340, junio 30, 1993; 62 FR 1493, ene. 10, 1997.

### APÉNDICE A.3: LEP PARA POLVOS MINERALES

Sustancia	mppcf <sup>a</sup>	mg/m <sup>3</sup>
Sílice Cristalino		
Cuarzo (respirable)	250 <sup>b</sup> % SiO <sub>2</sub> + 5	10 mg/m <sup>3</sup> <sup>d</sup> % SiO <sub>2</sub> + 2

Sustancia	mppcf <sup>a</sup>	mg/m <sup>3</sup>
Cuarzo (polvo total)		$\frac{80 \text{ mg} \cdot \text{m}^3}{\% \text{ SiO}_2 + 2}$
Cristobalita: Utilizar 1/2 del valor calculado en la cuenta o fórmulas de masa para el cuarzo		
Tridimita: Usar 1/2 del valor calculado a partir de las fórmulas para el cuarzo		
Amorfo, incluyendo tierra diatomácea natural	20	
Silicatos (menos de 1% de sílice cristalino)		
Mica	20	
Saponita	20	
Talco (sin contenido en asbesto)	20 <sup>c</sup>	
Talco (con contenido de asbesto). Utilizar límite del asbesto		
Tremolita, asbestiforme (véase 29 CFR 1910.1001)		
Cemento Portland	50	
Grafito (natural)	15	
Polvo de carbón <sup>e</sup>		
Fracción respirable menor a 5% de SiO <sub>2</sub>	$\frac{2.4 \text{ mg} \cdot \text{m}^3}{\% \text{ SiO}_2 + 2}$	
Fracción respirable mayor a 5% de SiO <sub>2</sub>	$\frac{10 \text{ mg} \cdot \text{m}^3}{\% \text{ SiO}_2 + 2}$	
Polvo inerte o molesto		
Fracción respirable	15	5 mg / m <sup>3</sup>
Polvo total	50	15 mg / m <sup>3</sup>

Nota: Factores de conversión — mppcf × 35.3 = millones de partículas por metro cúbico = partículas por cc  
<sup>a</sup>Millones de partículas por pie cúbico de aire, con base en las muestras que hacen impacto contadas por medio de técnicas de campo de luz.  
<sup>b</sup>El porcentaje de sílice cristalino en la fórmula es la cantidad determinada a partir de muestras en suspensión en el aire, excepto en aquellos casos en los cuales otros métodos han demostrado que son aplicables.  
<sup>c</sup>Contenido menor a 1% de cuarzo; si hay 1% de cuarzo o más, utilizar límite del cuarzo  
<sup>d</sup>Todos los polvos inertes o molestos, ya sean minerales, inorgánicos u orgánicos, no anotados por nombre de sustancia, están incluidos en este límite, que es el mismo que el límite de partículas no reglamentadas (LPNR) en la tabla del apéndice A.1.  
<sup>e</sup>Tanto la concentración como el porcentaje de cuarzo para la aplicación de este límite deben ser determinados de la fracción pasando un selector de tamaño de las siguientes características:

Diámetro aerodinámico (esfera de unidad de densidad)	Porcentaje que pasa el selector
2	90
2.5	75
3.5	50
5.0	25
10	0

Las mediciones de esta nota se refieren al uso de un instrumento AEC (ahora NRC). La fracción respirable de polvo del carbón se determina con un MRE: la cifra correspondiente en la tabla para el polvo de carbón a 2.4 mg/m<sup>3</sup> es 4.5 mg/m<sup>3</sup>

## A P É N D I C E B

### Tratamiento médico

- Tratamiento de las INFECCIONES
- Aplicación de ANTISÉPTICOS durante la segunda o siguiente visita al personal médico
- Tratamiento de QUEMADURA(S) DE SEGUNDO O TERCER GRADO(S)
- Aplicación de SUTURAS (puntadas)
- Aplicación de VENDAJE(S) DE MARIPOSA o de ESPARADRAPO(S) en vez de suturas
- Eliminación de CUERPOS EXTRAÑOS INCRUSTADOS EN OJOS
- Eliminación de CUERPOS EXTRAÑOS de las heridas, si el procedimiento se COMPLICA por la profundidad, el tamaño o la ubicación de la incrustación
- Uso de MEDICINAS DE PATENTE (excepto por una sola dosis administrada en la primera visita por lesión o malestares menores)
- Uso de TERAPIA DE INMERSIÓN caliente o fría durante la segunda o siguiente visita al personal médico
- Aplicación de COMPRESAS frías o calientes durante la segunda o siguiente visita al personal médico
- RECORTE DE PIEL MUERTA (cirugía de eliminación)
- Aplicación de TERAPIA TÉRMICA durante la segunda o siguiente visita al personal médico
- Uso de TERAPIA DE TINA DE REMOLINO durante la segunda siguiente visita al personal médico
- DIAGNOSIS POSITIVA DE RAYOS X (fracturas, huesos rotos, etcétera)
- ADMISIÓN EN UN HOSPITAL o instalación médica equivalente para tratamiento

Fuente: Ref. 129

## Tratamiento de primeros auxilios

- Aplicación de ANTISÉPTICOS durante la primera visita al personal médico
- Tratamiento de QUEMADURA(S) DE PRIMER GRADO
- Aplicación de VENDAJE(S) durante la primera visita al personal médico
- Uso de VENDAJE(S) ELÁSTICOS durante la primera visita al personal médico
- Eliminación de CUERPOS EXTRAÑOS NO INCRUSTADOS EN EL OJO sólo si se requiere de irrigación
- Eliminación de CUERPOS EXTRAÑOS de las heridas, si el procedimiento NO ES COMPLICADO y es, por ejemplo, mediante pinzas o alguna técnica simple
- Uso de MEDICACIÓN NO RECETADA Y administración de una sola dosis de MEDICACIÓN DE PATENTE en la primera visita por lesión o malestar menor
- TERAPIA DE INMERSIÓN en la visita inicial del personal médico o la eliminación de los vendajes por INMERSIÓN
- Aplicación de COMPRESAS frías o calientes durante la primera visita al personal médico
- Aplicación de BÁLSAMOS a abrasiones para evitar sequedad y agrietamiento
- Aplicación de TERAPIA TÉRMICA durante la primera visita al personal médico
- Aplicación de TERAPIA DE TINA DE REMOLINO durante la primera visita al personal médico
- DIAGNOSIS DE RAYOS X NEGATIVA
- OBSERVACIÓN de la lesión durante la visita al personal médico

El siguiente procedimiento, por sí mismo, no está considerado como tratamiento médico:

- Administración de VACUNA(S) CONTRA EL TÉTANOS o REFUERZO(S). Sin embargo, estas inyecciones a veces se aplican en conjunto con lesiones más serias; en consecuencia, las lesiones que requieren de inyecciones tetánicas pueden ser registrables por otras razones.

Fuente: Ref. 129

## Clasificación de tratamiento médico

Las designaciones numéricas se refieren a las columnas de la bitácora/resumen OSHA 200.

### 7a. Enfermedades o trastornos cutáneos en el trabajo

- Ejemplos: Dermatitis de contacto, eczema o salpullido provocados por irritantes primarios y sensibilizadores o plantas venenosas; acné graso; úlceras por cromo; quemaduras o inflamaciones químicas; etcétera.

### 7b. Enfermedades por polvo en los pulmones (Pneumoconiosis)

- Ejemplos: Silicosis, asbestosis y otras enfermedades relacionadas con el asbesto, pneumoconiosis del trabajador del carbón, bismosis, siderosis y pneumoconiosis.

### 7c. Cuadros respiratorias debidos a agentes tóxicos

- Ejemplos: neumonía, faringitis, rinitis o congestión aguda debida a productos químicos, polvos, gases o humo; pulmón de granjero; etcétera.

### 7d. Envenenamiento (efecto sistémico por materiales tóxicos)

- Ejemplos: Envenenamiento por plomo, mercurio, cadmio, arsénico u otros metales; envenenamiento por monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno u otros gases; envenenamiento por benzol, tetracloruro de carbono u otros solventes orgánicos; envenenamiento por aerosoles insecticidas como el Paratión o el arsenato de plomo; envenenamiento por otros productos químicos, como formaldehído, plásticos o resinas; etcétera.

### 7e. Trastornos debidos a agentes físicos (diferentes de los materiales tóxicos)

- Ejemplos: Acaloros, insolaciones, fatiga por calor y otros efectos del calor ambiental; congelación, escorchamiento y efectos de exposición a bajas temperaturas; aeroembolia o parálisis de los buzos; efectos por radiación ionizante (isótopos, rayos X, radio); efectos por radiación no ionizante (destellos de soldadura, rayos ultravioleta, microondas, quemaduras de sol); etcétera.



**7f. Trastornos asociados con trauma repetido**

- Ejemplos: Pérdida del oído inducida por ruido; sinovitis, tendosinovitis y bursitis; fenómeno de Raynaud y otros desórdenes debidos a movimiento, vibración o presión repetida.

**7g. Todas las demás enfermedades en el trabajo**

- Ejemplos: Ántrax, brucelosis, hepatitis infecciosa, tumores malignos y benignos, envenenamiento por comida, histoplasmosis, coccidioidomicosis, etcétera.

**A P É N D I C E E****Productos químicos, tóxicos y reactivos de alto riesgo**

Este apéndice contiene una lista de productos químicos tóxicos y reactivos de alto riesgo que representan la posibilidad de un accidente grave en la cantidad del umbral o superior.

Nombre químico	CAS <sup>a</sup>	TQ <sup>b</sup>
Acetaldehído	75-07-0	2,500
Acroleína (2-propenal)	107-02-8	150
Cloruro de acrililo	814-68-6	250
Alquilaluminios	Varía	5,000
Cloruro de alilo	107-05-1	1,000
Alilamina	107-11-9	1,000
Amoníaco, anhídrico	7664-41-7	10,000
Soluciones de amoníaco (superiores a 44% de amoníaco por peso)	7664-41-7	15,000
Perclorato de amonio	7790-98-9	7,500
Permanganato de amonio	7787-36-2	7,500
Arsina (también llamado hidruro de arsénico)	7784-42-1	100
Bis (clorometilo) éter	542-88-1	100
Tricloruro de boro	10294-34-5	2,500
Trifluoruro de boro	7637-07-2	250
Bromo	7726-95-6	1,500
Cloruro de bromo	13863-41-7	1,500
Pentafluoruro de bromo	7789-30-2	2,500
Trifluoruro de bromo	7787-71-5	15,000
3-Bromopropina (también llamado bromuro propargilo)	106-96-7	100
Hidroperóxido de butilo (terciario)	75-91-2	5,000
Perbenzoato de butilo (terciario)	614-45-9	7,500
Cloruro de carbonilo (véase Fosgeno)	75-44-5	100
Fluoruro de carbonilo	353-50-4	2,500
Nitrato de celulosa (concentración mayor a 12.6% de nitrógeno)	9004-70-0	2,500
Cloro	7782-50-5	1,500
Bióxido de cloro	10049-04-4	1,000
Pentafluoruro de cloro	13637-63-3	1,000
Trifluoruro de cloro	7790-91-2	1,000
Clorodietilaluminio (también llamado cloruro de dietilaluminio)	96-10-6	5,000
1-Cloro-2,4-dinitrobenceno	97-00-7	5,000
Éter clorometilo metilo	107-30-2	500
Cloropicrin	76-06-2	500
Mezcla de Cloropicrina y bromuro de metilo	Ninguno	1,500
Mezcla de Cloropicrina y cloruro de metilo	Ninguno	1,500
Hidroperóxido de Cumeno	80-15-9	5,000
Cianógeno	460-19-5	2,500
Cloruro de Cianógeno	506-77-4	500

Nombre químico	CAS <sup>a</sup>	TQ <sup>b</sup>
Fluoruro de cianuro	675-14-9	100
Peróxido de diacetilo (concentración mayor a 70%)	110-22-5	5,000
Diazometano	334-88-3	500
Peróxido de dibenzoilo	94-36-0	7,500
Diborano	19287-45-7	100
Peróxido de dibutilo (terciario)	110-05-4	5,000
Dicloroacetileno	7572-29-4	250
Diclorosilano	4109-96-0	2,500
Dietilzinc	557-20-0	10,000
Peroxidocarbonato diisopropilo	105-64-6	7,500
Peróxido dilaurilo	105-74-8	7,500
Dimetilclorosilano	75-78-5	1,000
1,1-Dimetilhidrazina	57-14-7	1,000
Dimetilamina, anhídrido	124-40-3	2,500
2,4-Dinitroanilina	97-02-9	5,000
Peróxido de etil metil cetona (también peróxido de metil etilcetona; concentración mayor a 60%)	1338-23-4	5,000
Nitrato de etilo	109-95-5	5,000
Etilamina	75-04-7	7,500
Fluorohidrina etileno	371-62-0	100
Óxido de etileno	75-21-8	5,000
Etilenimina	151-56-4	1,000
Flúor	7782-41-4	1,000
Formaldehído (formalina)	50-00-0	1,000
Furano	110-00-9	500
Hexafluoroacetona	684-16-2	5,000
Ácido hidroclicórico, anhídrido	7647-01-0	5,000
Ácido hidroflicórico, anhídrido	7664-39-3	1,000
Bromuro de hidrógeno	10035-10-6	5,000
Cloruro de hidrógeno	7647-01-0	5,000
Cianuro de hidrógeno, anhídrido	74-90-8	1,000
Fluoruro de hidrógeno	7664-39-3	1,000
Peróxido de hidrógeno (52% por peso o más)	7722-84-1	7,500
Seleniuro de hidrógeno	7783-07-5	150
Sulfuro de hidrógeno	7783-06-4	1,500
Hidroxilamina	7803-49-8	2,500
Hierro, pentacarbonilo	13463-40-6	250
Isopropilamina	75-31-0	5,000
Cetona	463-51-4	100
Metacrilaldehído	78-85-3	1,000
Cloruro de metacrililo	920-46-7	150
Isocianato de metacrililoóxido	30674-80-7	100
Acrilonitrilo metilo	126-98-7	250
Metilamina, anhídrido	74-89-5	1,000
Bromuro de metilo	74-83-9	2,500
Cloruro de metilo	74-87-3	15,000
Cloroformato de metilo	79-22-1	500
Peróxido de metil etil cetona (concentración mayor a 60%)	1338-23-4	5,000
Fluoroacetato de metilo	453-18-9	100
Fluorosulfato de metilo	421-20-5	100
Metilo hidrazina	60-34-4	100
Yoduro de metilo	74-88-4	7,500
Isocianato de metilo	624-83-9	250

Nombre químico	CAS <sup>a</sup>	TQ <sup>b</sup>
Mercaptán metilo	74-93-1	5,000
Metil vinilo cetona	79-84-4	100
Metiltriclorosilano	75-79-6	500
Níquel carbonilo (níquel tetracarbonilo)	13463-39-3	150
Ácido nítrico (94.5% por peso o más)	7697-37-2	500
Óxido nítrico	10102-43-9	250
Nitroanilina (paranitroanilina)	100-01-6	5,000
Dióxido de nitrógeno	10102-44-0	250
Óxidos de nitrógeno (NO; NO <sub>2</sub> ; N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ; N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	10102-44-0	250
Tetróxido de nitrógeno (también llamado peróxido de nitrógeno)	10544-72-6	250
Trifluoruro de nitrógeno	7783-54-2	5,000
Trióxido de nitrógeno	10544-73-7	250
Nitrometano	75-52-5	2,500
Oleum (65 a 90% por peso; también llamado ácido sulfúrico fumante)	8014-94-7	1,000
Tetróxido de osmio	20816-12-0	100
Difluoruro de oxígeno (monóxido de flúor)	7783-41-7	100
Ozono	10028-15-6	100
Pentaborano	19624-22-7	100
Ácido peracético (concentración mayor a 60% de ácido acético; también llamado ácido peroxiacético)	79-21-0	1,000
Ácido perclórico (concentración mayor a 60% por peso)	7601-90-3	5,000
Perclorometilo mercaptán	594-42-3	150
Fluoruro de perclorilo	7616-94-6	5,000
Ácido peroxiacético (concentración mayor a 60% de ácido acético; también llamado ácido peracético)	79-21-0	1,000
Fosgeno (también llamado cloruro de carbonilo)	75-44-5	100
Fosfino (fosfuro de hidrógeno)	7803-51-2	100
Oxicloruro de fósforo (también llamado cloruro de fosforilo)	10025-87-3	1,000
Tricloruro de fósforo (también llamado oxocloruro de fósforo)	7719-12-2	1,000
Cloruro de fosforilo	10025-87-3	1,000
Bromuro de propargilo	106-96-7	100
Nitrato propilo	627-3-4	2,500
Sarin	107-44-8	100
Hexafluoruro de selenio	7783-79-1	1,000
Estibina (hidruro de antimonio)	7803-52-3	500
Dióxido de azufre (líquido)	7446-09-5	1,000
Pentafluoruro de azufre	5714-22-7	250
Tetrafluoruro de azufre	7783-60-0	250
Trióxido de azufre (también llamado anhídrido sulfúrico)	7446-11-9	1,000
Anhídrido sulfúrico (también llamado trióxido de azufre)	7446-11-9	1,000
Hexafluoruro de telurio	7783-80-4	250
Tetrafluoroetileno	116-14-3	5,000
Tetrafluorohidrazina	10036-47-2	5,000
Plomo tetrametilo	75-74-1	1,000
Cloruro de tetrametilo	7719-09-7	250
Silano de tricloro (clorometilo)	1558-25-4	100
Silano de tricloro (diclorofenilo)	27137-85-5	2,500
Triclorosilano	10025-78-2	5,000
Trifluorocloroetileno	79-38-9	10,000
Trimetioxisilano	2487-90-3	1,500

<sup>a</sup>Número CAS (Chemical Abstract service number)

<sup>b</sup>Cantidad umbral en libras (cantidad necesaria para ser cubierta por esta norma). OSHA standard. 1910.119, apéndice A. 57 FR 7847, mar. 4, 1992.

## A P É N D I C E F

# Código de Clasificación Industrial de Normas (SIC)

### PRINCIPALES CATEGORÍAS DE MANUFACTURA

<i>CÓDIGO SIC</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
20	Comida y productos relacionados
21	Productores de tabaco
22	Productos textiles
23	Ropa y otros productos terminados fabricados de tela y otros materiales similares
24	Madera y productos de madera, a excepción de muebles
25	Mueblería y accesorios
26	Papel y productos relacionados
27	Impresión, publicación e industrias relacionadas
28	Productos químicos y relacionados
29	Refinerías de petróleo e industrias relacionadas
30	Hule y productos de plástico misceláneos
31	Cuero y productos de cuero
32	Piedra, arcilla, vidrio y productos de concreto
33	Industrias de metales primarios
34	Productos terminados de metal, a excepción de maquinaria y equipo de transporte
35	Maquinaria, excepto eléctrica
36	Maquinaria eléctrica y electrónica, equipo y suministros
37	Equipo de transporte
38	Instrumentos de medición, análisis y control; productos fotográficos, médicos y ópticos; relojes
39	Industrias manufactureras misceláneas

## A P É N D I C E G

# Estados que tienen planes estatales aprobados por la federación<sup>1</sup> para las normas de seguridad y salud en el trabajo y su imposición

Alaska	Nevada
Arizona	Nueva York
California	Nuevo México
Carolina del Norte	Oregon
Carolina del Sur	Tennessee
Connecticut	Utah
Hawaii	Vermont
Indiana	Virginia
Iowa	Washington
Kentucky	Wyoming
Maryland	También, Puerto Rico
Michigan	y las Islas Vírgenes
Minnesota	

<sup>1</sup> Aprobado por autoridad de la Sección 18.b de la Ley Pública 91-596. La lista está actualizada a junio de 1996; el cambio más reciente fue en 1984.

# Glosario

- ACGIH** American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Reunión Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales).
- ADA** Americans with Disabilities Act de 1990 (Ley de Estadounidenses con Discapacidades).
- Aguilón** En las grúas, gran estructura o brazo de pivote.
- AIHA** American Industrial Hygiene Association (Asociación Estadounidense de Higiene Industrial).
- AIR** Aparato independiente de respiración.
- Alambre de disparo** Cable flexible que el operador o una persona cercana pueden jalar para desactivar o desacoplar una máquina en caso de emergencia.
- Amp** Ampere.
- Análisis del árbol de fallas** Diagrama lógico utilizado para analizar las probabilidades asociadas con diversas causas y sus efectos adversos.
- ANSI** American National Standards Institute (Instituto Estadounidense de Normas).
- Antiamarre** Medio para evitar que los paneles de control se traben y hagan inseguras las máquinas.
- API** American Petroleum Institute (Instituto Estadounidense del Petróleo).
- Asfixiantes** Sustancias que impiden que el oxígeno llegue a las células del cuerpo.
- ASME** American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos).
- ASSE** American Society of Safety Engineers (Sociedad Estadounidense de Ingenieros en Seguridad).
- ASTM** American Society of Testing and Materials (Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales).
- Barra de disparo** Barra a la que el operador o personas cercanas pueden tener acceso rápido y conveniente para desactivar o desacoplar una máquina en caso de emergencia. También se le llama varilla de emergencia.
- Barredora** Método obsoleto (ya no reconocido legalmente) de proteger las prensas. Se articula al mecanismo del ariete de la prensa, de modo que golpea y retira los brazos del operador u otros objetos en el área de entrada a la zona de peligro.
- BCSP** Board of Certified Safety Professionals (Consejo de Profesionales de la Salud Certificados).
- BLEVE** Explosión de vapor que expande líquido en ebullición.
- Bloqueo y purgado** Véase Doble bloqueo y purgado.
- C** Valor tope o máximo; concentración máxima aceptable de exposición.
- Cabo** En la terminología de cables de acero, cualquiera de los varios paquetes de alambre que se tuercen alrededor del núcleo del cable.
- Calificación de experiencia** Clasificación de seguros de acuerdo con la historia de reclamaciones de la empresa.
- Carcinógeno** Sustancia que causa o se sospecha que causa cáncer.
- Carga alterna** Acto de llenar un depósito con un material diferente al que contenía. Usualmente se refiere al acto de alternar carburantes inflamables y combustibles en los carros tanques de transporte.
- Carga bruta** Carga total soportada por el sistema, incluyendo tanto la carga como el equipo utilizado para moverla. En los mecanismos elevadores, equivale al peso de la carga más el peso del motón.

**Carga viva** Peso de la carga excepto el vehículo, el dispositivo de manejo de materiales o de otro equipo utilizado para moverla.

**CAS** Número del *Chemical Abstracts*, una lista de referencia para sustancias químicas.

**Causa distal** Causa secundaria o indirecta en los incidentes de pérdida, como una política administrativa deficiente. Las causas distales crean y conforman las causas proximales.

**Causa proximal** Riesgo directo; causa primaria e inmediata de un incidente de pérdida.

**CERCLA** Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (Ley de Respuesta, Compensación y Responsabilidades Ambientales Generales).

**Cerrojo** Método para impedir que se conecten antes de tiempo las máquinas en mantenimiento. El trabajador que realiza el mantenimiento coloca un candado en el interruptor de arranque o la caja de control, cuya llave sólo él tiene. Todos los empleados de mantenimiento tienen sus propios candados. El candado se considera más eficaz que el “marbete”.

**CIH** Certified Industrial Hygienist (Higienista Industrial Certificado).

**Claro de la lengüeta** En las máquinas esmeriladoras de piedra circular, espacio entre la guarda de la abertura superior (lengüeta) y el disco de esmeril. El espacio máximo legal es de .63 centímetros.

**Clasificado** Especificación o dimensión para la cual ya se ha aplicado un factor de seguridad. (Véase también Nominal.)

**Código de evaluación de riesgos (RAC)** Sistema de clasificación de accidentes de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, basada tanto en la gravedad del incidente como en su probabilidad de ocurrencia.

**Combustible** Dícese de las sustancias con un punto de inflamación mayor a 37.7°C (100°F).

**Compensación a los trabajadores** Niveles estatutarios de compensación que debe pagar el patrono por diversas lesiones sufridas por el trabajador.

**Compuerta** En la terminología de prensas, barrera temporal que se cierra para proteger al operador durante la parte peligrosa del ciclo de la máquina. Las del tipo A se cierran al principio del ciclo y permanecen cerradas toda su duración. Las del tipo B se cierran al comienzo del ciclo y vuelven a abrirse durante la parte menos peligrosa del golpe (por ejemplo, cuando el ariete comienza a subir de nuevo y los troqueles se abren).

**CPSC** Consumer Product Safety Commission (Comisión de Seguridad de los Productos de Consumo).

**CSP** Certified Safety Professional (Profesional Certificado en la Seguridad).

**dB** Decibel.

**dBA** Decibel según la escala ponderada A.

**De enclavamiento** Interruptor, usualmente eléctrico, que desconecta la energía de las máquinas, siempre que se retira una guarda, se abre una compuerta o se desactiva cualquier otro dispositivo de seguridad.

**Días de trabajo perdido** De acuerdo con la definición de la OSHA y la terminología actual, tanto los días fuera del trabajo como aquellos en los que el trabajador es transferido temporalmente a otro puesto dentro de la empresa debido a una lesión o enfermedad laboral.

**Dispositivo antibloqueo doble** Mecanismo para impedir que el bloque del gancho de las grúas suba hasta el punto donde hace contacto con el aguilón.

**Dispositivo de aislamiento de energía** Dispositivo para desconectar la fuente de energía de máquinas u otros equipos.

**Doble bloqueo** Contacto riesgoso y accidental entre los bloques de poleas que ocurre cuando el cable elevador sube demasiado. Esta situación romperá rápidamente el cable elevador y hará que caigan el motón y la carga (si la hay).

**Doble bloqueo y purga** Método de aislamiento positivo de fluidos, en el cual se cierran dos válvulas sucesivas y entre ambas se abre una pequeña válvula “de purga” para aliviar cualquier presión que se acumule si alguna tiene fugas.

**Dosímetro** Instrumento portátil para recolectar una medida acumulativa de exposición a lo largo de un tiempo específico; se utiliza especialmente para los PPT. (Véase también PPT.)

**EEOC** Equal Employment Opportunity Commission (Comisión de Igualdad de Oportunidades de Empleo).

**Enfoque de mapa de ruta** Método para archivar documentos. Un archivo central indica dónde se encuentran dentro de la planta los documentos requeridos.

**Enrollado** Engarce de las cuerdas a través de las poleas.

**EPA** Environmental Protection Agency (Oficina de Protección al Ambiente).

**EPCV** Estructuras protectoras contra volcadura.

**Epidemiología** Estudio estadístico de las poblaciones víctimas de enfermedades o trastornos.

**EPP** Equipo personal de protección.

**Ergonomía** Estudio de la capacidad humana en relación con el entorno de trabajo.

**Escoria** En soldadura, residuo no metálico derretido y después sólido, que consiste en fundente solidificado combinado con impurezas.

**Escudo de guarda** En la terminología de protección para máquinas, barrera para proteger de partículas o chispas voladoras que salen volando de las máquinas. (Cf. Guarda de barrera.)

**Esfera de control** En los diagramas de causas de incidentes de pérdida, región anterior al punto de irreversibilidad.

**Eslinga** En terminología de manejo de materiales, cable de acero, cadena u otro conector (no confundirlo con el cable de elevar) utilizado para sujetar la carga a la grúa, elevador, helicóptero u otro dispositivo de elevación.

**Estado mecánico cero** Estado de las máquinas desconectadas después de que todas las fuentes residuales de energía han sido eliminadas o restringidas para hacerlas inofensivas.

**Factor agravante** En el estudio de causas de incidentes de pérdida, circunstancia que agrava el resultado de tales incidentes.

**Factor mitigante** En el estudio de las causas de incidentes de pérdida, circunstancia que hace menos grave el resultado de tales incidentes.

**Farmacocinética** Estudio de la absorción, disposición, metabolismo y eliminación de productos químicos en el organismo.

**FCAW** Flux core arc welding (soldadura de arco de núcleo de fundente).

**Fibrilación** Convulsiones rápidas e irregulares del corazón; estado inducido por descarga eléctrica, especialmente de corriente alterna.

**FMEA** Failure modes and effects analysis (análisis de modos y efectos de las fallas).

**Fundente** En estañado y soldadura, material que se funde junto con el metal y facilita el proceso al combinarse con las impurezas e impedir la oxidación.

**gas MAPP** Gas combustible para soldadura utilizado como un sustituto un poco más seguro que el acetileno cuando para el proceso acepta temperaturas de soldadura menores.

**GMAW** Gas metal arc welding (soldadura de arco de gas metal). También conocida como MIG.

**GPL** Gas licuado de petróleo (LPG).

**Grúa puente** Grúa industrial que accede a las cargas por medio de un puente que viaja sobre rieles aéreos paralelos y de un trole que se mueve de lado a lado sobre el puente.

**GTAW** Gas tungsten arc welding [soldadura de arco de gas tungsteno (también conocido como TIG)].

- Guarda de barrera** En la terminología de protección para máquinas, partición rígida en las máquinas que impide que el operador o alguien más se introduzca en la zona de peligro. (Cf. Escudo de guarda).
- Humo** Diminutas partículas de vapores resolidificados de sustancias que normalmente son sólidas. Los humos de metal se encuentran a menudo en operaciones de soldadura.
- Hz** Hertz (ciclos por segundo)
- ICFT** Interruptor de circuito por falla a tierra.
- ICHD** Industrial chemical hazards database (base de datos de riesgos químicos industriales).
- Impedimento** Invalidez física o mental que se clasifica según la Ley de Estadounidenses con Discapacidades para proteger al trabajador de la discriminación en el trabajo.
- Inflamable** Dícese de las sustancias con un punto de inflamación inferior a 37.7°C (100°F).
- Infracción extraordinaria** Infracción a la seguridad manifiesta o flagrante, causa de graves penalizaciones por parte de la OSHA.
- Inversión** Uso de la potencia inversa como freno para detener el movimiento del elevador o malacate de las grúas.
- Irreversibilidad** Véase Punto de irreversibilidad.
- Irritantes** Sustancias cuya acción corrosiva daña partes de la epidermis.
- Jalador** Método para salvaguardar el punto de operación de una prensa mediante un enlace mecánico entre el movimiento del ariete de la prensa y un conjunto de brazaletes utilizados por el operador. Conforme el ariete desciende, el enlace retira las manos del operador de la zona de peligro.
- LBW** Laser beam welding (soldadura por rayo láser).
- LECD** Límite de exposición de corta duración.
- LEI** Límite de explosión inferior (para vapores inflamables); concentración porcentual en el aire por debajo de la cual la mezcla es demasiado pobre para encender.
- Lengüeta de protección** Placa ajustable adaptada al borde superior de la abertura que expone la rueda en las esmeriladoras. Su propósito es detener fragmentos voladores en caso de falla de la rueda.
- LEP** Límite de exposición permisible.
- LES** Límite de explosión superior (de vapores inflamables); concentración porcentual en el aire por encima de la cual la mezcla es demasiado rica para encenderse.
- ma** Miliamper.
- Marbetes** Método para evitar que se conecten de antemano las máquinas que reciben mantenimiento. Una etiqueta colocada en el interruptor de energía advierte a los operadores y a otros empleados que no las conecten hasta que el trabajador de mantenimiento retire la etiqueta. (Véase también Cerrojo.)
- MIG** Metal inert gas (gas inerte de metal). También conocida como GMAW.
- MNS** Medidor de nivel sonoro.
- Monitor de frenado** Dispositivo que monitorea el tiempo de parada o el recorrido extra del ariete cada vez que el embrague se desacopla en las prensas mecánicas de rotación parcial.
- Motón** Conjunto mecánico que contiene una o más poleas de rotación libre.
- Motón de carga** Conjunto de poleas al cual se sujeta la carga.
- Motón y aparejo** Conjunto que consta de varios motones (usualmente dos) encordados para lograr una ventaja mecánica.
- MSDS** Material safety data sheets (hojas de datos de seguridad de materiales).
- MSHA** Mine Safety and Health Administration (Dirección de Salud y Seguridad en la Minería).
- MTA** Máximo tope aceptable.
- Mutágenos** Sustancias que afectan los cromosomas y son por tanto un peligro para la especie.
- NA** Nivel de acción.
- NEC** *National Electrical Code*®.
- Neutral** En la terminología de cableado eléctrico, conductor que lleva corriente y que está en potencial de tierra o cerca de tierra; llamado a veces conductor aterrizado.
- NFPA** National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra Incendios).
- NIOSH** National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional de Salud y Seguridad Laboral).
- NOMEX** Material comercial utilizado en la ropa y equipo personal de protección de los soldadores.
- Nominal** Especificación o dimensión antes de que se aplique el factor de seguridad. (Véase también Clasificado.)
- NO<sub>x</sub>** Óxidos del nitrógeno (por ejemplo, NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O).
- NSC** National Safety Council (Consejo de Seguridad Nacional).
- OSHA** Occupational Safety and Health Administration (Dirección de Salud y Seguridad Laboral).
- Partes del cable** Ventaja mecánica proporcionada por el motón y aparejo; cantidad de cables que sostienen el motón de carga.
- Patógenos transmitidos por la sangre** Término utilizado en las normas de la OSHA para referirse principalmente a los virus del VIH y el VHB.
- Patrono extra-riesgoso** En algunos estados de los Estados Unidos, designación de la Comisión de Compensación a los Trabajadores para ciertos establecimientos en los cuales la tasa de lesiones y enfermedades con días de trabajo perdidos exceden ciertos promedios definidos para la industria. Esta designación añade responsabilidades al empleador e impone consultas de seguimiento para determinar si la empresa ha cumplido con éstas.
- PCP** Perfil del candidato al puesto; prueba de selección utilizada para exámenes de trabajo.
- PE** Registered professional engineer (Ingeniero profesional titulado)
- PEI** Punto de ebullición inicial.
- PIV** De peligro inmediato para la vida.
- PIVS** De peligro inmediato para la vida o la salud.
- Placa puente** Superficie de soporte para la transición entre el muelle y el vehículo que se está cargando; tablón de muelle.
- Polea compuesta** Polea utilizada en elevadores, especialmente cuando se utilizan varias poleas juntas para lograr una ventaja mecánica.
- PPT** Promedio ponderado en tiempo.
- Principios de protección contra fallas** Principios de diseño de ingeniería que toman en consideración las consecuencias de las fallas de los componentes de los sistemas.
- Prueba hidrostática** Prueba periódica que se practica a los extintores de incendio para comprobar que la carcasa soporta las presiones adecuadas.
- Punto de irreversibilidad** En el estudio de causas de incidentes de pérdida, punto del diagrama causal que, si se alcanza, producirá uno de tales incidentes.
- Punto de pellizo** Posición en la cual las piezas móviles se juntan y pueden jalar ropa o partes del cuerpo dentro de las máquinas. Ejemplos son los puntos en los cuales los engranes se juntan, las cadenas se acoplan a las catarinas o las bandas se acoplan a las poleas.

**Quedar sepultado** Captura y hundimiento de una persona en material seco, granular y sólido con cualidades propias de los fluidos.

**RCRA** Resource Conservation and Recovery Act (Ley de Conservación y Recuperación de Recursos).

**Rebote** Acoplamiento accidental entre el material y una herramienta rotatoria que hace que aquél sea lanzado de regreso hacia el operador, o bien, si el material está fijo, que la herramienta (por ejemplo una sierra circular manual) se salga de control.

**Retroceso de la llama** En la terminología de soldadura, fenómeno que ocurre cuando la llama de oxígeno y gas combustible se propaga hacia la cámara mezcladora del soplete o hacia el múltiple de soldadura.

**Riel de energía** Conductor eléctrico fijo para el suministro de energía continua a dispositivos móviles.

**Rotación completa** En la terminología de prensas, clase de transmisión de prensa mecánica en la cual el ariete es activado por un acoplamiento firme del volante y no puede desacoplarse a medio ciclo.

**Rotación parcial** En la terminología de prensas, clase de transmisión de prensa mecánica en la cual el volante está equipado con un embrague de fricción que puede desacoplarse a medio golpe y aplicar un freno para detener el ariete.

**RSEW** Resistance seam welding (soldadura de resistencia de costura).

**RSW** Resistance spot welding (soldadura de resistencia de punto).

**SARA** Superfund Amendments and Reauthorization Act (Ley de Enmiendas y Reautorización del Superfondo).

**SAW** Submerged arc welding (soldadura de arco sumergido).

**Separador** En la terminología de sierras de potencia, dispositivo para mantener la separación entre las dos paredes del corte, a fin de que la hoja de la sierra no atrape el material ya cortado y se provoque un rebote.

**SIC** Clasificación industrial de normas.

**SIDA** Síndrome de inmunodeficiencia adquirida. Enfermedad o estado terminal por la exposición al virus VIH. (Véase también VIH.)

**SMAW** Shielded metal arc welding (soldadura de arco de metal protegido). También se conoce como soldadura de varilla de electrodo.

**Tablón de muelle** Superficie de soporte para la transición entre el muelle y un vehículo que se está cargando; una placa de puente.

**TAG** Popular método de prueba para determinar el punto de inflamación.

**Tasa de incidencia** Tasa de lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo que comprende muertes, número de días de trabajo perdidos, incidencia de riesgos específicos, tasa de lesiones por días de trabajo perdidos.

**Tenaza de riel** En la terminología de grúas industriales, dispositivo para sujetar el puente de la grúa al riel sobre el que viaja; la tenaza se utiliza para impedir que el viento mueva el puente cargado.

**Teratógenos** Sustancias que tienen efectos dañinos en los fetos.

**TICDTP** Tasa de incidencia de casos de días de trabajo perdidos (sólo por lesión, no por enfermedad). Índice de seguridad e higiene laboral para la comparación de registros de seguridad industrial. Utilizado originalmente por los funcionarios del cumplimiento de la OSHA para

determinar si alguna empresa debería recibir una inspección completa, se convirtió en un índice para la toma de decisiones a nivel nacional para decidir las prioridades industriales (SIC) de inspección.

**Tierra** Objeto o conductor que tiene un potencial de cero voltaje con el potencial de tierra. En la terminología de cableado eléctrico, "tierra" se refiere al conductor sin corriente, destinado a aterrizar el voltaje no deseado, que se denomina conductor *aterrizante*. A veces, "tierra" se refiere al conductor neutro que lleva corriente; a veces, también se llama conductor *aterrizado*.

**TIG** Tungsten inert gas (gas inerte tungsteno). También se conoce como GTAW.

**TOSCA** Toxic Substances Control Act (Ley de Control de Sustancias Tóxicas).

**Toxicología** Estudio de la naturaleza y los efectos de los venenos.

**Trama** En la terminología de cables de acero, la longitud, medida a lo largo del núcleo de una cable de acero, requerida para que un cabo haga una revolución (giro) completa alrededor del núcleo.

**Tribología** Estudio de los mecanismos y fenómenos de la fricción; en seguridad, se aplica principalmente al estudio de tropezones y caídas.

**Trole** En la terminología de las grúas industriales, armadura que se mueve de un lado a otro sobre el puente de las grúas aéreas. Sostiene el mecanismo de elevación.

**Tubo detector** Tubo pequeño (usualmente de vidrio) instalado en línea dentro de un tubo flexible conectado a una bomba de muestreo de aire. Contiene un material que cambia de color en capas cuantificables para dar una medida de la concentración de cierto contaminante del aire.

**TW** Thermit welding (soldadura por thermit).

**UL** Umbral límite.

**Vapores** Gases de sustancias líquidas o, usualmente, sólidas.

**Ventaja mecánica** Relación favorable de fuerza de salida con la fuerza de entrada requerida por un mecanismo.

**VHB** Virus de la hepatitis B.

**VIH** Virus de la inmunodeficiencia humana.

**Vivo** En la terminología de cableado eléctrico, conductor cargado de corriente, que tiene un potencial de voltaje considerable en comparación con el potencial de tierra.

# Índice

## A

A prueba de explosiones, 54, 211  
 equipo eléctrico, 373-375  
 Abatimiento, 96  
 Abertura de la guarda, 297-299  
 Abierto  
 circuito, 230  
 copa, 204  
 suelos,  
 tierra, 370  
 Abrasiva, 84, 293  
 rueda, 323, 333  
 voladura, 235  
 Absorbente, 227  
 Absorción, 227  
 Abuso del alcohol, 97, 104  
 Acceso, 141, 236, 393  
 Acción de latigazo, 272-273  
 Aceites de corte, 55, 175, 239-241  
 Acero, 181, 339, 356, 376, 387, 390-391, 396, 405  
 erección, 408-409  
 Acero inoxidable, 354-355  
 Acetaldehído, 166  
 Acetato isoamil, 234  
 Acetileno, 150, 338, 341-348, 376  
 Acetona, 150, 338, 341-348, 376  
 ACGIH, *véase* American Conference of Governmental Industrial Hygienists  
 Ácido acético, 158  
 Ácido hidroclicórico, 163  
 Ácido nítrico, 158  
 Ácido sódico, 250  
 Ácido sulfúrico, 158, 163  
 Ácidos, 148, 155, 158-159, 163, 214, 240, 242, 261, 279  
 Ácidos crómicos, 148, 240  
 Acoplamiento del eje, 329, 331  
 Acoso, 91  
 Actitudes, 51, 57, 63, 284  
 Activación molesta, 368, 392  
 Actividad restringida de trabajo, 19  
 Acústica, 194  
 Administración, *véase* Dirección  
 Administrativo, 403  
 Admisión, 282

Adquisición, 5, 287, 397  
 Adsorción, 227  
 Advertencia, 55  
 etiquetas, 56  
 propiedades, 233  
 sistemas, 253  
 Advertir, 302, 403  
 Aéreo, 397  
 canastas (cubetas), 143, 400  
 elevadores, 390, 400  
 escalera telescópica, 143  
 transportadores, 281-282  
 Aerosoles, 155, 176  
 Agente oloroso, 216  
 Agua, 388-389, 404, 408  
 Agudo, 4, 147, 165, 182, 225, 241, 353, 356  
 Agudos, 39-40  
 Aguilón, 396-397, 400  
 Agujeros de cromado, 148, 240, 355  
 Ahogarse, 246, 388-389  
 Ainlay, John A., 206  
 Aire de reposición, 177, 179, 198  
 Aire de respiración, 234, 237  
 Aire, 390  
 acondicionado, 378  
 compresores de, 329  
 contaminantes del, 147-173  
 Aislamiento, 237, 292, 367, 375, 376, 390, 392  
 Aislante, 362, 411  
 Ajuste, 196, 323  
 pruebas de, 225, 248  
 Ajustes razonables, 98  
 AL, *véase* Niveles de acción  
 Alambrado, 213-214, 367-369, 377, 379, 380  
 Alambre, 371-372  
 cable, 267, 270-272, 274, 278, 280  
 cuerda, 60, 386, 398, 409  
 Alarmas, 55, 179, 235, 245, 247, 266  
 Alarmas audibles, 55, 179  
 Alarmas de respaldo, 403  
 Alcohol, 37-38, 41, 97, 206  
 Alcohol etílico, *véase* Etanol  
 Alcohol metílico, *véase* Metanol  
 Alcoholismo y drogadicción, 36, 42

Algodón, 154, 239, 352, 373,  
 pelotillas de, 222  
 polvo de, 162  
 Alguaciles de incendio estatales, 218  
 Alimentación a mano, 304, 308, 311, 314-315, 319  
 Almacenamiento, 144, 216, 236, 257-258, 273-274, 386  
 Almacenes, 136, 258, 261, 263  
 Alta dirección, 2-3, 13-14, 50-51, 75, 88, 124, 176, 342  
 Alto  
 octanaje, 207  
 presión, 344-345  
 voltajes, 142-143, 348, 397, 411  
 Aluminio, 363  
 Aluminosis, 148  
 Company of America, 36  
 extrusiones de, 328  
 Amarres, 394  
 American  
 Board of Industrial Hygiene, 6  
 Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 156, 181-184  
 Industrial Hygiene Association (AIHA), 7  
 National Standards Institute (ANSI), 8, 17, 83  
 Petroleum Institute (API), 206  
 Society for Testing and Materials (ASTM), 8, 204  
 Society of Mechanical Engineers (ASME), 8  
 Society of Safety Engineers (ASSE), 7  
 Welding Society, 338  
 Americans with Disabilities Act of 1990 (ADA), 37-38, 97-100, 141, 233  
 Amigable al usuario, 114  
 Amoniaco, 148  
 Amoniaco anhídrido, 217-218  
 Amperaje, 348-349  
 Amplitud, 183  
 Amplitud, de pasillos, 135  
 Amputaciones, 18, 57, 70, 72, 74, 304  
 Análisis de banda octava, 192  
 Análisis de causas de accidente, 30-31, 59, 258

Análisis de modos y efectos de las fallas (FMEA), 59-60, 124, 403  
 Análisis del árbol de fallas, 60-63, 124  
 Anclaje de las máquinas, 296  
 Andamios, 52, 142, 388, 393-396, 400, 407-408  
 gatos de, 395  
 Andamios con soporte lateral, 394  
 Andamios de caballete, 84  
 Andamios de dos puntos de suspensión, 395  
 Andamios de marco soldado,  
 Andamios de tubo y acoplamiento, 395  
 Andamios plegables, 394  
 Anestesia, 150  
 Anestésicos, 149  
 Anfetaminas, 36  
 Angiosarcoma, 66, 152  
 Ángulo de reposo, 404  
 ANSI, 157, 224, 265, 276,  
 Anticongelante, 348  
 Antirrebote, 348  
 Apagadores, 87  
 Aparato independiente de respiración, 226, 229-230, 234-235, 248  
 Aparatos domésticos,  
 Aparejo, 386  
 Apelación de notificaciones, 90  
 Aplastado,  
 aplastar 397, 404  
 Aprobación, 259  
 estado de, 232  
 señalizaciones de, 249  
 Aprobado, 345  
 Apuntalar, 404, 406, 408, 412  
 Arcos, 261, 372  
 Arena, 404  
 Argón, 150, 338, 354-355  
 Arkansas, Universidad de, 114  
 Arqueo, 208, 397, 354-355  
 Arreglo temporal, 212  
 Arsénico, 145, 354  
 Articulación, 400  
 Artificial  
 inteligencia, 113-115  
 respiración, 365  
 Asbesto, 4, 66, 75, 148, 154, 162-163, 353-355, 386  
 Ascensores, 143, 398, 400  
 Aserrín, 134, 181  
 Asesores, 96, 231, 261  
 Asfalto, 350  
 Asfixia, 40

Asfixiantes, 150-151, 354-355  
 Asfixiantes simples, 151  
 ASH (Action on Smoking and Health), 38  
 Asma, 234  
 Asociaciones gremiales, 8  
 acero (AISI), 8  
 andamios (SSFI), 9  
 constructores de máquinas herramienta (NMTBA), 9  
 contratistas (AGCA), 8  
 eléctricos(NEMA), 9  
 explosivos(IME), 9  
 fundidores(AFS), 8  
 gas comprimido (CGA), 9  
 gas LP (NLPGA), 9  
 hierro (AISI), 8  
 petróleo (API), 8  
 seguridad (ISEA), 9  
 soldadura AWS), 8  
 troquelado de metal (AMSA), 8  
 ASTM, *véase* American Society for Testing and Materials  
 Atenuación, 223-22  
 Aterrizado, 363, 412  
 conductor, 377  
 Aterrizaje, 213, 349, 366-367, 378-380, 339  
 Atropellamientos, 400  
 protección, 403-404  
 vehículo, 412  
 Audiólogos, 197  
 Australia, 66  
 Automático, 350  
 apagadores, 210  
 cierre, 125  
 equipo extintor, 214-215  
 sistemas extintores por rociadura, 214, 245, 252  
 Aviso por adelantado, 88

## B

Bacterias, 240  
 Balcones, 130  
 Bandas, 288-289, 329-332, 387  
 Barandales, 58, 129, 131, 133, 142, 145, 329, 387, 398, 409  
 Barba, 234, 248  
 Barras reforzadas, 407-408  
 Barredoras, 267, 297, 314, 322  
 Barrera de conciencia, 301-302, 326  
 Barreras, 55, 224, 345  
 Barreras ajustables, 297, 301, 308  
 Barriles, 293

Barrote, 393-394  
 Basal, 197  
 Behavioral Science Technology, Inc., 37  
 Bell Laboratories, 60  
 Benceno, 55, 114, 150-151, 162-163  
 Berilio, 163, 354, 356  
 Bisinosis, 148  
 Bitácora y Resumen de Lesiones y Enfermedades Laborales, 21, 23-24, 27, 29  
 BLEVE, 217  
 Bloques de relleno, 394  
 Board of Certified Safety Professionals of America, 6  
 Bocina, 263  
 Bola de jaqueca, 398-399  
 Bolas de demolición, 409  
 Bombero, 234, 248  
 Bomberos, *véase* Bombero  
 Botón de palma, 315, 318  
 Boyas en anillo, 388  
 Brazaletes, 312  
 Broca pasadora, 409  
 Bromo, 149  
 Buena fe, 88, 124, 136  
 Butadieno, 162  
 Butano, 216

## C

Caballos de fuerza, 401  
 Cabezas en forma de hongo, 389  
 Cabina, 397  
 Cabinas de rociado con pistola, 213  
 pintura, 212-214, 247, 252  
 terminado, 212-214, 218, 281  
 Cable, 349  
 Cable flexible, 379, 393  
 Cables de extensión, 379, 392-393  
 Cabo, 276  
 Cabo salvavidas, 142, 388-389, 395, 398  
 Cabos acolladores, 143, 222, 388-389, 395, 398, 400  
 Cadena de aleación de acero, 278, 280  
 Cadenas, 269, 332, 386  
 sierras de, 186, 328  
 Cadmio, 149, 162-163, 225, 354-355  
 Caídas, 40, 130, 134, 387, 395, 400, 407-408, 412  
 Calderas, 143-144, 186  
 Calibración, 191, 196  
 Calidad del aire interior, 38  
 Calificación por historial, 15  
 Calificado, 233-234  
 pruebas para, 234



Calor, 60, 247, 349  
 acumulación, 376  
 intercambiador, 179  
 Cámara mezcladora, 346  
 Camiones de volteo, 403  
 Camiones grúa, 390  
 Canadá, 362  
 Cáncer, 151-152, 165  
 Capacidad, 265, 277, 283, 309, 390  
 Capacitación, 30-31, 33, 35-36, 41-42, 57, 96, 125-126, 218, 225, 231, 239-242, 248, 250-251, 254, 260, 262-263, 266, 273, 283, 292, 329, 344, 350-351, 412  
 Capacitancia, 392  
 Capacitores, 292, 349-350  
 Capitel, 398  
 Capucha, 235  
 Carbón, 154, 373  
 mineros de, 66, 72  
 nafta de brea de, 114  
 partículas volátiles de brea de, 162  
 polvo de, 149, 376  
 Carbono,  
 bisulfuro de, 149, 207  
 cadena de acero de, 278  
 dióxido de, 151, 161-162, 208-209, 211, 214, 231, 249, 253, 347, 354-355  
 monóxido de, 151, 153, 163, 179, 230, 233, 235, 261, 354-355  
 tetracloruro de, 163, 176, 250, 253  
 Carboxihemoglobina, 151  
 Carburo, 342  
 Carburo de calcio, 342  
 Carcinógenos, 38, 151, 162, 234  
 Carga salpicante, 209  
 Cargas eólicas, 394  
 Carrera, 4  
 Cartuchos, 227, 232, 233, 390-391  
 CAS, *véase* Productos químicos, número CAS  
 Casa de las bolsas, 181  
 Cascos, 49-50, 223, 352-353  
 Cascos de protección, 224, 238-239, 387, 409  
 Catarinas, 269, 274  
 Catástrofe (ic), 119, 124-125, 411  
 Causa cercana, 63-65  
 Causa lejana, 63-65  
 Cásticos, 148, 159, 242, 279, 348  
 Cegamiento, 238  
 Cemento, 163, 181, 404  
 Centrífuga, 180-181, 323, 326  
 Cerámica, 181-182  
 CERCLA, 113  
 Cerebro, 149  
 Cerrado, 346-347, 403  
 salidas, 140  
 Cerraduras, 400  
 Cerrojo/marbetes, 269  
 Cerrojos, 290-294  
 Cianuro, 151, 163  
 Ciclones, 180-181, 236  
 Cierre, 251, 390  
 Cigarrillo, 205-206  
 CIH, *véase* Higienista Industrial Certificado  
 Cilindros, 341-349  
 Cinceles, 346, 389  
 Cinturones de asiento, 401-402  
 Circuito cerrado, 230-231  
 Circuitos, 349, 359, 377, 379-380, 392  
 cortacircuitos, 364-365, 360, 368-369, 392  
 probador de, 377-378  
 CIV, *véase* Committee on Industrial Ventilation  
 Cizallas, 292, 306  
 Clasificación de carga, 142  
 Clasificación de riesgos, 68-75  
 Clasificación Industrial de Normas (SIC), 8, 21, 87, 111  
 Clasificado, 401  
 capacidades, 277, 280, 400  
 prueba de carga, 274  
 señalización de carga, 265  
 Claustrofobia, 234  
 Cláusulas de asesoría, 91  
 Clavadoras, 389  
 Clavija, 375-376, 378  
 Clavos, 386  
 Clima, 345, 376  
 Clínica, 241  
 Cloro, 119, 149, 153  
 Clorobenceno, 180  
 Clorobromometano, 250, 253  
 Cloroetano, *véase* Tricloroetileno  
 Cloruro de polivinilo, 152  
 Cloruro de vinilo, 66, 145, 151-152, 162-163  
 CLOUT®, 114-115  
 CO<sub>2</sub>, *véase* Carbonom, dióxido de  
 Cocaína, 36  
 Códigos y reglamentos, 129, 144, 224, 254, 373, 380, 392  
 Colgante, 264, 268-269  
 Combustible, 60, 148, 203-205, 213-214,

247, 249, 341-348, 345, 350, 371  
 líquidos, 204, 210-212, 215  
 petróleo, 209  
 Combustión, 237  
 Comisión de Igualdad de Oportunidades de Empleo (Equal Employment Opportunity Commission, EEOC), 37  
 Comisión de Seguridad de los Productos de Consumo (CPSC), 5, 81, 90, 104, 151, 328  
 Comisiones, 31  
 Committee on Industrial Ventilation, 7, 178, 184  
 Compensación a los trabajadores, 14-17, 32-33, 35, 37, 42, 96-97, 104, 257  
 Complacencia, 403  
 Comportamientos, 1, 50  
 Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (CERCLA), 109  
 Compresores, 229, 234, 390  
 Comprímido  
 aire, 306, 331, 333, 387  
 gas, 341, 349  
 Compuerta O, 60-63  
 Compuerta Tipo A, 309, 311, 322  
 Compuerta tipo B, 309, 311, 322  
 Compuerta Y, 60-63  
 Compuertas, 297, 300, 308-309, 311, 400  
 Computadora, 28, 72, 112-115, 136, 198, 288  
 chips para, 67  
 Con cerrojo, 308  
 Con enclavamiento, 350  
 barreras, 297, 308  
 guardas de barrera, 300, 308  
 Concreto, 386-387, 390, 393, 395-396, 407  
 bloques de, 395  
 mezcladora de, 289  
 Condición física, 248  
 Conducción a la defensiva, 54  
 Conductividad, 390  
 Conductores, 366-368, 377  
 Conexión, 208  
 Congelación, 404  
 Congelado, 345  
 Congeladores, 378  
 Congelar, 345, 348  
 Congreso, 38-39, 81, 94  
 Consenso nacional, 83-94  
 Constante de velocidad de la mano, 317  
 Construcción, 87, 368, 385-416

Construction Standard, 84  
 Consulta, 9, 105  
 Contactos, 376  
 Contactos eléctricos a prueba del clima, 376  
 Contadores, 72  
 Contaminación, 178  
 Contrapesos, 394  
 Contratación, 233  
 examen físico, 147, 148  
 examen médico, 97  
 examen previo a, 97  
 prueba de adicción, 38  
 pruebas, 38  
 Contratistas externos, 126  
 personal de, 126  
 Control,  
 confiabilidad de, 320-321  
 sistema de, 322  
 Control de calidad, 13  
 Control de hombre muerto, 53  
 Controles administrativos, 52, 192, 195, 198, 213, 222  
 Controles de pie, 58, 311  
 Controles de prácticas de trabajo, 39-40, 52, 175, 195, 403  
 Corazón, 359-360, 363-365  
 enfermedad, 234  
 Cordón, 379  
 Corporativa, 5,  
 Corriente, 359, 392, 411-412  
 Corriente alterna (ac), 362-363  
 Corriente directa, 362  
 Corrosión, 237  
 Corrosivo, 224, 242, 247  
 Corte, 38, 60, 72, 86-87, 91, 157  
 orden de, 69  
 Corte de Apelaciones del Undécimo Circuito, 157  
 Corte en seco 176  
 Corte Suprema, 90  
 Cortos, 368-369, 392  
 Costos, 32-35, 52, 59, 67-68, 71, 98, 109-110, 145, 231, 309, 342-343, 356, 392, 407, 412  
 ahorros en, 179  
 análisis de, 392  
 análisis de beneficios y, 67-68  
 de cumplimiento, 392  
 efectivo en, 245  
 Costos indirectos, 90  
 Costos intangibles, 393  
 Costos ocultos, 33-34  
 Credencial, 394

Cremas protectoras, 240  
 Cromatos, 163  
 Cromo, 240, 354-355  
 Crónico, 4, 147-149, 165, 182, 241, 353, 355-356  
 CSP, *véase* Profesional Certificado en la Seguridad  
 Cuantitativo, 61, 67, 69, 75  
 Cuarto de máscara, 226-227  
 Cubas, 133, 373  
 Cubas (depósitos) de inmersión, 215, 240  
 Cubetas, 400, 408  
 Cubreoídos moldeados, 223  
 Cuerda, 386-387, 406  
 Cuero, 239, 352  
 Cuerpo,  
 arneses de, 387-388  
 cinturón para, 400  
 Cuidado administrado, 16  
 Cumplimiento, 209  
 Cumplimiento voluntario, 9  
 Chalecos de trabajo flotadores,  
 Chicago, 409  
 Chispas, 208, 224, 261, 288-289, 332, 351-352, 372, 387  
 Chorro de arena, 150, 163

## D

dB, *véase* Decibeles  
 dBA, *véase* Decibeles  
 De lana, 239  
 Dear, Joseph, 403  
 Decapitado, 292, 347  
 Decesos, *véase* Fallecimientos  
 Decibeles, 70, 184-188, 190-191, 193, 197-198, 222  
 Decisión Barlow, 86, 94  
 Defectos, 347  
 Defectos ocultos, 347  
 Defectuoso, 264, 389  
 escaleras, 137  
 Deflexión, 401  
 Degradación, 91  
 Demolición, 409-410  
 Demostración, 95  
 Department of Health and Human Services (HHS), 86  
 Department of Transportation (DOT), 144, 411  
 Depósito, 131, 133, 138, 207, 209-211, 217, 229, 235, 237, 239-240, 349, 373  
 camiones, 209  
 válvula de alivio de, 217  
 Depósitos con fugas, 210  
 Depósito de explosivos, 216  
 Depresores, 149-150  
 Derecho a saber, 28, 103-104, 110, 116  
 Derecho del trabajador, 91  
 Derechos Civiles, 37, 97  
 Dermatitis, 239  
 Derrames, 54  
 protección, 210  
 Derrota del sistema, 315  
 Derrumbes, 17, 403-406, 408, 412  
 Desastre en Bhopal, India, 6, 119, 127  
 Desastre en el hotel de Kansas City en 1981, 52, 135  
 Descanso en el trabajo, 321, 323, 333  
 Descansos, 137  
 Descargas, 267, 349, 359, 392  
 cargas, 388, 401  
 Desconector, 379  
 Descongelación, 402  
 Desechos, 386  
 receptáculos, 145  
 tratamiento, 112  
 Desembarcaderos, 130  
 Desengrasado, 149, 163  
 Desgaste, 275  
 Desplome, 407-408  
 Destilerías, 84  
 Destornilladores, 269  
 Deterioro, 110, 235, 320, 346-347  
 Día de trabajo perdido, 18-19, 20, 35, 73  
 día de trabajo - tasa de incidencia de casos de (TICDTP), 20-21, 27-28, 87  
 Diabéticos, 234  
 Diablos, 342  
 Diagrama de flujo de bloque, 121-122  
 Diagrama de proceso de flujo, 121-123  
 Diagrama de Venn, 84  
 Diagrama lógico, 60-63  
 Diesel, 259-260  
 Dinámica, 401  
 Dinamita, 216  
 Dióxido de azufre, 163  
 Diques, 209  
 Dirección, 1, 13, 31, 41-42, 63, 65, 67, 88, 129, 239, 241, 258, 287, 351-352  
 sistema de información de la, 136  
 Discapacidades, 18, 97-100  
 Discapacitado, 400  
 Discriminación, 37, 42, 90-91, 97, 233  
 Diseño, 52, 55-56, 95, 122, 129, 138, 176, 303, 394, 400, 402, 408  
 Disparo, 408  
 alambre de, 281, 294  
 barras de, 294  
 riesgos, 134, 386, 396

Dispositivo de medición de tiempo de parada, 318  
 Dispositivo sensor, 309-312  
 Dispositivos antidoble bloqueo, 267  
 Dispositivos de advertencia por proximidad, 143  
 Dispositivos de seguridad para escaleras, 138-139, 387  
 Dispositivos sensores de presencia, 297, 309-312, 316-318, 322  
 Distribución, 390  
 Doble bloqueo, 267, 396  
 Doble bloqueo y purgado, 238  
 aislamiento, 363-364, 369  
 escalera de barrotes, 393-394  
 Documentación, 126, 292  
 Dos manos  
 control de, 57-58, 297, 315-319, 322  
 interruptores, 297, 316-319, 322  
 Dosímetro, 165, 192  
 Dosis, 154, 189  
 Drenajes, 237  
 alcantarillas, 236  
 Drogas, 36, 41, 97-98  
 prueba de adicción, 36  
 prueba de, 97  
 uso de, 98  
 Duchas, 242, 261  
 Duración de la exposición, 241

**E**

Economía, 2, 32-35, 42,  
 Económico, 342-343, 392  
 Edificios, 129-147  
 funcionarios de, 136  
 reglamentos de construcción de, 129, 136-137, 207  
 Educación, 41, 96, 240, 250  
 Efectivo,  
 corriente, 362  
 voltaje, 362  
 Efecto sinérgico, 158  
 Eficiencia, 175, 178, 231  
 Electricistas, 369  
 Eléctrico, 48, 53, 259-261, 268, 288, 300, 339, 341, 348-349, 359-383, 390, 392-393, 397, 399  
 conductividad, 390  
 cordones, 393  
 descarga, 267, 348-349, 392  
 enclavamiento, 400  
 equipo, 211, 213-214, 249, 372, 380, 392  
 servicios, 411-412  
 taladro, 60  
 Electrocutación, 3, 26, 40, 60-61, 63, 138, 359-372, 380, 392, 400, 412  
 Electrodo, 338, 349  
 Electromagnético, 197, 310-311  
 Electromecánico, 320, 332  
 Electroplateado, 153  
 Electrostático, 181, 214  
 Elevadores de personal, 143-144  
 Eliminación, 386  
 Eliminar, 55  
 Emanaciones peligrosas, 45  
 Embarazo, 66-67  
 Emergencia, 26, 40, 110, 113, 228, 235, 242, 247, 250-253, 281, 342, 348, 399, 407  
 cierre de, 125  
 plan de acción de, 247, 253  
 Emisiones, 179  
 Emisiones de horno de coque, 162  
 Empalado, 407  
 Empaque de carne, 95  
 Emplazamientos mojados, 392  
 Empleados, 82  
 equipo propiedad de los, 221-222, 225-227, 346-347  
 programas de asistencia, 37  
 quejas, 86-87  
 representante, 120  
 Empresa extra riesgosa, 96-97  
 Empresa principal vs. contratista, 126  
 Encajonado artificial, 395  
 Encender, 342  
 Encerrado, 404  
 Enclavamientos, 122, 293-294, 300, 400  
 Enchufar, 269  
 Energía,  
 falla, 269  
 líneas, 411  
 transmisión, 287-288, 304, 320, 322, 390  
 Energizado, 351, 366, 367-368, 370-371, 377, 411-412  
 alambre, 364, 377  
 línea, 9  
 Enfermera, 241  
 Enfermera de la planta, 2  
 Enfermería, 241  
 Enfisema, 148, 234  
 Enfoque analítico, 59-75  
 Enfoque coercitivo, 47-50  
 Engranajes, 269, 332  
 Engrapadoras, 389  
 Enrollado, 270-272  
 Ensamble de motón y aparejo, 270-272  
 Entorno, 6, 51, 176, 198

Entrada a espacio confinado (cerrado), 151, 230, 235-239, 348, 355  
 Entrampamiento, 236  
 Envenenamiento, 65-67, 152, 154, 157, 236, 246, 354, 356  
 EPA, *véase* Oficina de Protección al Ambiente  
 Epidemiología, 59, 66-67, 353  
 Epilepsia, 234  
 EPP, *véase* Equipo personal de protección  
 Equipo, 390  
 Equipo de movimiento terrestre, 400  
 Equipo personal de protección (EPP), 40, 52, 70-71, 175, 192, 195, 221-241, 246, 261, 288, 352, 356, 386-387, 411  
 Equipo pesado de construcción, 401-404  
 Equipo usado, 402  
 Equipo vibratorio, 408  
 Ergonomía, 95  
 Escaleras, 130, 136-137, 145, 387, 396  
 descansos, 137  
 Escaleras de mano, 130, 137-139, 145, 266, 387, 393-394, 400, 407  
 Escaleras hechas en el trabajo, 393-394  
 Escalones tipo sartén, 396  
 Escape, 85, 130, 140, 179, 181, 213, 228, 237, 245, 247, 253-254, 260, 407  
 Escollos, 56-59  
 Escoria, 338, 405  
 Escudo de guarda, 289  
 Escudos, 282, 289, 339, 402  
 Escudos del clima, 402  
 Esfera de control, 65  
 Eslingas, 60, 277-280, 284  
 Eslingas de red, 279  
 Esmerilado, 26, 164, 208, 224, 296  
 máquinas 321-324, 333  
 Esmeriladoras, 351, 387  
 Espacio, 397, 412  
 Espacio de planta, 309  
 Espuma expansible, 233  
 Esquife salvavidas, 389  
 Esquirlas, 349, 393  
 Esquisto, 404  
 Estaciones de servicio, 207, 209  
 Estadísticas, 1, 5, 7-8, 14, 17, 19-20, 38, 47-49, 59, 66-67, 75, 87, 92, 246, 306  
 frecuencia, 30  
 registros, 42  
 Estado mecánico cero, 292-293, 350  
 Estados Unidos, 246, 306, 362  
 Bureau of Labor Statistics, 19  
 Constitución, 86  
 Corte de Apelaciones, 38

Corte Suprema, 86, 157  
 Departamento de Energía (DoE), 35  
 Departamento de Transporte, 35  
 Fuerza Aérea de, 34-35, 60, 72  
 Nuclear Regulatory Commission, 234  
 Senadores, 49  
 Solicitor General, 157  
 Estados, 14, 16, 89, 93-94, 97, 105, 248, 264  
 Estañado, 163, 176, 337, 338, 343, 356  
 Estática, 60, 399, 401  
 carga, 372, 399  
 cargas, 404  
 electricidad, 208-209, 350  
 eliminador, 209  
 Estrategias, 52  
 Estrella, 95  
 Estructura, 402  
 Estructural  
 acero, 72, 387, 409  
 derrumbe, 135  
 pruebas, 401  
 Estudios epidemiológicos, *véase*  
 Epidemiología  
 Etanol, 55, 150, 207  
 Etiqueta, 55, 250, 313-314  
 líneas, 398-399  
 método de probador cerrado, 204  
 Etiquetado, 104  
 Evacuación, 247  
 Eventos al azar, 54  
 Exámenes, 147, 241  
 Exámenes base, 147  
 Exámenes físicos, 2, 147  
 Excavaciones, 17, 386, 393, 403-406, 408, 412.  
 derrumbes en, 87, 92  
 Excavadoras, 409  
 Explosión, 408  
 Explosión en Phillips Petrochemical Plant, 119, 126  
 Explosiones, 150-151, 259-260, 342, 345, 348, 350-352, 373, 376, 407  
 Explosivos, 203, 216, 372, 380, 390-391, 410-411  
 vapores, 372  
 Exposiciones, 387  
 Expuestas  
 partes, 377  
 partes vivas, 379  
 Extinción de incendios, 35  
 Extinguidor, *véase* Incendios, extintores  
 Extinguidores de incendio prohibidos, 249-25

**F**

Fábrica grasa, 162, 216  
 Fabricación, 111, 343, 374  
 Fabricante, 59, 105, 348  
 Fabricantes de equipo, 57, 60, 263, 307  
 Factores agravantes, 64  
 Factores mitigantes, 64  
 Factory Mutual Engineering Corporation, 259, 274, 345, 373  
 Falso  
 piso, 134  
 sensación de seguridad, 57, 210, 222, 225  
 Falla en corregir, 88-89  
 Falla geológica, 124  
 Fallecimientos, 4, 17-18, 20, 27, 30, 34-35, 40, 69, 70-72, 74, 86-87, 92, 130, 142, 150-151, 225, 230, 235-236, 246, 254, 267, 272, 279, 291-293, 321, 332, 347, 350-351, 359, 387, 391-392, 396-397, 400, 402-404, 407-408, 412  
 Farmacéutica, 134  
 Farmacocinética, 65-66  
 Farmacología, 65-66  
 Federal, 388, 401  
 Registro, 17, 38  
 reglamentación, 81  
 normas, 81-101, 129  
 Fermentación, 237  
 Feto, 152  
 Fibras, 375, 380, 388  
 Fibrilación, 360-361, 364-365  
 Fibrosis, 148, 227, 353  
 Fijas  
 barreras, 296, 308  
 escaleras, 138-139  
 guarda de barreras, 299-300  
 Filtración, 180  
 Filtro, 56, 178-179, 181-182, 213, 226-227, 247  
 Financiero, 17  
 Fluido, 390  
 Fluido de corte, *véase* Aceites de corte  
 Flujo sobre demanda 229, 248  
 Flúor, 149, 356  
 Fluoruros, 163, 354  
 Foliculitis de aceite, 240  
 Food and Drug Administration (FDA), 39  
 Forja, 176, 186, 303  
 Formaldehído, 162  
 Fosgeno, 149, 152, 353-355  
 Fotoeléctrico, 309-310  
 Fraguado, 407

Frecuencia, 18, 74-75, 183, 187, 197, 283, 313, 380  
 Frenos, 60, 263, 266, 293, 306, 320  
 dispositivo de medición de tiempo de parada, 317, 320  
 monitor de, 317, 320-322  
 Fricción, 275, 399  
 embrague de, 306  
 Frío, 345, 388  
 Fuego de vástago, 342  
 Fuegos artificiales, 216  
 Fugas, 110, 210, 229, 234, 392,  
 Fumador pasivo, 38  
 Fumar, 38  
 Función de asesoría, 13-14, 41  
 Función de línea, 13  
 Fundente, 338-339, 356  
 Fundición, 87, 134, 181, 237  
 Fundir, 339  
 Fusibles, 368

**G**

Galvanizar, 163, 297, 355  
 Ganchos, 273, 275, 281-282, 395, 398-399  
 Ganchos de carga,  
 Ganchos de cornisa, 395  
 Gas hilarante, 355  
 Gas licuado de petróleo, 84-85, 216-218, 249, 259-260  
 Gas MAPP, 338, 343  
 Gas natural, 144, 216, 338, 343  
 Gas(es), 56, 153, 155, 157, 160, 163, 177, 181, 204, 216, 235, 237, 249, 341-348, 353-354, 374, 376, 407  
 máscara para, 226-227  
 soldadura con, 337-338, 341-348  
 soldadura de arco con gas y metal, 338  
 soldadura de arco con tungsteno (GTAW), 338-339  
 Gasolina, 149, 153, 203-207, 211, 217, 259-260, 376  
 Gasolina de aviación, 207  
 Gatos, 322-333, 395, 405-406  
 Generador, 342  
 General  
 cláusula de obligaciones, 82, 87, 103, 124, 236, 398  
 principio de protección contra fallas, 53-54  
 Gerentes, 2-3  
 Gobierno, 9, 49, 91, 98-99, 113  
 Gráfica cualitativa de flujo del proceso, 164

## Grano

elevador, 133, 181, 246-247  
 molinos, 373, 376  
 polvo, 181, 376  
 Grasa, 240, 249, 345-347  
 Grava, 404  
 Gravedad, 18, 73-74  
 Grúa de martillo 398-399  
 Grúas, 5, 52, 57, 60, 264-278, 284, 332, 396-401, 408-409  
 Guantes, 239-241, 248, 328, 345, 399, 411  
 Guarda de plantilla, 303  
 Guardas, 51, 55-56, 264, 281, 293-294, 323, 339  
 Guardas para las aspas de ventilador, 294-296  
 Guardas superiores, 264

## H

Hábitos, 35, 51  
 Halógeno, 149  
 Halón, 253  
 HAZMAT, 110  
 HAZWOPER, 109  
 Hebras, 396  
 Heinrich, 51  
 Helicóptero, 277, 399-400  
 Helio, 150, 338, 354-355  
 Hemoglobina, 151  
 Herramientas, 389-390, 392, 396, 407, 409, 411  
 Herramientas de alimentación manual, 297-298  
 Herramientas de alimentación, 305  
 Herramientas de impacto con pólvora, 387, 390-391  
 Hertz, 183, 187  
 Hidráulico, 288, 292, 303, 306, 318, 390, 396, 400, 403, 406  
 Hidrocarburos clorados, 149, 335  
 Hidrógeno, 376  
 cianuro, *véase* Cianuro  
 fluoruro, 225  
 sulfuro, 153, 161, 163, 216, 236, 376  
 Hidrostático, 250-251, 405, 408  
 Hielo, 139  
 Hierro fundido, 391  
 Hígado, 149, 152  
 Higiene, 145, 153, 241  
 Higienista Industrial Certificado (CIH), 6  
 Hipotermia, 388  
 Historia, 81, 86, 94, 103, 109, 119, 304

## Hoja

apilado, 405-406  
 metal, 290, 297, 306, 329, 339  
 Homicidio, 41  
 Hospital, 26, 35-36, 39, 74, 241, 376  
 Hotel, 248  
 Hule, 181-182, 249  
 Humano  
 anatomía, 297  
 factores, 124  
 interfaz, 56  
 Húmedo, 392  
 Humo, 353  
 alarma, 85, 247  
 lugar de trabajo libre de, 38-39, 42  
 Humos, 153-155, 163, 235, 349, 353-354, 356  
 Hz, *véase* Hertz

## I

ICHHD, 115  
 Ignición, 60, 203, 206, 208-210, 259, 342, 351, 372, 374, 376  
 Ilegal, 393  
 Iluminación, 141, 261, 386, 393  
 Illinois, Des Plaines, 9  
 Imán, 298  
 Impacto  
 Carga de, 401  
 ruido, 190  
 Imperial Foods, 140-141, 246, 254  
 Importador, 105  
 Imposición, 17, 56, 67, 85-86, 93-94, 224, 407  
 Impulso pico, 190  
 Incendio en el Supper Club de Beverly Hills, 246  
 Incendio en Triangle Shirtwaist, 246  
 Incendios (fuegos), 49, 73, 130, 150, 207, 209, 213, 217-218, 230, 245-250, 254, 258-260, 348, 350-352, 371-377, 389-390, 400, 407, 411  
 a prueba de, 390  
 brigadas contra, 245, 248  
 clases, 249  
 departamento de bomberos, 218  
 extintores, 91, 209, 245, 249-251, 389, 411  
 prevención, 95, 245-246, 389  
 protección, *véase* Incendios  
 supresión, 245  
 Incertidumbre, 404  
 Incidencia, 18-20, 22, 27-28  
 Indiana, 403

## Indicador de fin de la vida de servicio, 233

Indicadores, 274, 297, 299, 323  
 Industria automotriz, 339  
 Industrial  
 base de datos de riesgos químicos (ICHHD), 114  
 higienistas, 1, 4-5, 147, 178, 355  
 lentes de seguridad, 224  
 ruido, 4, 69, 182-197  
 Safety Equipment Association (ISEA), 9  
 transportes, 257-264, 284  
 Inerte, 53, 353, 355  
 gas, 338, 350  
 Inestable, 395, 409  
 Inflamabilidad, 206-207, 239  
 Inflamable, 148, 175, 203, 237, 249, 345, 350, 373, 380  
 fibras, 374-375  
 gases, 376  
 líquidos, 49, 54, 203-220, 246, 342, 372-373, 376, 389  
 polvos, 372, 374-375, 380  
 vapores, 380  
 Información, 122-123  
 sistema de, 116  
 Infrarrojo, 310, 318  
 Ingeniería, 5, 39-40, 51-59, 122, 124, 127, 175, 192, 195, 198, 213, 222, 240-242, 303, 345, 394, 400, 408-410  
 control de, 52, 58, 75, 124, 403  
 enfoque de, 51-59, 67  
 Ingenieros, 59, 120, 211-212, 307, 395  
 Inhalación, 407  
 Insecticida, 149  
 Inspección de calderas, 89  
 Inspeccionar, 368  
 Inspecciones, 17, 21, 31, 86, 142, 235, 245, 250, 253, 264, 273-277, 279-280, 284, 312-314, 322, 377, 386, 392, 400, 403  
 Inspector, 160  
 Instrumento de lectura directa, 165  
 Instrumentos, 392  
 Intercambio, 67  
 Interfaces de lenguaje natural, 114  
 Internet, 11  
 Interruptor, *véase* Circuitos, cortacircuitos  
 Interruptor de sobrerrecorrido, 320  
 Interruptor límite de malacate, 57  
 Inválido, 141, 233  
 Inventario, 121, 136  
 registros, 210

## Inversión, 67-68.

Inversión de capital, 47, 59, 67  
 Inverso  
 frenos de polaridad, 328  
 polaridad, 370-371  
 Ionizante, 197  
 radiación, 199  
 Irritantes, 148-150, 240-241, 353-354  
 ISEA, 9

## J

Jaladores, 297, 312-314, 322  
 Jaulas, 387, 398

## L

Laboratorio, 165, 401  
 Lámpara de minero, 342  
 Lana sueca, 223  
 Láseres, 338, 387  
 soldadura por rayo (LBW), 341  
 Lavadoras de aire, 181, 183  
 Lavados, 241  
 LECD, *véase* Límite de exposición de corta duración  
 Legal, 5, 38, 57, 71-72, 90, 111, 152, 156, 239, 308, 322, 342, 386  
 responsabilidad hacia terceros, 31  
 Legislación, 14, 39, 81  
 Legislación de reforma, 31  
 Lengüeta de protección, 321, 323, 333  
 Lentes de protección, 352  
 Lentes de seguridad de calle, 224  
 Lesión en la espalda, 234, 282-283  
 Letal, 399  
 Letreros, 1, 2, 50, 241  
 Leucemia, 55, 150  
 Levantamiento, 282-283  
 Ley, 82  
 Ley de Murphy, 54, 90  
 Ley de Ohm, 361-366, 370  
 Ley de Seguridad e Higiene Laboral de 1970, 1  
 Límite de exposición de corta duración (LECD), 159-160  
 Límite estatutario, 87  
 Límite explosivo inferior, 206  
 Límite explosivo superior, 206  
 Límites de exposición permisibles (PEL), 110, 156-161, 165, 177, 180, 187-189, 190, 192-193, 195-196, 198, 225  
 Limpieza, 133-135, 145, 247, 258, 290-291, 331-333, 356, 407  
 Línea de ductos, 131

Líneas de transmisión, 397  
 Líquido Clase I, 203-205  
 Líquidos, 390  
 Lista negra, 91  
 Litigación, 241-242  
 Logarítmico, 185  
 Los Ángeles, 234  
 LPG, *véase* Gas licuado de petróleo  
 Lubricación, 307  
 Lúmenes, 141  
 Luz de alarma, 365  
 Llantas, 400  
 Llave, 342  
 Llevar pasajeros, 402  
 Lluvia, 408

## M

MacClay, Robert E., 63  
 Madera, 386, 396, 405  
 Maderos, 407  
 Magnesio, 149, 249, 354, 373, 376  
 Mala alineación, 327  
 Mala comunicación, 290  
 Malacate, 396  
 Malacates, 332, 396, 400  
 Malestar del lunes por la mañana, 355  
 Manganeso, 149, 163, 354  
 Manguera, 390  
 máscara de, 226, 229  
 Mano de obra, 14, 309  
 Manos fuera de los troqueles, 305  
 Mantenimiento, 26, 41, 56, 123, 135, 138, 142, 231, 235, 242, 245, 247, 252-253, 260, 264, 266, 269, 284, 287-288, 290-291, 293, 329, 373, 377, 379, 386, 392, 403  
 departamento de, 13  
 plataformas de, 142-143  
 trabajador de, 222  
 Mantenimiento preventivo, 60, 197, 247  
 Manual, 392  
 alimentación, 308  
 herramientas de potencia, 333  
 operación, 409  
 sierra circular, 328, 363  
 Manufactura, 111-113, 339, 363  
 Maquinado, 176  
 operaciones de, 224  
 Maquinaria, 51, 130, 288  
 Máquinas, 377  
 Máquinas de frotación, 294  
 Marbetes, 290-292  
 Marihuana, 36

Martillo, 346, 389  
 Martillo neumático, 387  
 Máscara completa, 226-227  
 Máscara facial, 234  
 Material  
 hojas de datos de seguridad de (MSDS), 103-108, 120  
 malacates para, 400  
 manejo de, 257-286, 288, 386  
 Material para tiras, 308  
 Máximo tope aceptable, 159  
 Mecánica  
 prensas de potencia, 296  
 ventaja, 270-272  
 Media máscara, 226-227  
 respiradores, 233, 235  
 Médico, 18, 110-111, 233-234, 241, 248  
 examen, 97, 111, 115  
 tratamiento, 18-19, 26-27, 73, 92  
 vigilancia, 110-111  
 Medidor de nivel de sonido (SLM), 191  
 Medios de escape, 85  
 Mercaptán etílico, 216  
 Mercurio, 149, 232, 354, 356  
 Mérito, 95  
 Metal, 389  
 corte de, 181-182  
 estampado, 87  
 humos, 154  
 polvos, 379  
 recipientes de seguridad, 389  
 Metal pulverizado, 176  
 Metano, 150, 161, 165  
 Metanol, 149-150, 207, 232  
 Método carbox, 211  
 Método de probador cerrado Penskey  
 Martens, 204  
 Método del mapa de ruta, 122-123  
 Mezcladora de harina, 291  
 Mezzanines, 130  
 Minas, 165  
 Minería, 144, 181, 246, 376  
 Mínima(o), 69, 88  
 Modo de flujo continuo, 229, 248  
 Moldeo por inyección, 3,  
 Monómero, 152  
 Monorrieles, 264  
 Montacargas, 60, 135-136, 218, 250, 258-264  
 Montaje, 250  
 Mortal, *véase* Fallecimientos  
 Mortalidad, *véase* Fallecimientos  
 Motocicleta, 49-50

## 468 Índice

- Móvil, 396  
 andamio, 395  
 MSDS, *véase* Material, hojas de datos de seguridad de  
 (MTA), 160  
 Muelle, 262  
 Muerte, *véase* Fallecimientos  
 Muestras de agarre, 160  
 Multas, 49, 75  
 Múltiples, 85, 341, 345, 347  
 Mutógenos, 152
- N**
- Narcóticos, 149  
 National  
 Electrical Code®, 203, 213-214, 259, 367, 378, 392  
 Emphasis Program (NEP), 87  
 Fire Protection Association, (NFPA), 8, 83, 135, 204, 206, 208, 213, 246  
 Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 9, 86, 151, 162, 165, 186, 232, 234, 283  
 Safety Council (NSC), 7, 17, 21-22, 31, 34-35, 224-225, 246, 257  
 Negación de ascenso, 91  
 Neumático, 84, 186, 235, 292, 306, 389-390  
 manguera,  
 prensa, 57-58  
 herramientas, 389-390  
 Neutro, 364, 366-371, 377, 380, 392  
 NFPA, *véase* National Fire Protection Association  
 NIOSH, *véase* National Institute for Occupational Safety and Health  
 Nitrógeno, 149-151, 161, 341, 355, óxidos de, 149, 354  
 Nitroglicerina, 216  
 Niveles de acción, 160, 188-189, 193, 195-196  
 No ensilles un caballo muerto, 272  
 No fumar, 206, 213, 215  
 No ionizante, 197  
 radiación, 199  
 Nomes®, 239, 352  
 Norma ANSI, 396  
 Norma británica, 74  
 Norma de Comunicación de Riesgo, 104  
 Norma horizontal, 83  
 Norma vertical, 83  
 Normas, 2-3, 8, 14, 28, 38, 48, 56, 74, 82-83, 93-94, 122, 129, 135-136, 161, 188, 191, 198, 208-209, 212, 218, 236, 239, 245, 276, 279, 283, 287, 297, 48, 386-388, 396, 397, 401  
 barandales, 131, 396  
 terminación del proyecto, 161  
 Normas de desempeño, 84-85, 135  
 Normas de especificación, 84-85  
 North Carolina, Hamlet, 93, 140, 246  
 Notificaciones, 86-90, 95  
 Notificaciones frecuentes, 2, 130, 343, 379-379, 396  
 Nudo de vuelta triple, 388-389  
 Nueva York, 246  
 Nylon, 196, 279-280, 388  
 guardas de malla de, 294
- O**
- Objetar, 90  
 Objetos que caen, 409  
 Objetos voladores, 288, 305  
 Obras de tabique, 390  
 Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 38-39, 48-49, 81-101, 103, 119, 161-162, 221, 236, 292, 403, 407  
 inspecciones, 398  
 multas, 111, 292  
 norma de seguridad del proceso, 119-128  
 notificaciones, 380  
 penalizaciones, 88-90  
 Octanaje, 207  
 Oficina de Protección al Ambiente (EPA), 6, 109-113, 116, 164, 178  
 Oído, 70  
 orejeras, 223  
 programa de conservación, 196  
 protección, 221-224, 387  
 protecciones para, 51, 221  
 tapones para, 221, 223  
 Ojos, 26-28, 66, 114-115, 348, 351, 387, 389  
 lavado de, 242, 261  
 protección para, 26, 224-225, 235, 326, 352, 387, 391  
 Olfativo, 162, 216  
 Operación, 410  
 Operaciones, 287  
 Operador, 277, 397, 402  
 Opiáceos, 36  
 Orden de cateo, 86
- OSHA 200, *véase* Bitácora y Resumen de Lesiones y Enfermedades Laborales  
 OSHA, *véase* Occupational Safety and Health Administration  
 Oxiacetileno, 338, 346  
 Oxidación, 388, 355  
 Óxido de hierro, 176  
 Oxígeno, 50, 150, 153, 161, 205, 218, 230, 237, 338, 341, 344-348  
 cilindros de, 344-348  
 deficiencia de, 150-151, 165, 225-226, 237, 350  
 enriquecimiento, 237  
 rico en, 230
- P**
- Pantallas, 281-282  
 Parabrisas, 402  
 Partes de máquina rotatorias o reciprocantes, 288  
 Partes del cable, 270-272  
 Partes vivas, 411  
 Partículas, 154, 163, 180-182, 198, 224, 233, 240, 288-289, 331-332, 353-354, 387  
 Pasajero, 262  
 Pasajero del poste para alfombras, 263  
 Pasamanos vs. barandal, 136-137  
 Pasarelas, 266  
 Pasillo, 133-136, 145, 389  
 amplitudes, 130, 135  
 señalización, 135  
 Pasillo elevado, 130  
 Pasos colgantes, 130  
 Patógenos transmitidos por la sangre, 39-40, 42  
 Patronos, 82, 85, 105  
 Peatón, 262, 402  
 Pedal, 58  
 Pedestal, 319  
 PEL, *véase* Límites de exposición permisibles  
 Peligro inminente, 4, 68, 71-73, 86-87  
 Peligros de un mal alambrado, 369-371  
 Peligrosos  
 desechos, 104  
 materiales, 148  
 ubicaciones, 259, 372-376, 380  
 Penalización, 95-96, 133, 292  
 Peor, 395  
 Peor caso, 53-54, 319  
 Peor estado, 318
- Percloroetileno, 176  
 Percusivo, 190  
 Pérdida  
 incidentes con, 63  
 modelos causales de incidente con, 63-65  
 representante de control de, 16-17  
 Perforados, 234  
 tímpanos, 248  
 Permanente, 387  
 discapacidad parcial, 73  
 discapacidad total, 400  
 Permisos, 351-352  
 Pernos, 409  
 Perros, 327  
 Personal, 5, 239  
 elevador de, 400  
 selección de, 233  
 Peso, 401  
 Peso del tractor, 401  
 Peso molecular, 160  
 Pesticidas, 104, 153, 163  
 Petróleo, 144, 209, 240, 350  
 refinería, 203  
 Piel, 27, 115, 240, 355, 360, 362  
 riesgos, 239, 241  
 salpullido, 50  
 Pieza de trabajo mal alineada, 305, 311  
 Pila, 258, 386, 397, 404  
 Pintura, 163, 226, 233  
 áreas de rociado a pistola, 4, 281, 372-373, 376  
 cabina de rociado a pistola, 373  
 Pisos, 130, 133-136, 145, 386, 395-396, 408-409  
 aberturas, 272  
 placas indicadoras de carga, 136  
 Pista de aterrizaje, 131, 396  
 PIVS, 225, 235, 237  
 Plan de control de exposición, 39  
 Plan en papel, 96, 125  
 Plan prescrito de corrección, 89-90  
 Planta de energía nuclear, 407  
 Plantas de almacenamiento en volumen, 209  
 Plásticos, 181-182, 249, 376  
 Plataforma de descanso, 138  
 Plataforma de embarque y recepción, 239  
 Plataforma de trabajo montada en vehículo, 142, 400  
 Plataformas, 130-131, 142, 145, 386, 396  
 Plataformas de aterrizaje, 131  
 Plataformas de carga, 131
- Plateado, 148, 240, 355  
 Plomo, 149, 154, 162-163, 176, 227, 354, 356  
 pintura con base de, 176, 233  
 Plomo tetraetilo, 149  
 Pneumoconiosis, 148, 227, 353-355  
 Polaridad, 370  
 Poleas, 281, 288-289, 329-332  
 Poleas compuestas, 270, 274, 399  
 Polémica, 392  
 Poliéster, 279-280  
 Polímero, 152  
 Polipropileno, 279-280  
 Política, 63, 65, 96, 224  
 Polvo, 56, 133, 148, 153-155, 157, 163, 177, 181, 183, 237, 247, 353, 372, 374-375, 380  
 explosión, 376  
 máscara para, 226-227  
 Pólvora negra, 216  
 Polvos minerales, 157  
 Portátil  
 equipo manual, 378  
 equipo, 379-380  
 escalera de metal, 137  
 escalera, 137-138  
 herramientas, 378-379  
 Pórtico, 264  
 Pórtico con voladizo, 265  
 Potencia  
 grados de, 391  
 prensas de, 303-323  
 segueta mecánica de, 329  
 Pozos, 133, 272  
 PPT, *véase* Promedio ponderado por tiempo  
 Precipitadores, 181-182  
 Premios, 50, 75  
 Prensa, 224, 332  
 freno, 290, 306, 332  
 Prensa de banco, 304  
 Prensa impresora, 57, 311  
 Prensa troqueladora, 74, 186, 303-323  
 Presión, 349  
 demanda, 229, 248  
 onda, 182, 185  
 dispositivo reductor, 390  
 Presión del sonido, 183-184  
 Presupuesto, 89  
 Prevención, 2, 254  
 Primeros auxilios, 2, 26-28, 34, 73, 114-115, 221, 241-242, 360, 408  
 Principio del peor caso, 53-54
- Prisión, 89  
 Privacidad, 111  
 Probabilidad, 4759-63, 73  
 Probador de continuidad, 377-378  
 Probadores, *véase* Prueba, equipo  
 Procedimientos de operación, 125  
 Procesamiento de carne de aves, 119  
 Proceso, 31, 51, 44-45, 87, 111-113, 122, 175-176, 210-211, 216, 247, 284, 337, 342, 372, 374  
 análisis, 124-125  
 equipo, 122-123  
 información, 120-124  
 ingeniero, 211-212  
 seguridad, 119  
 Procesos continuos, 176  
 Procesos de Poisson, 54  
 Producción, 50, 56, 304, 350, 390  
 control, 13  
 costos, 175, 342-343, 356  
 eficiencia, 313, 319  
 incentivos, 315  
 Productividad, 49, 303, 315, 319  
 Producto químico seco, 214, 249, 253  
 Productos químicos, 28, 67, 104-105, 122, 224, 154, 181, 239-240, 253, 353-354  
 asfixiantes, 151  
 identidades de, 105  
 industrias de, 181-182  
 ingeniería, 127, 164  
 número CAS, 114, 115, 157  
 plantas, 84, 127, 246, 376  
 procesos, 176  
 reacción, 227, 230, 342  
 unidad generadora de oxígeno, 230  
 Profesión, 40  
 Profesional  
 certificación, 6  
 ingeniero, 122, 176, 394  
 juicio, 48  
 seguridad, 7  
 Profesional Certificado en la Seguridad (CSP), 6  
 Profesionales, 147  
 Programa de aseguramiento del conductor de tierra en el equipo, 392  
 Programa de Industrias Objetivo (TIP), 87  
 órganos, 114  
 Programación, 287, 386, 412-413  
 Programas de énfasis especial, 403, 407  
 Promedio ponderado por tiempo (PPT), 157-159, 188, 192, 193, 195-196, 198-199, 261

Promulgación, 38-39, 82, 119, 156  
 Propano, 216-217, 338, 343  
 Protección, 130, 135, 282, 287-336  
   por distancia, 289-290, 332  
   por emplazamiento, 268, 289, 329, 332  
 Protección contra fallas, 53-54, 293, 321, 350  
   principio de redundancia, 52-54  
 Protección contra volcadura, 400-403, 412  
   estructuras protectoras (EPVS), 264, 400-403  
 Protección de la cabeza, 387, 407  
 Protección en máquinas, 287-337  
 Protección para caídas, 47, 387-389, 395  
 Proyecto, 386, 397, 407, 413  
 Prueba, 392, 401  
   equipo, 371, 377-378, 380  
 Prueba audiométrica, 196  
 Prueba Cleveland de copa abierta, 204  
 Prueba de anillos, 323  
 Pruebas, 250, 392  
 Pruebas de colocación, 97  
 Pruebas de selección, 97  
 Pública  
   relaciones, 1  
   utilidad, 142, 407  
 Puente,  
   grúa, 264-277  
   placa, 140  
 Puente Golden Gate, 408  
 Puerta, 400  
 Puesto  
   perfil del candidato al (JCP), 37  
   pruebas de colocación, 37-38  
 Pulmón, 148, 165, 353, 359, 404  
 Pulmón café, 66  
 Pulmón negro, 66  
 Pulpito, 264  
 Punto de  
   irreversibilidad, 63-65  
   operación, 287-288, 290, 296-300, 302-305, 307-310, 314, 317-318, 321, 332, 350  
 Punto de acoplamiento, 318-319  
 Punto de combustión, 204  
 Punto de ebullición, 204, 216  
 Punto de inflamación, 203-204, 212  
 Punto de pellizco en la entrada, 282  
 Puntos de fusión, 337  
 Puntos de pellizco de recorrido o entrante, 57, 281, 288, 350

Purificación, 180  
 Purificador del aire, 226, 232  
 PVC, 152

## Q

Quemaduras, 342-343, 355, 361  
 Quemar, 288, 346, 352  
 Queroseno, 210  
 Química orgánica, 232  
   cartucho de vapor, 234  
   vapor, 232-234

## R

R:BASE<sup>®</sup>, 114  
 Radar, 411  
 Radiación, 197, 199, 349, 352  
 Radioactivo, 154  
 Radón, 75  
 Rampas, 386, 409  
 Rayón, 172  
 Rayos, 411  
 Rayos gamma, 197  
 Rayos X, 26-27, 197, 199  
 Reabastecimiento, 218, 386  
 Rebote, 327-329, 333  
 Receptáculo, 375-377  
   probador de alambrado, 377-378  
 Recompensas, 50  
 Red Tape Award, 49  
 Redundancia, 53-54  
 Refinado, 144  
 Refinería, 84, 209, 216, 246, 376, 400  
 Refinería petroquímica, 150  
 Reforzar, 404, 406  
 Refrigeradores, 378  
 Refuerzos, 405-406  
 Refuerzos transversales, 405  
 Registrable, 27  
 Registrado, 394  
 Registros, 14, 17-29, 92, 96, 113, 142, 196, 210, 241, 313, 368, 392  
   conservación, 28, 109  
 Regla de la empresa, 224  
 Reglamentaciones, 48, 411  
 Reglas, 47-50, 75, 81, 83, 104, 126, 238-239, 242, 263, 282-283, 296, 321, 411  
 Reguladores, 235, 344-345  
 Reinstalación con sueldos caídos, 90  
 Relaciones causales, 60  
 Remachadoras, 387  
 Remaches, 409  
 Remodelación, 386

Removedor Enthone, 211  
 Removedores, 211-212  
 Reparaciones, 290, 350, 400  
 Repetido  
   carreras, 307, 309  
   violaciones, 88-89  
 Repetitivo  
   ciclo, 304  
   movimiento manual, 95  
 Reportes, 111-113, 241  
 Reposo, 404  
 Requerimiento legal, 87  
 Rescate, 71, 234-235  
 Residuos, 212-214, 247, 252  
 Resistencia, 361, 363-365, 368, 370, 378  
   soldadura de costura (RSEW), 339-341, 350  
   soldadura por punto, 339-341, 350  
   soldadura por, 337-339, 349-350  
 Resistencia nominal a la ruptura, 388  
 Respaldo, 53, 347  
 Respirador bucal, 226-227  
 Respirador de manguera de aire, 226, 229, 235  
 Respiradores, 51, 110, 150, 225, 231, 233-235, 248  
   cartuchos para, 233  
   plan, 231-235  
 Respiratorio, 3, 148, 248, 360-361  
   protección, 225-241  
 Responsabilidad de cumplimiento, 126  
 Responsabilidad hacia terceros, 14, 34, 38, 59, 94, 234, 247, 305  
 Restricción, 314-315  
 Resucitación, 48  
 Resucitación cardiopulmonar, 365  
 Retardante de flama, 239  
 Retenidas, 395  
 Retroajuste, 397, 402  
 Retroceso de la llama, 346, 348  
 Riel  
   barredoras, 267  
   tenazas, 266  
 Riesgo, 15, 35, 40-41, 47, 51, 60-63, 67, 760-71, 75, 221, 344  
   análisis, 72  
   Código de Evaluación de (RAC), 72, 73, 75  
   correr, 51  
 Riñones, 115, 149  
 Robots, 58, 288, 308  
 Rocas, 404-405, 407

Rociado con pistola, 163  
 Rociador, 252  
 Ropa, 115, 239, 248, 288, 323, 252-253  
 Ropa de protección, 239-241  
 Rotación completa, 306-307, 309, 311, 316, 320  
 Rotación parcial, 306-308, 311, 320  
 Rubéola, 66  
 Ruido, 4, 69, 175, 182, 222, 287-288, 387, 390  
   atenuación, 223  
   medidor, 184  
   recintos, 223  
 Rutas de entrada, 152-153

## S

Salidas, 129, 140-141, 145, 389, 393, 307  
 Salud vs. seguridad, 4, 147  
 Salvaguarda, 296  
 San Francisco, 408  
 Sangre, 39  
 Sanitario, 134  
 Sanitarios, 241  
 SARA, 111  
 Sarampión, 66  
 Saulter, Gilbert J., 95  
 SCBA, *véase* Aparato independiente de respiración  
 Secreto comercial, 86  
 Segueta, 329  
 Seguridad, 5, 296, 307, 394-395  
   cinturones de, 142, 398  
   distancias, 316-320, 322, 411  
   factores de, 52, 387, 394, 400  
   lentes de, 50, 224  
   redes de, 408  
   salud, 4, 147  
   vs. salud, 4, 147  
   zapatos de, 239  
 Seguridad de productos, 94  
   Ley de (Safety and Liability Act), 5  
 Seguridad en Minas, 94  
   Mine Safety and Health Administration, 81  
 Seguro, 15-17, 32, 35, 212, 253, 257  
 Selección, 259-261  
 Sellado, 238  
 Sello, 233  
 Sensores, 310  
 Sensores de radiofrecuencia, 310  
 Sentido del olfato, 161, 233  
 Señalización de desconectores, 379  
 Señalización de pasillos, 135  
 Señalizaciones, 245, 249, 265, 268, 379-380  
 Separador, 327  
 Seriedad, 18, 380, 400, 403  
 Serio, 72-74, 390, 395, 400-401, 309  
   violaciones, 46, 71, 292  
 Servicios públicos, 142, 390, 397-398, 411-412  
   líneas, 407  
 SIC, *véase* Clasificación Industrial de Normas  
 Sicológico, 234  
   enfoque, 50-51, 57, 67  
 SIDA, 39-40, 42  
 Siderosis, 148, 355  
 Sierras, 324-329, 333  
 Sierras de banda, 328  
 Sierras de mesa, 303, 326-328  
 Sierras radiales, 324-326, 333  
 Silenciar, 311  
 Sílice, 148, 154, 163, 176, 353-354  
 Silicosis, 148, 176  
 Silos, 236  
 Silos de misiles, 237, 350  
 Sindicato, 120  
 Síndrome del túnel carpal (CTS), 26, 95  
 Sintético, 240  
 Sistema nervioso central, 149-150, 360  
 Sistemas de columnas de alimentación y mangueras, 245, 251-252  
 Sistemas expertos, 113-115  
 Sistemas reproductores, 149  
 SLM, *véase* medidor de nivel de sonido  
 SMAW, 339  
 Sofocación, 404  
 Soldadura, 4, 58, 144, 149, 163, 176, 208, 217-218, 226, 235, 239, 337-358, 376, 402, 409  
 Soldadura con arco eléctrico, 337-338  
 Soldadura de arco protegido (SMAW), 338, 356  
 Soldadura de arco sumergido (SAW), 339-340  
 Soldadura de arco, 348-353  
 Soldadura de costura, *véase* Resistencia, soldadura de costura Soldadura de varilla de núcleo (FCAW), 338  
 Soldadura por gas inerte tungsteno (TIG), 338-339  
 Soldadura por latón, 337-338, 343  
 Soldadura por punto, *véase* Resistencia, soldadura por punto  
 Soldadura Thermit (TW), 338, 341

Solvente Stoddard, 172  
 Solventes, 55, 149-150, 153, 163, 175-176, 212, 239-241, 355, 373  
 Soplete, 338, 343, 345-347  
   Clasificación Industrial de Normas (SIC), 8, 21, 87, 111  
 Subcontratistas, 126  
 Subdivisiones políticas, 93  
 Suelo, 404, 406  
 Sujeción, 409  
 Sujetadores, 297, 314-315, 322  
 Sujetadores de cabeza recesada, 297  
 Sumergir, 236-237  
 Suministro de atmósfera, 226  
 Superficies para transitar y trabajar, 130-141  
 Superfund Amendments and Reauthorization Act de 1986 (SARA), 109  
 Supervisor, 351-352  
 Supervisores de línea, 36, 41  
 Supplementary Record of Occupational Injuries and Illnesses, 21, 25  
 Supresión, 254  
   sistemas, 122  
 Sustancias muy peligrosas, 113  
 Sustituto, 55

## T

Tabaco, 38-39, 104, 155  
 Tablón con listones, 394  
 Tablón de descarga, 140  
 Tablones, 395-396, 400  
 Tagliabue, 204  
 Taladro, 224  
 Taladro neumático, 389  
 Tambores rotatorios, 293  
 Tapón, 344-345  
 Tasa de muertes, 246  
 Técnico, 370  
 Techado, 233, 395  
   trabajadores de, 131  
 Techo flotante, 209-211  
 Temperaturas, 214, 337-338, 343, 407  
 Temporal, 387, 393, 400, 408  
 Temporales  
   discapacidad total, 73  
   discapacidades, 35  
   operaciones, 125  
   pisos, 409  
 Tenazas, 297-298, 305, 314  
 Teratógenos, 152  
 Terminación, 37, 90, 111

## 472 Índice

Terremotos, 124  
Texas, Houston, 119  
TICDTP, *véase* Día de trabajo perdido, tasa de incidencia de casos de  
Tierra, 363-364, 367-371, 377-380, 392  
fallas, 368  
interruptor de falla de circuito (CFCI), 368, 392  
Tolueno, 160  
Tono, 183, 185, 187, 198  
Topadoras, 401  
Tope, 191  
Tope superior, 320  
Topes, 267, 324  
Tornos, 224  
Torre, 138  
Tóxico, 149  
formulario de liberación de productos químicos, 111-113  
Substances Control Act, 81  
sustancias, 147-173  
Toxicológico, 59  
Toxicológicos, 65-67  
Trabajadores jóvenes, 51  
Trabajadores textiles, 66  
Trabajo en madera, 134, 181-182, 387  
Tractores, 400-404  
Tragedia, 350-351, 399  
Transferencia de carga, 211  
Tránsito, 397  
Transportador de banda, 281  
Transportadores, 257, 269, 281-282  
Transportadores de tornillo, 282  
Transporte, 411  
Transportes, 393  
Trauma acumulado, 16  
Tres líneas de defensa, 52, 175  
Tribunal, *véase* Corte  
Tricloroetileno, 163, 176, 241, 348, 355  
Triodyne, Inc., 58  
Troqueles, 305  
guarda de recinto para, 299-300  
instalaciones de, 312-313  
recintos para, 296, 308  
Tubería, 347-348, 373  
Tuberías, 347, 407  
Tubos detectores, 165  
Túneles, 348

## U

Ubicaciones de desecho exteriores, 112  
UL, *véase* Umbral, límite  
Ultravioleta, 352  
Umbral, 119

desplazamiento, 196  
límite (UL), 154, 156-157, 160, 165, 228  
Underwriters' Laboratories, Inc., 259, 274, 345, 373  
Universitaria, 4  
Uñas antirrebote, 327  
Utilidad, 348

## V

Vahos, 148, 153, 155, 163, 240  
Valor del tope, 159  
Válvula de cierre, 56  
Válvula de purga, 238  
Válvulas, 237, 238, 342, 344  
tapa de protección, 344-345  
Vapores, 54, 153, 157, 163, 181, 206, 208-210, 214, 232, 237, 240, 279, 372-375, 380  
explosión, 217  
sellado contra, 375  
Vapores fenólicos, 279  
Varianzas, 90  
Varilla de disparo, 294  
Varilla electrodo, 338-339  
Vehículo, 397, 400-404, 411  
Velocidad de giro, 323  
Venenos sistémicos, 149-150, 227, 353, 356  
Ventilación, 7, 54, 56, 122, 175-182, 198, 240, 247, 261, 287, 350, 356  
Ventilación hacia el exterior, 56, 176-177, 356  
Ventilación por dilución, 177  
Vibraciones, 182, 195, 224, 404  
Vida  
Chaquetas salvavidas, 388  
Código de Seguridad, 135  
Viento, 400, 408  
riesgos, 266  
Viga maestra de acero, 387  
Vigas de placa, 339  
VIH, 39-40  
Violación criminal, 89  
Violación extraordinaria, 89  
Violaciones, 380  
Violaciones a voluntad, 88-89  
Violaciones frecuentes, 213, 378-379  
Violaciones técnicas, 69  
Violencia, *véase* Violencia en el trabajo  
Violencia en el trabajo, 40-41, 246  
Virus de la Hepatitis B (HBV), 39-40  
Visibilidad, 402  
Voladuras, 410-411

Volantes, 293, 304, 306, 317-319  
Volátil, 203-204, 373  
Volt, 377  
Voltaje, 348-350, 359, 397  
Voluntary Protection Program (VPP), 95  
Vulcanizado, 393

## W

West Virginia, 407  
Willow Island, 407  
Williams-Steiger Occupational Safety and Health Act of 1970, 81

## Z

Z16.1, 17  
Zanjas, 17, 87, 92, 133, 403-406, 412  
Zapatos, 26, 239, 248, 352  
Zinc,  
Zócalos, 394-395  
Zócalos de guarda, 132-133, 142

C. RAY ASFAHL

# SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD

CUARTA EDICIÓN

Esta obra reúne los conceptos y técnicas de la administración de la seguridad y la higiene industrial con una imagen moderna que responde a las normas obligatorias de seguridad y salud en el trabajo. Se pretende dar razones, explicaciones y ejemplos de los mecanismos de riesgo que forman la base de la enorme cantidad de normas de seguridad y salud laboral. Los profesionales saben el valor de encontrar los materiales más adecuados para entender e implantar estrategias de manera que sus organizaciones obedezcan tales normas. Entienden que la forma de reducir las reclamaciones de indemnización de los trabajadores por lesiones y enfermedades, y que el aumento de la productividad y el bienestar general de los empleados y el estado de sus lugares de trabajo se consigue por medio de la planificación competente.

Esta edición se vale de fuentes modernas de información, como Internet y las normas de la OSHA. La cobertura de la cuarta edición ha sido ampliada más allá de la presentación de los temas necesarios en la seguridad y la salud industriales, para que los lectores encuentren fácilmente las respuestas que atañen a sus propias tareas.

Esta edición se vale de fuentes modernas de información, como Internet y las normas de la OSHA. La cobertura de la cuarta edición ha sido ampliada más allá de la presentación de los temas necesarios en la seguridad y la salud industriales, para que los lectores encuentren fácilmente las respuestas que atañen a sus propias tareas.

## TEMAS:

- El gerente de seguridad e higiene industrial
- Desempeño de la función de seguridad e higiene industrial
- Conceptos sobre prevención de riesgos
- Impacto de las normas federales
- Sistemas de información
- Seguridad de procesos
- Edificios e instalaciones
- Salud y sustancias tóxicas
- Control ambiental y ruido
- Materiales inflamables y explosivos
- Protección personal y primeros auxilios
- Protección contra incendios
- Manejo y almacenamiento de materiales
- Protección en máquinas
- Soldadura
- Riesgos eléctricos
- Construcción

## OTRAS OBRAS DE INTERÉS PUBLICADAS POR PEARSON:

**BESTERFIELD:** *Control de calidad, cuarta edición*

**DEGARMO:** *Ingeniería económica, décima edición*

**PARK:** *Ingeniería económica*

**TAHA:** *Investigación de operaciones, sexta edición*

ISBN 970-17-0331-6



9 789701 703311

Visítenos en: [www.pearson.com.mx](http://www.pearson.com.mx)

Prentice  
Hall