

# **Seguridad e Higiene industrial**

## Gestión de riesgos



MARIO MANCERA FERNÁNDEZ

MARÍA TERESA MANCERA RUÍZ

MARIO RAMÓN MANCERA RUÍZ

JUAN RICARDO MANCERA RUÍZ





Seguridad e higiene industrial : gestión de riesgos / autores, Mario Mancera Fernández ... [et al.]. -- 1a. ed. -- Bogotá : Alfaomega Colombiana, 2012.

p. 468

Incluye bibliografía e índice de palabras clave  
ISBN 978-958-682-836-9

1. Seguridad industrial 2. Salud ocupacional 3.  
Administración de riesgos I. Mancera Fernández, Mario

CDD: 613.62 20 ed. 20

CO-BOBN- a802319

**Seguridad e Higiene Industrial**  
**Gestión de Riesgos**

Primera edición

isbn: 978-958-682-836-9

© 2012

© Alfaomega Colombiana S.A.

© Mario Mancera Fernández

María Teresa Mancera Ruíz

Mario Ramón Mancera Ruíz

Juan Ricardo Mancera Ruíz

Todos los derechos son reservados. Esta publicación no puede ser reproducida total ni parcialmente. No puede ser registrada por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo y por escrito de la Editorial.

**Editor**

Orlando Riaño Casallas

**Ilustraciones**

Equipo editorial Alfaomega - nomenodo

**Diseño de tapa e interior**

Ana Paula Santander

Hecho en Colombia

Printed and made in Colombia

**Empresas del Grupo**

Colombia: Alfaomega Colombiana S.A.

Carrera 15 n°. 64a - 29, Bogotá  
pbx (57-1) 210 0122  
fax (57-1) 606 8648  
cliente@alfaomega.com.co

México: Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V.

Pitágoras 1139, Col del Valle de México D.F.  
C.P. 03100 • Tel. (52-55) 5089 7740  
fax (52-55) 5575 2420 - 5575 2420  
Sin costo 01-800-020-4396  
libreria pitagoras@alfaomega.com.mx

Argentina: Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A.

Paraguay 1307 P.B. of. 11, Buenos Aires,  
Tel./Fax: (54-11) 4811 7183 / 8352 / 0887  
ventas@alfaomegaeditor.com.ar

Chile: Alfaomega Grupo Editor S.A.

Dr. Manuel Barros Borgoño 21 Providencia, Santiago,  
Tel.: (56-2)2354248 • Fax: (56-2) 2355786  
agechile@alfaomega.cl

[www.alfaomega.com.co](http://www.alfaomega.com.co)

# **Seguridad e Higiene Industrial**

## **Gestión de Riesgos**

Autores    MARIO MANCERA FERNÁNDEZ  
              MARÍA TERESA MANCERA RUÍZ  
              MARIO RAMÓN MANCERA RUÍZ  
              JUAN RICARDO MANCERA RUÍZ





# **Contenido**

VIII	LOS AUTORES
IX	A LOS LECTORES
X	PRÓLOGO
XII	INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO 1

### **Factores de riesgo eléctrico**

2	El contacto eléctrico
5	Recorrido de la corriente a través del cuerpo
7	Contacto eléctrico directo
11	Contacto eléctrico indirecto
14	Energía estática
18	Normatividad

## CAPÍTULO 2

### **Riesgo locativo**

20	Edificaciones seguras
24	Peligros locativos
25	Control del riesgo locativo
31	Orden y limpieza
35	Normatividad

## CAPÍTULO 3

### **Riesgo mecánico**

38	Maquinaria y equipos
50	Herramientas
56	Equipos de transporte e izaje de cargas
63	Andamios
74	Escaleras portátiles
78	Normatividad

## CAPÍTULO 4

### **Almacenamiento**

80	Criterios de almacenamiento
81	1. Bodegas para almacenamiento
82	2. Almacenamiento de objetos sin embalar
86	3. Almacenamiento en estanterías
89	4. Almacenamiento en tanques
91	5. Almacenamiento de gases a presión en cilindros

94 6. Almacenamiento de explosivos

95 7. Almacenamiento de sustancias químicas

99 Señalización para almacenamiento

101 Normatividad

## CAPÍTULO 5

### **Riesgo por incendio**

104	Tetraedro del fuego
107	Límites de inflamabilidad
109	Clases de fuego
110	Causas de los incendios
110	Controles contra el fuego
111	Sistemas de detección y alarma
113	Sistema de agentes extintores
121	Formas básicas de extinción
122	Personal capacitado para el control del fuego
122	Plan de prevención y control de incendios
122	Normatividad

## CAPÍTULO 6

### **Trabajos de alto riesgo**

128	Tipos de trabajo de alto riesgo
128	Programa para el manejo de trabajos de alto riesgo
130	Espacios confinados
141	Trabajo en altura
161	Trabajo en caliente
165	Áreas clasificadas

## CAPÍTULO 7

### **Riesgo por ruido**

174	Conceptos básicos del riesgo por ruido
177	Valoración del riesgo por ruido
182	Controles para el riesgo ruido
191	Normatividad

**CAPÍTULO 8****Riesgo por vibraciones**

- 194 Conceptos básicos sobre las vibraciones
- 195 Efectos del riesgo vibraciones
- 197 Valoración del riesgo de vibraciones
- 200 Controles para el riesgo de vibraciones
- 202 Normatividad

**CAPÍTULO 9****Riesgo por temperatura**

- 204 Conceptos básicos
- 207 Causas del riesgo por temperatura
- 207 Efectos de los riesgos por temperatura sobre el organismo
- 208 Valoración del riesgo por temperatura
- 211 Valores límites permisibles (ACGIH)
- 213 Control del riesgo por temperatura
- 214 Normatividad

**CAPÍTULO 10****Riesgo por presiones anormales**

- 216 Conceptos básicos sobre presiones anormales
- 216 Efectos de las presiones anormales en el organismo
- 217 Valoración del riesgo por presiones anormales
- 218 Controles para el riesgo por presiones
- 221 Normatividad

**CAPÍTULO 11****Riesgo por iluminación**

- 224 Conceptos básicos sobre la iluminación
- 229 Clases de iluminación
- 232 Causas del riesgo por iluminación
- 233 Valoración del riesgo por defectos de iluminación
- 238 Efectos de las deficiencias lumínicas
- 240 Control del riesgo por iluminación
- 244 Normatividad

**CAPÍTULO 12****Riesgo por radiaciones**

- 246 Conceptos básicos sobre las radiaciones
- 249 Efectos de las radiaciones sobre el organismo
- 253 Valoración del riesgo por radiaciones
- 256 Controles para las radiaciones
- 261 Normatividad

**CAPÍTULO 13****Riesgo por contaminantes químicos**

- 264 Conceptos básicos sobre el riesgo por contaminantes químicos
- 266 Muestreo ambiental laboral
- 271 Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos
- 273 Causas del riesgo por contaminantes químicos
- 274 Efectos del riesgo por contaminantes químicos
- 275 Valoración del riesgo por contaminantes químicos
- 277 Valoración del grado de riesgo
- 286 Instrumentos de medida
- 288 Controles del riesgo por contaminantes químicos
- 289 Normatividad

**CAPÍTULO 14****Riesgo biológico**

- 292 Conceptos básicos sobre riesgo biológico
- 293 Valoración del riesgo biológico
- 295 Efectos y control para el riesgo biológico
- 300 Normatividad

**CAPÍTULO 15****Riesgo ergonómico**

- 304 Conceptos básicos sobre la ergonomía
- 307 Factores de riesgo ergonómico
- 311 Valoración de los factores de riesgo ergonómico
- 317 Efectos del riesgo ergonómico
- 321 Control del riesgo ergonómico
- 329 Normatividad

**CAPÍTULO 16****Gestión en salud ocupacional y seguridad industrial**

- 332 Política
- 332 Estrategia gerencial
- 332 Identificación de peligros
- 336 Análisis y evaluación del riesgo
- 346 Gestión del riesgo
- 347 Monitoreo y verificación
- 347 Mejoramiento continuo
- 347 Normatividad

**CAPÍTULO 17****Equipos de protección personal**

- 350 Generalidades
- 351 Protección para la cabeza
- 357 Protectores respiratorios
- 360 Protectores corporales
- 361 Protección de manos
- 363 Protección de pies
- 363 Normatividad

**CAPÍTULO 18****Mantenimiento**

- 366 Mantenimiento y conservación
- 376 Normatividad

**CAPÍTULO 19****Accidentalidad e investigación de accidentes**

- 378 Accidentes de trabajo
- 379 Investigación de accidentes
- 381 Metodología para la investigación de accidentes de trabajo
- 384 Procedimiento para una investigación de accidente
- 387 Estadísticas de los accidentes
- 389 Ejemplo práctico: Árbol causal de fallos

**CAPÍTULO 20****Prevención, preparación y respuesta ante emergencias**

- 396 Las emergencias
- 400 Brigada de emergencias
- 403 Organización, desarrollo y evaluación de simulacros y simulaciones
- 412 Plan de evacuación

**CAPÍTULO 21****Medicina del trabajo**

- 416 Medicina preventiva
- 417 Exámenes médicos
- 420 Programas de vigilancia epidemiológica
- 421 Informes de estudios de higiene industrial

**CAPÍTULO 22****Señalización**

- 424 Señalización de seguridad
- 425 Clases de señalización
- 426 Normatividad

**CAPÍTULO 23****Ejemplos de identificación y control de peligros**

- 430 Montacargas (carretillas elevadoras)
- 434 Soldaduras
- 437 Normatividad

**439 ÍNDICE DE PALABRAS CLAVE****445 BIBLIOGRAFÍA**

## **Los autores**

**Mario Mancera Fernández** pensionado del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, en donde se desempeñó como Inspector de Higiene y Seguridad Industrial, ha consolidado sus conocimientos mediante estudios específicos en: Consejo Colombiano de Seguridad, Misión de Cooperación Técnica del Ministerio de Trabajo de España, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Organización Internacional del Trabajo, Escuela Superior de Administración Pública, Universidad Javeriana y Universidad Nacional. Durante su experiencia cercana a cuarenta años, ha publicado manuales, cartillas, repertorios de riesgos, guías técnicas y artículos especializados. Ha sido profesor de higiene y seguridad industrial en: Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad de la Salle, Universidad Industrial de Santander, Centro de Educación Continua de la Universidad Javeriana y Consejo colombiano de Seguridad. Fundador y Gerente de Mancera Seguridad y Salud en el Trabajo Ltda.

**María Teresa Mancera** Ingeniera Industrial, especializada en Preparación y Evaluación de proyectos en la Universidad del Rosario, y en Administración de Salud Ocupacional en la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Se desempeñó como Coordinadora de Salud Ocupacional en el Ministerio de Hacienda y Crédito Público; posteriormente, se vinculó a la empresa paterna. Ha sido docente en la Universidad Javeriana y en la Universidad Manuela Beltrán y ha escrito numerosas publicaciones sobre el tema.

**Mario Ramón Mancera Ruiz** Profesional en Salud Ocupacional de la Universidad del Tolima, Tecnólogo en Higiene y Seguridad Industrial del Instituto Tecnológico para la seguridad - Inteseg, Entrenador para Trabajo Seguro en Alturas, Asesor en higiene y seguridad industrial con 17 años de experiencia. Profesor en instituciones universitarias y tecnológicas. Autor de publicaciones sobre higiene y seguridad industrial.

**Juan Ricardo Mancera** Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia, especialista en Ingeniería Ambiental de la Universidad Industrial de Santander y Máster en Seguridad y Salud en el Trabajo de la Universidad Autónoma de Madrid. Se ha desempeñado como docente e investigador en la Universidad Agraria, Universidad Jorge Tadeo Lozano y Universidad Nacional de Colombia. Consultor de trabajo en alturas. Autor de publicaciones especializadas sobre higiene y seguridad industrial.

## **A los lectores**

Los autores, inmersos en el oficio de alcanzar la seguridad y salud en el trabajo mediante la labor del día a día, han querido, mediante de este libro, transmitir experiencias y conocimientos propios y ajenos; los unos, fruto de las vivencias propias; los otros, provenientes de la generosidad de todos aquellos que están dispuestos a compartir sus conocimientos en forma verbal, escrita o mediante sus ejemplos, para servir de guía en el transcurrir de esta labor profesional.

Ha sido para todos los que han intervenido en esta publicación un trabajo que, si bien ha representado un gran esfuerzo por la dedicación de tiempo empleado en la consulta, recopilación, revisión, corrección y todos los pormenores que surgen de un proyecto de esta naturaleza, ha sido estimulado por el deseo de compartir estos temas con colegas, alumnos, empresarios y trabajadores, así como con todos los que sienten que la perseverancia del empleado y el esfuerzo del trabajador no pueden ser retribuidos con el accidente, la enfermedad, la inseguridad y la fatiga.

Los autores esperan que este libro sea un tributo de reconocimiento y admiración hacia el trabajo, en todas sus manifestaciones: científicas, académicas, artísticas, industriales, agrícolas, artesanales, cuya contribución, en mayor o menor grado, va delineando el futuro del hombre, que no puede ser otro sino el reconocimiento del ser humano por sus calidades humanas, su sentido de la justicia, su voluntad de paz y de convivencia, dentro de un ambiente de justicia social con igualdad de oportunidades.

Al lector se le invita a que no realice una lectura como una mera recopilación de consideraciones, recomendaciones, fórmulas y conclusiones rígidas e invariables, sino que en todo momento mantenga viva la imagen del trabajador, razón y objeto de este libro, para que de esta forma pueda, por sí mismo, complementar, modificar o cambiar sus contenidos para adaptarlos a las condiciones y circunstancias inherentes a cada situación laboral, con el objetivo de lograr el bienestar de todos los hombres y mujeres que trabajan.

## Prólogo

El campo de la seguridad y la salud en el trabajo crece diariamente, no solo en popularidad sino también en exigencias, tanto desde el punto de vista legal como del administrativo y social. En la actualidad el trabajador conoce mejor la importancia de la seguridad para él mismo, porque de ella depende su supervivencia y su permanencia como una persona útil y capaz de ganar unos ingresos que le permitan vivir dignamente, a él y a su familia.

Esto hace que los responsables de la seguridad y salud en el trabajo tengamos unas mayores exigencias legales, puesto que el Estado, como regulador de las condiciones de trabajo, emite leyes que demandan acciones de higiene, seguridad y medicina del trabajo, las cuales garantizan la integridad y la salud del trabajador.

También, el moderno director empresarial sabe que la seguridad y la salud en el trabajo son factores positivos de productividad. Por fin se ha llegado al convencimiento de que trabajar sin seguridad es muy costoso, porque los accidentes de trabajo cuestan mucho dinero. Trabajar sin seguridad, simplemente, no es negocio.

¿Qué decir de la higiene industrial? Si no se cuida el ambiente en el cual se realiza la tarea, no solo se afecta la salud del trabajador sino que, además, se deja a un lado la calidad y la productividad. El cuidado del ambiente dentro y fuera de la fábrica mediante el buen manejo de los desechos industriales es hoy día un dogma a seguir.

Si no se puede trabajar con seguridad y salud en el trabajo, simplemente el negocio es malo. Si el negocio no produce lo suficiente para trabajar dentro de estos parámetros, simplemente no es un negocio viable.

Hay clara evidencia de que un buen programa de seguridad y salud en el trabajo reduce los costos y produce un importante valor agregado a la empresa. Estos elementos tienen cada vez mayor importancia en la producción, al proteger el capital humano que mueve la rueda del progreso.

Estos programas no solo reducen costos sino que, además, aumentan las utilidades porque mejoran la eficiencia del aparato productor, al revisar cada tarea y hacerla, no solo más segura sino también más productiva. Los modernos métodos del trabajo industrial solo se pueden optimizar cuando se tiene en cuenta la seguridad y la protección integral de la salud del trabajador.

Pero para obtener esos buenos resultados la empresa debe incorporar elementos que hagan el proceso efectivo. La seguridad falla cuando no hay un buen sistema organizacional, porque si bien la seguridad es importante, no lo es todo. Muchas empresas piensan que tener seguridad es nombrar a alguien como encargado del programa, y ahí se empieza, porque no se trata de añadir las responsabilidades de un programa de seguridad a alguien que ya tiene otras responsabilidades, ya que aunque tenga muy buena voluntad, no tiene ni el tiempo ni los conocimientos necesarios para cumplir a cabalidad con esta función.

La seguridad no es solo buena voluntad, igual que cualquier otro programa industrial, requiere aceptación por parte de la más

alta dirección de la empresa, la cual debe estar convencida de que hacer seguridad es un buen negocio, no solo una moda.

El programa de seguridad y salud en el trabajo requiere tiempo, no solo de la persona encargada del programa sino también de todos aquellos que laboran en la empresa: de los miembros del Comité de Salud Ocupacional, quienes deben ser de apoyo permanente importante para la seguridad. Tiempo para hacer inspecciones, tiempo de los supervisores para liderar acciones seguras por parte del grupo de trabajo que se encuentra a su dirección y cuidado, tiempo de los trabajadores para que reciban capacitación y entrenamiento en cuanto a la seguridad de los procesos que deben ejecutar, de manera continua y permanente.

Además, se requiere tener un presupuesto para dar soporte al programa en todas sus acciones preventivas y correctivas.

Y, finalmente, se requiere que la persona encargada del programa tenga los conocimientos y la experiencia necesarios para llevar adelante todas las actividades que el programa de seguridad y salud en el trabajo demandan. En los campos que no son de su conocimiento, debe tener la oportunidad de solicitar el apoyo de quienes son expertos en el área respectiva.

Cuando se reúnen todos estos factores, seguramente vamos a encontrar aceptación hacia las acciones y programas que se implementan, lo cual garantiza el éxito del programa. Un programa que debe ser diseñado especialmente para las necesidades de cada empresa, porque cada una es diferente, tiene personalidad propia, que debe respetarse. Un buen programa de seguridad y salud en el trabajo empieza por el buen conocimiento de los riesgos que existen en el trabajo, para proponer medidas preventivas flexibles y diseñadas especialmente para cada situación.

En este campo hacia falta un buen texto escrito en nuestro idioma español, que sirva de guía en cuanto a la manera de controlar los diferentes riesgos que pueden encontrarse en una empresa; por esto, es importante el libro “Seguridad e Higiene Industrial, Gestión de Riesgos” que nos presentan, en muy buena hora, los autores: la familia Mancera.

Hablar de los Mancera en Seguridad, Higiene y Salud Ocupacional, es referirse a un grupo serio y estudioso de estas materias, que han dedicado su esfuerzo y conocimientos a la prevención de riesgos profesionales desde hace mucho tiempo. Mario Mancera es uno de los pioneros de la moderna seguridad en Colombia y él ayudó a “contagiar” a sus hijos, para formar un sólido grupo, en el cual se complementan los conocimientos y experiencia de cada uno de ellos para hacer un buen trabajo en este campo.

Es magnífico y bienvenido este libro, para bien de la seguridad y la salud de los trabajadores, no solo en Colombia sino también en otros países de habla hispana.

CÁSTULO RODRÍGUEZ CORREA  
*Presidente Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo*

## **Introducción**

Este libro ofrece al lector un panorama completo sobre la seguridad industrial, la higiene industrial y la gestión, así como la manera de llevar a la práctica la teoría expuesta, de modo que aquellas personas que tienen a su cargo el manejo de la seguridad y el control de riesgos en la empresa, bien sean ingenieros, administradores, profesionales de otras áreas, supervisores o técnicos puedan tener una herramienta útil para su función de velar por la seguridad de los trabajadores.

Para facilitar la consulta, el temario se ha manejado en los siguientes apartados:

- a. Seguridad Industrial.
- b. Higiene Industrial.
- c. Gestión.

### **1. Seguridad Industrial**

En los primeros capítulos se exponen los principales requerimientos y prevención de peligros inherentes al trabajo, con indicaciones sobre sus consecuencias y los métodos de control para eliminar o limitar la ocurrencia de accidentes y enfermedades ocupacionales.

Para comenzar, es bueno definir la seguridad industrial como el conjunto de actividades destinadas a la prevención, identificación y control de las causas que generan accidentes de trabajo.

Su objetivo principal es detectar, analizar, controlar y prevenir los factores de riesgo específicos y generales existentes en los lugares de trabajo, que contribuyen como causa real o potencial a producir accidentes de trabajo.

Esta actividad es de gran trascendencia dentro de las actividades de salud ocupacional, por las siguientes razones:

- a. Las fallas de seguridad industrial se traducen en sucesos repentinos que no dan tiempo a reaccionar, por lo cual es indispensable aplicar, con antelación, medidas preventivas en el momento en que se detecta el peligro.
- b. La consecuencia negativa de la falta de seguridad industrial, materializada en el accidente, es el indicador más utilizado para la evaluación de un programa de gestión preventiva y por consiguiente, factor decisivo para calificar la eficiencia de dichos programas.
- c. La seguridad industrial no es una actividad científica; puede suceder que en situaciones de peligros inminentes jamás ocurra un accidente y, por el contrario, en ambientes aparentemente seguros, se presenten accidentes sin que exista una relación directa como la existente entre la exposición a agentes nocivos de higiene industrial (en concentraciones que sobrepasan los valores límites permisibles), y la enfermedad profesional.

### Actividades generales de la seguridad industrial

El siguiente cuadro presenta una clasificación de las técnicas de seguridad.

TÉCNICAS ANALÍTICAS	
<b>Previas al accidente o incidente</b>	<b>Posteriores al accidente o incidente</b>
1. Inspecciones de seguridad. 2. Análisis de tareas. 3. Observación de comportamientos. 4. Reporte de actos y condiciones inseguras.	1. Notificación de accidentes e incidentes. 2. Registro de accidentes e incidentes. 3. Investigación de accidentes e incidentes. 4. Análisis estadístico.
TÉCNICAS OPERATIVAS	
Factor técnico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad en diseño, proyecto de instalaciones.</li> <li>• Seguridad en diseño y proyecto de equipos.</li> <li>• Seguridad en diseño de métodos de trabajo.</li> <li>• Adaptación de sistemas de seguridad.</li> <li>• Adaptación de defensas y resguardos.</li> <li>• Equipos de protección personal.</li> <li>• Implantación de normas de seguridad.</li> <li>• Señalización de zonas de riesgo.</li> <li>• Mantenimiento.</li> </ul>
Factor humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencias.</li> <li>• Selección del personal.</li> <li>• Formación.</li> <li>• Adiestramiento.</li> <li>• Divulgación.</li> <li>• Acción de grupo.</li> <li>• Motivación.</li> <li>• Desarrollo de incentivos.</li> </ul>

De lo anterior se deduce la importancia que tienen las actividades previas al accidente como técnica analítica, por ejemplo, en el caso de la inspección de seguridad. Sus principales actividades se relacionan en la tabla siguiente.

PROGRAMAS Y SUBPROGRAMAS PREVIOS AL ACCIDENTE		
Actividad	Programa	Subprograma
Prevención de emergencias	Rama preventiva: aplicación de normas legales y técnicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles.</li> <li>• Inflamables.</li> <li>• Sistema eléctrico.</li> <li>• Fuentes de calor.</li> <li>• Reactivos.</li> <li>• Sustancias peligrosas.</li> </ul>
	Rama pasiva o estructural: diseño y construcción de edificaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia al fuego.</li> <li>• Vías de evacuación.</li> </ul>
	Rama activa o control de las emergencias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controles de emergencias.</li> <li>• Detectores.</li> <li>• Alarmas.</li> <li>• Conformación de brigadas.</li> <li>• Extintores.</li> <li>• Sistemas hidráulicos (gabinetes).</li> <li>• Sistemas automáticos (regaderas).</li> </ul>
Estadísticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de accidentes.</li> <li>• Registro de incidentes.</li> <li>• Índices de severidad.</li> <li>• Índices de frecuencia.</li> <li>• Índice de lesión incapacitante.</li> <li>• Ausentismo.</li> </ul>	

PROGRAMAS Y SUBPROGRAMAS PREVIOS AL ACCIDENTE		
Actividad	Programa	Subprograma
Demarcación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de trabajo.</li> <li>• Vías de circulación.</li> <li>• Áreas de almacenamiento.</li> </ul>	
Señalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de colores.</li> <li>• Señales Preventivas.</li> <li>• Señales Informativas.</li> <li>• Señales Prohibitivas.</li> <li>• Señales Ordenativas.</li> </ul>	
Máquinas, equipos y herramientas Verificar condiciones de seguridad	En equipo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de fuerza.</li> <li>• Transmisión de fuerza</li> <li>• Piezas dotadas de movimiento.</li> <li>• Punto de operación.</li> </ul>
	Instalación de máquinas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia de la losa.</li> <li>• Anclajes.</li> <li>• Espacios libres para operación.</li> </ul>
	Mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correctivo.</li> <li>• Preventivo.</li> <li>• De mejoras.</li> <li>• Predictivo.</li> </ul>
	Utilización adecuada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Catálogos.</li> <li>• Instructivos de operación segura.</li> <li>• Selección de operarios.</li> <li>• Capacitación y entrenamiento.</li> <li>• Supervisión.</li> </ul>
Instalaciones locativas y saneamiento básico industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ascensores.</li> <li>• Barandas.</li> <li>• Cubierta.</li> <li>• Diseño estructural.</li> <li>• Escaleras.</li> <li>• Iluminación.</li> <li>• Instalaciones eléctricas.</li> <li>• Instalaciones hidráulicas.</li> <li>• Instalaciones neumáticas.</li> <li>• Muros.</li> <li>• Pisos.</li> <li>• Puertas.</li> <li>• Tratamiento de desechos.</li> <li>• Ventanas.</li> <li>• Ventilación.</li> </ul>	
Manejo de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual.</li> <li>• Mecánico.</li> <li>• Almacenamiento.</li> </ul>	
Orden y limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar.</li> <li>• Ordenar.</li> <li>• Lpiar.</li> <li>• Mantener.</li> <li>• Disciplinar.</li> </ul>	
Equipos de protección personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabeza.</li> <li>• Rostro y ojos.</li> <li>• Extremidades superiores.</li> <li>• Tronco.</li> <li>• Extremidades inferiores.</li> <li>• Integrales.</li> </ul>	

Una vez adquiridos los conocimientos fundamentales, el lector estará en capacidad de abordar los programas de gestión en seguridad y salud en el trabajo, con soportes técnicos suficientes para su diseño, desarrollo y evaluación, cuya estructura se desarrolla de acuerdo con el siguiente esquema:

<b>Capítulo 1</b> <b>FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO</b>	Trata de las características básicas de la electricidad, su aplicación, riesgos y métodos de control de los peligros inherentes.	Página 1
<b>Capítulo 2</b> <b>RIESGO LOCATIVO</b>	Hace referencia a las condiciones de seguridad que deben tener las instalaciones locativas, en cuanto a construcción, espacios y servicios.	Página 19
<b>Capítulo 3</b> <b>RIESGO MECÁNICO</b>	Indica criterios para la adquisición, instalación y operación de máquinas, equipos y herramientas y los dispositivos de control que deben poseer.	Página 37
<b>Capítulo 4</b> <b>ALMACENAMIENTO</b>	Se refiere a las técnicas de almacenamiento en sus diversas modalidades, para mantener materiales disponibles y en buen estado de acuerdo con los requerimientos de producción.	Página 79
<b>Capítulo 5</b> <b>RIESGO POR INCENDIO</b>	Se analizan las causas del fuego, así como los métodos de prevención y control aplicables.	Página 103
<b>Capítulo 6</b> <b>TRABAJOS DE ALTO RIESGO (ESPACIOS CONFINADOS, TRABAJO EN ALTURA, TRABAJO EN CALIENTE Y ÁREAS CLASIFICADAS).</b>	Se enfoca en las modalidades de trabajo en altura, espacios confinados labores en temperaturas extremas y las áreas clasificadas, estableciendo directrices de programas integrales de prevención.	Página 127

## 2. Higiene Industrial

La higiene industrial es la ciencia y el arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales que se originan en o por los lugares de trabajo, los cuales pueden ser causa de enfermedades, perjuicios para la salud o el bienestar, incomodidades o inefficiencia entre los trabajadores, o entre los ciudadanos de la comunidad.

En los capítulos del 7 al 15 se ofrece una serie de conceptos para identificar, valorar y aplicar criterios de la higiene industrial en los lugares de trabajo. Para ello, el lector conocerá los instrumentos y medios de valoración de contaminantes, así como los requerimientos de calidad, mantenimiento, operación del entorno laboral y métodos de control adecuados para los agentes físicos, químicos, biológicos y ergonómicos que permitan controlar las condiciones nocivas que alteran el bienestar de los trabajadores y evitar que se constituyan en peligros para su salud.

### Ramas de la higiene industrial

Con el objeto de organizar su gestión, la higiene industrial se divide de la siguiente manera:

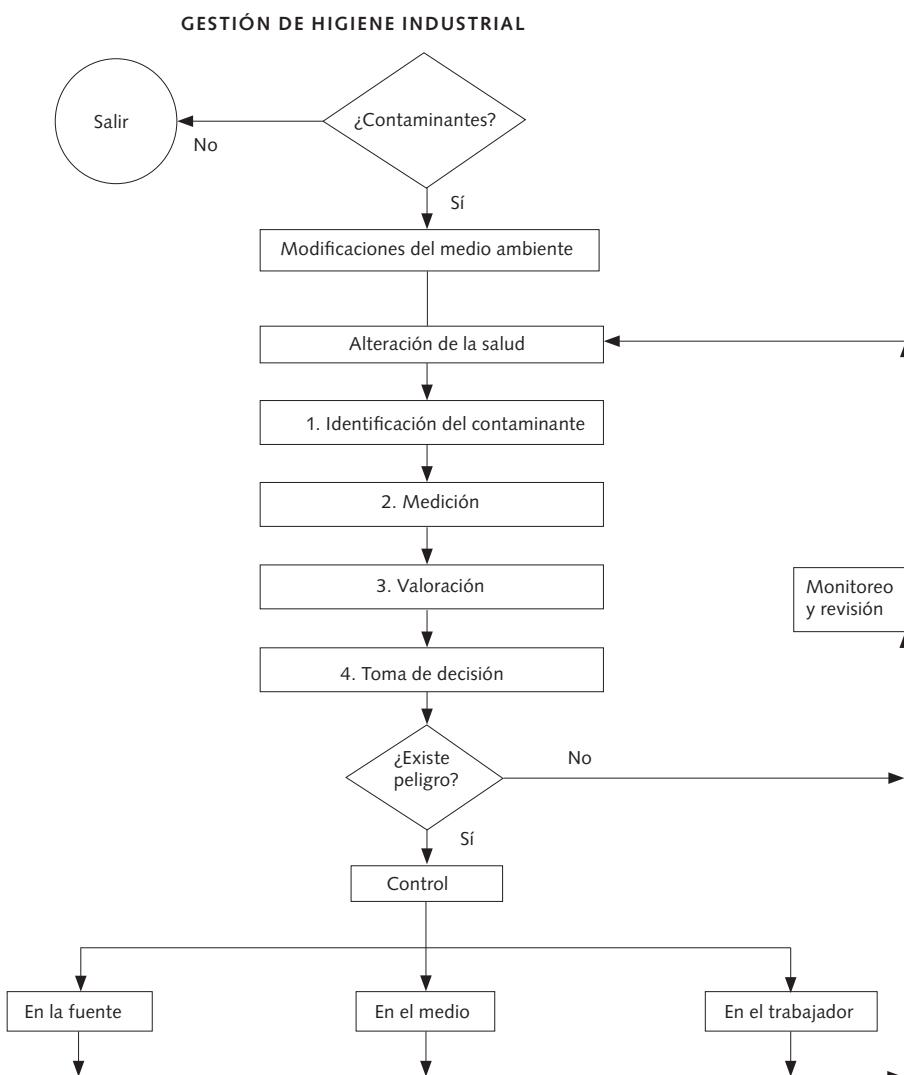
*Higiene teórica:* es la fuente de información sobre características y efectos de los contaminantes, valores límites permisibles y métodos de medición.

*Higiene de campo:* identifica, toma muestras y mide los contaminantes en los ambientes de trabajo.

*Higiene analítica:* aplica los protocolos para identificar y cuantificar las concentraciones de los contaminantes presentes en las muestras. Estos análisis deben ser realizados en laboratorios debidamente autorizados por las autoridades competentes de cada país.

*Higiene operativa:* es la encargada de seleccionar los métodos de control para minimizar o eliminar las concentraciones de contaminantes, y de realizar los seguimientos periódicos encaminados a comprobar la eficiencia de los sistemas de control.

Los procedimientos de higiene industrial, así como las cuatro ramas que la componen, se enfocan a la práctica siguiendo el esquema que aparece a continuación:



### **Valores límite permisibles**

Los valores límite permisibles son los niveles máximos de exposición, nivel o concentración del contaminante al que pueden ser expuestas las personas sin que sufran daño alguno, e indican que dichos valores “nunca” se deben sobrepassar. Son determinados por instituciones de gran experiencia y credibilidad, las cuales han realizado estudios precisos sobre las consecuencias que la exposición a determinados contaminantes producen en el organismo, y que se reflejan en la normatividad técnica internacional y en las normas de higiene industrial aplicadas en cada país. Entre estas instituciones se mencionan:

- American Conference of Gobernmental Industrial Higienists “ACGIH”, *Threshold Limit Values* (Valores Límites Permitidos “TLV”).
- Comité Mixto de la Organización Internacional del Trabajo/Organización Mundial de la Salud “OIT/OMS”, *Control of Substances Hazardous to Health* (Control de sustancias peligrosas para la salud “COSH”).
- National Institute for Occupational Safety and Health “NIOSH”) *Recommended Exposure Limits* (Límites de Exposición Recomendados “REL”).
- Occupational Safety and Health Administration “OSHA”, *Permissive Exposure Limits* (Límites de Exposición Permitida “PEL”).

Los valores establecidos se identifican con la modalidad de recomendación. Por ejemplo:

Los establecidos por la ACGIH, se identificarán como TLV.

Los establecidos por la NIOSH, se identificarán como REL.

### **Agentes de riesgo y contaminantes**

Los agentes y contaminantes que pueden afectar la salud de las personas se agrupan de la siguiente forma:

Físicos	→ Enfermedades por agentes físicos.
Químicos	→ Enfermedades por agentes químicos.
Biológicos	→ Enfermedades por agentes vivos.
Ergonómicos	→ Afecciones músculo-esqueléticas.

*Riesgos físicos:* corresponden a fenómenos físicos resultantes de procesos industriales y del funcionamiento de máquinas, equipos y herramientas con capacidad de generar variaciones en las condiciones naturales de temperatura, humedad, ruido, vibraciones, presiones, radiaciones e iluminación.

*Riesgos químicos:* se trata de todo riesgo generado por la exposición a sustancias químicas que pueden ocasionar efectos agudos o crónicos en el trabajador y degenerar en enfermedades profesionales.

*Riesgos biológicos:* se presenta cuando un organismo vivo puede ocasionar daños en el trabajador o en la comunidad. La principal causa de riesgo consiste en la exposición a residuos sanitarios que pueden contener microorganismos, virus o toxinas dañinas.

*Riesgo ergonómico:* incluye todos aquellos factores de riesgo presentes durante la ejecución de una tarea y que aumentan la posibilidad de que un trabajador expuesto a ellos presente una lesión.

Para facilitar la consulta se inserta un esquema de la distribución de la higiene industrial en el presente libro:

<b>Capítulo 7</b> <b>RIESGO POR RUIDO</b>	• Identifica los riesgos asociados al ruido, explica la manera de detectarlos y las formas de controlarlo.	Página 173
<b>Capítulo 8</b> <b>RIESGO POR VIBRACIONES</b>	• Trata sobre las vibraciones de origen ocupacional, sus efectos nocivos y métodos de prevención.	Página 193
<b>Capítulo 9</b> <b>RIESGO POR TEMPERATURA</b>	• Se refiere a los peligros por temperaturas altas y bajas, sus efectos en el rendimiento laboral y los métodos de atenuación.	Página 203
<b>Capítulo 10</b> <b>RIESGO POR PRESIONES ANORMALES</b>	• Hace alusión a las presiones atmosféricas por condiciones de trabajo y por desplazamiento de los trabajadores, indicando sus peligros y las medidas preventivas.	Página 215
<b>Capítulo 11</b> <b>RIESGO POR ILUMINACIÓN</b>	• Presenta las múltiples fuentes de iluminación y sus efectos en el rendimiento y seguridad laboral, incluyendo recomendaciones prácticas.	Página 223
<b>Capítulo 12</b> <b>RIESGO POR RADIACIONES</b>	• Aborda el tema de las radiaciones ionizantes y no ionizantes, indicando los riesgos por exposición y los métodos de prevención disponibles.	Página 245
<b>Capítulo 13</b> <b>RIESGO POR CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>	• Hace alusión a las sustancias químicas, sus características y efectos, vías de ingreso al organismo, métodos de evaluación y de control.	Página 263
<b>Capítulo 14</b> <b>RIESGO BIOLÓGICO</b>	• Analiza los agentes biológicos patógenos, sus formas de transmisión, las medidas preventivas que deben tomarse, así como las formas de evaluación.	Página 291
<b>Capítulo 15</b> <b>RIESGO ERGONÓMICO</b>	• Se centra en la biomecánica humana y sus requerimientos para adaptar el trabajo a sus características, en procura de confort y productividad.	Página 303

### **3. Gestión**

La gestión en seguridad e higiene ocupacional, se proyecta como un modelo de planeación, ejecución y evaluación de todas las actividades que se desarrollen, bajo políticas gerenciales que se dirijan hacia un mejoramiento continuo, dentro de un manejo racional de los peligros.

La gestión tiene como una de sus principales estrategias la proyección de las metas empresariales, el acondicionamiento de procedimientos, la utilización de máquinas, equipos, herramientas, materias primas e insumos que correspondan a los requerimientos de producción y, como actividad prioritaria, la capacitación y motivación del personal para disponer de una mano de obra capacitada y comprometida con el desarrollo y el bienestar de la empresa. Es igualmente importante disponer de sistemas de auditorías que garanticen la eficiencia en la inversión de recursos. Asimismo, se debe asegurar la continuidad de la empresa, frente a todas las amenazas que puedan existir, porque de esta forma se protege el prestigio de sus productos, la fidelidad de la clientela y la experiencia adquirida, condiciones que deben sobrevivir a cualquier clase de emergencia material o económica que pueda surgir.

En esta parte, que abarca los capítulos 16 a 23, se incluyen parámetros y modelos para aplicar a temas, como:

**Capítulo 16**  
GESTIÓN EN SEGURIDAD Y  
SALUD EN EL TRABAJO

Página 331

**Capítulo 17**  
EQUIPOS DE PROTECCIÓN  
PERSONAL

Página 349

**Capítulo 18**  
MANTENIMIENTO

Página 365

**Capítulo 19**  
ACCIDENTALIDAD  
E INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Página 377

**Capítulo 20**  
PREVENCIÓN, PREPARACIÓN Y  
RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

Página 395

**Capítulo 21**  
MEDICINA EN EL TRABAJO

Página 415

**Capítulo 22**  
SEÑALIZACIÓN

Página 423

**Capítulo 23**  
EJEMPLOS DE IDENTIFICACIÓN  
Y CONTROL DE PELIGROS

Página 429



## **Factores de riesgo eléctrico**

La electricidad es tan común en la vida cotidiana que para muchas personas su presencia solo es evidente cuando hace falta; sin embargo, está allí, recorriendo los miles de kilómetros de cables conductores que llegan hasta los últimos rincones de fábricas y casas. Cada vez se depende más de la energía eléctrica y el consumo aumenta con nuevos equipos y necesidades, en consecuencia, se deben aumentar las exigencias de seguridad para los usuarios y los equipos; asimismo, por parte de los usuarios debe aumentar la conciencia sobre el ahorro y el uso eficiente de la energía como contribución a la conservación del medio ambiente.

El uso generalizado de la electricidad ha sido posible porque los medios tecnológicos permiten su manipulación de una forma segura, pero la propia naturaleza de la electricidad conlleva peligros que exigen un cuidadoso manejo preventivo, pues el hecho de que la energía eléctrica no se perciba directamente con los sentidos, aumenta la probabilidad de que ese peligro se manifieste en forma de un accidente.

Los peligros inherentes a un flujo de corriente eléctrica para una persona son principalmente por contacto, es decir, la electricidad pasa por el cuerpo y ese paso de corriente ocasiona lesiones, que dependiendo de factores como la tensión, la intensidad de la corriente, la resistencia y el tiempo del contacto puede ocasionar daños leves, severos y la muerte por electrocución. En segundo término, tiene que ver con la formación de chispas eléctricas, las cuales ocasionan quemaduras por las altas temperaturas de las mismas y por la radiación infrarroja y ultravioleta que también producen graves lesiones cutáneas y visuales.

En este capítulo se explicará cómo estos tipos de peligros inherentes a la electricidad se constituyen en factores de riesgo (probabilidad de que el peligro se convierta en un evento real), al interior de la empresa, y también en el hogar, puesto que los accidentes eléctricos se reparten en proporciones en que la industria duplica los accidentes en la vivienda.

**Factores de riesgo:** las causas de los riesgos eléctricos provienen principalmente del desconocimiento de las características de la energía eléctrica y de su potencial lesivo, que conlleva a: construcción de instalaciones eléctricas defectuosas, ampliación adecuada y mantenimiento sin cumplimiento de normas, alta humedad, baja calidad de los elementos instalados, falta de distancias de seguridad suficientes, proximidad de otros conductores o de fuentes de calor, posibilidad de acceso de personas no autorizadas y falta de medidas de control para realizar reparaciones eléctricas.

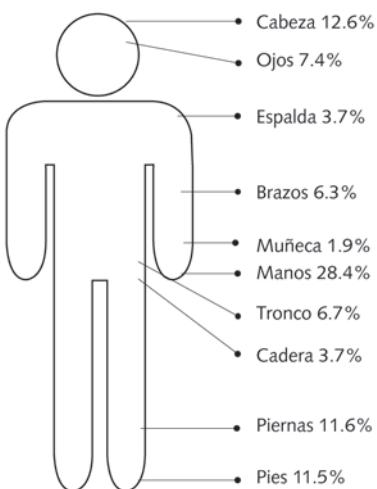
## El contacto eléctrico

Básicamente la electricidad se interpreta como el paso de electrones por un material conductor, que está sometido a diferente potencial o tensión eléctrica (su unidad es el voltio); los materiales dieléctricos (materiales aislantes, o malos conductores de electricidad) se vuelven conductores a tensiones muy altas.

De ello se puede inferir que un contacto eléctrico se presenta cuando el flujo de electrones pasa de un cuerpo a otro. El ejemplo más sencillo es el interruptor que enciende la luz de una habitación: al mover la palanca de encendido se establece un contacto físico entre el cable que trae la corriente eléctrica y el cable que la llevará hasta la bombilla. Pero este contacto no tiene porqué incluir siempre una conexión física entre los elementos, el flujo de electrones puede atravesar el aire y llegar a otro cuerpo físico mediante una chispa.

El contacto eléctrico se convierte en un peligro cuando el cuerpo físico involucrado es el cuerpo humano. De suceder, la persona hará parte de un circuito eléctrico en razón a la diferencia de potencial (tensión) en los sitios de contacto, como sería el caso de tocar con la mano un cable energizado (por ejemplo contacto con tensión 110 V) estando descalzos sobre un piso húmedo (contacto con tensión de 0 V). Para entender mejor: la electricidad recorre el cuerpo, pero no se queda allí sino que busca una ruta de salida, y la diferencia de tensión entre los puntos de entrada de la electricidad y el de salida, que se mide en voltios, hará que la corriente circule por el cuerpo a una tasa inversamente proporcional a la resistencia que ofrece el cuerpo al paso de la corriente eléctrica, es decir, a mayor resistencia, menor paso de corriente.

La mayor posibilidad de establecer un contacto eléctrico accidental se da en las manos (gráfico 1.1), por su condición de ser las herramientas de trabajo básicas del hombre.



**GRÁFICO 1.1**

Distribución porcentual de accidentes eléctricos en el cuerpo humano, según la parte del cuerpo que hizo contacto (datos de Estrucplan Consultora S. A., de Argentina <<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=444>>).

### Resistencia

No todos los materiales se comportan de la misma manera cuando se les somete a una diferencia de potencial, los hay buenos y malos conductores. La tendencia de un material a oponerse al flujo de la corriente se conoce como *resistencia*.

Para entender con mayor claridad estos conceptos se analiza el gráfico 1.2, donde se hace un símil de la electricidad con la hidráulica. La diferencia de potencial está representada por la altura de la columna de agua en el recipiente, la dimensión del orificio de salida equivale al inverso de la resistencia y el caudal del agua corresponde a la intensidad de la corriente. A mayor resistencia (un orificio estrecho), el caudal de agua disminuye, y a una resistencia menor (orificio amplio), la cantidad de agua que fluye aumenta. Esto significa que cuando el valor de la resistencia varía, el valor de la intensidad de la corriente también varía de forma inversamente proporcional, siempre que para ambos casos el valor de la tensión (o diferencia de potencial) sea igual. Este concepto se expresa matemáticamente mediante la Ley de Ohm:

$$V = I \times R$$

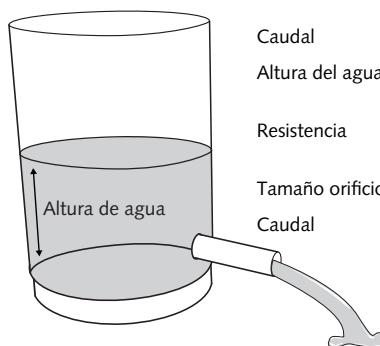
La tensión (V) es igual a la corriente (I) que se mide en amperios, multiplicada por la Resistencia (R) en ohmios.

Donde:

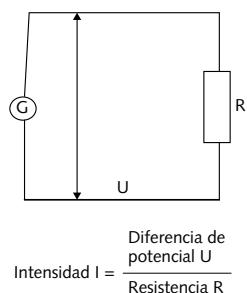
- Un amperio es el flujo de corriente o intensidad del paso de  $6,3 \times 10^{18}$  electrones por segundo por un conductor.
- Un voltio es la diferencia de potencial o tensión existente en un conductor cuando pasa una corriente de un amperio.
- Un ohmio es la oposición al paso de la corriente que ejerce un material cuando tiene una diferencia de potencial de un voltio y pasa una corriente de un amperio.
- Adicionalmente, un vatio (W) es la potencia eléctrica producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1 voltio-amperio).

Los tejidos humanos presentan una variabilidad en cuanto a su resistencia y el daño causado por la corriente eléctrica depende de los tejidos por los cuales pase, siendo de consecuencias más severas cuando pasa por el corazón, el tórax y el cerebro.

Para un contacto eléctrico que incluya al cuerpo humano se hablará de tres resistencias principales (gráfico 1.3): la del primer contacto o sitio por donde ingresa la corriente eléctrica al cuerpo, la segunda será la resistencia que ejercen los fluidos y tejidos del organismo y la tercera resistencia es el punto, o los puntos, por los que sale la electricidad.



Caudal = Intensidad.  
Altura del agua = Diferencia de potencial.  
Resistencia = Dimensión del orificio.  
Tamaño orificio = Resistencia.  
Caudal = Corriente.



$$\text{Intensidad } I = \frac{\text{Diferencia de potencial } U}{\text{Resistencia } R}$$

### Tensión eléctrica

Se dijo que la resistencia entre los puntos de contacto, determina la intensidad de la corriente con una diferencia de potencial dada.

Un cuerpo puede energizarse a un potencial y sin embargo, no pasar corriente a través de él, porque no está en contacto con otro material que se encuentre a un potencial eléctrico diferente.

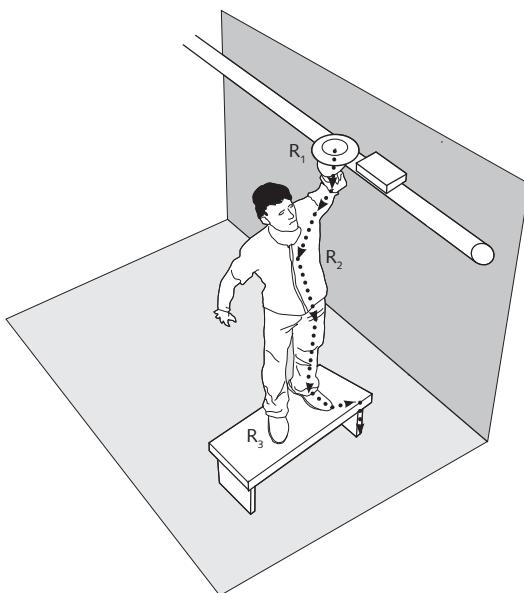
En el gráfico 1.3 el punto de contacto  $R_1$  (de mayor potencial), es el lugar por el cual la electricidad del cable penetra al cuerpo con un potencial de 110 voltios. Dicha energía recorrerá el cuerpo siguiendo la línea de menor resistencia hasta el punto de salida en  $R_3$  (de menor potencial), que en el ejemplo es el banquillo sobre el cual se encuentra la persona. La tensión no es peligrosa por sí misma, pero la tensión es la que ocasiona el paso de la corriente por un conductor, y pasa tanta corriente como la resistencia lo permita. Si el punto de contacto  $R_3$  es un buen conductor de electricidad, la corriente saldrá del cuerpo (recordar que el cuerpo ejerce resistencia, en el gráfico se denomina  $R_2$ ) con una tensión

**GRÁFICO 1.2**  
Símil hidráulico de la Ley de OHM.

reducida por efecto de las resistencias anteriores, pero si  $R_3$  es un pésimo conductor no pasará corriente, con la tensión de 110 v.

**GRÁFICO 1.3**

Resistencia eléctrica al paso de la corriente por el cuerpo humano.



$R_1$  Resistencia de contacto.  
Depende de los materiales que recubren la parte del cuerpo que hace contacto y del espesor y grado de humedad de la piel.

$R_2$  Resistencia propia del cuerpo humano.

$R_3$  Resistencia de salida. Depende de la resistencia del calzado o elemento sobre el cual se apoya el individuo, y del suelo.

Las lesiones ocasionadas por la corriente eléctrica dependerán entonces de tres factores: la intensidad de la corriente que recorre el cuerpo, la tensión entre los puntos de contacto, y el tiempo que dure el paso de la corriente. La tabla 1.1 muestra los efectos que tiene en el cuerpo una corriente eléctrica (mA), considerando el tiempo, y la tabla 1.2 resume los factores presentes en el contacto eléctrico a una frecuencia de 60 Hertz.

**TABLA 1.1**

Valores límite de la corriente en el cuerpo humano para un tiempo determinado.

INTENSIDAD EFICAZ 60 HZ (mA)	DURACIÓN DEL CHOQUE ELÉCTRICO	EFFECTOS FISIOLÓGICOS EN EL CUERPO HUMANO
0 - 1	Independiente	Umbral de percepción. No se siente el paso de corriente.
1 - 15	Independiente	Desde cosquilleos hasta tetanización muscular. Imposibilidad de soltarse.
15 - 25	Minutos	Contracción de brazos. Dificultad de respiración, aumento de la presión arterial. Límite de tolerancia.
25 - 50	Segundos a minutos	Irregularidades cardíacas. Aumento de la presión arterial. Fuerte efecto de tetanización. Inconsciencia. Aparece fibrilación ventricular.
50- 200	Menos de un ciclo cardíaco	No existe fibrilación ventricular. Fuerte contracción muscular.
	Más de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles. Inicio de la electrocución independiente de la fase del ciclo cardíaco.
Por encima de 200	Menos de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles. El inicio de la electrocución depende de la fase del ciclo cardíaco. Iniciación de la fibrilación sólo en la fase sensitiva.
	Más de un ciclo cardíaco	Paro cardíaco reversible. Inconsciencia. Marcas visibles. Quemadura.

<b>INTENSIDAD</b>	La determina la tensión entre los puntos de contacto y la resistencia del cuerpo por el que pasa. A menor resistencia, mayor intensidad. A mayor tensión, menor resistencia.
<b>RESISTENCIA</b>	Consiste en la oposición que hacen los materiales o el cuerpo humano al paso de la corriente eléctrica.
<b>FRECUENCIA</b>	Corresponde a los impulsos (Hertz) a que se conduce la corriente eléctrica alterna y que generalmente está en 60 Hertz.
<b>TIEMPO DE CONTACTO</b>	Se refiere a la duración del paso de la electricidad.
<b>RECORRIDO DE LA CORRIENTE A TRAVÉS DEL CUERPO</b>	A mayor recorrido del cuerpo mayor riesgo; aunque es especialmente riesgoso cuando atraviesa órganos como corazón, cerebro, riñones y pulmones.

**TABLA 1.2**

Factores que determinan los efectos del contacto eléctrico.

### Tensiones de seguridad

Son aquellas que, para la resistencia del cuerpo humano, no llegan a generar corrientes peligrosas superiores a 25 mA.

Se utilizan en aplicaciones en condiciones de piel húmeda o con el cuerpo sumergido, como las lámparas para iluminación de piscinas, energía en bancos eléctricos de prueba o líneas sin aislamiento para lámparas que deban desplazarse a través de la línea energizada.

TIPO DE APLICACIÓN	RANGO DE TENSIÓN
En instalaciones secas	50 voltios
En instalaciones húmedas y mojadas	24 voltios
En instalaciones sumergidas	12 voltios

**TABLA 1.3**

Tensiones de seguridad.

La tabla 1.3 es válida para corriente alterna de 60 Hertz que corresponde al rango utilizado para uso doméstico e industrial; con la piel seca se puede esperar una resistencia del cuerpo humano de unos 2000 Ohmios, con la piel húmeda la resistencia puede ser de alrededor de 960 Ohm y el cuerpo sumergido puede tener una resistencia de alrededor de 480 Ohm, de acuerdo con la ecuación  $V=IxR$ .

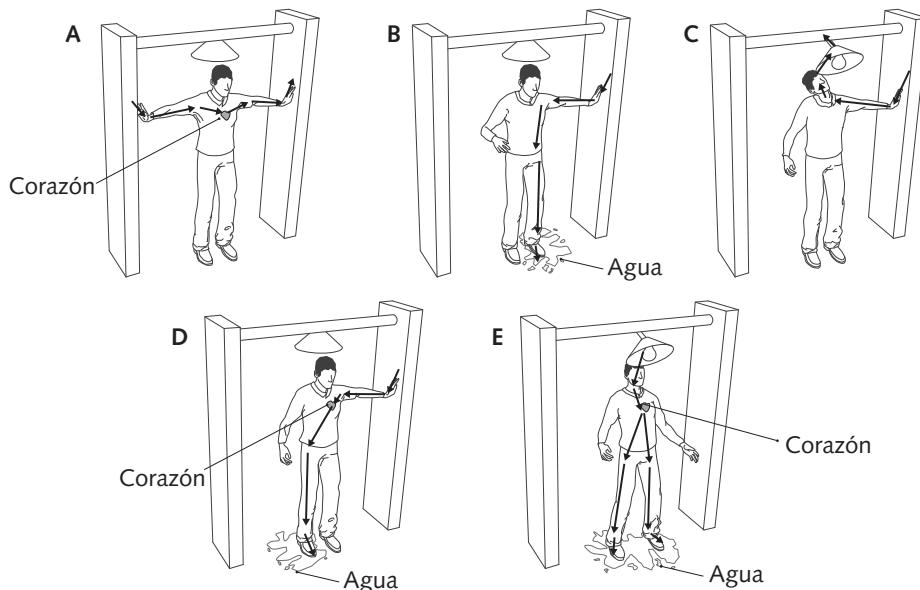
Para una corriente de mayor frecuencia, la peligrosidad disminuye progresivamente en cuanto al riesgo de fibrilación ventricular, pero permanecen los efectos térmicos que ocasionan quemaduras; la tetanización o agarrotamiento de los músculos no se interrumpe sesenta veces por segundo (60 Hz), que es cuando se presenta la oportunidad de soltar un cable energizado.

### Recorrido de la corriente a través del cuerpo

Ya se comentó que el contacto del cuerpo humano con un elemento energizado lo puede convertir en parte de un circuito eléctrico. El paso de la corriente por el cuerpo siempre seguirá el camino de menor resistencia hasta otro punto de contacto con un material a menor potencial. Si durante este trayecto la corriente pasa por órganos vitales como el corazón, las lesiones serán mayores. El gráfico 1.4 describe varias situaciones en las cuales el cuerpo hace parte de un circuito eléctrico y se muestra el recorrido de la corriente a través del mismo. En el ejemplo (A) el recorrido de la corriente se realiza desde la mano derecha y descarga en el contacto que se hace con la mano izquierda. Pasa por el corazón. En (B) el contacto se hace con la mano izquierda y se descarga al piso a través de la pierna izquierda,

que en este caso es mejor conductora que la pierna derecha por descansar sobre un piso mojado. En (C) el contacto eléctrico se hace con la mano izquierda y descarga por la cabeza que está haciendo contacto con un material conductor de la electricidad. El caso (D) muestra el contacto eléctrico iniciando en la mano izquierda y descargando en la pierna opuesta; por estar ésta en contacto con una superficie mojada ofrece una menor resistencia que la de la pierna del mismo lado; pasa por el corazón. Finalmente, en (E) la situación es la siguiente: el contacto se inicia al tocar, con la cabeza, una superficie energizada, produciéndose la descarga a través de ambos pies que están dentro de un charco de agua; pasa por el corazón.

**GRÁFICO 1.4**  
Recorrido de la corriente a través del cuerpo.



#### Lesiones con paso de corriente

En los Estados Unidos actualmente se registran más de 1000 muertes anuales por paso de corriente eléctrica. De los accidentes por energía eléctrica un 65% se producen en el lugar de trabajo, el 32% son domésticos y un 3% por causas varias<sup>1</sup>.

Las anteriores estadísticas demuestran que en el hogar se produce, proporcionalmente, un número elevado de accidentes, debido a que allí se utilizan numerosos equipos electrodomésticos, se hacen reparaciones sin tener los conocimientos necesarios, existen numerosas instalaciones eléctricas irregulares y un notorio descuido en las precauciones que deben observarse cuando hay niños.

El riesgo de contacto eléctrico no se presenta únicamente en sitios que incluyen maquinarias eléctricas; las oficinas, con sus innumerables equipos de cómputo, también son lugares a

<sup>1</sup> Datos suministrados por <[http://www.saludalia.com/Saludalia/servlets/contenido/jsp/parserurl.jsp?url=web\\_saludalia/urgencias/doc/accidenteseq/doc/doc\\_lesiones\\_electricidad.xml](http://www.saludalia.com/Saludalia/servlets/contenido/jsp/parserurl.jsp?url=web_saludalia/urgencias/doc/accidenteseq/doc/doc_lesiones_electricidad.xml)>.

tener en cuenta al momento de diseñar un programa de prevención de este tipo de accidentes.

Las lesiones ocasionadas por el contacto eléctrico causan los siguientes tipos de lesiones:

1. Muerte por paro cardíaco o paro respiratorio.
2. Quemaduras externas e internas.
3. Lesiones adicionales por caídas y golpes resultantes de la pérdida del equilibrio a causa del shock ocasionado por el contacto eléctrico.

CORRIENTE ALTERNA – FRECUENCIA 60Hz		
I(mA)	Efecto	Motivo
1 a 3	Percepción	El paso de la corriente produce cosquilleo. No existe peligro.
3 a 10	Electrización	El paso de la corriente produce movimientos reflejos.
10	Tetanización	El paso de la corriente provoca contracciones musculares, agarrotamiento.
25	Paro respiratorio	Si la corriente atraviesa el cerebro.
25 a 30	Asfixia	Si la corriente atraviesa el tórax.
60 a 75	Fibrilación ventricular	Si la corriente atraviesa el corazón.

**TABLA 1.4**

Efectos fisiológicos de la electricidad.

### Lesiones sin paso de corriente

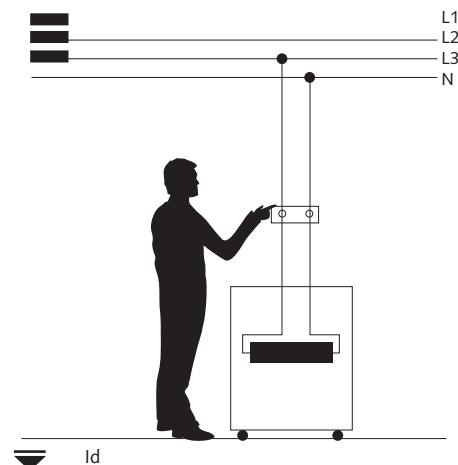
Se producen al formarse un arco voltaico entre dos materiales conductores eléctricos que se encuentren a diferente potencial, cuando por su proximidad se produce ionización del aire generándose un arco. Los principales efectos están representados en quemaduras cutáneas y lesiones oftálmicas a causa de las radiaciones ultravioleta e infrarrojas.

Las lesiones se deben al arco voltaico que se produce al saltar la energía entre dos conductores cuando la distancia entre ellos es tan corta que rompe la dielectricidad del aire dando lugar al paso de corriente eléctrica. Este fenómeno se produce cuando hay una diferencia de tensión suficiente entre ambos conductores. El arco voltaico produce los siguientes efectos:

1. Quemaduras.
2. Lesiones en los ojos.
3. Incendios, en proximidad de material combustible.
4. Explosión en ambientes inflamables.

### Contacto eléctrico directo

Para que exista el contacto eléctrico directo es necesario hacer contacto con un elemento normalmente dotado de tensión; puede producirse a través de cualquier parte del cuerpo que toque directamente una instalación eléctrica o a través de un elemento conductor. En el gráfico 1.5 se aprecia este tipo de contacto: el trabajador toca un componente dotado de energía eléctrica.



**GRÁFICO 1.5**

Contacto eléctrico directo.

### Protección contra contactos eléctricos directos

Los métodos de control están dirigidos a proteger a las personas del contacto eléctrico con partes activas de instalaciones y equipos eléctricos que impidan o minimicen dicho contacto.

### Alejamiento de las partes activas

Consiste en alejar las partes activas a distancias que no puedan ser alcanzadas por las personas o por los elementos conductores que ellas manipulen. Existe una normatividad al respecto que especifica las distancias a las cuales deben encontrarse los elementos energizados del personal laboral (tabla 1.5, 1.6 y gráfico 1.6).

Las distancias de seguridad están referidas para prevenir el arco eléctrico, no así frente a la exposición a campos electromagnéticos, ni a corrientes inducidas.

**TABLA 1.5**

Límites de aproximación a partes energizadas de equipos<sup>2</sup>.

TENSIÓN NOMINAL DEL SISTEMA (FASE – FASE)	LÍMITE SEGURO DE APROXIMACIÓN (m)		LÍMITE DE APROXIMACIÓN RESTRINGIDA (M) INCLUYE MOVIMIENTOS INVOLUNTARIOS	LÍMITE DE APROXIMACIÓN TÉCNICA (m)
	PARTE MÓVIL EXPUESTA	PARTE FIJA EXPUESTA		
51 V – 300 V	3,00	1,10	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3,00	1,10	0,30	0,025
751 V – 15 kV	3,00	1,50	0,66	0,18
15,1 kV – 36 kV	3,00	1,80	0,78	0,25
36,1 kV – 46 kV	3,00	2,44	0,84	0,43
46,1 kV – 72,5 kV	3,00	2,44	0,96	0,63
72,6 kV – 121 kV	3,25	2,44	1,00	0,81
138 kV – 145 kV	3,35	3,00	1,09	0,94
145,1 kV – 169 kV	3,56	3,56	1,11	1,07
230 kV – 242 kV	3,96	3,96	1,60	1,45
345 kV – 362 kV	4,70	4,70	2,60	2,44
500 kV – 550 kV	5,80	5,80	3,43	3,28

**TABLA 1.6**

Distancias mínimas de seguridad en zonas de construcciones<sup>2</sup>.

DESCRIPCIÓN	TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES (KV)	DISTANCIA (m)
Distancia vertical "a", sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas.	44/34,5/33 13,8/13,2/11,4/7,6 <1	3,8 3,8 0,45
Distancia horizontal "b", a muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas.	115/110 66/57,5 44/34,5/33 13,8/13,2/11,4/7,6 <1	2,8 2,5 2,3 2,3 1,7
Distancia vertical "c", sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura.	44/34,5/33 13,8/13,2/11,4/7,6 <1 500 230/220	4,1 4,1 3,5 8,6 6,8
Distancia vertical "d", a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tránsito vehicular.	115/110 66/57,5 44/34,5/33 13,8/13,2/11,4/7,6 <1	6,1 5,8 5,6 5,6 5

2 Tomado del Reglamento RETIE, 2008 pg. 55. Esta normatividad aplica en Colombia, pero las distancias mínimas verticales y horizontales de aproximación a las partes energizadas de equipos y zonas de construcción que se presentan en las tablas 1.4, 1.5 y el gráfico 1.6, se adoptaron del National Electrical Safety Code ANSI C2 versión 2002 y de la NFPA 70 E.

### Interposición de obstáculos

Se trata de impedir todo contacto con las partes activas por medio de algún tipo de obstáculo, por lo tanto, deberán estar instalados en forma segura y con resistencia a los esfuerzos mecánicos a que puedan ser sometidos.

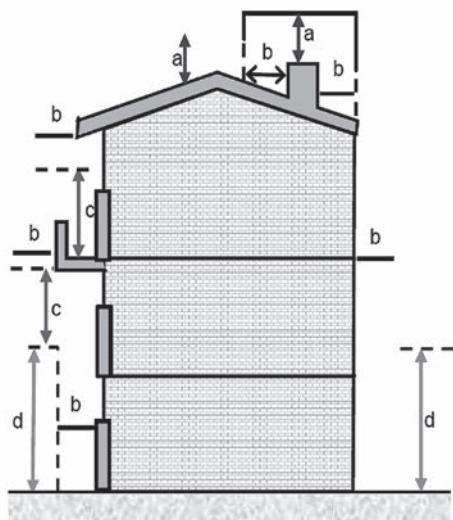
Esta medida se aplica a cubiertas, resguardos y carcasa que cubren material eléctrico cuyo grado de protección sea de mínimo IP2XX (no debe permitir la penetración de un dedo), según la norma UNE 20324:1993.

Según dicha norma los grados de protección de las envolventes del material eléctrico de baja tensión se indican por las siglas IP seguidas de tres cifras, IP XXX (ver tabla 1.7), las cuales significan:

1. La primera cifra indica el grado de protección de las personas contra los contactos con partes en tensión o piezas en movimiento y de protección del material contra la penetración de cuerpos sólidos, extraños y de polvo.
2. La segunda expresa el grado de protección del material contra la penetración de líquidos.
3. La tercera se refiere al grado de protección del material contra los daños mecánicos.
4. La eliminación de cubiertas, tapas o resguardos aislantes, solo podrá hacerse en las siguientes condiciones:
  - a. Con el uso de una llave o de un útil.
  - b. Con la existencia de un sistema de enclavamiento automático, preferentemente de seguridad positiva, que deje sin tensión las partes activas, al abrir la cubierta.
  - c. Si existe un segundo dispositivo en el interior del equipo.

**GRÁFICO 1.6**

Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones.



### Recubrimiento de las partes activas

Esta medida se logra mediante el recubrimiento de las partes activas con material aislante de capacidad suficiente de acuerdo con las tensiones de los elementos que se pretende controlar. La corriente de contacto que permitan los aislamientos no será superior a 1 mA.

El aislamiento es un procedimiento utilizado habitualmente en la fabricación de los elementos eléctricos tales como estufas, lámparas, cables, interruptores, tomacorrientes. No obstante, es necesario realizar revisiones periódicas para verificar que los aislantes no estén averiados, en cuyo caso se debe proceder a su sustitución.

### Protección adicional con interruptores diferenciales de alta sensibilidad

Estos dispositivos permiten garantizar una rápida desconexión de la instalación, disminuyendo significativamente la posibilidad de lesiones graves en el evento de contacto eléctrico, mediante la apertura del circuito cuando se genera una diferencia entre la corriente que entra y la corriente que sale del circuito, cuya utilización no está reconocida como una

**TABLA 1.7** Identificación del grado de protección según Norma UNE 20324.

PRIMERA CIFRA (A)			SEGUNDA CIFRA (B)			TERCERA CIFRA (C)		
PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ELÉCTRICOS	PROTECCIÓN PENETRACIÓN CUERPOS SÓLIDOS EXTRANOS	ENSAYO UNE 20324 DIN 40050	DENOMINACIÓN SEGÚN UNE 20324 DIN 40050	PROTECCIÓN CONTRA PENETRACIÓN LÍQUIDOS	ENSAYO UNE 20324 DIN 40050	DENOMINACIÓN SEGÚN UNE 20324 DIN 40050	PROTECCIÓN CONTRA DAÑOS MECÁNICOS	ENSAYO UNE 20324 CEI 144
Ninguna protección	Ninguna protección	IP0 xx	P0	–	Ninguna protección	IPx0x	P0	–
Penetración mano	Cuerpos > Ø50 mm	IP1 xx	P1	–	Goteo vertical	IPx1x	P1	Resistente a una energía de choque de 0,225 J
Penetración dedo	Cuerpos > Ø 12 mm	IP2 xx	P2	–	Goteo desviado 15° de la vertical	IPx2x	–	–
Penetración herramientas	Cuerpos > Ø 2,5 mm	IP3 xx	P3	–	Lluvia. Goteo desviado 30° de la vertical	IPx3x	–	–
Penetración herramientas	Cuerpos > Ø 1 mm	IP4 xx	P4	–	Salpicaduras. Proyección de agua en cualquier dirección	IPx4x	P3	Resistente a una energía de choque de 0,5 J
Protección total	Puede penetrar polvo en cantidad no perjudicial	IP5 xx	P5	–	Chorro de agua. Embate de mar. Chorro de agua. 1 Kg/cm <sup>2</sup>	IPx5x	P4	Resistente a una energía de choque de 2 J
Protección total	Protección total polvo	IP6 xx	P6	–	Immersión. Agua a poca presión	IPx6x	–	Resistente a una energía de choque de 6 J
				Material sumergible	IPx8x	–	–	Resistente a una energía de choque de 20 J
								IPxx9

**IP** IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DE PROTECCIÓN: el grado de protección de los receptores se indica mediante la inscripción IP seguida de tres cifras (A, B y C).

- A. PRIMERA CIFRA: grado de protección contra contactos con partes en tensión o piezas en movimiento y de protección.
- B. SEGUNDA CIFRA: grado de protección del material contra la penetración de líquidos.
- C. TERCERA CIFRA: grado de protección del material contra los daños mecánicos.

medida de protección completa contra los contactos directos, sino que está destinada a aumentar o complementar otras medidas de protección contra contactos directos e indirectos; por lo tanto, no exime del empleo de otros sistemas de seguridad específicos.

Los dispositivos que permiten una rápida desconexión de la instalación eléctrica evitan lesiones graves si una persona entra en contacto con el circuito eléctrico y tierra.

### Contacto eléctrico indirecto

Son los que se producen al hacer contacto con un elemento que, habitualmente, no es conductor de energía eléctrica, pero que en el momento del contacto está energizado bajo condiciones de fallas de aislamiento o desprendimiento de conductores energizados que puedan hacer contacto con elementos no energizados. En el gráfico 1.7 se aprecia que el operario no ha tocado un elemento que transporte electricidad, pero al colocar la mano sobre una cubierta de metal de la maquinaria, su cuerpo entra a descargar la energía hacia la tierra.

### Protección contra contactos eléctricos indirectos

La protección ante contactos eléctricos indirectos tiene por objeto prevenir el contacto con masas que accidentalmente se han puesto en tensión, por defectos de aislamiento interno, por contacto con un elemento activo externo, por inversión del conductor de protección con un conductor activo o por defecto entre el conductor de protección y un conductor activo, cuya prevención se puede realizar mediante:

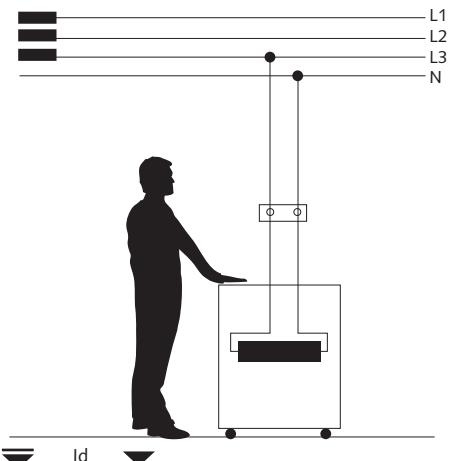
1. Instalación de aislamientos complementarios para que en caso de fallo del aislamiento principal, los elementos activos no puedan hacer contacto con masas.
2. Utilización de tensiones de seguridad o limitación de la intensidad de las tensiones de fuga.
3. Minimizar la duración del contacto mediante dispositivos automáticos de corte.
4. Puestas a tierra de los artefactos eléctricos.

Los equipos que no tienen dispositivos para la conexión de sus masas a tierra y se emplean para las herramientas eléctricas extra murales, deben contar con doble aislamiento.

### Sistemas de protección de clase A

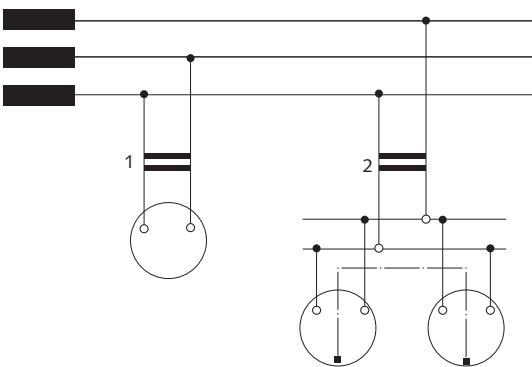
Consiste en el empleo de materiales aislantes o de aislamientos reforzados entre las partes activas y las masas accesibles. Su seguridad se basa en técnicas de diseño por lo cual las posibilidades que las masas queden en tensión son muy bajas.

Los equipos que no tienen dispositivos para la conexión de sus masas a tierra y se emplean para las herramientas eléctricas extra murales, deben contar con doble aislamiento y se identifican por el símbolo .



**GRÁFICO 1.7**

Contacto eléctrico indirecto.



**GRÁFICO 1.8**

Protección contra tensión de contacto peligroso (derivación de masa del receptor), por separación de circuitos.

Este sistema se aplica a herramientas portátiles como electrodomésticos, taladros, pulidoras, máquinas de oficina y herramientas eléctricas manuales en general.

#### Separación de circuitos

Consiste en separar el circuito de utilización y la fuente de energía por medio de un transformador, manteniendo aislados de tierra a todos los conductores del circuito utilizado.

Se trata, por tanto, de mantener una red flotante de modo que, ante un primer fallo de aislamiento, el contacto con la masa no resulta peligroso debido a que el posible circuito de defecto está abierto y en consecuencia no existe circulación de la corriente de defecto. Si aparece un segundo defecto actúan los fusibles o protecciones por cortocircuito.

#### Empleo de pequeñas tensiones de seguridad

Consiste en usar tensiones pequeñas, llamadas de seguridad, en instalaciones sumergidas (12 V), en emplazamientos húmedos o mojados (24 V), y en ambientes secos (50 V). Se basa en no sobrepasar los valores existentes, establecidos en función de las condiciones de humedad de la piel, por lo cual cualquier contacto con la corriente eléctrica no produce efectos nocivos.

Para que puedan ser consideradas de seguridad, estas pequeñas tensiones deberán ser suministradas exclusivamente por fuentes de seguridad como:

1. Transformador de seguridad.
2. Pilas o baterías.
3. Acumuladores.
4. Generadores eléctricos de tensión de seguridad.

El circuito no está puesto a tierra ni en unión eléctrica con circuitos de mayor tensión. Cuando se utilicen en lugares mojados o sumergidos los conductores y el transformador permanecerán fuera de dichos lugares.

Indudablemente es el sistema más seguro y se utiliza principalmente en bancos de pruebas eléctricas, circuitos de maniobra, quirófanos, alumbrado portátil y sumergido, juguetes eléctricos, etc.

#### Sistemas de protección de clase B

Se basan en la puesta a tierra directa o a neutro de las masas a proteger, asociándola a un dispositivo de corte automático que origine la rápida desconexión de la instalación defectuosa, del tipo interruptor diferencial.

Toda instalación eléctrica debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que cualquier punto del interior o exterior, normalmente accesible a personas que

puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.

La exigencia de puestas a tierra para instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y los apoyos o estructuras que ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

Los objetivos de un sistema de puesta a tierra (SPT) son: la seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética. En tanto, las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

1. Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
2. Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
3. Servir de referencia al sistema eléctrico.
4. Conducir y disipar las corrientes de falla con suficiente capacidad.
5. Transmitir señales de RF en onda media.

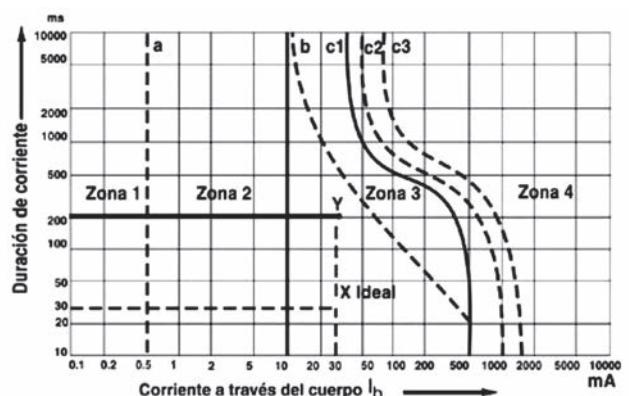
Se debe tener presente que el criterio fundamental para garantizar la seguridad de los seres humanos, es tener en cuenta la máxima energía eléctrica que pueden soportar, debida a las tensiones de paso, de contacto o transferidas y no el valor de resistencia de puesta a tierra tomado aisladamente. Sin embargo, un bajo valor de la resistencia de puesta a tierra es siempre deseable para disminuir la máxima elevación de potencial (GPR por sus siglas en inglés).

La máxima tensión de contacto aplicada al ser humano que se acepta, está dada en función del tiempo. En el gráfico 1.9 se muestran las curvas resultantes de la intensidad en miliamperios y el tiempo en mili segundos.

- En la zona 1 no se espera ninguna reacción (a).
- En la zona 2, habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso (b).
- En la zona 3 no se esperan daños orgánicos, tetanización o contracciones musculares involuntarias, dificultad respiratoria, se pueden presentar pequeños paros cardiacos, sin fibrilación.
- En la zona 4 la probabilidad de fibrilación ventricular se incrementa en un 5% en c<sub>2</sub>, 50% en c<sub>3</sub> y las consecuencias se incrementan con el incremento del paso de corriente y el tiempo de exposición.
- En el punto X se deben accionar los interruptores diferenciales idealmente y como máximo en Y.

Entre más se estudian los efectos del paso de corriente por el ser humano, más efectos se descubren y prácticamente cualquier exposición, ocasiona algún efecto.

**GRÁFICO 1.9**  
Corriente a través del cuerpo.  
Efectos fisiológicos.



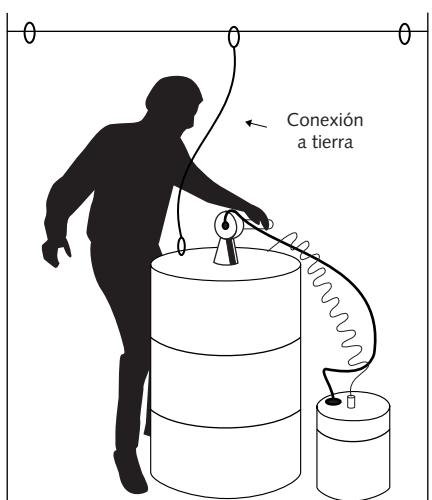
## Energía estática

La energía estática surge de la fricción de materiales no conductores, que al frotarlos, generan energía que se acumula de forma transitoria y se descarga cuando se les aproxima un elemento conductor hacia el cual se dirigirá la corriente.

En la vida moderna sus principales fuentes de generación son las máquinas, los equipos y las herramientas, los pisos recubiertos con materiales aislantes, las prendas de vestir sintéticas, los tapizados de los muebles, pisos de tapete o moqueta y demás materiales sobre los cuales se ejerce fricción al caminar, moverse, etc.

**GRÁFICO 1.10**

Contacto por carga estática: si los recipientes están unidos eléctricamente estarán al mismo potencial y no saltarán chispas entre ellos.



En muchas ocasiones es el cuerpo humano el que se carga de energía estática por fricción con tapicería de muebles, y fricción del calzado de suela de caucho con suelos poco conductores. Los ambientes muy secos o con muy baja humedad relativa (35%) favorecen significativamente la generación de energía estática.

Las chispas que ocasionan los contactos de descarga, aparte de ser molestas, no representan riesgos conocidos para la salud, aunque hay registros de ser fuente de ignición en áreas clasificadas como inflamables, donde ocasionan incendios. En estos casos es indispensable un control total de la energía estática. Además, las cargas estáticas del cuerpo humano pueden dañar circuitos de tarjetas electrónicas.

### Contacto con elementos generadores

#### de energía estática

Se producen habitualmente cuando se hace contacto con un elemento que bajo los efectos del rozamiento, giros, etc. y al no tener dispositivos de puesta a tierra, va acumulando energía hasta que un objeto o persona, conductores de energía, haga contacto y sirva como conductor de salida. Para evitar chispas o saltos de corriente se deben equipotenciar (unirlos con un cable eléctrico) e instalar puesta a tierra en el trasiego de materiales inflamables.

### Medidas de control

En máquinas, equipos y herramientas se recomienda instalar polo a tierra o, en su defecto, doble aislamiento, esto último especialmente en herramientas eléctricas para uso manual.

En ambientes muy cargados de energía estática se puede controlar parcialmente mediante humidificación del ambiente; asimismo, se pueden instalar pisos conductores de electricidad y utilizar calzado con suela conductora. En casos especiales se acostumbra suministrar a los trabajadores pulseras con polo a tierra o disponer de barras de descarga, para hacer contacto con ellas cuando sea peligrosa la acumulación de energía estática en el trabajador, con el fin de proteger los circuitos electrónicos.

### Puestas a tierra

Toda instalación eléctrica, excepto cuando se indique expresamente lo contrario, debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que cualquier punto del

interior o exterior, accesible a personas que puedan estar sometidos a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano a la energía eléctrica, transfieran su energía a tierra.

La exigencia de puestas a tierra para instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y los apoyos o estructuras que ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

El diseño de un sistema de puesta a tierra debe ser realizado por un profesional idóneo y debidamente autorizado por las entidades competentes.

El procedimiento básico consiste en:

1. Investigación de las características del suelo, especialmente la resistividad.
2. Determinación de la corriente máxima de falla a tierra, que debe ser entregada por el operador de red para cada caso particular.
3. Determinación del tiempo máximo de despeje de la falla para efectos de simulación.
4. Investigación del tipo de carga.
5. Cálculo preliminar de la resistencia de puesta a tierra.
6. Cálculo de las tensiones de paso, contacto y transferidas en la instalación.
7. Evaluar el valor de las tensiones de paso, contacto y transferidas calculadas con respecto a las cargas soportadas por el ser humano.
8. Investigar las posibles tensiones transferidas al exterior, debidas a tuberías, mallas, conductores de neutro, blindaje de cables, circuitos de señalización, además del estudio de las formas de mitigación.
9. Ajuste y corrección del diseño inicial hasta que se cumpla los requerimientos de seguridad.
10. Diseño definitivo.

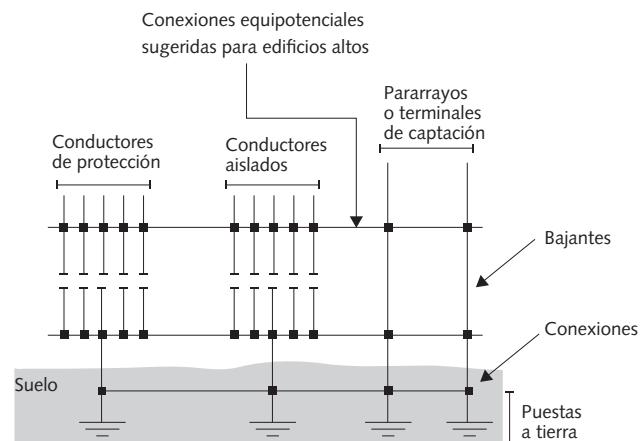
Cuando existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas eléctricamente, según criterio adoptado de IEC-61000-5-2, tal como aparece en el gráfico 1.11, donde se observa que se debe disponer de una puesta a tierra exclusiva para cada necesidad, pero interconectadas entre sí.

#### Protección en el trabajador

Este control está referido al uso de elementos de protección personal dieléctricos, cuyas especificaciones se pueden consultar en el capítulo 17 Equipos de protección personal. Los elementos de protección personal dieléctricos no reemplazan el conocimiento del riesgo y las medidas de control.

**GRÁFICO 1.11**

Interconexión de las puestas a tierra en un edificio (tomado de RETIE, versión 2008).



Requisitos para realizar trabajos en instalaciones eléctricas:

1. Idoneidad y capacitación.
2. Los trabajos eléctricos deben ser ejecutados por personal profesional, técnico o habilitado de conformidad con las normas específicas del país en que se realice; pero invariablemente, con idoneidad y experiencia acorde a la magnitud y complejidad de la obra y con conocimientos en los siguientes aspectos:
  - a. Características técnicas de las instalaciones eléctricas en que vaya a trabajar.
  - b. Aplicación de procedimientos de seguridad a las labores asignadas.
  - c. Uso y capacidad de verificación de los equipos y prendas de protección.
  - d. Procedimientos establecidos en caso de accidente y aplicación de primeros auxilios.
  - e. Normativas legales y específicas de la empresa en donde se realice el trabajo.
  - f. Herramientas de trabajo y equipos de protección
  - g. Equipo de trabajo.
3. De acuerdo con las características del trabajo que se vaya a realizar, se emplearán entre otros los siguientes elementos por parte de personal calificado:
  - a. Banquetas y alfombras aislantes.
  - b. Cubre líneas aislantes.
  - c. Mantas aislantes.
  - d. Verificadores de ausencia de tensión.
  - e. Herramientas dieléctricas.
  - f. Escaleras dieléctricas.
  - g. Equipos de puesta a tierra y de cortocircuito.
  - h. Material de señalización y membreteado.
  - i. Pértigas aislantes.
  - j. Casco dieléctrico.
  - k. Gafas con filtro UV.
  - l. Guantes dieléctricos.
  - m. Calzado dieléctrico.
  - n. Sistemas de bloqueo y etiquetado.
  - o. Normativas y procedimientos de trabajo.
4. Las empresas que realicen trabajos eléctricos en forma permanente dispondrán de instructivos de operación segura, en los cuales se determinen al menos los siguientes aspectos:
  - a. Relación pormenorizada de trabajos eléctricos que se deban ejecutar.
  - b. Asignación y prohibición de trabajos.
  - c. Habilitación del personal.
  - d. Circunstancias bajo las cuales se debe suspender el trabajo.
  - e. Procedimientos ante emergencias y primeros auxilios.
  - f. Características y revisión de herramientas y equipos a utilizar.

- g. Permiso de trabajo seguro.

5. Aplicación de las cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica:

  - Abrir visiblemente las fuentes de tensión.
  - Enclavar, bloquear y etiquetar para que no energicen accidentalmente.
  - Verificar la ausencia de tensión.
  - Poner en corto circuito y aterrizar todas las posibles fuentes de tensión.
  - Delimitar, señalizar y demarcar el área.

## Permiso de trabajo eléctrico

Nº Permiso \_\_\_\_\_

### Instalación/equipo de intervención –

Descripción del trabajo: \_\_\_\_\_

Riesgos asociados: \_\_\_\_\_

	Sí	No	NA
¿Se ha cortado el suministro de energía?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Está enclavado y señalizado el dispositivo de corte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La instalación dispone de puesta a tierra?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La red se ha puesto en corto circuito?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se dispone de escalera dieléctrica?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Largueros, pasos y zapatas en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La plataforma de trabajo es aislante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se aisló la zona de influencia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Relación de personal que ejecuta el trabajo:

1. \_\_\_\_\_ C.C.# \_\_\_\_\_  
2. \_\_\_\_\_ C.C.# \_\_\_\_\_  
3. \_\_\_\_\_ C.C.# \_\_\_\_\_

## Elementos de protección personal

¿Gafas para arco voltaico?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Guantes dieléctricos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Botas dieléctricas, suela antideslizante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Overol con cremalleras, botones y remaches dieléctricos (plásticos)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Casco dieléctrico?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Herramienta</b>	Sí	No	NA
¿Pértiga dieléctrica?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Cubrelíneas y/o mantas aislantes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Herramientas con mangos dielécticos en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Probador de voltaje adecuado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### **Ambiente del entorno**

¿Ausencia de atmósfera inflamable?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Entorno inmediato libre de humedad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Inexistencia de tempestades eléctricas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se ha dado aviso a brigada de emergencias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se dio aviso a Mantenimiento Eléctrico y a: Jefe(s) del área(a), en donde se ejecutarán los trabajos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombres de los jefes a los que se dio aviso del trabajo que se va a ejecutar:

Nombre \_\_\_\_\_ Firma, \_\_\_\_\_

Cada participante del trabajo es responsable de la revisión de equipos, ropa de trabajo, sitio de trabajo, herramientas, estado del tiempo, procedimientos, conoce los riesgos y entiende los métodos de control de acuerdo con el presente permiso:

Nombre, \_\_\_\_\_ Cargo, \_\_\_\_\_

Firma, \_\_\_\_\_

Se autoriza la realización del presente trabajo, durante los días y horas estipulados y dentro de las condiciones indicadas en el presente permiso.

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Jefe responsable del trabajo \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

#### **Normatividad**

Además de la reglamentación específica de cada país se puede obtener información técnica avanzada en documentos como:

NFPA 70 – Código Eléctrico Nacional - EEUU

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE – Colombia

## **Riesgo locativo**

Al hablar de riesgos locativos se hace referencia a todos aquellos riesgos inherentes a las instalaciones físicas del sitio de labor, como son los espacios de trabajo y las estructuras propias de la edificación: pisos, techos, ventanas, barandas, ventilación, entre otras que se explicarán, y a procesos como el orden y la limpieza (el tema de almacenamiento se tratará en el Capítulo 4).

Estos riesgos son una constante durante toda la jornada laboral, por lo tanto, constituyen una de las causas más frecuentes de accidentes y, de sus características (sean positivas o negativas), dependerá, en alto grado, la seguridad, el bienestar y la productividad de los empleados.

Aunque se trata de riesgos presentes en el conjunto total de las instalaciones físicas de la empresa, su control no demanda inversiones cuantiosas para la compañía, pero los accidentes de trabajo que se pueden evitar implementando los controles adecuados, sumado a la productividad alcanzada por los empleados que laboran en un ambiente agradable y seguro, reportan grandes beneficios para las empresas que deciden adoptar un plan de seguridad para riesgos locativos.

## Edificaciones seguras

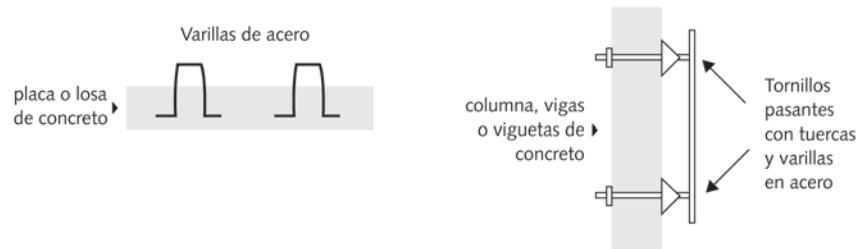
Como las instalaciones físicas de la empresa pueden constituir un riesgo (por ejemplo, una baranda floja podría ser la causa de un accidente), lo primero es determinar aquellos aspectos que permiten saber si la edificación es o no segura.

A muchos empresarios los riesgos locativos les parecen un tema trivial (tan obvio como atornillar la baranda), y resulta que solo les prestan atención cuando ocurre un accidente. Sea el caso de una empresa que construya o remodele su planta física o aquella que busca un local, los encargados de esta tarea suelen tener en cuenta muchos aspectos, como la ubicación, las zonas de parqueadero, la afluencia de clientes, el costo del alquiler, entre otros, olvidando los más importantes: aquellos factores de seguridad que harán de ese lugar un sitio seguro y acogedor. Entre los parámetros que los encargados deberían tener en cuenta están los siguientes:

### Anclajes

Al diseñar una edificación se debe tener en cuenta la seguridad durante las labores de mantenimiento de fachadas, ventanas y cubiertas, para lo cual se deben instalar sistemas que faciliten su operación o anclajes a los que se puedan asegurar andamios, escaleras y demás elementos para trabajo en altura.

**GRÁFICO 2.1**  
Esquema de anclajes incrustados  
en placas y columnas de concreto.



### Cubierta

La altura en la parte más baja de la cubierta tendrá como mínimo 2,5 m para trabajo de oficina y 3 m para industria.

La cubierta será de material que proteja a los trabajadores de las inclemencias del tiempo (la teja transparente para luz cenital no debe dar directamente sobre los sitios de trabajo, en tal caso es aconsejable utilizar material translúcido que sea filtrante de radiaciones ultravioleta), y con resistencia adecuada a su uso. Bajo ningún motivo se deben asegurar ductos, tuberías o materiales soportados sobre la estructura o las cerchas, si éstas no han sido calculadas para la carga que vaya a adicionarse y, en lo posible, no deben pasar sobre los sitios de trabajo.

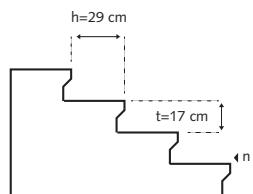
### Distribución de espacios

La distribución de espacios ha de proporcionar áreas de piso o pavimento mínimo de 2 m<sup>2</sup>

libres (descontando el área ocupada por muebles, máquinas, equipos, etc.), y un volumen de aire de 11.5 m<sup>3</sup> libres por trabajador.

### Distribución de máquinas y equipos

Se tendrá en cuenta el paso mínimo para el acceso a máquinas y equipos, que debe ser de 0.6 m. La distancia mínima entre máquinas o en sus puntos extremos de recorrido y otras partes de instalaciones, columnas o pared será de 0.8 m.



*h = huella o peldaño  
t = contra huella  
n = nariz*

### Escaleras fijas (estructurales)

Deberán cumplir con condiciones de seguridad como:

1. Resistencia mínima: 500 kg/m<sup>2</sup>.
2. Ancho mínimo: 0.9 m (de servicio 0,55 m).
3. Inclinación 20° a 45° (de servicio 60° máximo).
4. Escalones: huella mínima 0,23 m (de servicio 0,15 m mínimo) y máximo 0,28 m; contra huella: mínimo 0,13 m, máxima 0,2 m.
5. Altura máxima entre descansos: 1,7 m.
6. Barandas y pasamanos: hacia el vacío pasamanos y baranda; al interior pasamanos separado de la pared (luz) de 0,05 m. Estos elementos se colocarán a escaleras a partir de cuatro peldaños, y el pasamanos a 0,9 m de altura.
7. Altura mínima entre nariz del escalón y techo: 2,2 m.
8. Si el material de recubrimiento es resbaloso, colocar cintas antideslizantes o construir regatas llenas de material abrasivo, como granito rústico o material similar
9. No colocar bombillas incandescentes como apliques frente a los tramos; utilizar luz indirecta o difusa que evite el encandilamiento.

**GRÁFICO 2.2**

Corte peldaños de escalera con indicaciones de medidas adecuadas.

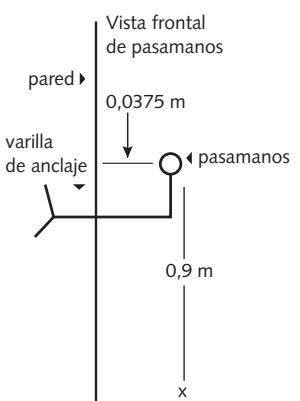
### Estructura

Se ajustará a las disposiciones legales en cuanto a sismoresistencia. El factor de seguridad será de cuatro (4) para las cargas estáticas y por lo menos de seis (6) para las cargas vivas o dinámicas, y su capacidad de carga no se sobrepasará bajo ninguna circunstancia ya que ésta es determinada por la resistencia del material, si se sobre pasa, la carga impuesta debilitará la estructura. Si el factor de carga es 4 significa que el material de la estructura puede soportar una carga cuatro veces menor a la carga de ruptura.

### Pisos

El piso reviste especial importancia por ser una superficie que siempre está en contacto con el trabajador, por lo cual debe reunir condiciones como:

1. Conjunto homogéneo sin solución de continuidad (exclusión de altibajos, escalones, huecos, resaltos).
2. Plano.
3. Antideslizante.



**GRÁFICO 2.3**

Vista frontal de pasamanos y medidas mínimas a tener en cuenta.

4. Lavable.
5. Resistente a carga muerta y viva.
6. Material de combustión lenta en un radio de 1 m cerca de hornos, hogares y llamas abiertas.
7. Las placas de pisos superiores tendrán establecida su capacidad de carga por  $m^2$ , teniendo en cuenta los márgenes de seguridad, cuyo rango no se sobrepasará por ningún motivo.

## **Puertas**

Se deberán tener en cuenta las siguientes distancias:

1. Distancia máxima a recorrer entre puertas de salida al exterior: 45 metros.
2. Ancho de puertas principales: 1,2 metros para un máximo de 50 personas, se aumenta 0,5 metros por cada 50 personas más o fracción.
3. Las hojas deben abrir en dirección de salida, teniendo precaución de que no se abran directamente sobre zonas de tránsito peatonal. Las puertas que den acceso a escaleras deben dar sobre rellanos y no directamente a los escalones.
4. Las puertas de vidrio enterizo se señalizarán con cintas indicadoras de presencia.

## **Servicios**

Los servicios comprenderán: sanitarios, cuartos para cambio de ropa y suministro de agua potable, los cuales deberán tener las siguientes condiciones:

### **Sanitarios**

Las paredes lavables, enchapadas en baldosín de porcelana y los pisos provistos de un desague por cada  $15 m^2$ . El desnivel del piso será de por lo menos 1% a 1,5%. La ventilación debe ser abundante y preferentemente enfrentada para incrementar su flujo; si no se dispone de ventilación natural es necesario instalar sistemas de extracción mecánica, calculada para un caudal de 6 cambios del volumen por hora. Todos los implementos serán de material impermeable y de fácil lavado. Se instalarán los servicios, separados por sexos y consistentes en: inodoro, lavamanos (y orinal para los servicios de hombres), en proporción no inferior a un servicio completo por cada 15 hombres y un servicio completo por cada 10 mujeres. En igual proporción se dispondrá de duchas de agua fría y caliente, para trabajadores sometidos a ambientes calientes o con alta demanda física o expuestos a contaminación.

### **Cuartos para cambio de ropa**

Estarán separados por género, dotados de casilleros individuales; serán dobles cuando los trabajadores estén expuestos a sustancias tóxicas, infecciosas o irritantes, a efecto de no contaminar la ropa de calle con la de trabajo o viceversa. Debe dotarse de bancas que permitan al trabajador sentarse para el cambio de pantalones y de calzado. Es aconsejable

que estén próximos a los servicios sanitarios para facilitar el aseo personal al abandonar el trabajo.

### Suministro de agua potable

Se debe disponer de por lo menos una fuente por cada 50 trabajadores, para suministro de agua potable y fresca (libre de contaminación física, química y bacteriológica), dotados de métodos o elementos para beber que garanticen la asepsia durante su consumo. Los tanques para suministro de agua potable se someterán a limpieza, desinfección y mantenimiento semestral, deberán disponer de tapas que ajusten perfectamente; cuando existen respiraderos se debe proteger su entrada con anjeo para evitar el ingreso de insectos y roedores.

### Tránsito interno

Para el tránsito de vehículos y personas se asignarán espacios, sobre pisos planos sin solución de continuidad, de conformidad con las siguientes especificaciones:

#### Vehículos eléctricos y mecanizados

*Vía sencilla:* ancho igual al del vehículo o de la carga máxima más 0,5 m.

*Vía doble:* suma de la anchura de los dos vehículos o de las cargas máximas que transportan, más la tolerancia de la maniobra: 0,5 m a cada lado, más 0,4 m para operación entre vehículos.

#### Vehículos manuales

*Vía sencilla:* ancho igual al máximo del vehículo más 0,2 m a cada lado.

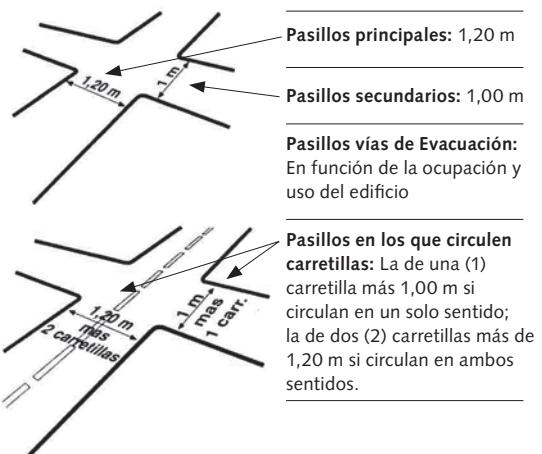
*Vía doble:* ancho igual a la suma de los dos vehículos más 0,2 m a cada lado, más 0,15 m para tolerancia de la maniobra. Los vehículos manuales no deben llevar cargas que excedan el ancho de éste.

#### Circulación mixta de vehículos y personas

*Vía sencilla:* será igual al ancho asignado a cada operación más 0,8 m para personal.

*Vía doble:* tendrá el ancho asignado a cada operación más 1,6 m para personal.

Además, se tendrá en cuenta el diseño de las vías mismas, prestando atención a los cruces y bifurcaciones, que han de estar correctamente señaladas y libres de obstáculos que impidan la visualización del conductor y/o los peatones; cada uno de los cruces debe tener una señal de Stop y la prioridad de paso, y en la situación que un acceso peatonal desemboque en una vía de vehículos se deberá colocar una barandilla para proteger a los peatones.



**GRÁFICO 2.4**

Dimensiones mínimas de los pasillos.

### **Ventanales**

El pretil de los ventanales no debe quedar a menos de 0.9 m del piso o superficie de trabajo, en caso de haberse construido más bajos, colocar tubos o barandas a la altura indicada. Los basculantes o abras no deben abrir hacia pasillos en que haya tránsito, si tienen alturas inferiores a 1.8 m. En los pisos altos es aconsejable que la hoja de la ventana tenga una graduación de control para evitar que sea golpeada por el viento. En dependencias en donde se manejen materiales livianos (papel, polvos, etc.) es conveniente que los basculantes para ventilación se coloquen altos. Cuando el vidrio sea enterizo hasta el piso, se colocarán cintas indicadoras de presencia.

Si la edificación no satisface estos parámetros el riesgo de accidentes aumenta y se deben tomar las medidas correctivas antes de que suceda un percance. Se debe recordar que no todo son accidentes, incluso algo tan sencillo como ensanchar un corredor de paso puede aumentar la productividad al interior de la empresa, por tanto, eliminar estos factores de riesgo también es un buen negocio para cualquier compañía.

### **Peligros locativos**

La persona a cargo de la seguridad ocupacional deberá identificar los principales peligros que revisten las instalaciones locativas; un indicador, como ya se dijo, es no cumplir con los parámetros ya mencionados en el ítem anterior, pero a continuación se suministra una serie de peligros locativos que deben identificarse:

1. Vías de evacuación deficientes y/o ausencia de salidas de emergencias o salidas inadecuadas, como por ejemplo, puertas de evacuación que no abran en dirección a la salida, lo que puede ocasionar el represamiento del personal en caso de emergencias.
2. Distribución de espacios sin planificación; la existencia de espacios de trabajo inadecuados ocasiona incomodidad entre los empleados.
3. Escaleras defectuosas, mal diseñadas, poco resistentes, angostas, con huellas angostas y contrahuellas irregulares o altas. Es un punto importante porque estas condiciones de peligro ocasionan caídas a distinto nivel.
4. Puertas que dan directamente a escaleras, sin vano.
5. Barandas de altura inadecuada (menos de 1 m), o falta de pasamanos.
6. Espacios insuficientes en cuanto al área libre o volumen de aire por trabajador.
7. Pasillos angostos.
8. Pisos resbalosos, con salientes, resalte o huecos, generadores de caídas al mismo nivel.
9. Servicios higienico-sanitarios en condiciones o número inadecuado.
10. Techos bajos o pasillos atravesados por vigas, tuberías o salientes bajos.
11. Ventanas con pretils y apoyos muy bajos que permiten caídas al vacío; otro foco de peligro son los vidrios de las ventanas, porque si su resistencia es insuficiente a

- la presión de los vientos, aumenta la posibilidad de roturas y por consiguiente, de heridas a las personas que estén en su área de influencia
- 12. Puertas o viguetas bajas con las cuales se podrían golpear los empleados.
  - 13. Fuentes de ventilación natural insuficiente, lo que ocasiona un aumento de la temperatura en caso de hacinamiento, produciendo bochorno y malestar por mala calidad del aire.
  - 14. Cubiertas defectuosas que pueden ocasionar transferencia excesiva de la temperatura exterior, goteras e inestabilidad de sus partes integrantes (tejas, falso techo, lámparas, etc.).
  - 15. Desaprovechamiento de la luz natural.
  - 16. Estructuras de la edificación con resistencia deficiente con relación al uso de la misma.
  - 17. Falta de anclajes para el mantenimiento de vidrios y fachadas, que cumplan con las especificaciones técnicas y legales de cada país, ya que su omisión puede ser causa de graves accidentes por caída de alturas.
  - 18. Diseño inapropiado de la edificación con relación a las normas técnicas y legales de construcción, respecto a los requerimientos que deben cumplir las edificaciones en cuanto a características y número de vías de evacuación (escaleras de evacuación, pasillos, puertas, rampas), servicios sanitarios, sistemas de control de incendios, suministro de aire, control de la temperatura.
  - 19. Acometidas de redes sin los soportes necesarios, suministro de agua sin los requerimientos de potabilidad y conservación que garanticen su calidad para el consumo humano.
  - 20. Abundancia de materiales combustibles que pueden provocar incendios.
  - 21. Diseño inadecuado de instalaciones, de acuerdo con la actividad que desarrollen y la carga muerta y viva que deban soportar.
  - 22. Servicios higiénicos y sanitarios insuficientes, mal ventilados o diseñados en desacuerdo con las normas sobre el particular, cuya deficiencia se manifiesta en desagrado y posibilidad de transmisión de enfermedades infecciosas.

Cada uno de estos factores de riesgo puede ocasionar graves alteraciones a la seguridad y comodidad del personal. Valorar la magnitud que cada uno de ellos conlleva, en una empresa determinada, emplear cualquiera de los modelos que existen para establecer el “Grado de peligrosidad”, y que en este libro se puede consultar en el “Panorama de riesgos”; Capítulo 16.

### **Control del riesgo locativo**

La mayor parte de los controles parte de que la edificación tenga un diseño acorde a las normatividades de seguridad vigentes. Si la empresa ya cuenta con una sede y esta no cumple las especificaciones, se deberán realizar las remodelaciones o ampliaciones del caso, aunque es de aclarar que en edificios ya construidos, algunos con cierta antigüedad,

adaptar las instalaciones a la normatividad puede ser costoso y las reparaciones casi siempre son de muy difícil ejecución.

La normatividad para riesgos locativos puede ser extensa ya que cubre instalaciones eléctricas, pisos, barandas, ventanas, iluminación, salidas de emergencia... pero existen algunos puntos donde se presentan mayores problemas, los cuales se explicarán con detalle a continuación.

### **Escaleras, barandas y pasamanos**

El primero tiene que ver con las escaleras, foco de un gran número de accidentes laborales debido a caídas desde diferentes alturas, muchas de las cuales podrían ser evitadas si la escalera cumple con la normatividad mínima.

Las caídas suelen presentarse por alguno de estos factores:

*Diseño ineficiente:* se agrupan en este apartado aquellas escaleras demasiado inclinadas, estrechas o extremadamente largas y que no cuentan con los descansos apropiados. En muchas edificaciones la altura de las contrahuellas no es uniforme y en las escaleras de caracol la anchura del peldaño varía de tal manera que algunos pasos son tan estrechos que requieren del usuario una sujeción firme a las barandas (si los empleados deben circular llevando alguna carga el riesgo de accidentes en este tipo de escaleras es muy alto). La anchura de la escalera también estará determinada por la cantidad de tráfico, en ningún caso debe ser inferior a 0,9 m. Estos factores son difíciles de resolver, y en los casos más graves puede requerir su completa remodelación. Las escaleras de salida o de emergencia deben ser más anchas y en lo posible, de geometría recta porque las escaleras helicoidales dificultan el movimiento de las personas en una situación de peligro en ambientes de trabajo. Las puertas que dan sobre escaleras dispondrán de un vano de ancho igual o mayor que la hoja de la puerta.

*Barandas inadecuadas:* los pasamanos de escaleras deben tener una altura aproximada de 0,9 m a los dos lados en todas las escaleras que tengan cuatro o más escalones. Cuando la baranda da hacia vacíos, deberán tener una altura mínima de 1 m y estarán provistas de travesaños intermedios y de rodapiés con altura superior a 0,15 m. En el lado abierto la baranda deberá tener barras verticales cuya distancia será de 25 cm (en lugares donde exista presencia de niños la distancia deberá ser más reducida: 10 cm, para evitar que el infante pueda introducirse por allí). Si la escalera presenta una anchura mayor a 3 m se deberá colocar un pasamano intermedio.

*Pisos resbalosos:* los peldaños deben encontrarse en perfecto estado, sin roturas que puedan ocasionar un resbalón. El material de la superficie de la escalera debe ser antideslizante y con la resistencia suficiente para que no se desgaste frecuentemente, como pueden ser materiales abrasivos, compuestos de caucho o metales rugosos.

*Iluminación deficiente:* el grado de iluminación dependerá de varios factores: el grado de luminosidad natural, el número de personas que la utilizarán y el uso que se le dé. Por ejemplo, una escalera de emergencia debe contar con alumbrados conectados a una

fuente eléctrica independiente en caso de fallos eléctricos; si la escalera está en lugares que por sus características requieren de una iluminación tenue las luces deben estar empotradas en el eje de los peldaños. Y como se dijo en un ítem anterior, es importante que la luz esté situada de forma tal que no encandile a quien esté utilizando la escalera.

*Uso incorrecto:* incluso la estructura más segura falla si las personas no se comportan de una forma segura. Esto se da en muchos casos, por ejemplo, cuando se sube las escaleras de forma distraída, se calza un zapato inseguro (de suela resbalosa o de tacón muy alto), se llevan paquetes que limitan la visibilidad y la capacidad de maniobra o se sube o baja la escalera de forma muy apresurada, en todas estas situaciones es posible que sobrevenga un accidente. Uno de los casos más frecuentes es entablar charlas en las escaleras, lo que impide la movilización adecuada de los otros usuarios, por ello se debe recordar que una escalera es ante todo un sitio de paso.

### **Elementos de anclaje**

Otro factor que suele representar una fuente de riesgos tiene que ver con los elementos de anclaje y soporte que deben emplearse para el mantenimiento de las fachadas y las cubiertas. Hay que tener en cuenta que las instalaciones locativas requieren de mantenimiento, y algo tan sencillo como cambiar una bombilla estropeada puede ser causa de numerosos riesgos, por eso se deben establecer soportes, ganchos o sistemas de desplazamiento de luminarias, a efecto de facilitar su inspección.

Los elementos de anclaje para las labores de mantenimiento deben disponer de la resistencia necesaria para la seguridad durante el desarrollo del trabajo y, en caso de estar a la intemperie, serán inoxidables.

El acceso a los tableros de control, a drenajes o sistemas de aire acondicionado, así como luminarias y diversos elementos de trabajo debe ser planificado de modo que se minimicen los riesgos durante su mantenimiento e inspección.

### **Salidas de emergencia**

Las salidas de emergencia han de garantizar la integridad del personal en caso de producirse una emergencia que obligue a la evacuación. Al hablar de salida de emergencia no se hace referencia únicamente a la puerta de salida al exterior, sino que contempla todo el trayecto que el trabajador debe recorrer desde su puesto de trabajo, hasta que llega a un lugar seguro en el exterior de la edificación. Teniendo esto en cuenta, las salidas de emergencia han de tener en lo posible distancias cortas, no mayores a 45 m y deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. *Iluminación:* ha de estar conectada a un sistema eléctrico de emergencia, de modo que en caso de incidentes todo el trayecto permanezca iluminado.
2. *Ventilación:* el trayecto de la salida de emergencia debería contar con un sistema de ventilación que impida, así sea durante un corto período de tiempo (el suficiente para la evacuación), la presencia de humo en caso de incendios.

3. *Señalización*: es la parte más importante, porque de una adecuada señalización dependerá que el personal realice una evacuación con prontitud. La señalización debe ser clara en cuanto a informar la dirección que deben tomar las personas para salir a un lugar seguro, y las marcas en el piso y paredes deberían ser dibujadas con pintura reflectiva, de modo que sean visibles aún en condiciones de poca luz.
4. *Espacios*: tanto las escaleras como los corredores y las puertas asignados a la evacuación deben ser lo suficientemente amplios para que no se formen tumultos; es importante identificar los “cuellos de botella” o zonas estrechas donde se podrían presentar aglomeraciones para buscar una solución.
5. *Número*: en lo posible no debería existir una sola salida de emergencia sino varias, cada una de las cuales dirigirá el flujo de personas de una sección de la edificación.

También es de anotar la importancia de la capacitación del personal mediante simulacros de evacuación, este tema se explica en detalle en el Capítulo 20 Prevención, preparación y respuesta ante emergencias.

### **Pisos y/o superficies de trabajo**

Un aspecto relevante a tener en cuenta es la selección de los pisos, los cuales deben cumplir con requisitos de resistencia y adherencia que eviten las caídas.

Ya se mencionó que uno de los principales factores de riesgo en los pisos es la pérdida de la continuidad por altibajos, hoyos o demás imperfecciones, pero también incluye la presencia de obstáculos fijos (los obstáculos provisionales y el mantenimiento y limpieza de la superficie se tratan en el tema Orden y limpieza).

En algunos casos de accidentes hay una causa común: el desplazamiento de los trabajadores de un punto a otro dentro de las instalaciones locativas. El encargado de la seguridad ocupacional en la empresa debe prestar atención a este tema, bajo la premisa: los desplazamientos innecesarios deben eliminarse.

La NTP 434 y la NTP 435 establecen tres factores de riesgo presentes en los pisos y/o superficies de trabajo:

1. Estado de las superficies de trabajo. Incluye los accidentes causados por los materiales propios de los pisos y que tienen que ver con las grietas, hoyos y demás obstáculos que pueden ocasionar una caída.
2. Elementos dispuestos en el entorno de trabajo, con los cuales cabría la posibilidad de tropezarse.
3. La organización de los procesos propios del sitio de trabajo, que implican desplazamientos innecesarios que acrecientan las probabilidades de accidentes.

Estos tres aspectos se explicarán con detalle a continuación, partiendo de lo sugerido por distintas normativas referenciadas en el ítem de Normatividad al final de este capítulo.

### **Estado de las superficies de trabajo**

La falta de mantenimiento hace que el recubrimiento y el material del que están construidos los pisos se deterioren generando hundimientos, hoyos, superficies agrietadas y desgaste de los materiales de recubrimiento que convierten a la superficie en resbaladiza. Muchas operaciones propias del trabajo hacen que la superficie se vea afectada por líquidos o sustancias que se convierten en un riesgo si no son retiradas con prontitud; en pisos ya instalados se pueden utilizar sellamientos o ceras antideslizantes y ante todo es necesario la prevención: un piso que es seguro en condiciones secas podría ser muy inseguro en condiciones de humedad o cuando se vierte de forma accidental un líquido en su superficie. Este subtema se analizará en el ítem Orden y limpieza.

Un aspecto, en ocasiones pasado por alto, tiene que ver con las partes sobresalientes de equipos o maquinarias, tubos, instalaciones de ductos y demás elementos que podrían ser una fuente de peligro para los empleados. En el caso de máquinas han de analizarse estos aspectos tanto al momento en que la maquinaria está apagada como cuando está en funcionamiento, sobre todo, cuando se trata de instalar nuevos equipos porque su llegada puede generar situaciones de riesgo que no existían cuando se realizó la inspección de seguridad.

Pero el profesional en seguridad industrial no se limitará a señalar los desperfectos en el piso, deberá analizar el estado y diseño de las vías de circulación, tanto de la maquinaria y equipos como del personal. Otro elemento de suma importancia lo constituye el estudio de los sitios de enlace entre diferentes niveles o secciones de la planta física, como son los pasillos y las rampas, en las cuales, hay que evitar cambios bruscos en la inclinación, que nunca debe ser excesiva: se recomienda no pasar del 12% de inclinación en rampas de hasta 3 m de largo, y del 10% en rampas mayores; si por la rampa cruzará personal acarreando carretillas la inclinación máxima permitida será del 5%; se ha de contar con protecciones laterales así como recubrimientos que impidan a vehículos de tracción humana o mecánica deslizarse por la misma.

Por norma general los pisos no deben ser completamente planos sino que deben presentar una inclinación entre el 1% y el 2% para que el agua fluya hacia los desagües y no se acumule en las zonas de tránsito.

El estudio de todas estas condiciones permitirá implementar una red de circulación, de modo que los vehículos, maquinaria y equipos circularán de modo tal que se eviten los posibles choques o colisiones.

Otro elemento a tener en cuenta es la iluminación, que no debe crear contrastes y/o zonas de penumbra en el piso y que debe ser apoyada por una correcta señalización de los cruces y pasillos de circulación. Los niveles mínimos de iluminación se explicarán en detalle en el Capítulo 11 Riesgo por iluminación.

Por lo general los pisos deben ser de colores claros y con un alto grado de reflexión. Los pasillos suelen señalizarse con bandas amarillas a cada lado.

En las superficies de trabajo en exteriores se debe prever el comportamiento del suelo según las condiciones ambientales, por ejemplo, si el piso mojado incrementa el riesgo de

resbalones no se deben autorizar trabajos hasta que la superficie esté completamente seca o, en su defecto, el personal deberá calzar zapatos de seguridad antideslizantes cuya suela se adecúe al tipo de suelo del lugar de trabajo.

#### **Elementos dispuestos en el entorno de trabajo**

Hace referencia a todos aquellos elementos que invaden los lugares de tránsito. Los más peligrosos son los cables, las cuerdas y las mangüeras sueltas que pueden enredar al peatón y a los vehículos.

Aquellos elementos cuya presencia es provisional pueden ser una fuente de peligros inesperados, y el inspector en seguridad ocupacional ha de estar atento para preverlos y tomar los correctivos del caso. Se pueden clasificar en tres tipos:

1. Mercancías, que son dejadas en un sitio de forma provisional antes de su almacenaje. La señalización es importante en estos casos, y sobre todo, la prontitud con que deben ser retirados de los lugares de paso. En lo posible las instalaciones locativas deben tener espacios reservados para estos casos.
2. Materiales sobrantes, o desperdicios de los procesos propios de la empresa, que son dejados en el suelo y pueden ocasionar accidentes. En lo posible se deben minimizar estos riesgos insistiendo en que los materiales sobrantes no se depositen en el suelo en ninguna etapa del ciclo productivo.
3. Herramientas, piezas y otros objetos pequeños. Toda actividad de mantenimiento debe regirse por un protocolo que minimice estos percances y los puestos de trabajo han de diseñarse de forma que las herramientas se depositen en sitios seguros asignados.

También se deben controlar las rejillas de desagüe, fosos y canales, que deben estar al mismo nivel del piso circundante y cuyos intersticios no deben tener una abertura mayor a los 8 mm.

Por último, se deben controlar de forma adecuada las situaciones en que se produzca derrame de líquidos; de presentarse en los puestos de trabajo se procederá a su recolección mediante una bandeja de recogida, y si ocurre en las zonas de tránsito se colocarán vallas alrededor de los derrames durante el tiempo que sea necesario para su limpieza.

#### **Organización de los procesos**

La organización de la maquinaria y los equipos utilizados por la empresa deben cumplir una premisa: eliminar los desplazamientos innecesarios; siempre hay que tener en cuenta que es mejor movilizar las materias primas que el personal de trabajo. Procesos que demanden la movilidad de los empleados deben generar desplazamientos en el mismo nivel con el fin de minimizar el subir o bajar escaleras constantemente, de ser necesario este desplazamiento es preferible construir una rampa.

Para muchos puede parecer sobredimensionada la importancia de los pisos y superficies de trabajo, pero allí ocurren una gran cantidad de accidentes y se presentan otros factores, atribuibles por entero al comportamiento de los empleados, como distracciones, errores no intencionados, violación de los procedimientos, estado emocional y falta de atención, entre otros, que son difíciles de controlar y que se agravan cuando el piso no presenta las condiciones ideales que se han expuesto en este apartado.

Un gran porcentaje de las caídas se debe a la pérdida de equilibrio como consecuencia de eventos inesperados, como la puesta en marcha de forma súbita de una maquinaria. Todos estos elementos, que no son fácilmente detectables, requieren de una adecuada capacitación que permita a los empleados mantener la calma en todo momento, porque solo así podrán prestar la debida atención a factores de riesgo que pueden surgir de improviso, por ejemplo, un cortocircuito en una máquina podría ser la causa de un accidente si los empleados entran en pánico y realizan desplazamientos erráticos que no solucionan el problema y podrían conllevar a choques y caídas.

Las labores de mantenimiento del piso también generan situaciones inesperadas que se deben minimizar mediante una adecuada señalización y control de las herramientas utilizadas para que no se conviertan en obstáculos en una zona de paso. Estas reparaciones deben ser auditadas para que la reparación no deje desniveles o pequeños escalones entre el área reparada y la zona circundante.

De producirse un accidente por caída se debe investigar la causa que lo originó, de modo que se pueda identificar la fuente de peligro y controlarla.

Finalmente, debe existir un programa de mantenimiento para los pisos y/o superficies de trabajo, de modo que se realicen los respectivos trabajos de reparación de los pisos deteriorados; complementado con la capacitación de los empleados para que sigan todas estas recomendaciones y minimicen aquellos hábitos generadores de situaciones de peligro.

## **Orden y limpieza**

El orden y la limpieza es un tema que también hace parte de los riesgos locativos y que no todas las veces es tenido en cuenta en los procesos de seguridad ocupacional.

Una empresa es ante todo una organización que se encarga de coordinar el trabajo de unos empleados calificados en su labor, materias primas, maquinaria y herramientas para lograr un producto terminado, y la clave del éxito puede estar en la eficiencia de todo este proceso. La seguridad ocupacional no solo reduce accidentes en el entorno laboral, también puede ayudar a la productividad de una empresa, incluso, las compañías reconocidas por su excelencia se caracterizan por mantener en sus instalaciones la pulcritud y el orden como premisa. El orden y la limpieza incrementan la comodidad de los empleados, les ayuda a ser más rápidos en sus procesos, aporta a la calidad y además, reduce el riesgo de accidentes laborales, porque son numerosos los casos en que un ambiente de trabajo desordenado y sucio ocasiona caídas y golpes.

El orden significa que cada cosa esté en su lugar para cuando se le necesite, y dicho lugar ha de ser asignado previamente teniendo en cuenta razones ergonómicas y de seguridad. Por su parte, la limpieza consiste en eliminar la suciedad y velar porque los desperdicios no invadan los lugares de trabajo (Merchán, Graciela. 2001: 4-5).

Las razones ergonómicas se explicarán en el Capítulo 15: Riesgo ergonómico.

La idea de que el orden y la limpieza es responsabilidad exclusiva del personal de aseo es errónea. Es importante aclarar que cuando existe orden disminuye el tiempo de limpieza y por ello todo empleado ha de estar motivado para mantener su puesto de trabajo ordenado y limpio. El puesto de trabajo es entonces el área clave desde la cual se trazan las estrategias operativas para que la empresa esté limpia y ordenada.

### **El puesto de trabajo**

El puesto de trabajo es el componente básico, cada empleado debe ser adiestrado y motivado para mantener su lugar de labor ordenado y limpio. La mejor manera de hacerlo es implementando una lista de chequeo que se diseñará de acuerdo al sitio de trabajo y que cada empleado comprobará al final de su ciclo de trabajo, que bien podría ser una jornada, o semanalmente o con la periodicidad que demande cada sitio de labor.

Hay que recalcar que el desorden afecta la motivación del empleado, pero también es cierto que los empleados por naturaleza no suelen ser muy dados a mantener un alto grado de orden y limpieza. Eso implica generar entre ellos un cambio de actitud que debe tener como objetivo concreto convertir en hábitos las tareas de ordenamiento y limpieza del sitio de trabajo.

La congestión del espacio de trabajo dificulta la movilidad, impide la visualización de los elementos requeridos en un determinado momento y fatiga al trabajador, de modo que él mismo debe velar porque el orden se mantenga a un nivel determinado: cada herramienta en su lugar después de la jornada laboral, los desperdicios en el sitio asignado, derrames de líquidos contenidos, entre otras. El equipo encargado de la limpieza se encargará por su parte de los elementos locativos como pasillos, pisos, y una limpieza a fondo de equipos, bancos y herramientas de trabajo.

Algunos hábitos al interior de la empresa que ayudan en este propósito son:

1. Utilización de los contenedores para recolectar desechos y otros sobrantes de los procesos productivos.
2. Mantener las vías de circulación libres de todo elemento.
3. Limpiar periódicamente el sitio de trabajo.
4. Utilizar solo los productos de limpieza recomendados por el encargado de dicha labor.
5. Eliminar de inmediato manchas de aceite, grasa o demás compuestos que puedan ocasionar accidentes, e identificar su causa.

## **Plan de acción**

En ocasiones se piensa que el aseo no le corresponde al empleado y que el orden puede llegar a ser una pérdida de tiempo. Este tipo de ideas tiene consecuencias funestas tanto para la productividad como para la seguridad laboral. Ya se habló de que es necesario crear hábitos de limpieza y orden entre los empleados, y como medio para fomentar la creación de estos nuevos hábitos, se puede recurrir a lo dicho en la Norma NTP 481 titulada “Orden y limpieza de lugares de trabajo”, la cual establece cinco criterios para que una empresa se mantenga ordenada y limpia:

1. Eliminar lo innecesario.
2. Clasificar lo útil.
3. Localizar el material guardado con facilidad.
4. Evitar ensuciar.
5. Limpiear enseguida.

Seguir estos cinco pasos permitirá, siempre que se logre una adecuada implementación de un programa de orden y limpieza, cambiar las costumbres de los empleados y crear hábitos duraderos en este aspecto.

### **Eliminar lo innecesario**

La planificación es esencial y en cada operación y proceso ejecutado dentro de la empresa dicha planeación debe responder a interrogantes como: el tipo de maquinaria necesario, los materiales a utilizar, los desplazamientos, tiempos de proceso, herramientas de mano y demás elementos necesarios para cumplir con el objetivo proyectado; al hacer esto se tiene un panorama claro de las necesidades de cada puesto de trabajo de modo que se evite la instalación de elementos innecesarios o supérfluos.

La premisa es: mientras menos elementos existan en el sitio de trabajo es posible mantenerlos en orden con menor esfuerzo.

La idea puede parecer sencilla pero llevarla a la práctica puede implicar debates con los supervisores de área e ingenieros, habituados a unos procesos que ya hacen parte de la tradición y son difíciles de cambiar. Para facilitar el trabajo se debe tener en cuenta la frecuencia con que se utiliza un elemento: a mayor frecuencia más útil es y ha de estar disponible con mayor facilidad; y también la cantidad de material que se requiere para no tener acumulaciones excesivas. Todas aquellas tareas que promuevan la acumulación de elementos innecesarios han de ser simplificadas.

### **Clasificar lo útil**

Luego de establecer lo necesario para cada puesto de trabajo hay que asignarle el orden correcto. Muchos puestos de trabajo pueden parecer ordenados pero en realidad no lo están; el truco para reconocer el orden en un puesto de trabajo es determinar si los elementos que el trabajador requiere los puede conseguir de la forma más rápida y oportuna posible,

así el trabajador sabrá encontrar cada herramienta, pieza o materia prima que necesita y podrá dejarla en su sitio una vez utilizada.

#### **Localizar el material guardado con facilidad**

El orden hace que los desplazamientos innecesarios disminuyan y que la pérdida de tiempo por estar buscando los elementos disminuya. En el momento en el cual cada elemento que el trabajador utilizará durante su jornada deberá situarse de forma que su localización sea funcional en el sentido de ser encontrada con rapidez.

La NTP 481 aclara al respecto:

«... a título orientativo, los principios a aplicar para encontrar las mejores localizaciones para plantillas, herramientas y útiles debe considerar:

- Su frecuencia de uso, colocando cerca del lugar de uso los elementos más usados y, más alejados del lugar de uso, los de uso infrecuente u ocasional.
- Almacenar juntos los elementos que se usan juntos y, en su caso, depositados en la secuencia con la que se usan.
- Diseñar un mecanismo de almacenaje del tipo “soltar con vuelta a posición” para herramientas que se usan de modo repetitivo (ej.: en una cadena de montaje). Consiste en colocar las herramientas suspendidas de un resorte en posición al alcance de la mano. Al soltar la herramienta vuelve sin más a la posición de partida.
- Los lugares de almacenamiento de herramientas deben ser mayores que éstas de modo que sea fácil y cómodo retirarlas y colocarlas.
- Almacenar las herramientas de acuerdo con su función (almacenar juntas aquellas que sirven para funciones similares) o producto (almacenar juntas aquellas que se usan en el mismo producto).
- Utilizar soportes para el almacenamiento en los que se hayan dibujado los contornos de útiles y herramientas que faciliten su identificación y localización».

La señalización en los sitios de trabajo, así como en los lugares de almacenamiento intermedio y zonas de circulación ayuda a mantener el orden y facilita las labores de limpieza; todo lo referente a esta señalización se explica en el Capítulo 22 Señalización.

#### **Evitar ensuciar**

La limpieza no es una tarea de cada año, es un proceso diario y cuando se le convierte en un hábito se facilita su ejecución por la sencilla razón de que cada empleado evitará ensuciar su puesto de trabajo. Es cierto que hay ocasiones en las que se requiere una limpieza a fondo, pero a diario cada lugar de la empresa debe mantenerse aseado.

Para llevarlo a cabo se deben seguir las siguientes recomendaciones:

1. Contar con suficientes contenedores para almacenar los desperdicios y basuras.
2. Cada supervisor de área controlará el orden y limpieza en su sección.
3. Será responsabilidad de cada empleado mantener el orden en su sitio de trabajo.
4. La empresa proporcionará los elementos suficientes de aseo, como toallas, jabón y demás productos de limpieza.
5. Se priorizará la limpieza de sitios que conlleven riesgos como los derrames de productos tóxicos, líquidos peligrosos y materiales inflamables (sobre almacenamiento seguro ver Capítulo 4 Riesgos por almacenamiento).

### **Limpiar enseguida**

Cada empleado es el responsable de mantener limpio y ordenado su sitio de trabajo y para ello lo mejor es limpiar cuando algo se ensucie. La limpieza constante hace más fácil todo el proceso y por ello se ha hablado de crear los hábitos. Cuando se alcanza el hábito de limpiar enseguida se mejoran las condiciones de trabajo y de seguridad. Tal es el objetivo de toda empresa: hacer que las prácticas descritas se vuelvan tan rutinarias que todos los empleados las realicen automáticamente.

Para convertir en hábitos la organización, el orden y la limpieza e implantar una disciplina de trabajo, según la NTP 481 es necesario:

- «El apoyo firme de una dirección visiblemente involucrada y explícitamente comprometida en la consecución de tales objetivos,
- La asignación clara de las tareas a realizar y de los involucrados en la ejecución de las mismas. Se debe decidir quién es responsable de las actividades se deben realizar para mantener la organización, orden y limpieza,
- Integrar en las actividades regulares de trabajo las tareas de organización, orden y limpieza, de modo que las mismas no sean consideradas como tareas “extraordinarias” sino como “tareas ordinarias” integradas en el flujo de trabajo normal,
- Responsabilizar a una persona, preferentemente el mando directo de cada unidad funcional, de la bondad de cumplimiento de los procedimientos establecidos sin admitir ni tolerar incumplimientos, ni tan siquiera excepcionalmente».

### **Normatividad**

En este campo cada país cuenta con su propia normatividad, la cual tendrá por objetivo determinar las condiciones de los lugares de trabajo; su cumplimiento se debe ajustar en forma estricta a lo dicho en la norma, para evitar sanciones o responsabilidades por accidentes atribuibles a las instalaciones locativas.

A nivel internacional se puede consultar la “Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo” del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, la cual tiene un amplio temario referente a los diversos aspectos de las instalaciones locativas, entre ellos las NTP 404 Escaleras fijas,

NTP 434 Superficies de trabajo seguro I, NTP 435 Superficies de trabajo seguro II, NTP 481: Orden y limpieza y el Real Decreto 486/1997: Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

La Guía Técnica Colombiana GTC 45 especifica una veintena de factores de riesgos locativos y la manera de identificarlos; la NTC 4114 explica los componentes de seguridad industrial a ser tenidos en cuenta en la realización de inspecciones planeadas detallando las áreas, las instalaciones y los equipos, así como la manera de desarrollar acciones correctivas para eliminar los factores de riesgo locativo.

La norma oficial mexicana NOM-001-STPS de 2008 trata sobre las condiciones de seguridad en edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo.

## Riesgo mecánico

Hablar de riesgo mecánico es hacerlo de una gran variedad de elementos que pueden, en un momento determinado, convertirse en factores de riesgo. ¿Cuáles son esos elementos? En resumen, son todos aquellos instrumentos o ayudas que permiten realizar el trabajo de una manera ágil, eficiente, precisa y eficaz, tales como las herramientas y las máquinas.

El empleo de máquinas, si bien ha liberado al hombre de gran parte del esfuerzo que exige su labor, ha sido también motivo frecuente de lesiones; de modo que existe la paradoja: de una parte las máquinas proporcionan un importante apoyo para la realización del trabajo, y de otra, pueden constituirse en grave factor de riesgo, dada su fuerza, velocidad y fuentes de energía.

El Consejo Nacional Industrial de Estados Unidos calcula que del 10 al 15 por ciento de todos los accidentes de trabajo con lesión involucran a las máquinas; asimismo, se considera que el 19.2% de los accidentes con derecho a indemnización y el 3.1% de los accidentes fatales han sido resultado de la interacción hombre-máquina. Estos factores de riesgo se manifiestan principalmente en equipos y elementos de trabajo y el encargado de supervisar la seguridad en el sitio de labor debe establecer los parámetros sobre los mecanismos y los dispositivos de seguridad, para controlar los riesgos propios de las máquinas, los equipos y las herramientas.

Su prevención incluye multiplicidad de métodos y procedimientos de control, constituidos por una serie de dispositivos de seguridad y demás elementos integrados a la máquina, o herramienta, y a la aplicación de guías que permitan a los obreros una operación segura de todos estos componentes. Es de destacar que para la valoración del riesgo mecánico se emplea cualquiera de los modelos que existen para establecer el Grado de peligrosidad; en este libro se puede consultar este tema en los modelos incluidos en el Panorama de riesgos, Capítulo 16.

Conocer las precauciones básicas que deben tomarse para operar equipos mecánicos será el objetivo del presente capítulo, y la guía de campo la ofrece la siguiente tabla-resumen:

**TABLA 3.1**  
Factores riesgo mecánico.

RIESGO MECÁNICO	
Maquinaria y equipos	
Herramientas	
Equipos de transporte	A nivel de piso Elevado
Plataformas	Elevadas En suspensión
Andamios	Multidireccional Tubulares Colgantes De ménsula De caballete
Escaleras	Mano Tijera Portátil de pedestal Colgante De gato

## **Maquinaria y equipos**

En su conjunto las máquinas y los equipos están constituidos por partes fijas y móviles que actúan de forma sincronizada para modificar o encauzar una fuerza con el objetivo de lograr un fin predeterminado; por ejemplo, un taladro utiliza energía eléctrica para perforar una superficie. Simplificando, una máquina transforma energía para aplicarla a una tarea de utilidad en el trabajo y por lo general, la fuerza desarrollada por la máquina es bastante grande; de acuerdo con el grado de automatización de la máquina, se requiere de mayor o menor intervención directa del trabajador y la exposición del operario a la potencia de la máquina puede ocasionar lesiones.

Las causas de los riesgos mecánicos en máquinas tienen su mayor énfasis en:

1. Diseño y construcción de máquinas, equipos y herramientas sin condiciones de seguridad intrínseca o con materiales de resistencia insuficiente.
2. Ausencia de dispositivos de seguridad positiva.
3. Falta de resguardos.
4. Instalación de máquinas y equipos en lugares inadecuados por área, altura, ventilación e iluminación.
5. Falta de instructivos de operación segura.
6. Entrenamiento deficiente de operarios.
7. Inexistencia de programas de mantenimiento periódico, realizado por personal calificado.
8. Modificaciones en los mecanismos sin los conocimientos y recursos necesarios.

La maquinaria en general es costosa y está diseñada para una vida útil prolongada, por lo cual su adquisición e instalación deben ser objeto de un cuidadoso análisis.

## **La seguridad en el producto**

Se trata de una revisión detallada de los materiales de construcción de la máquina, los dispositivos de seguridad tales como los sistemas de parada de emergencia, la calidad y protección real de los resguardos, los aislamientos de partes eléctricas o de condiciones térmicas, la ubicación y la maniobrabilidad de los mandos de operación y la disponibilidad de instructivos de operación segura; para todo ello el encargado de seguridad puede aplicar el siguiente listado de verificación:

1. Calidad de los materiales.
2. Seguridad intrínseca.
3. Dispositivos de enclavamiento.
4. Sistema de enclavamiento con seguridad positiva.
5. Dispositivos de retención mecánica.
6. Parada de emergencia.
7. Resguardos.
8. Aislamientos.

9. Mandos.
10. Instructivos de operación segura.
11. Contaminación por ruido, vibraciones, temperatura, gases, vapores, humos, etc.

### **La instalación de las máquinas**

Es primordial disponer de espacio suficiente para instalar la máquina, planificar los espacios para los movimientos del operario, el almacenamiento de la materia prima y el producto terminado, para lo cual se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Respecto a las máquinas.
  - a. Instalación de máquinas.
  - b. Peso del equipo.
  - c. Generación de vibraciones.
  - d. Resistencia de losa o placa.
  - e. Anclajes.
2. Considerar espacios libres para:
  - a. Dimensiones de la máquina.
  - b. Desplazamientos de operarios.
  - c. Tránsito entre máquina y paredes, columnas y otros equipos.
  - d. Altura de la cubierta.
  - e. Así como áreas para almacenamiento de:
    - Materias primas e insumos.
    - Productos en proceso.
    - Productos acabados.
    - Demarcación de zonas de trabajo, almacenamiento y tránsito.

Recordar que la instalación adecuada de la maquinaria y su ubicación en un sitio firme y de fácil acceso son el primer mecanismo de seguridad.

### **Mantenimiento**

El buen mantenimiento de la maquinaria evita fallas que podrían ocasionar accidentes, por eso es importante establecer la existencia de los siguientes servicios, por parte del proveedor de la máquina:

1. Permanencia del fabricante o representante en el mercado local.
2. Suministro de repuestos, determinando tiempo de disposición garantizada.
3. Mantenimiento oportuno y por parte de personal idóneo.
4. Asesoría técnica.
5. Garantías de calidad.
6. Consulta con propietarios de equipos similares.
7. Comparación de precios y calidades, con los ofrecidos por otros proveedores.

### **Agentes más frecuentes de lesión**

Cuando una parte del cuerpo humano entra en contacto con elementos, partes o piezas de funcionamiento mecánico se pueden sufrir lesiones, por lo general bastante severas, cuya gravedad dependerá de la pieza que entre en contacto, de la velocidad de la máquina y de la región del cuerpo afectada, pero por lo general dichas lesiones están condicionadas por:

1. *Su forma*: aristas cortantes, bordes afilados o partes agudas de la máquina, que por lo general ocasionan heridas cortantes y/o penetrantes. En caso de que estas piezas estén girando a gran velocidad en el momento del suceso, la herida puede llegar a occasionar una amputación.
2. *Su posición relativa*: zonas de atrapamiento, las cuales aprisionan una extremidad o parte del cuerpo; ocasiona aplastamientos que por lo general, son causa de incapacidad física permanente.
3. *Su masa y estabilidad*: energía potencial, elementos que puedan caer por gravedad y que generan contusiones del tipo eritemas y hematomas.
4. *Su masa y velocidad*: energía cinética, elementos de inercia grande, los cuales ocasionan daños considerables cuando el objeto impactante transfiere la energía cinética al cuerpo del operario. Si es el objeto el que se mueve las lesiones son similares a las causadas por proyectiles o esquirlas; si es el operario el que cae las lesiones pueden ser del tipo de fracturas y contusiones graves.
5. *Su resistencia mecánica a la rotura o deformación*: suceden cuando a causa de la fuerza ejercida por la máquina la materia prima trabajada o el material mismo constituyente de la máquina, se rompe o deforma de manera tal que ocasiona lesiones del tipo de heridas cortantes, punzantes o contusiones en el operario.
6. *Acumulación de energía por muelles o depósitos a presión*: el accidente sucede cuando la energía acumulada se libera de una forma no controlada en un instante no planificado occasionando las lesiones en el trabajador.

Las electrocuciones, aunque pueden ser un factor de riesgo atribuible a la maquinaria, se tratan en el Capítulo 1 Factores de riesgo eléctrico; y los riesgos atribuibles al diseño mismo de la máquina se describen en detalle en el Capítulo 15 Riesgo ergonómico.

Los peligros no controlados de las máquinas pueden occasionar en el trabajador diversas lesiones como abrasiones, cortadas, quemaduras, golpes, fracturas, mutilaciones e incluso la muerte.

### **Controles del riesgo mecánico en máquinas**

Actualmente las máquinas, equipos y herramientas, son diseñados de forma que tienen una protección intrínseca frente a los riesgos que puedan occasionar durante su funcionamiento. No obstante, la vida bastante prolongada de los equipos mecánicos hace que todavía se utilicen máquinas construidas cuando la normatividad de seguridad no era tan estricta, los cuales representan riesgos para sus operarios.

Para controlar esta situación se han diseñado medidas de control que, mediante la instalación de elementos y dispositivos de seguridad, hacen posible continuar su uso dentro de condiciones de seguridad adecuadas.

Algunos controles posteriores que se pueden implementar en este tipo de máquinas, son los siguientes:

1. Sistemas de enclavamiento.
2. Dispositivos de retención mecánica.
3. Sistemas de enclavamiento con seguridad positiva
4. Mandos a dos manos.
5. Parada de emergencia.
6. Defensa ajustable.
7. Resguardos.

### Sistemas de enclavamiento

Consiste en un sistema que impide el funcionamiento de la máquina o parte de ésta cuando el operario no tiene posicionados los dispositivos de control. Uno de los más utilizados es el que se presenta en el gráfico 3.1, que consiste en un dispositivo electromecánico que únicamente permite la activación de la máquina cuando todos los elementos designados se encuentran en su posición habitual, por ejemplo, la máquina sólo se enciende cuando la tapa está ajustada y si por algún motivo se abre, la máquina se apagará automáticamente.

El gráfico 3.2 muestra el mecanismo interno del sistema de enclavamiento de seguridad positiva (ver detalle interior). En el dibujo se muestra que la leva ha hundido la cabeza del interruptor, separando los platinos y desactivando el suministro de energía; cuando la muesca de la leva quede sobre la cabeza del interruptor ésta subirá y se unirán los platinos y la máquina quedará energizada. En caso de rotura del elemento más débil (resorte) la máquina quedaría sin energía, condición que le da su característica de seguridad positiva.

El sistema es utilizado sobre todo en máquinas que conllevan un peligro de atrapamiento y/o corte para el operario, como los sistemas de guillotinas, máquinas con rodillos o aspas que en reposo no generan peligro para el operario, pero que de activarse la corriente eléctrica de forma imprevista, podrían ocasionar serias lesiones. La seguridad positiva consiste en eliminar el factor de riesgo mediante un mecanismo de seguridad y si éste sufre algún desperfecto, el equipo queda inactivado.

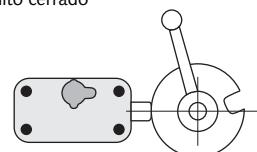
### Dispositivos de retención mecánica

Su mecanismo se fundamenta en que el comando de puesta en marcha, sólo se puede accionar estando la máquina con todas sus partes en condiciones de seguridad.

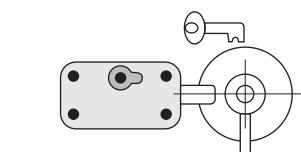
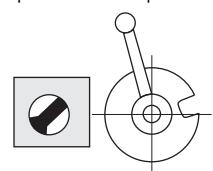
**GRÁFICO 3.1**

Modelo de enclavamiento, ejemplos de realización de enclavamiento de un interruptor. Permitirá bloquear un interruptor en la posición de "circuito abierto". Asegura la realización de las funciones de mantenimiento, puesta a punto, reparación, etc. de una máquina, impidiendo una puesta en marcha no deseada de la misma (tomado de la NTP 13 del INSHT).

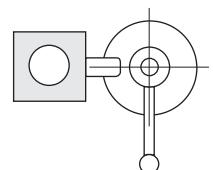
Círculo cerrado



Representación esquemática

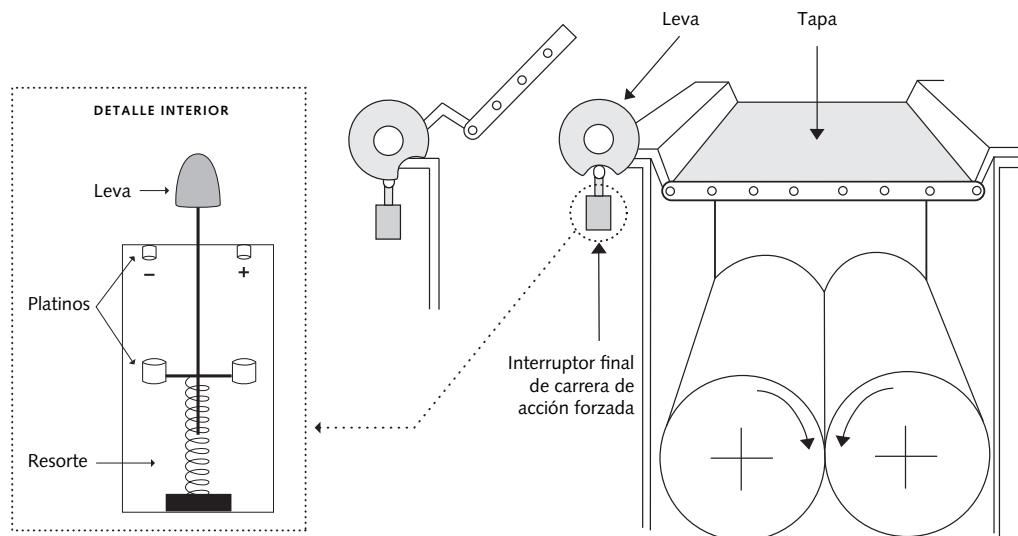


Círculo abierto  
(bloqueado)



**GRÁFICO 3.2**

Sistema típico de enclavamiento de seguridad positiva y detalle interior.  
(tomado de S.T.XI.13 INSHT).

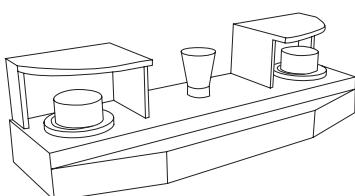


Se trata de sistemas de operación provistos de mecanismos que impiden la apertura de partes riesgosas de la máquina, mientras está esté en funcionamiento, y permiten su apertura una vez que se haya apagado el sistema.

Son sistemas sencillos y muy seguros. Los hay de numerosos tipos, todos cumpliendo la misma función. En el gráfico 3.4 se observa que sólo si la válvula A está cerrada, puede pasar la pestaña de la puerta de seguridad por la ranura que tiene; en caso de estar prendida la máquina, sería imposible abrirla o ponerla en funcionamiento con la pantalla abierta. Algunos sistemas de retención cuentan con mecanismos dobles como el observado en el gráfico 3.3, lo que hace improbable que la máquina entre en funcionamiento sin que el dispositivo de retención mecánica se haya acoplado de manera adecuada.

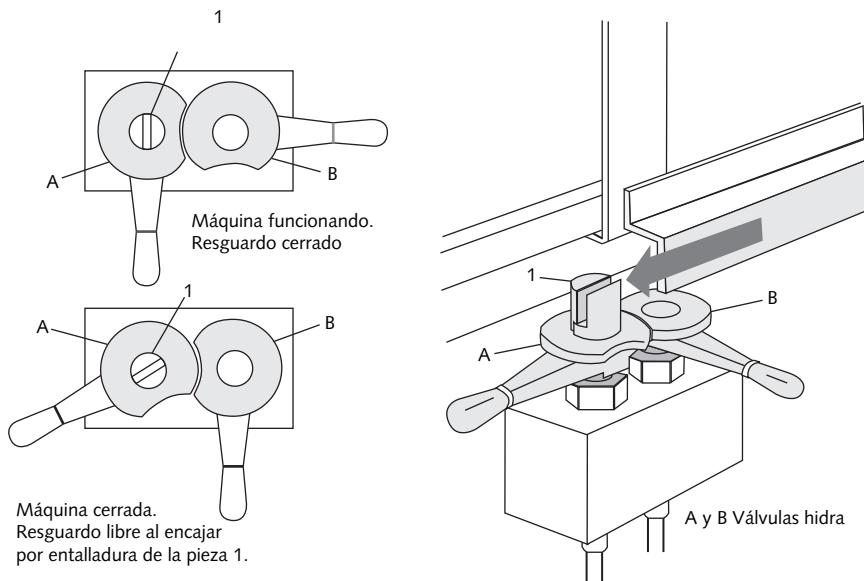
### Mandos

Los mandos hacen referencia a los interruptores o comandos que permiten al operario hacer funcionar una máquina. Como muchos accidentes ocurren cuando la máquina entra en funcionamiento en un momento equivocado, los mandos pueden cumplir una función de minimizar los factores de riesgo si son diseñados para que eviten el encendido accidental de la máquina. También el diseño de los mandos puede mantener alejadas las manos del operador de las zonas de peligro.



**GRÁFICO 3.3**  
Mando a dos manos.

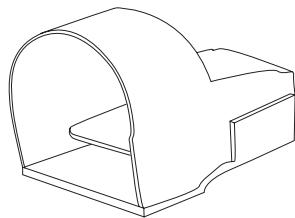
1. *Mandos a dos manos:* son aquellos donde los dos comandos se hallan ubicados en dos extremos, y tienen la particularidad que deben ser oprimidos simultáneamente para que el equipo se ponga en funcionamiento, con lo cual se asegura que las manos del operario estén alejadas de las zonas peligrosas (ver gráfico 3.3).
2. *Mandos a control remoto:* son utilizados cuando el trabajador deba estar retirado del equipo, como en la operación de puente grúas, comandados desde el piso. Los



**GRÁFICO 3.4**  
Dispositivo de retención mecánica. (tomado de S.T.XI.14 INSHT).

comandos a control remoto deben ser de presión constante; en los casos en que el operario pueda perder el control del mismo, por caídas u otro percance, el equipo se detiene al dejar de oprimirlo.

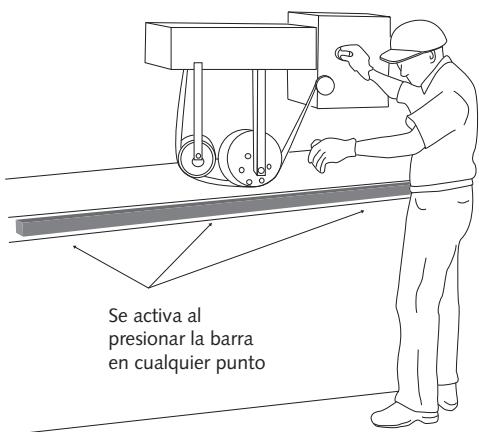
3. *Guardapedal*: consiste en una cubierta sobre el pedal, para evitar que éste se accione al caerle un material o pisarse accidentalmente. Se usa en operación de dobladoras, cortadoras y prensas troqueladoras.
4. *Mandos utilizados para reglaje o ajustes*: esta modalidad de mandos se utiliza para mantenimientos que exigen algún movimiento limitado de la máquina o enhebrada de telas o rollos de papel en rodillos de alimentación, para lo cual existen los siguientes:
  - a. Mando sensitivo. Funciona mientras se mantenga oprimido, al dejarse de oprimir el equipo se para.
  - b. Mando sensitivo a impulsos. Cada pulsación de mando origina un movimiento único y limitado. Para repetir el movimiento es necesario soltar y volver a oprimir el mando.
  - c. Mando sensitivo a velocidad baja. Funciona únicamente mientras el mando se mantenga oprimido, pero la velocidad de funcionamiento es baja, disminuyendo el riesgo.
  - d. Mando sensitivo a velocidad normal. Funciona únicamente mientras el mando se mantenga pulsado, y estando así el equipo funciona a velocidad normal.



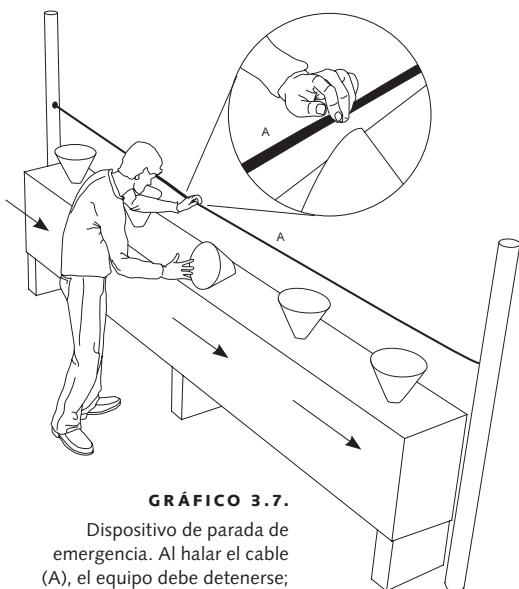
**GRÁFICO 3.5**  
Guardapedal.

#### Parada de emergencia

Es un mando con un propósito sencillo pero a la vez indispensable: parar el funcionamiento de la máquina en caso de presentarse un incidente.



**GRÁFICO 3.6**  
Parada de emergencia de barra.



**GRÁFICO 3.7.**  
Dispositivo de parada de emergencia. Al halar el cable (A), el equipo debe detenerse; al soltarlo no debe entrar en funcionamiento nuevamente y será necesario iniciar la máquina desde los comandos habituales.

**GRÁFICO 3.8**  
Sistema de defensa enclavada a pedal.

Se aconseja que el botón de parada de emergencia sea con cabeza de zeta (honguito) y de color rojo sobre un círculo amarillo.

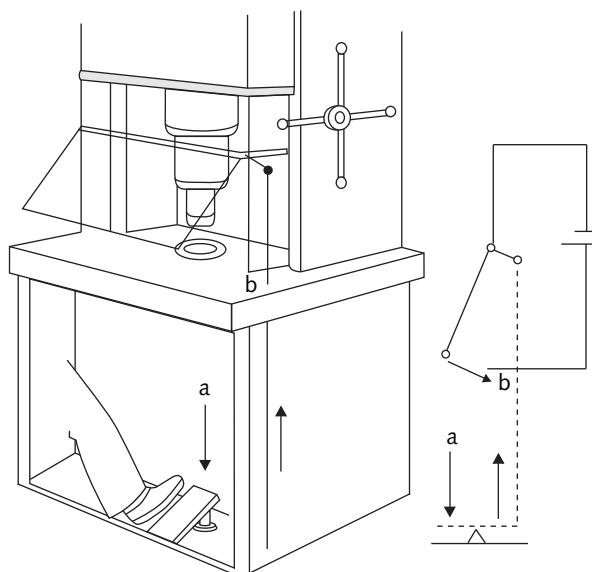
En máquinas con superficies amplias, como una dobladora o una guillotina, se presenta la dificultad para el operador de accionar el botón de emergencia porque podría quedar distante de su posición; para esos casos se utiliza la parada de emergencia de barra, que ocupa una extensión amplia e incluso se puede accionar con diversas partes del cuerpo. El gráfico 3.6 muestra una parada de este tipo, incrustada a lo largo de la mesa de trabajo, de modo que el operario puede accionarla con facilidad desde donde se encuentre.

Otra alternativa es la parada de emergencia con cable, la cual es aplicable a equipos de gran longitud y en transportadores; permite al trabajador parar el equipo desde cualquier lugar del recorrido. El hecho de soltar el cable no debe permitir que entre en funcionamiento el equipo.

#### Defensa ajustable

Las defensas ajustables y enclavadas a mandos de operación, consisten en barreras físicas que se interponen entre el operario y la zona de peligro de la máquina de manera automática, cuando se accionan los mandos de funcionamiento.

Este sistema se puede aplicar a diversos dispositivos de seguridad, como pueden ser los enclavados a sistemas de cierre (al oprimir el mando una barrera aisla la zona de peligro), una defensa ajustable a una sierra sinfín (cuando se oprime el mando la barrera protege las manos del operario del corte



de la sierra), o los sistemas de defensa enclavados en el pedal, como se detalla en el gráfico 3.8, donde se aprecia que al oprimir el pedal (a), baja una barrera protectora (b), evitando el ingreso de las manos al campo de operación.

### Resguardos

Los sistemas de enclavamiento y los dispositivos de retención mecánica sólo permiten accionar la máquina cuando diferentes componentes de la misma se encuentran en una posición de seguridad; pero los dispositivos de resguardo van más allá en la acción de protección, al constituirse en una barrera efectiva que impide que el operario tenga contacto con las partes en movimiento de la máquina así como con los materiales depositados en la máquina, esquirlas y/o pequeños objetos que puedan impactarle. En general, son cubiertas que impiden que se pueda acceder a las partes dotadas de movimiento de una máquina.

Existen numerosos tipos de resguardo, como: el resguardo móvil (apartacuerpos o apartamanos), válido sólo para velocidades lentas, los resguardos envolventes que aislan las partes dotadas de movimiento por todos sus lados.

### Visores

Los visores consistentes en láminas acrílicas o de vidrio endurecido, se instalan en el punto de operación para evitar lesiones por proyección de esquirlas o materiales, utilizados en equipos como: esmeriles o muelas, tornos, fresas, entre otros.

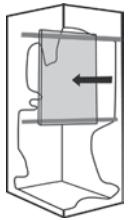
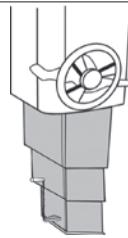
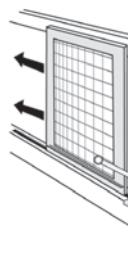
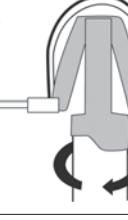
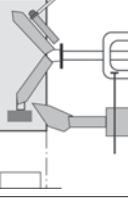
La tabla 3.2, basada en las especificaciones de la Norma EN 2002 clarifica los diferentes sistemas de resguardo para mayor claridad del lector.

RESGUARDOS PARA PROTECCIÓN DE MÁQUINAS		
Tipo de resguardo	Definición	Esquema
Fijo	Resguardo que se mantiene en su posición de forma permanente (soldadura), o mediante elementos de fijación (tornillos), que impiden que puedan ser retirados sin auxilio de herramientas.	

**TABLA 3.2**

Medios de protección de máquinas, resguardos, tomados de la Norma EN 2002.

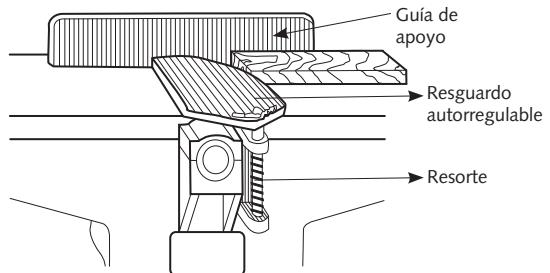
**RESGUARDOS PARA PROTECCIÓN DE MÁQUINAS**

<b>Móvil</b>	Resguardo por lo general asociado mecánicamente al bastidor de la máquina o a un elemento fijo próximo, mediante bisagras o guías de deslizamiento y que es posible abrir sin uso de herramientas.	
<b>Regulable</b>	Resguardo fijo o móvil que es regulable en su totalidad o que incorpora partes regulables.	
<b>Con dispositivo de enclavamiento</b>	Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento de manera que las funciones de seguridad de la máquina, cubiertas por el resguardo, no pueden desempeñarse hasta que el resguardo esté cerrado; la apertura del resguardo supone la orden de parada, mientras que su cerrado no provoca la puesta en marcha de la máquina.	
<b>Con dispositivo de enclavamiento y bloqueo</b>	Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento y a un dispositivo de bloqueo mecánico. Se diferencia del anterior en que no puede abrirse hasta que desaparece el riesgo de lesión.	
<b>Asociado al mando</b>	Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento o de enclavamiento y bloqueo, de forma que las funciones peligrosas de la máquina no pueden realizarse hasta que el resguardo esté cerrado, mientras que el cierre del resguardo provoca la puesta en marcha de la máquina.	
<b>Resguardo envolvente</b>	Con mandos externos de control remoto.	

## Control en el trabajador

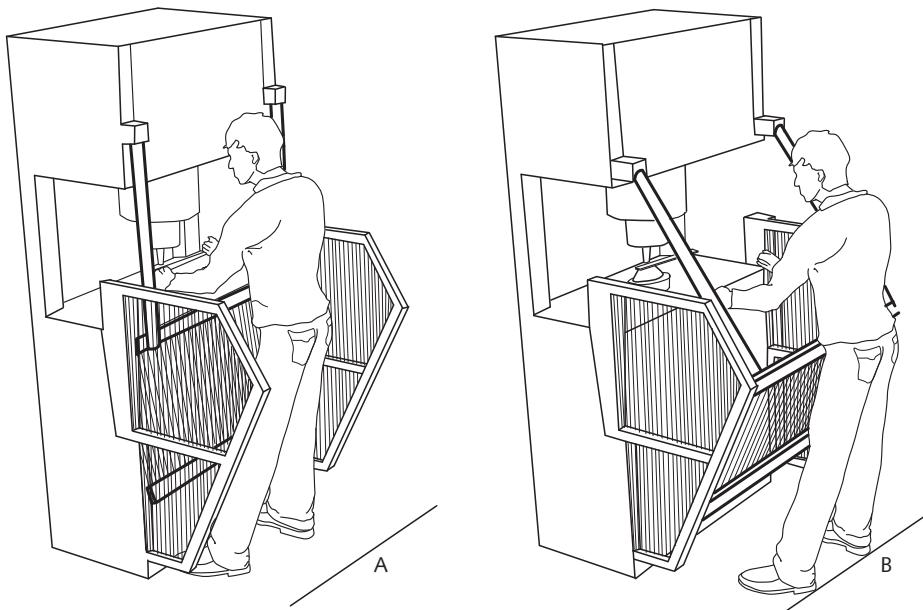
El control en el trabajador se puede hacer mediante programas de:

1. Capacitación y adiestramiento.
2. Equipos de protección personal, de acuerdo con las condiciones de trabajo y la actividad que desarrolle.
3. Instructivos de operación segura (ver modelo a continuación).
4. Pausas programadas.
5. Racionalización de las cargas de trabajo.
6. Rotación.
7. Supervisión.



**GRÁFICO 3.9**

Resguardo punto de operación  
cepilladora planeadora.



**GRÁFICO 3.10**

Resguardo móvil (apartacuerpos).  
Únicamente utilizable en  
equipos de operación lenta.  
El operario puede acercarse  
a realizar el trabajo (A), pero  
cuando la máquina entra en  
operación el resguardo lo aleja  
de la fuente de peligro (B).

El trabajador debe recibir una capacitación adecuada para el manejo seguro del equipo y la manera de actuar en caso de algún percance.

La fuerza que le confiere su condición mecánica, hace que los equipos de protección personal sean poco confiables como medida única de protección (por ejemplo, los guantes no son efectivos para prevenir un aplastamiento generado por una prensa troqueladora), por lo cual se aconseja que su utilización se haga en forma complementaria, para evitar efectos lesivos como: proyección de materiales, cortes, abrasiones, material particulado, gases y vapores, quemaduras y golpes, entre otros. En caso de que las situaciones de peligro sobrepasen las especificaciones de seguridad de los equipos de protección personal, se deben utilizar resguardos.

### **Instructivo de operación segura**

Las medidas de control enumeradas anteriormente pueden ser efectivas, pero necesitan de un complemento básico: toda empresa ha de disponer de instructivos de operación segura para las actividades peligrosas en cada una de las máquinas, a efecto que sirvan de guía permanente para el trabajador y le ayuden al supervisor a verificar que estas instrucciones de seguridad establecidas se están aplicando en el trabajo diario.

A manera de ejemplo se presenta un modelo de instructivo de operación segura en prensas troqueladoras.

#### **Ejemplo: Prensas troqueladoras mecánicas para metales: instructivo de operación segura**

##### **Objetivo**

Dar a conocer los principales riesgos de las prensas troqueladoras y los sistemas de preventión y protección más adecuados para controlar los riesgos.

##### **Características generales**

El prensado es uno de los más antiguos procesos industriales. Las prensas troqueladoras, son equipos que mediante un molde o matriz estampan por deformación y/o cortan gran cantidad de materiales diferentes, ejerciendo una presión que puede ir desde algunas decenas a varios centenares de kilos por metro cuadrado.

##### **Piezas que la componen:**

*Bancada:* pieza de fundición sobre la que descansa la máquina.

*Bastidor:* pieza de hierro que se apoya sobre la bancada y soporta la cuchilla y el pisón.

*Prensa:* mecanismo dotado de un cabezal móvil que desciende sobre el portamolde.

*Mesa portamoldes:* placa sobre la cual se coloca el molde.

*Mecanismo de embrague:* mecanismo que realiza la operación de prensado.

*Freno:* pieza para la inmovilización del equipo.

*Guías:* columnas de direccionamiento y soporte sobre las cuales se desliza el cabezal móvil.

##### **Seguridad en prensas troqueladoras**

1. Montaje de moldes o matrices
2. Preoperación de la prensa
3. Operación de la prensa
4. Almacenamiento de materia prima y producto terminado
5. Limpieza y lubricación
6. Protección de la prensa
7. Protección del trabajador

1. Montaje de moldes o matrices. Para el montaje y desmontaje de los moldes y las matrices se tendrán en cuenta las siguientes normas:
  - a. La máquina debe estar apagada, desconectada, bloqueados los movimientos de inercia y gravedad y enclavado el suministro de energía.
  - b. En matrices de más de 25 kilogramos, la movilización y montaje deben ser asistidos por un sistema mecánico de transporte e izaje (mesas escualizables rodantes, polipastos, diferenciales, etc.)
  - c. Comprobación del aseguramiento a la placa porta moldes.
2. Preoperación de la prensa troqueladora
  - a. Comprobar conexiones correctas a las fuentes de energía.
  - b. Verificar funcionamiento de dispositivos de seguridad y comandos de operación.
  - c. Verificar colocación segura de molde.
3. Operación de la prensa
  - a. Concentración completa en la operación de la prensa.
  - b. Estar atento a percibir alteraciones al funcionamiento normal.
  - c. Seguir un ritmo de trabajo que no represente estrés.
  - d. No realizar variaciones al proceso sin autorización.
4. Almacenamiento de materia prima y producto terminado
  - a. Alistamiento del material que vaya a utilizarse, el cual debe quedar ordenado y en lugar fácilmente accesible al operario.
  - b. Alistamiento de recipiente o dispositivo que permita descargar el material procesado en forma ordenada y segura.
5. Limpieza y lubricación
  - a. Antes de iniciar labores de limpieza y lubricación, constatar que la máquina esté apagada y desconectado y enclavado el suministro de energía.
  - b. Leer el manual de mantenimiento.
  - c. Realizar limpieza general, retirando polvo, grasa, virutas, etc.
  - d. Aplicar grasa en las graseras, las cuales deben ser numeradas para no omitir ninguno de los puntos. Se inyectará grasa hasta que salga grasa de la nueva, a efecto de que la anterior sea removida en su totalidad.
  - e. Aplicar aceite en los lugares o en los puntos de aceitado, los cuales deben estar numerados para no omitir ninguno de los puntos.
  - f. Verificar el ajuste de tornillos y pernos, colocación de pines, ajuste de tuercas.
  - g. Si hubo que retirar resguardos de la máquina para su mantenimiento, deben ser reinstalados colocando la totalidad de tornillos que tenían, en caso de faltar alguno se debe comunicar y restituirlo de inmediato.

6. Protección en la prensa. Todo el personal seguirá los métodos de trabajo adecuados, para lo cual debe contar con capacitación previa. De modo general se procurará instalar alguno de los siguientes métodos:
  - a. Moldes cerrados o con una ranura de alimentación que no permita el ingreso de cualquier parte de la mano del trabajador.
  - b. Dispositivo de alejamiento que impida que las manos del trabajador puedan ingresar al campo de operación de la máquina.
  - c. Doble comando manual.
  - d. Protector de pedal, en los equipos accionados con el pie.
  - e. Bastidor con una compuerta móvil en la abertura de alimentación, con seguro de enclavamiento eléctrico o de retención mecánica.
  - f. Uso de pinzas, aire a presión o ganchos para retirar las piezas cuyo tamaño permita el ingreso de las manos al campo de operación.
  - g. Alimentadores automáticos.

Nota: como norma general de seguridad, bajo ningún motivo el operario puede introducir cualquier parte de la mano en el campo de operación de la prensa.

7. Protección en el trabajador. Para operar prensas mecánicas para metales se dispondrá de las siguientes prendas de protección personal:
  - a. Protectores faciales de acetato transparente, o en su defecto, gafas de tipo universal como protección contra impactos.
  - b. Guantes de seguridad de cuero curtido.
  - c. Calzado de seguridad contra riesgos mecánicos.

La ropa de trabajo debe quedar ajustada en las mangas y no disponer de bolsillos o partes que puedan enredarse. Igualmente, el operario no deberá usar argollas, anillos, esclavas, relojes, cabello largo suelto, collares, etc.

## **Herramientas**

Las herramientas son todos aquellos instrumentos utilizados por el trabajador para realizar su labor. Por lo general se utilizan de forma individual y como son usadas durante una gran parte de la jornada laboral, de existir factores de riesgo en su utilización, la probabilidad de accidentes es muy alta comparada con otros factores de riesgo laboral. Las herramientas, según la energía que las activa, pueden ser:

1. *Herramientas de mano*: todas aquellas accionadas por la fuerza de los músculos del operario. Pueden generar desde pequeños rasguños hasta aplastamientos y heridas cortantes o punzantes muy graves.
2. *Herramientas eléctricas portátiles*: accionadas por el hombre y asistidas por energía eléctrica. Su inadecuado manejo ocasiona daños severos debido a la

velocidad de las piezas móviles de la herramienta y al posible contacto con la energía.

3. *Herramientas neumáticas portátiles:* son accionadas por el hombre con asistencia de aire comprimido y la fuerza que generan es de una magnitud tal que pueden ocasionar daños severos al cuerpo del operario de no existir las condiciones de seguridad adecuadas. Igualmente, son ruidosas, por las descargas de aire, cuando no se dispone de silenciadores. Estas herramientas causan accidentes especialmente por las siguientes razones:
  - a. Herramientas defectuosas.
  - b. Mantenimiento deficiente.
  - c. Uso de herramientas inadecuadas para la tarea.
  - d. Uso incorrecto de la herramienta.

Las herramientas pueden generar las siguientes lesiones en el trabajador:

1. Aplastamiento.
2. Atrapamiento.
3. Cizallamiento.
4. Corte.
5. Enganche.
6. Fricción y abrasión.
7. Impacto.
8. Proyección de fluidos.
9. Punzonamiento.

Las herramientas defectuosas y los mantenimientos deficientes se pueden solucionar si se dispone de un plan de selección, adquisición, mantenimiento y reposición de herramienta. Por su parte, factores de riesgo como el uso de herramientas inadecuadas para la tarea, pueden disminuirse con el cumplimiento de un plan que contenga, como mínimo, los siguientes requisitos:

1. Herramientas diseñadas ergonómicamente y adecuadas al trabajo.
2. Capacitación del personal para el uso y conservación de herramientas.
3. Sitios adecuados para almacenar herramientas.
4. Establecer características de la herramienta acorde a los trabajos que se vayan a realizar.
5. Mantener sistemas de inspección periódica.
6. Mantener un plan de recambio que permita dar de baja oportunamente herramientas con desgaste o por fallas insalvables.
7. Programa de mantenimiento permanente.
8. Selección y adquisición, teniendo en cuenta calidad, seguridad y diseño ergonómico.

En la práctica, para el correcto manejo de las herramientas se usan conjuntamente los cuatro niveles de prevención integrada: evitar el peligro, protección contra peligros inevitables, advertir al usuario y disposiciones suplementarias. A continuación se detallará la manera de minimizar los riesgos durante el uso de las herramientas.

### **Herramientas manuales**

Son aquellas que requieren exclusivamente de la potencia de los músculos del trabajador para su uso. Según las estadísticas de la Oficina de Trabajo y Seguridad Social de España, de los accidentes presentados a causa de herramientas, el 85% lo son por herramientas de mano.

Según la NTP 391 de España. Los principales riesgos asociados a la utilización de las herramientas manuales son:

1. Golpes y cortes en manos, ocasionados por las propias herramientas durante el trabajo normal.
2. Lesiones oculares por partículas provenientes de los objetos que se trabajan y/o de la propia herramienta.
3. Golpes en diferentes partes del cuerpo por desprendimiento de la propia herramienta o del material trabajado.
4. Esguinces por sobreesfuerzos o gestos violentos.

Cada tipo de herramienta requiere un uso diferente y por tanto, implica peligros distintos. La tabla 3.3 clarifica los diferentes tipos de herramientas de mano.

**TABLA 3.3**

Clasificación básica de herramientas de mano.

CLASE DE HERRAMIENTA DE MANO	EJEMPLO
a) Herramientas básicas.	Martillos de todos los tipos, etc.
b) Herramientas de medida.	Compás, metro, escuadra, calibradores.
c) Herramientas para cortes grandes.	Serruchos, troceros, azuelas, machetes, etc.
d) Herramientas para cortes pequeños.	Cincel, formón, tijeras, cuchillo, etc.
e) Herramientas para dar forma y terminado.	Limas, cepillos, raspadores, lijas manuales, gubias, etc.
f) Herramientas para perforar.	Taladro, punzones, barrenos, brocas, etc.
g) Herramientas para fijación.	Tornillo de banco, prensa de sujeción, etc.
h) Varios.	Palas, picas, azadones, etc.
i) Herramientas de ensamble y armado.	Destornilladores de pala y de estrella; llaves: de expansión, de tubo, de boca fija, de estrella o estrías.

Las herramientas manuales deben cumplir con un plan de seguridad que incluye su ergonomía, su uso y su mantenimiento preventivo. Las principales causas de accidentes, dependiendo la clase de herramienta utilizada, son:

**Martillos, macetas, hachas y azuelas:**

1. Mangos sueltos o poco seguros.
2. Mangos astillados o ásperos.
3. Cabezas saltadas o rotas.
4. Ganchos abiertos o rotos.
5. Emplearlos como palancas o llaves.
6. Sujetar el mango muy cerca de la cabeza.
7. Emplear el pomo del mango para golpear.

**Alicates, pinzas, tenazas:**

1. Herramienta deformada.
2. Mangos de forma inadecuada.
3. Mandíbulas gastadas o sueltas.
4. Filo de la parte cortante mellado.
5. Usar alicates para soltar o apretar tuercas o tornillos.
6. Usarlos para golpear.
7. Mangos rotos.

**Sierras, serruchos, seguetas:**

1. Hojas mal colocadas o torcidas.
2. Mangos sueltos, partidos o ásperos.
3. Dientes desafilados o maltratados.
4. Traba inadecuada de los dientes.
5. Cortar con demasiada velocidad o fuerza.
6. Trabajar con solo una parte de la hoja.

**Picas, palas, azadones, garlanchas:**

1. Mangos sueltos, astillados o ásperos.
2. Herramienta mal encabada en el mango.
3. Desafilados o mal afilados.
4. Usarlos como palancas o martillos.
5. Tratar de hundir demasiado la herramienta.

**Llaves, de boca fija, de estrella, de copa:**

1. Bocas o estrías gastados, deformados o con grietas.
2. Sinfín desgastado o con hilo quebrado.

3. Usarlas como martillo o palanca.
4. Empujar en vez de halar la llave.
5. Emplear una llave de tipo o tamaño no apropiado.

**Destornilladores de paleta, de estrella:**

1. Mangos sueltos o partidos.
2. Puntas romas, partidas o astilladas
3. Herramienta mal templada.
4. Vástagos torcidos.
5. Usarlos como palanca, cincel, botador, formón, sacabocados, etc.
6. Usar destornilladores que no correspondan al tamaño y tipo del tornillo.

**Punteros, cinceles:**

1. Cabezas astilladas, saltadas o con rebordes.
2. Vástagos demasiado cortos para un manejo seguro.
3. Filos rotos o saltados.
4. Usarlos como palancas.
5. Tratar de hacer un corte demasiado profundo.
6. Cincelar hacia adentro o hacia otras personas.

**Limas, escofinas:**

1. Sin mangos.
2. Puntas quebradas., gastadas o engrasadas.
3. Usarlas como palanca, martillo, destornillador, etc.
4. Golpearlas o limar en forma incorrecta, especialmente en máquinas en movimiento.
5. Usarla para cortar material.

**Llanas, palustres, espátulas:**

1. Mangos astillados, rotos o mal soldados.
2. Hojas curvadas, agrietadas o rotas.
3. Usarlas para cortar losas o ladrillos.

**Formones, cuchillos, bisturís:**

1. Mangos astillados, sueltos o rotos.
2. Vástagos torcidos, mal templados o demasiado cortos.
3. Filos mellados o agrietados.
4. Usarlos como palanca, martillo o destornillador.
5. Usarlos para cortar clavos o teniendo el material en la mano.

### **Forma correcta de usar herramientas de mano**

Utilizar herramientas inadecuadas para la tarea asignada puede ser causa de accidente, ya que el operario terminará por maniobrarla de forma indebida aumentando el riesgo.

Basados en la NTP 393 de España, se explican algunos parámetros importantes para prevenir lesiones en los trabajadores por el uso de herramientas de mano:

1. *Selección de la herramienta correcta para el trabajo a realizar:* el uso de una herramienta inadecuada es una de las principales causas de accidentes. La idea de un “ahorro de tiempo” que incita al operario a utilizar un destornillador como cincel o un alicate como martillo. Como la herramienta no está diseñada para ese uso, el riesgo de accidentes aumenta.
2. *Mantener las herramientas en buen estado:* los filos desgastados se convierten en una de las principales causas de accidentes con heridas de corte; los destornilladores con la punta roma hacen que la herramienta pierda el agarre y pueda resbalarse hiriendo al operario.
3. *Uso correcto de las herramientas:* los operarios deben estar capacitados para utilizar las herramientas de modo adecuado, ejerciendo la presión que cada una de ellas pueda soportar, según las especificaciones técnicas y manipularlas de acuerdo a los parámetros aceptados para cada herramienta.
4. *Entorno que facilite su uso correcto:* los espacios estrechos impiden la maniobrabilidad de la herramienta. En los casos de mantenimiento es preferible desmontar las piezas para poder trabajar en ellas con mayor espacio.
5. *Guardar las herramientas en lugar seguro:* una herramienta puede ocasionar un accidente si es dejada “por ahí”, en cualquier lugar. No sólo ocurre con las herramientas filosas, herramientas como las palas, picas y azadones pueden ocasionar accidentes graves si alguien tropieza con ellas.
6. *Asignación personalizada de las herramientas siempre que sea posible:* la mejor manera de velar por el uso correcto de las herramientas es que cada operario tenga asignado un set de herramientas de forma permanente y se haga responsable por su estado y ubicación.

### **Recomendaciones al utilizar herramientas**

1. *Alicates:* utilizarlos para sujetar objetos pequeños o manipular objetos con filos.
2. *Destornilladores:* al utilizarlos colocar los objetos de trabajo sobre una superficie plana.
3. *Martillos:* utilizar aquellos provistos de mango antideslizante o de forma ondeada que se ajuste a la curvatura de la mano.
4. *Herramienta cortante o filosa:*
  - a. Asegurarse de tener buen espacio para trabajar.
  - b. Cortar siempre hacia fuera en dirección opuesta al cuerpo.

- c. Proteger la mano acompañante, que va a sostener el objeto a cortar o trabajar.
- d. Utilizar elementos cortantes muy bien afilados.
- e. No utilizar elementos cortantes para otros fines, como por ejemplo, usarlos como destornillador.
- f. Almacenar los elementos cortantes por separado y resguardados.
- g. No transportar herramientas filosas en los bolsillos o en la ropa, hacerlo en fundas o portaherramientas.
- h. No dejar herramientas cortantes en sitios donde puedan accidentar a otras personas, y no guardarlas sueltas en cajones o donde sea difícil ver el contenido de lo que está guardado. Preferentemente usar barras imantadas sobre una mesa, para que en caso de caída no reboten.

### **Herramienta eléctrica**

Consideraciones para el uso correcto de herramientas eléctricas:

1. Usar herramientas eléctricas con empuñadura de material dieléctrico o aislante.
2. Utilizar aparatos detectores de tensión.
3. Mantener las guardas de seguridad de las herramientas e informar cuando estén en mal estado.
4. Revisar que el tomacorriente al que va a conectarse tenga puesta a tierra; no es conveniente utilizar convertidores de tres a dos patas. Cuando se requiera trabajar en lugares en que la instalación no tenga polo a tierra, utilizar herramienta de doble protección, la cual estará indicada en el cuerpo del equipo por el siguiente signo:



### **Herramienta neumática**

Consideraciones para el uso correcto de herramientas neumáticas:

1. Golpes por trepidación o balanceo de mangueras.
2. Golpes en los pies por caída de herramienta.
3. Cerrar el aire y purgar la línea antes de cambiar accesorios o desconectar una manguera.
4. Utilizar elementos de protección personal, tales como protección visual, auditiva y guantes de operación.

### **Equipos de transporte e izaje de cargas**

Durante las labores propias del trabajo es necesario movilizar máquinas, herramientas, materias primas o productos terminados. El transporte de cargas sin medios mecánicos se trata en el Capítulo 15 Riesgo ergonómico, y el transporte de cargas que implica la utilización de medios mecánicos se contempla a continuación.

## **Transporte e izaje de cargas**

Esta actividad es común en la mayoría de las empresas, pero desafortunadamente es una de las causas más frecuentes de accidentes al personal directamente involucrado en el proceso, así como a trabajadores que se encuentran en su área de influencia.

Se hará referencia exclusivamente a movimiento de materiales sólidos y recipientes, que para su movilización cumplen tres fases básicas: levantamiento de cargas, transporte interno y descarga, incluyendo la fase de almacenamiento.

### **Equipos para levantar cargas**

Estos equipos deben cumplir con normas nacionales y/o internacionales en cuanto a especificaciones de fabricación, factor de seguridad y diseño que garanticen la seguridad de todo el personal. Deben cumplir con un programa de mantenimiento preventivo, y sus partes críticas han de ser sometidas a pruebas para asegurar su estado de acuerdo con las normas. Deben contar con un programa de inspección y certificación de los componentes del sistema de izaje y ser operados por personal debidamente entrenado y acreditado.

La tabla 3.4 presenta un resumen de los principales equipos para el levantamiento de cargas.

EQUIPOS DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE DE CARGAS		
Equipos para levantar cargas	Elevadores	Ascensores. Montacargas.
	Aparatos	Aparejos: bloques de poleas.
		Grúas y aparejos.
	Elementos auxiliares	Cables. Cuerdas. Cadenas. Ganchos.
Manipulación mecánica de cargas	Normas generales	
	Sujeción de cargas	Eslingado.
	Riesgos inherentes a la maquinaria y a sus elementos	
	Riesgos generales del emplazamiento de máquinas.	
Aparatos móviles de transporte: carretillas elevadoras	Dispositivos de seguridad principales	Pórtico de seguridad. Placa portahorquillas. Frenos eficaces. Asiento ergonómico.
	Conductor de carretillas	Carnet, formación adecuada.
	Normas de utilización	Centro de gravedad lo más bajo posible. No circular ni aparcar con horquilla levantada. Velocidad máxima 20 km/h.
	Riesgos y medidas preventivas	Caída cargas. Vuelco. Choque.

**T A B L A 3 . 4**

Equipos de transporte y elevación de cargas.

EQUIPOS DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE DE CARGAS		
<b>Cintas transportadoras</b>	Riesgos	Atrapamientos (tambores de cabeza y cola entre cinta y rodillos). Caídas de altura. Caída de materiales. Polvo.
	Medidas preventivas	Protección de transmisiones. Carenado. Instalación de pasarelas con barandilla. Paros de emergencia. Extracción localizada.
<b>Transportadores de tornillos</b>	Artesas cubiertas	Riesgos: atrapamientos de pies y manos.
	Medidas preventivas	Inaccesibilidad al punto de peligro. Paro de emergencia.
<b>Almacenamiento de materiales</b>	De objetos sin embalar	Materiales rígidos lineales, tubos, perfiles, etc.
		Sacos: altura 1,5 m y escalonar cada 0,5 m.
		Materiales rígidos no lineales (cajas, bidones, piezas diversas).
	Almacenamiento por paletizado	Bandejas de carga formadas por dos plataformas unidas.  Medidas preventivas en el paletizado: altura máxima 1,5 m; peso máximo 700 kg; flejes no superiores al perímetro de la paleta.

Se relacionan las recomendaciones generales existentes para esta clase de equipos; todos los componentes deben cumplir estrictas normas de fabricación y de uso:

#### Grúas

1. Deben disponer de lastres o contrapesos, acordes a las cargas que puedan soportar, así como prever las variables que puedan surgir por acción de los vientos, inestabilidad del terreno y demás aspectos que puedan comprometer su correcta operación.
2. El factor de seguridad frente al vuelco será como mínimo de 4 (se entiende como factor o coeficiente de seguridad el valor que multiplicado por la resistencia mínima necesaria permite disponer de un margen de seguridad suficiente).
3. El operador debe ser persona calificada y autorizada, de conformidad con la legislación del respectivo país. Para realizar su trabajo debe ubicarse en un lugar en que tenga una visión clara de toda la zona de influencia del equipo. Cuando esto no sea posible, se debe disponer de otro operario con quien se comunique mediante un código de señales.
4. Antes de su instalación se debe verificar que no existen líneas energizadas en su radio de acción.

### Aparejos, bloques de poleas

1. Los bloques de poleas deben revisarse periódicamente para establecer el estado de ejes y poleas. Es importante utilizar únicamente cables del diámetro correspondiente a la garganta de la polea.

### Cables

1. Los cables deben corresponder a los requerimientos del trabajo a que se vayan a someter.
2. Los cables deben desecharse cuando presenten signos de estiramiento, aplastamiento, oxidación o en cualquier parte de su longitud, en un tramo de seis diámetros, seis hilos rotos en un cable de seis torones.

### Cuerdas

1. Deben ser preferentemente de hilos sintéticos, ya que las fibras naturales pueden tener variaciones considerables de resistencia; su factor de seguridad es de 10.
2. Los usuarios deben abstenerse de pasarlas sobre superficies filosas, cantos o aristas que puedan desgastarlas. Esta medida es aplicable también a los cables.

En caso de tener que realizar trabajos con cuerdas que deban estar en contacto con materiales ásperos o superficies filosas, se deben utilizar cantoneras que atenúen los ángulos, como las que se indican el gráfico 3.11. Estas cantoneras están elaboradas en materiales plásticos de alta resistencia que no degradan la cuerda.

### Cadenas

1. Deben ser fabricadas en hierro forjado o acero.
2. Se prohíbe hacer empalmes con tornillos.
3. Se mantendrán sin nudos ni torceduras y se inspeccionarán periódicamente para determinar la existencia de grietas, alargamiento y desgaste de eslabones y corrosión.

### Ganchos

1. Serán de acero forjado y contarán con pestillos de seguridad para impedir que al bascular las cargas se desprendan.
2. Deben estar marcados con indicación de su capacidad máxima de carga.
3. Se debe revisar que no se haya abierto el gancho en cuyo caso, y al superar un 15% la distancia de diseño, debe sustituirse.

### Movimiento mecánico de cargas: normas generales

1. Se hará preferentemente en sentido vertical y lentamente, sin movimientos bruscos.
2. No se debe móvilizar carga suspendida por encima de personas y estaciones de

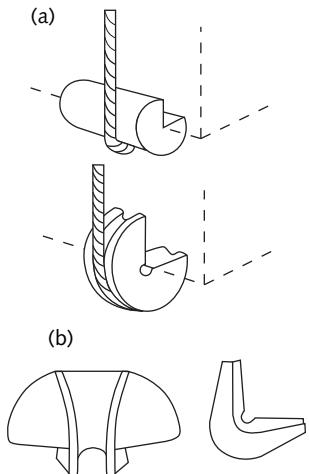


GRÁFICO 3.11

Cantoneras para cuerdas  
(tomado de S.T. XII.12 INHST).

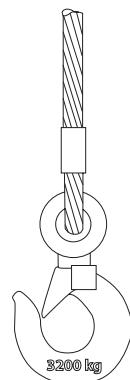


GRÁFICO 3.12

Gancho (Tomado de  
S.T. XII.8 INHST).

Nota: los elementos de izaje  
deben estar certificados en  
cuanto a su capacidad de carga.

- trabajo; en caso de que sea inevitable hacerlo, se debe disponer el retiro previo del personal.
3. No se debe dejar material suspendido más tiempo que el estrictamente necesario para subir y bajar la carga.
  4. No se movilizarán personas junto con la carga; para el movimiento de personal se emplearán canastillas diseñadas y certificadas para tal fin.
  5. En caso que el operario del equipo no tenga visión total sobre la zona de influencia del aparato, se recurrirá a otro operario que le hará las indicaciones del caso, mediante código de señales.
  6. Las normas generales de tránsito del transporte intramural, serán claramente señalizadas y difundidas entre todo el personal.

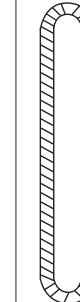
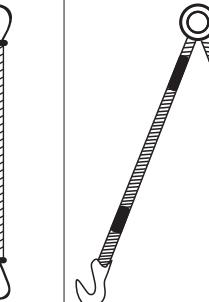
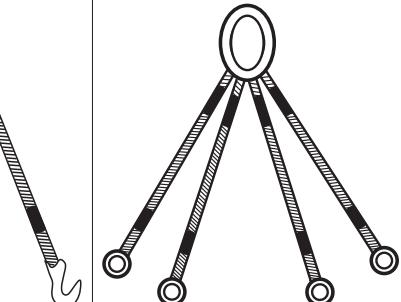
### **Sujeción de cargas, eslingado**

Para sujetar en forma segura las cargas, se deben observar los siguientes aspectos:

1. Empleo de cables, mallas, cuerdas, o cadenas y acoplos de resistencia suficiente.
2. Tipo de acoplamiento de terminales.
3. Ángulos de las eslingas al elevar la carga.
4. Número de ramales de la eslinga.
5. Características del amarre.
6. Inspecciones y mantenimiento periódicos.

Las eslingas tienen diferentes diseños dependiendo del tipo de carga que se va a sujetar. Los más comunes se presentan en la tabla 3.5.

**TABLA 3.5**  
Tipos de eslinga.

Simple	Sin fin	Para lanzada	De 2 ramales	De 4 ramales
				

Un factor determinante consiste en hacer el cálculo de capacidad de una eslinga; cuando los ramales no trabajen verticales, se debe tener en cuenta el ángulo de trabajo respecto a la vertical, para lo cual se debe multiplicar el peso de la carga a levantar por el coeficiente correspondiente al respectivo ángulo.

Se recomienda que el ángulo de la eslinga no sea superior a  $45^\circ$ , para evitar que las eslingas se corran y se cierren con lo cual perderá estabilidad la carga; se recomienda el uso de separadores.

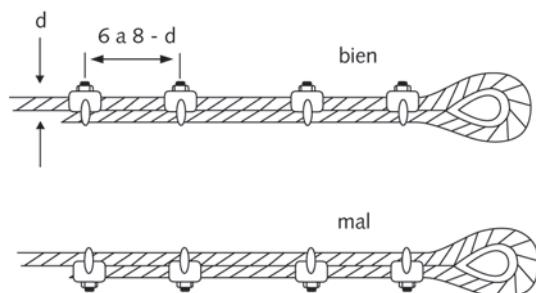
De acuerdo con el tipo de terminal también se debe hacer un ajuste, de conformidad con la tabla 3.6.

Para la sujeción de los extremos de las eslingas a las cuerdas se utilizan grapas. La forma correcta de colocar las grapas en relación con el cable suelto es la siguiente: el caballete de la grapa queda en contacto con el cable del cable, según se muestra en el gráfico 3.13.

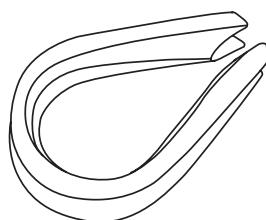
Para que la grapa funcione adecuadamente es necesario un número de grapas preestablecido según la normatividad vigente para hacer una lazada (anillo) o unir dos cables entre sí, de acuerdo con el diámetro del cable; los valores estándar se muestran en la tabla 3.7.

Finalmente, para proteger la lazada o anillo del roce de ganchos o materiales sobre los cuales quede colocada la lazada se debe instalar un guardacabos (ver gráfico 3.14), cuya función consiste en evitar el desgaste de los hilos del cable.

La tabla 3.8 muestra todo el conjunto en acción: cuerdas, eslingas, grapas y cabos. Hay que recordar que los diámetros de las cuerdas corresponden al peso que puedan soportar y viene dado por el fabricante y nunca se debe exceder este límite. Además, las cuerdas y todo su aparejo tienen una vida útil que no debe excederse por ningún motivo, lo que implica el constante reemplazo del equipo que presente desgaste.



**GRÁFICO 3.13**  
Forma correcta de colocar las grapas.



**GRÁFICO 3.14**  
Guardacabos.

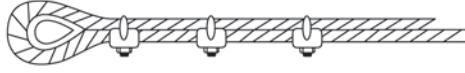
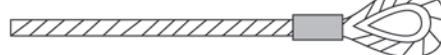
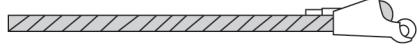
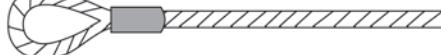
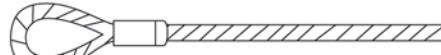
**TABLA 3.6**  
Ángulo entre ramales para eslinga.

ÁNGULO ENTRE RAMALES 	COEFICIENTE
0°	1,00
40°	1,06
50°	1,10
60°	1,16
70°	1,22
80°	1,31
90°	1,42
100°	1,56
110°	1,75
120°	2,00
130°	2,37
140°	2,93
150°	3,86
160°	5,76

**TABLA 3.7**  
Número de grapas de acuerdo con el diámetro del cable.

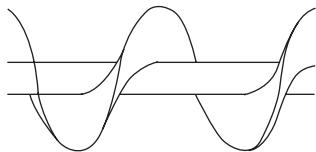
DIÁMETRO DEL CABLE EN MM.	ABRAZADERAS PRECISAS	
	PARA FORMAR UN ANILLO	PARA UNIR CABLES
5 a 12	4	4
12 a 20	5	6
20 a 25	6	6
25 a 35	7	8
35 a 50	8	8

**TABLA 3.8**  
Distintos sistemas de sujeción de cargas por medio de cuerdas y cables.

Terminal forjado	
Terminal cónico con zinc colado	
Grapas (el número varía con el diámetro)	
Guardacabos cpm gaza forrada a mano	
Terminal en cuña (depende del diseño)	
Gaza forrada a mano	
Gaza flamenca con manguito mecánico	
Terminal con guardacabos y manguito a presión	

### Transportador de banda (cintas transportadoras)

Son equipos que tienen como finalidad el transporte de materias primas o productos de un sitio a otro. Son elementos auxiliares, las hay fijas y portátiles y por su versatilidad, cumplen un importante papel en la movilización de cargas. Su mayor riesgo está en los agrafes que unen la cinta y en los elementos de transmisión, si el resguardo no es envolvente, es decir, que el resguardo no cubra la parte interior del transportador.



**GRÁFICO 3.15**

Tornillo sinfín. Utilizado como sistema de alimentación.

### Transportadores de tornillo

Están conformados por un tornillo sinfín que arrastra el material hacia el final de su recorrido.

Sus principales riesgos son los atrapamientos por accesibilidad al tornillo, por lo tanto, se recomienda que la artesa esté cubierta en todas las partes en que pueda hacer contacto con el trabajador. Por su naturaleza, los transportadores de tornillo requieren de botones de paro de emergencia en caso que el operario entre en contacto con el tornillo sin fin.

### Plataformas

Por lo general las plataformas tienen asistencia eléctrica, hidráulica o mecánica, para poder transportar y elevar personas y materiales pesados de características muy variables

como: matrices, cilindros, etc. Su seguridad estará relacionada con frenos, paradas y descensos de emergencia, así como barandillas periféricas en caso de movilizar personas. Es importante tener en cuenta que a pesar de su estabilidad intrínseca, estos elementos deben anclarse o asegurarse, de conformidad con las indicaciones del fabricante. Es obligatorio seguir estrictamente las recomendaciones de mantenimiento establecidas en el respectivo catálogo.

## **Andamios**

Los andamios son herramientas de trabajo esenciales para múltiples labores, y es allí donde se presentan numerosos accidentes por caídas y lesiones que podrían prevenirse mediante el uso adecuado de estas estructuras.

Para comenzar el tema se presentarán algunas definiciones importantes sobre la partes constitutivas de un andamio, tomadas del Instructivo para diseño, montaje, uso y desmontaje de los andamios de Ecopetrol VRP-I-010; y para claridad de los lectores neófitos la tabla 3.9 muestra los principales tipos de andamio.

### **Definiciones básicas**

*Andamio:* es una estructura o plataforma elevada temporal, usada para soportar personas y materiales con el fin de poder efectuar trabajos de una manera segura.

*Andamio móvil:* pueden desplazarse a una nueva posición manteniendo su montaje.

*Anclaje o amarres:* elemento para amarrar el andamio a partes fijas. Según los empujes horizontales se calcula el número de anclajes.

*Armador de andamios:* persona competente que se encarga del montaje y desmantelamiento de andamios.

*Barandas:* un elemento estructural incorporado al andamio para evitar la caída de una persona desde una plataforma o vía de acceso.

*Base regulable:* elemento estructural que permite nivelar el andamio y un correcto reparo de cargas al terreno.

*Brazo pescante:* elemento que se utiliza para izar piezas del andamio o cualquier otro elemento que no supere un peso de 50 kg.

*Carga nominal:* peso máximo que puede soportar el andamio.

*Carga máxima:* soporta el peso de todo el personal, equipos y estructura del andamio.

*Base collar:* elemento estructural que asegura el arriostramiento al inicio de la estructura.

Se coloca generalmente entre la base regulable y el vertical. Este puede estar incorporado en la base regulable.

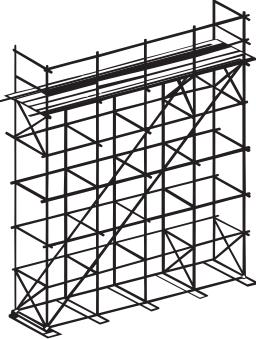
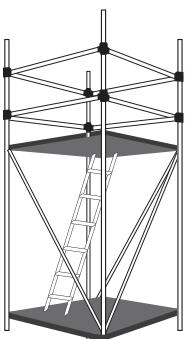
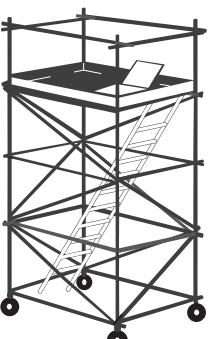
*Contrapeso:* elemento o sistema sólido y estable que se utiliza como peso, se coloca en la parte contraria para que queden en equilibrio.

*Diagonales:* elemento estructural necesario para asegurar el arriostramiento vertical y horizontal del andamio, además de absorber las carga a los demás elementos verticales.

*Grapa giratoria:* una grapa utilizada para unir tubos en un ángulo diferente a un ángulo recto.

- Grapa universal:* una grapa de soporte de carga utilizada para conectar dos tubos en ángulo recto o en paralelo.
- Guardapiés o rodapiés:* un soporte en el borde de una plataforma, que evita que los materiales o los pies de los operarios se deslicen de esta.
- Horizontal en U:* elemento estructural con sección transversal en forma de U destinada a servir de apoyo a las plataformas con garras.
- Horizontal:* pieza con doble finalidad, elemento estructural de arriostramiento y elemento de protección como baranda.
- Inspector de andamios:* es la persona certificada para realizar la labor de verificar que el andamio cumpla con los procedimientos, estándares y normas aplicables.
- Plataforma:* es un elemento estructural diseñado para soportar carga de personas, herramientas y/o materiales, donde se realizan los trabajos.
- Replanteo:* reproducir en terreno el primer nivel de horizontales, con el fin de verificar que el diseño es el adecuado.
- Superficie de trabajo:* área destinada a soportar operarios, herramientas y materiales de trabajo que se encuentra delimitada por doble barandilla o pasamanos y rodapiés.
- Verticales:* elemento estructural principal que transmite las cargas verticales a la superficie de apoyo. En algunos sistemas (multidireccional) trae consigo soldada un disco con perforaciones que permite la conexión de hasta ocho barras con una unión de cuña.
- Voladizo:* elemento del andamio en vuelo realizado con ménsula, acoplado a la estructura básica del andamio.
- Zona de paso:* aquella zona en la cual no se va a realizar el trabajo y exclusivamente se emplea para tránsito de los operarios.

**TABLA 3.9**  
Tipos de andamio.

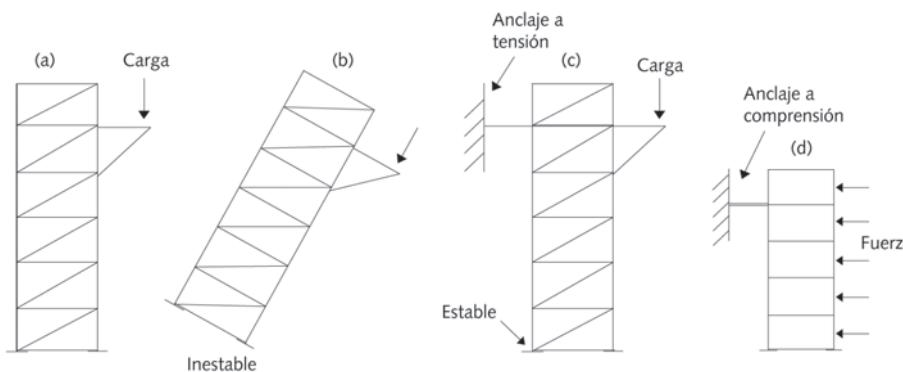
TIPOS DE ANDAMIO		
Tubo y abrazadera (universal, argentino o dalmine).	Andamio de sistema multidireccional, multifuncional, tipo roseta.	Andamios móviles (con ruedas)
		

### Especificaciones mínimas fabricación

La tubería con la que se fabrica el andamio debe ser estructural grado 50,000 PSI de fabricación.

## Estabilidad del andamio

El gráfico 3.16 muestra la manera en que las fuerzas actúan en la estructura del andamio. Las cargas ejercen una fuerza que debe ser contrarrestada con un anclaje firme a una estructura fija de modo que la estabilidad se mantenga en todo momento. En (a) se observa un andamio que sin carga parece estable, pero al colocar una carga en (b), el peso hará perder la estabilidad y posiblemente toda la estructura caiga al piso, a no ser que como se hizo en (c), se coloque un anclaje a tensión que contrarreste la carga; la posición (d) nos muestra la forma en que actúan las cargas en el andamio de ejemplo.



**GRÁFICO 3.16**

Estabilidad de un andamio.

Para mantener la estabilidad se siguen las siguientes recomendaciones:

1. Se debe garantizar la estabilidad del andamio en todo momento, ya sea con anclajes, fijaciones, venteos o bases ampliadas.
2. Si el andamio no se puede fijar o anclar, ventear a una estructura y si la relación de altura-base mínima supera 4:1 (en el caso de espacios internos) ó 3:1 (en el caso de espacios externos), se debe ampliar la base. La mayoría de los fabricantes de andamios, proveen un sistema para hacer el andamio autoestable.
3. Las fijaciones, anclajes o venteos, deben estar instalados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante o en el componente horizontal más cercano a la altura 4:1 y repetido verticalmente en los elementos horizontales cada 7,9 m cuando el ancho del andamio sea mayor a 0,91 m. Si el ancho del andamio es menor a 0,91 m, se deben instalar cada 6,1 m. En el último venteo o fijación, se debe verificar que se cumpla la regla 4:1 sobre la parte más alta del andamio. Las fijaciones horizontales se realizan en los extremos y cada 9,1 m. Si se van a usar anclajes o fijaciones, se deben seguir las recomendaciones del fabricante.
4. Al subir o bajar componentes del andamio en el proceso de armado y desarmado, se debe tener en cuenta el efecto de esta acción sobre la estabilidad del andamio.
5. No se deben utilizar pernos de anclaje para limpia-ventanas como anclajes para fijar el andamio a la estructura.

6. Cuando el andamio tiene voladizos o ménsulas, se debe hacer el venteo o fijación o contrapeso respectivo para evitar que el andamio se vuelque. En este caso, el área de la base debe ser mayor al área de la ménsula.
7. Los andamios no deben ser usados para anclar diferenciales, plumas, poleas o cualquier otro elemento que permitan transporte vertical de equipos y herramientas, a no ser que sea el andamio de sistema y que su diseño esté aprobado por una persona competente.
8. Los marcos, verticales o tubos del andamio debe estar soportados por bases y listones u otra base firme.
9. La superficie que soporta el andamio debe estar nivelada y sólida para que pueda soportar el peso y su carga sin hundirse o desplazarse.
10. Objetos inestables no deben usarse para soportar andamios o plataformas como barriles, cajas o bloques.
11. Objetos inestables no se deben usar como plataformas de trabajo.
12. Los marcos, verticales y tubos verticales del andamio deben estar aplomados y reforzados diagonalmente de forma segura y rígida para evitar balanceos y desplazamientos.
13. En el caso de los andamios autoestables, la relación 4:1 se mide desde la base hasta la última plataforma de trabajo, es decir, se excluye la altura de la baranda.
14. Los andamios con una altura superior a 37 m, deben estar diseñados por un ingeniero profesional, y el armado y uso debe ser acorde a tal diseño. Se deben dejar planos y especificaciones técnicas para las inspecciones.

**TABLA 3.10**

Tipos de andamio según su carga.

CAPACIDAD DE CARGA RECOMENDADA (KG / M <sup>2</sup> )	TIPO DE TRABAJO
120	Trabajo liviano
240	Trabajo medio
360	Trabajo pesado

### Capacidad del andamio

1. Todo andamio y sus componentes deben ser capaces de soportar sin falla, su propio peso y al menos 4 veces el peso de la carga clasificada, aplicada y transmitida.
2. El andamio debe ser diseñado por una persona calificada. El proceso de armado y la carga impuesta, debe ser acorde a este diseño.

Las luces máximas para los planchones fabricados o plataformas, los determina el fabricante, pero hay algunas formas de clasificación dependiendo del tipo de trabajo a realizar (tabla 3.10).

Las luces máximas permitidas para tablones de 5 cm a 25 cm (nominal) o de 4 cm x 24 cm (cepillado) se pueden apreciar en la tabla 3.11.

**TABLA 3.11**

Carga máxima y luz permisible.

CARGA MÁXIMA DE TRABAJO (KG / M <sup>2</sup> )	LUZ PERMISIBLE (M)
120	3,0
240	2,5
360	2,0

### Uso adecuado del andamio

Las siguientes son las recomendaciones a tener en cuenta por parte de los operarios encargados de armar, desmontar y utilizar el andamio. Se dividen las recomendaciones en las secciones Armado, Plataformas, Accesos, Inspección y mantenimiento, Recomendaciones durante su uso.

### **Armado**

1. Las actividades de montaje, desmontaje y uso del andamio deben estar incluidas dentro del sistema de permisos de trabajo, pues los andamios se consideran un sistema de acceso de trabajo en alturas.
2. Antes del montaje, desmontaje o uso de los andamios, se debe hacer un análisis de riesgos para identificar posibles situaciones de riesgos.
3. El fabricante o proveedor del andamio, debe proveer un manual y entrenar al usuario en el correcto uso, armado y desarmado del andamio. El andamio y sus componentes deben estar certificados.
4. La carga impuesta al andamio y sus componentes, no debe sobrepasar las cargas de trabajo para las cuales fueron diseñados y éstos se deben utilizar de acuerdo a las recomendaciones del fabricante
5. No se deben usar los andamios para soportar carga como formaletas de losas, si no han sido diseñados para tal uso
6. Se debe verificar que el andamio y sus componentes no tenga defectos y deben ser inspeccionados por una persona competente antes de cada turno de trabajo, después de un incidente que hubiese afectado la integridad estructural del andamio. Cuando el andamio va a estar en uso por largo tiempo o cuando no está completamente armado y existe el peligro que personas ajenas al proceso lo usen.
7. El andamio no se puede desplazar horizontalmente cuando algún empleado esté sobre él, a no ser que haya sido diseñado para tal desplazamiento por un ingeniero acreditado.
8. El andamio no debe ser armado, usado, desarmado, desplazado o alterado si la distancia entre el andamio o cualquier material conductor de energía y las líneas de energía, es menor a 3,0 m. Si no es posible mantener esta distancia, se debe contactar a la empresa de energía y las líneas eléctricas deben estar desenergizadas, reubicadas o se deben instalar sistemas dieléctricos para prevenir contactos accidentales con las líneas.
9. Los andamios deben ser armados, desplazados, desarmados o alterados únicamente bajo la supervisión y dirección de una persona calificada en el armado, desplazamiento, desarmando o alteración. Únicamente una persona entrenada puede seleccionar a los trabajadores para realizar estas funciones.
10. Colocar línea de Puesta a tierra al andamio.

### **Plataformas**

1. Los niveles de trabajo deben tener plataformas que cubran el 100% del área.
2. El espacio entre las plataformas adyacentes, y entre plataformas y la estructura del andamio (verticales, tubos o marcos de andamios) no debe ser mayor a 5 cm.
3. Cuando el empleador pueda demostrar que un espacio más amplio entre plataformas es necesario, no puede ser mayor a 24 cm.

4. Cuando las plataformas se usan para acceso o durante el proceso de armado y desarmado del andamio, el empleador definirá el número de plataformas que considera proporcionará un trabajo seguro a sus empleados.
5. Los andamios que se usan para acceso con plataformas, no deben tener un ancho menor a 46 cm.
6. El espacio máximo permitido entre el borde del andamio y la fachada de trabajo es de 36 cm. Si el espacio es mayor, es conveniente instalar barandas en el borde del andamio o el trabajador debe tener un sistema de protección de caídas. Cuando es un voladizo o ménsula, el espacio máximo permitido es de 8 cm. Cuando se usan plataformas que no está aseguradas al andamio, el borde de la plataforma debe extenderse mínimo 15 cm por fuera del andamio. Cuando la plataforma es de 3 m de longitud o menos, la extensión máxima por fuera del andamio es de 30 cm. Si la plataforma es mayor a 3 m, la extensión máxima por fuera del andamio es de 46 cm. En ambos casos la extensión permitida puede ser mayor, si ésta soporta al trabajador sin peligro de volcamiento (efecto trampolín) o si hay barandas que impidan al trabajador acceder a la extensión.
7. Cuando se usan plataformas que no está aseguradas al andamio, las plataformas deben estar traslapadas como mínimo en 30 cm o estar aseguradas entre sí para evitar el movimiento.
8. Cuando se instalen plataformas (que no estén aseguradas al andamios) que impliquen cambios de dirección como en las esquinas , se debe instalar primero la plataforma que forma un ángulo diferente a 90° con el horizontal travesaño, y luego se instalan las plataformas que formen ángulos de 90°, encima de la primera plataforma.
9. Los tablones o planchones de madera no deben estar cubiertos con acabados opacos, excepto en los bordes para identificación. Los planchones se pueden cubrir con algún acabado antideslizante o para preservar la madera, pero en ningún caso la debe opacar.
10. Las puntas o terminaciones de las plataformas no deben constituir un peligro para los trabajadores.
11. Los tablones de madera usados como planchones de andamio, deben tener un grado de fabricación mínimo de 1,500 PSI y deben estar certificados para tal uso. Deben tener el sello estampado que lo acredita para tal uso.

### **Accesos**

Todos los empleados que usen un andamio requieren de un sistema de acceso (escaleras tubulares, escaleras con pasos) seguro para acceder a la plataforma ubicada. Las siguientes son las recomendaciones a tener en cuenta:

1. Las crucetas no se deben usar como acceso en un andamio.
2. Las escaleras tubulares deben estar instaladas de tal forma que no afecten la estabilidad del andamio.

3. El primer peldaño de la escalera tubular no debe estar a más de 0,61 m de altura sobre el nivel de acceso.
4. El peldaño de las escaleras tubulares debe tener una longitud mínima de 0,29 m.
5. Todos los pasos de las escaleras deben tener una superficie antideslizante.
6. No se permite variación en el ancho de los peldaños
7. Acceso desde otra estructura. Está permitido, siempre y cuando la distancia horizontal entre la estructura y el andamio es de máximo 0,36 m. La distancia vertical máxima permitida es de 0,61 m.
8. Una persona competente debe determinar si el acceso es o no seguro para los trabajadores. Se debe basar en las condiciones del área de trabajo y en el tipo de andamio que se está armando o desarmando.
9. Las escaleras deben ser instaladas en la medida en que se está realizando el proceso de armado, para permitir el armado y uso seguro del andamio.

#### **Inspección y mantenimiento**

1. En caso que algún componente del andamio esté dañado, se debe retirar inmediatamente y reemplazarlo.
2. Cada andamio en uso debe tener un aviso que incluya fecha de inspección y persona autorizada. Ese aviso incluye un código de identificación.
3. Cada andamio debe tener hoja de vida que incluya: fecha de fabricación, código de identificación, supervisor que aprobó el armado, ubicación, precauciones especiales, fecha de armado, fecha de desarmado.
4. El fabricante deberá entregar además la copia de la certificación.
5. Cualquier parte del andamio que esté dañada y debilitada y que su capacidad de carga se reduzca del factor de seguridad de 4:1, debe ser retirado y reemplazado.
6. No se deben mezclar componentes de andamio de diferentes fabricantes, a no ser que los componentes se ajusten sin usar ningún tipo de fuerza y la estabilidad del andamio no esté comprometida.

#### **Recomendaciones durante su uso**

1. El trabajo en los andamios está prohibido ante tormentas o fuertes vientos, a no ser que una persona competente determine la seguridad de los trabajadores y se usen sistemas de protección de caídas o mallas rompevientos (si se van a usar, se debe tener en cuenta la fuerza del viento y evitar el efecto “vela”).
2. No se deben acumular escombros, herramientas y equipo en las plataformas del andamio.
3. El trabajador no se debe apoyar en cajas o recipientes para incrementar la altura en una plataforma
4. El trabajador no debe usar escaleras para incrementar la altura en una plataforma.

5. La deflexión máxima permitida de una plataforma cuando está cargada es longitud / 60.
6. No se deben usar ácidos u otras sustancias corrosivas en el andamio. Si el fabricante lo autoriza, el equipo y los operarios deben protegerse contra los riesgos inherentes al uso.

### **Requerimientos de entrenamiento**

Todos los empleados que usen, armen, desarmen o modifiquen un andamio, deben estar capacitados en el conocimiento de riesgos asociados al uso del andamio y deben conocer los procedimientos usados para minimizar dichos riesgos. Dicho entrenamiento se debe realizar por una persona competente y debe incluir como mínimo:

1. Los riesgos de caída de personas y objetos en un área de trabajo, así como el procedimiento correcto de prevención.
2. Sistemas de acceso seguro al andamio.
3. Los riesgos eléctricos y el procedimiento correcto para evitarlos.
4. Estabilidad del andamio de acuerdo al tipo de trabajo requerido.
5. Normatividad.
6. Identificación de componentes y su correcto uso.
7. El criterio de diseño, el uso que va a tener y la capacidad de carga del andamio.
8. El correcto procedimiento para realizar el armado, desarmado, desplazamiento, mantenimiento, inspección o alteración del andamio.
9. Manejo de herramientas durante el proceso de armado y desarmado.

El frente de trabajo debe contar con un inspector o supervisor de andamios, que verifique que el andamio cumple con los procedimientos y normas relacionadas. El inspector debe estar entrenado por una persona competente. Si es para andamios menores a 4 m de altura, el inspector no es obligatorio.

### **Sistemas de protección de caídas con andamios**

Cuando un empleado trabaje a una altura de 1,5 m sobre un nivel inferior, debe estar protegido contra caídas y seguir las siguientes recomendaciones:

1. Debe estar protegido en todos los lados abiertos y en los extremos (excepto si en el extremo hay una pared) del andamio por barandas o usar un sistema de protección de caídas.
2. En aquellos andamios que permiten el movimiento de la plataforma de trabajo, el trabajador siempre deberá implementar un sistema de protección de caídas.
3. En el caso del armado y desarmado de los andamios, una persona competente determina cual de las dos es el medio más adecuado, que garantice la seguridad para sus trabajadores.

4. Se deben instalar barandas superiores e intermedias (ambas). La baranda superior debe estar instalada entre 0,97 m y 1,2 m sobre la plataforma de trabajo. La baranda intermedia estará localizada en el medio entre la baranda superior y la plataforma de trabajo.
5. Las barandas deben tener una resistencia mínima de 200 lbs. (90.8 kg) en cualquier dirección.
6. Deben estar aseguradas al andamio. Cualquier fuerza aplicada no debe mover o alterar la baranda.
7. La superficie del material de las barandas debe estar libre de elementos que puedan cortar o lastimar a los trabajadores. Las puntas o terminaciones de las barandas no deben constituir un peligro para los trabajadores.
8. Cables de acero o cintas plásticas no se deben usar como barandas.
9. Si se van a usar otros materiales sintéticos, se debe tener en cuenta la resistencia mínima y debe ser avalado e inspeccionado permanentemente por una persona competente.
10. Las crucetas se pueden usar como barandas intermedias si la intersección (cruz) de las dos crucetas está ubicada entre 0,5 m y 0,8 m de la plataforma de trabajo; y como barandas superiores si la intersección (cruz) de las dos crucetas está ubicada entre 0,97 m y 1,3 m de la plataforma de trabajo.
11. Cuando el andamio está instalado en un espacio interior que no implique peligro de caída desde 1,5 m a un nivel inferior, no se requiere instalación de barandas.

#### **Protección de caída de objetos**

Además de la obligación de usar cascos, cada empleado debe estar protegido de caídas de herramientas, escombros y otros objetos desde el andamio.

1. Se deben instalar rodapiés o zócalos, mallas u otros mecanismos que eviten la caída de objetos desde un nivel más alto.
2. Si hay un riesgo de caída permanente de herramientas, equipo o materiales desde el andamio y que pueda golpear a personas abajo, se debe proteger el área y evitar el acceso de personas, así como instalar rodapiés y si los objetos apilados tienen una altura mayor a la del rodapié, se deben instalar mallas o paneles a una altura mayor.

#### **Requerimientos especiales andamio de tubo y**

#### **abrazadera (universal, argentino o dalmine)**

1. Normas de estabilidad, acceso y plataformas de acuerdo a los ítems anteriores.
2. En el proceso de armado y uso, no se deben mover las plataformas hasta que se hayan instalado los tubos horizontales y diagonales en la siguiente lección.
3. Se debe hacer un esquema de instalación de diagonales transversales en forma de "X" a lo ancho y en cada extremo del andamio. Se instala verticalmente cada tercer módulo. Horizontalmente intercalado uno sí y el otro no.

4. Las fijaciones o amarres se realizarán de acuerdo a lo dispuesto en el capítulo correspondiente.
5. Las diagonales deben estar instaladas lo más cerca posible a los tubos horizontales del andamio.
6. Los largueros horizontales deben estar instalados en las caras interior y exterior del andamio a la misma altura del tubo vertical
7. Los largueros horizontales deben estar unidos a cada tubo vertical con abrazaderas. Los primeros horizontales deben estar instalados lo más cerca a la base del andamio.
8. Las abrazaderas deben ser fabricadas de metal tipo estructural como acero forjado, hierro maleable o aluminio de grado estructural. El uso de hierro colado está prohibido.
9. En el proceso de armado y desarmado, solo se deben usar las herramientas recomendadas por el fabricante

#### **Requerimientos especiales andamio fabricado de marco**

1. Normas de estabilidad, acceso y plataformas de acuerdo a los items anteriores.
2. Los marcos deben estar apoyados en bases ajustables o bases planas sobre listones de madera u otro tipo adecuado de base que soporte la máxima carga impuesta.
3. En el proceso de armado y uso, no se deben mover las plataformas hasta que se hayan instalado los marcos y crucetas en el siguiente nivel
4. Los marcos de andamio deben estar unidos y asegurados con crucetas, cuya longitud debe garantizar que los marcos queden aplomados y cuadrados. Las crucetas deben estar aseguradas a los marcos.
5. Los marcos deben estar unidos verticalmente con pines o pasadores diseñados para tal fin, para evitar que se levante alguno de los marcos y desestabilicen toda la estructura. No se deben usar puntillas o alambres.

#### **Requerimientos especiales andamio de sistema multidireccional, multifuncional, tipo roseta Cuplock (tomado de ANSI 10.8):**

1. Normas de estabilidad, acceso y plataformas de acuerdo a los ítems anteriores.
2. Los verticales deben estar soportados por tornillos niveladores en listones u otro tipo de base que soporte la carga máxima soportada (incluyendo el peso del andamio) y que garantice la alineación vertical del componente.
3. Se deben instalar diagonales y transversales para garantizar la rigidez de la estructura, de acuerdo a la recomendación del fabricante.
4. Para garantizar que la estructura esté cuadrada, se pueden usar diagonales horizontales o planas. Los verticales deben estar unidos entre sí, con horizontales, máximo cada 2 m de altura.
5. En el proceso de armado del andamio, se deben asegurar todas las conexiones antes de seguir al siguiente nivel.

6. En el caso en que pueda ocurrir un levantamiento de algún vertical, se deben instalar pasadores en la unión de un vertical con otro.
7. En el proceso de armado y desarmado, solo se deben usar las herramientas recomendadas por el fabricante.
8. En el proceso de desarmado de un andamio, se realiza en el orden inverso al armado.

#### **Requerimientos especiales andamios móviles (con ruedas)**

1. Normas de estabilidad, acceso y plataformas de acuerdo a los ítems anteriores.
2. El andamio debe estar aplomado y cuadrado, con uno o varios de los siguientes componentes: horizontales, diagonales, crucetas, plataformas. Todos los componentes deben estar asegurados al andamio.
3. El ancho mínimo de una plataforma de trabajo en un andamio móvil es de 0,45 m.
4. Si el andamio es de tubo y abrazadera, debe cumplir con los requerimientos mínimos exigidos.
5. Si el andamio es de marco, debe cumplir con los requerimientos mínimos exigidos.
6. Si el andamio es de sistema, debe cumplir con los requerimientos mínimos exigidos.
7. Las ruedas del andamio deben tener doble freno y cuando esté en uso se debe activar el freno para garantizar que esté estático mientras hay trabajadores usándolo.
8. Cuando se va a desplazar o mover el andamio manualmente, se debe aplicar la fuerza desde la parte más baja posible del andamio, pero a una altura máxima de 1,5 m.
9. Si se va a desplazar o mover el andamio con un vehículo como montacargas, es necesario diseñar el andamio para este tipo de movimiento, así, el uso de estos sistemas de propulsión eléctrica no afectan su estabilidad.
10. El andamio móvil debe ser autoestable (relación 4:1 si es interno o 3:1 si es externo), al moverlo o desplazarlo no se debe volcar.
11. Ningún empleado está autorizado para estar sobre un andamio mientras esté en movimiento.
12. No puede haber extremos de plataformas por fuera del andamio, salvo si tienen soporte como ménsula para garantizar la estabilidad del andamio.
13. Las plataformas deben estar aseguradas al andamio para evitar cualquier desplazamiento horizontal que pueda ocasionar accidentes.
14. Las ruedas deben tener espigas (se conectan con pines) o tornillos niveladores para fijarlas al andamio.
15. Se recomienda usar ruedas con tornillos niveladores en el andamio de sistema. El tornillo debe estar como mínimo 0,15 m dentro del vertical o marco del andamio.
16. Todos los empleados deben estar informados del desplazamiento, antes de iniciar el movimiento del andamio.

### **Requerimientos especiales andamios colgantes**

1. Estarán asegurados a puntos de anclaje mediante técnicas de ingeniería con resistencia mínima de 3.600 libras si son calculadas por persona calificada; de otra forma se exigirá resistencia de 5.000 libras a cada punto de anclaje, por persona conectada. Los cables, cadenas o cuerdas tendrán resistencia mínima de 5.000 libras.
2. Deben estar conformados por canastillas, provistas de barandillas periféricas con altura entre 1 y 1,2 m, con travesaños intermedios a 0,4 m medidos desde el bode del travesaño superior de la baranda. La baranda tendrá una resistencia estructural mínima de 200 libras y los rodapiés tendrán altura de entre 15 y 20 cm.
3. Las luces y resistencia de los planchones deben ser iguales a las determinadas para los andamios fijos. Para ello se puede consultar en este mismo capítulo el subtema Plataformas.
4. Esta clase de andamios se movilizan por acción de motores o, principalmente, por malacates manuales, cuya selección y cálculos deben ser determinados por ingenieros idóneos, dejando por escrito y firmada la memoria de cálculo.

### **Escaleras portátiles**

En el Capítulo 2 Riesgo locativo se explicó el tema de los riesgos en las escaleras haciendo alusión exclusivamente a las estructuras fijas que forman parte de la planta física. Las escaleras portátiles son muy utilizadas en el trabajo, y su flexibilidad de uso también acarrea una serie de riesgos que se deben minimizar para evitar accidentes por caídas.

### **Control de peligros en escaleras portátiles**

Como medidas preventivas, en el empleo de escaleras portátiles se deben adoptar una serie de precauciones. Es necesario revisar la escalera antes de su uso comprobando el cumplimiento de los siguientes requisitos:

1. Correcto ensamblaje de los peldaños. No se permite que éstos estén solamente clavados o atornillados sobre los largueros.
2. Largueros sin torceduras.
3. Segundo el material de que estén fabricadas verificar su estado. Por ejemplo: de madera, sin rajaduras ni signos de comején o partes podridas, metálicas: sin partes oxidadas, remaches y tornillos bien colocados, sin torceduras en ninguna de sus partes; de fibra de vidrio: sin partes en que salgan las fibras, sin fisuras ni signos de abollamiento.
4. Zapatas antideslizantes de apoyo o de puntas de peine para terrenos en tierra o grama, en buen estado.
5. Si procede, verificar estado de los ganchos superiores, si disponen de éstos.
6. Las escaleras dobles o de tijera estarán provistas en su parte central de cadenas o dispositivos que limiten la apertura de las mismas, a un ángulo de 30°. También

dispondrán de topes en su extremo superior y jamás se ascenderá más del penúltimo escalón, para poderse apoyar sobre pies y rodillas contra el cuerpo de la escalera.

7. Las escaleras de mano ofrecerán siempre las garantías necesarias de solidez, estabilidad y seguridad y, en su caso, de aislamiento o incombustión. En ningún caso se utilizarán escaleras reparadas con clavos, puntas, alambres, o que tengan peldaños defectuosos.
8. Su longitud no deberá ser mayor de 5 metros sin refuerzo y de 7 metros si disponen de refuerzo en el centro.
9. La inclinación de las escaleras con respecto al piso será aproximadamente  $75^\circ$ , que equivale a estar separada de la vertical del punto de apoyo superior, la cuarta parte de su longitud entre los apoyos de la base y el superior.
10. Para el acceso a lugares elevados, la parte superior de la escalera sobrepasará en un metro la cota de desembarco.
11. Los ascensos y descensos se harán siempre de frente a la escalera, a excepción de las escaleras de pedestal.
12. Se colocarán apartadas de elementos móviles que puedan derribarlas y estarán fuera de las zonas de paso. El área alrededor de la base de la escalera estará perfectamente limpia de materiales y sustancias resbaladizas.
13. Nunca se colocarán en el recorrido de las puertas, a menos que éstas se bloqueen y señalicen adecuadamente.
14. Si se utilizan en zonas de tránsito, se balizará el contorno de riesgo o se colocará una persona que advierta del mismo.
15. Antes de utilizar una escalera deberá garantizarse su estabilidad. El apoyo inferior se realizará sobre superficies horizontales, planas y firmes. La base de la escalera deberá quedar sólidamente asentada. A estos efectos la escalera llevará en la base elementos que impidan el deslizamiento.
16. La base de la escalera (patas) quedará retirada de la superficie de apoyo  $\frac{1}{4}$  del largo de la escalera, a efecto de que no quede demasiado inclinada con lo cual se disminuye su capacidad de peso y aumenta la probabilidad de deslizamiento de las patas; o demasiado parada, lo cual puede ocasionar que, con el peso y movimientos del trabajador, se desprenda del apoyo superior, pudiendo voltearse totalmente.
17. El cuerpo se mantendrá dentro del frontal de la escalera. Nunca se asomará sobre los laterales de la misma. Se desplazará la escalera cuantas veces sea necesario y nunca con el trabajador subido a ella.
18. Los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza arnés de seguridad sujeto a un punto distinto de la escalera, o se adoptan otras medidas de seguridad alternativas.

19. Cuando se trabaje en proximidades de zonas especialmente peligrosas tales como bordes de forjado, balcones o ventanas, los operarios que empleen las escaleras utilizarán arnés de seguridad aunque existan barandillas de protección.
20. Para realizar trabajos eléctricos se utilizarán escaleras de madera, fibra de vidrio u otras de material dieléctrico. Cuando se requiera garantizar la fijación de la escala- ra, esta deberá ser sostenida por un segundo trabajador durante el uso de la misma.

#### **En escaleras simples (de un solo cuerpo)**

1. La parte superior se sujetará, si es necesario, al paramento sobre el que se apoya y cuando éste no sea estable (postes) se sujetará al mismo mediante una abrazadera de sujeción u otro dispositivo equivalente para evitar vuelcos.

#### **En escaleras de extensión**

1. Los tramos de prolongación no deben utilizarse de manera independiente, salvo que se les dote de sistemas de apoyo y fijación adecuados.
2. Antes de alargar estas escaleras se comprobará que las abrazaderas sujetan firmemente los diferentes tramos y que los ganchos de fijación estén en perfectas condiciones de funcionamiento.

#### **En escaleras de tijera**

1. Nunca se trabajará a horcadas ni se pasará de un lado a otro por la parte supe- rior.
2. Se colocarán con el tensor central totalmente extendido.
3. Jamás se superará el penúltimo escalón a efecto de poder apoyar los pies y rodillas contra el cuerpo de la escalera.

#### **Precauciones durante el transporte de escaleras portátiles**

Por tratarse de equipos portátiles, es muy frecuente su movilización, durante la cual es necesario tomar precauciones para no golpear personas, techo, paredes y materiales con sus extremos y, especialmente, cuando se gira para cambiar de dirección. Por tal motivo, se debe instruir al personal que las movilice para proceder así:

1. Se llevarán plegadas, con los tramos extensibles recogidos.
2. La parte delantera de las mismas se llevará hacia abajo.
3. Se tendrá especial cuidado al cambiar de dirección para no golpear a personas o elementos con el extremo elevado.

#### **Limitaciones de uso**

1. No serán utilizadas simultáneamente por más de un trabajador.
2. Cuando la velocidad del viento pueda desequilibrar al trabajador que la utilice, se debe suspender la labor y reanudarla solo cuando las condiciones lo permitan.

3. Personas que sufran de vértigo o que estén tomando algún tipo de medicamento en cuyo prospecto se advierta sobre la prohibición de realizar trabajos con riesgo no podrán realizar trabajos que impliquen subir una escalera portátil.
4. Se prohíbe el transporte o manipulación de cargas por o desde escaleras de mano, cuando por sus dimensiones o peso puedan comprometer la seguridad o la estabilidad del trabajador.
5. Si se manejan herramientas, se utilizarán porta herramientas, bolsas o bandoleras para su transporte, a efecto de quien las utilice, siempre tenga ambas manos libres.
6. Subir por encima del antepenúltimo peldaño, perdiendo la posibilidad de colocar las rodillas contra la escalera para tener mayor estabilidad.
7. No se deben utilizar las escaleras como medio para el transporte de materiales (como parihuela), pasarelas, andamios o cualquier otro fin que no sea para el que han sido diseñadas. Así mismo, se prohíbe la instalación de suplementos para suplir la escasa longitud de la escalera.
8. Las escaleras de mano se utilizarán en la forma y con las limitaciones establecidas por el fabricante. No se emplearán escaleras de mano de cuya resistencia no se tenga garantía certificada.
9. Toda escalera que se utilice para trabajos en equipos eléctricos o redes, será de materiales dieléctricos como madera o fibra de vidrio.
10. En el cuerpo de la escalera estará indicada su capacidad máxima de carga y la norma técnica que se haya seguido para su construcción.

Las escaleras no están destinadas para ser lugar de trabajo, sino para acceso. Cuando se utilicen para trabajar sobre ellas, se tomarán las precauciones propias de los trabajos en altura. Si la situación o la duración de los trabajos lo requieren, deberá optarse por el uso de escaleras fijas, plataformas de elevación u otro sistema equivalente.

#### **Mantenimiento de escaleras portátiles**

Si las escaleras son de madera, los largueros serán de una sola pieza, con los peldaños ensamblados y no simplemente clavados. Nunca se pintarán las escaleras de mano, sólo se permite el barniz transparente para evitar que queden ocultos posibles defectos.

Después de su uso se limpiarán de cualquier sustancia que haya caído sobre las mismas y se almacenarán en posición horizontal, sujetas a soportes fijos, protegidas de las condiciones ambientales.

#### **Escaleras portátiles de pedestal**

Son escaleras montadas sobre una estructura que las asemeja a escaleras estructurales y están provistas de ruedas que facilitan su movilización. Su principal riesgo es el de deslizarse por falta de freno o voltearse a los lados por deficiencias de diseño o falta de alguna rueda.

Este tipo de escaleras son adecuadas para almacenes y depósitos ya que, generalmente, disponen de uno o dos descansos, lo cual permite alcanzar cargas entre varias personas, colocadas a diferentes niveles, para eliminar la movilización de cargas mientras se asciende o desciende por las escaleras.

#### **Medidas de prevención o control**

Deben contar con freno que las inmovilice, bien sea en forma automática al aumentar su peso. Dicho sistema consiste en un resorte que mantiene un tope de caucho alejado del piso, el cual, al aumentar la carga de la escalera con una persona, cede y hace que el tope entre en contacto con el piso, impidiendo que se deslice. También se acepta que dispongan de un freno de palanca que el operario asegurará cuando se requiera la inmovilidad de la escalera.

### **Normatividad**

Además de las propias de cada país, existen fuentes de normas técnicas de alto nivel en: American Society of Mechanical Engineers "ASME", cuyo código ofrece una amplia gama de normas, con énfasis en calderas y recipientes a presión.

ANSI B11.1 Hace referencia a los requisitos de seguridad para la construcción, cuidado y uso de máquinas herramientas.

EN 614, seguridad en las máquinas.

NOM – 004 – STPS – 1999: sistema de protección y dispositivos de seguridad en maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

NTP 391, 392 y 393. Allí se explica el uso correcto de las herramientas manuales.

NTP 208, explica los procedimientos para el manejo de cargas por medio de grúas.

NTP 77 y NTP 319, estas normativas abordan todo lo referente al uso adecuado de las carretillas manuales.

La normatividad UNE (Una Norma Europea) para escaleras manuales es bastante amplia; se puede consultar la UNE 81-704-81 sobre Escaleras portátiles de madera; la UNE 81-706-85 sobre Escaleras portátiles de plástico reforzado; la UNE 81-707-85 que trata de las Escaleras portátiles de aluminio y la UNE 81-708-85 sobre Escaleras portátiles de acero.

Otras normas son:

ANSI 10.8, OSHA 1926 Subparte L; NTC 1735 y 1642; Resolución 3673 de 2008, Regla General para arme y desarme de andamios RG-SA-028 de Cerrejón, Instructivo para diseño, montaje, uso y desmontaje de los andamios de Ecopetrol VRP-I-010.

## **Almacenamiento**

Almacenar algo (puede ser materias primas, productos terminados o desechos), no es simplemente amontonarlo por ahí, para toda empresa su inventario es una inversión considerable y por ello el almacenamiento debe hacerse de una forma que se garantice la seguridad de estos materiales. Lo indicado es que el almacenamiento se realice en forma segura tanto para los productos almacenados como para el personal de la empresa, y se establezcan pautas que contribuyan a crear condiciones de seguridad y funcionalidad en los métodos de almacenamiento y manejo de inventarios, así como proporcionar las directrices para mantener los elementos almacenados en perfectas condiciones para su uso.

El almacenamiento apropiado debe contribuir tanto a mantener las condiciones adecuadas de los elementos, sustancias, equipos, etc., como unas condiciones favorables para que los trabajadores no sufran accidentes; por ello, además de elegir un método adecuado de almacenamiento, se debe contar con la infraestructura necesaria para llevarlo a cabo, como es el local en sí, la iluminación, el tipo de superficie del piso, los tejados, las paredes; y dentro de este local se deben tener en cuenta los estantes, los armarios, los gabinetes, proponiendo el tipo de material que puede almacenarse en cada uno de ellos y la capacidad de los mismos. Almacenar incluye la movilización y acceso al material almacenado y por ello se tienen en cuenta elementos como las estibadoras, los montacargas, los polipastos, el puente grúa, las escaleras de tijera, las escaleras de mano, las escaleras de pedestal, etc. Y factores como la ventilación, la señalización, los sistemas contra incendio y los sistemas de recolección para cuando se presenten derrames también son importantes. Por último, es adecuado brindar capacitación, entrenamiento y supervisión a los trabajadores.

Algunos de estos temas son tratados en detalle en otros capítulos, como el caso de elementos locativos como los pisos (Capítulo 2 Riesgo locativo), el control contra incendio (Capítulo 5 Riesgo por incendio), o la señalización (Capítulo 22 Señalización). Otros, como los montacargas son tratados en múltiples capítulos (Capítulo 2 Riesgo locativo y Capítulo 23 Ejemplos de identificación y control de peligros, subtema montacargas); en este apartado se tratará todo lo relacionado con el almacenamiento según el siguiente temario:

1. Bodegas para almacenamiento.
2. Almacenamiento de objetos sin embalar.
3. Almacenamiento en estanterías.
4. Almacenamiento en tanques.
5. Almacenamiento de gases a presión en cilindros
6. Almacenamiento de explosivos.
7. Almacenamiento de sustancias químicas.

Primero se abordará la cuestión de cómo almacenar los diversos elementos y que cuenten con un sistema de localización que haga fácil su ubicación en todo momento.

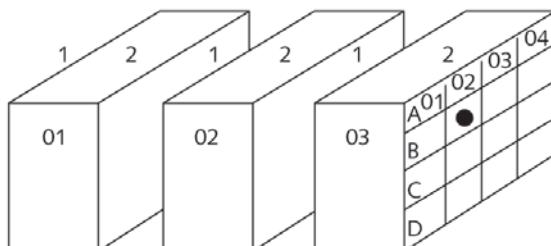
## Criterios de almacenamiento

Aunque no es un trabajo del encargado de la seguridad e higiene industrial en la empresa, si es importante conocer la manera en que el almacenamiento se convierte en un proceso eficiente y organizado que permite localizar el material almacenado de forma rápida. Un buen sistema de orden para todo el material almacenado redundará positivamente en la seguridad laboral porque ello disminuye el riesgo de movilizar cargas de forma innecesaria desde o hacia la planta o lugares de producción y permite identificar aquellos elementos de mayor rotación para almacenarlos en los lugares más accesibles. El encargado de la seguridad laboral en la empresa ha de entender que el almacenamiento planificado de los materiales reduce los riesgos para el personal, además de generar ahorros significativos para la empresa.

Aunque existe una variedad de modelos, algunos muy complejos, para ordenar y posteriormente localizar los elementos almacenados, en este libro los autores presentarán uno de los modelos más sencillos por su facilidad de implementación y la facilidad en su operación.

En el gráfico 4.1 se presenta una explicación rápida de cómo funciona: se trata de un sistema que se basa en un procedimiento de localización de los artículos por direccionamiento, que consiste en asignar un código a cada artículo, correspondiendo los dos primeros dígitos al número del estante; el tercer dígito al lado, seguido de una identificación alfabética que se refiere a la fila y dos dígitos finales que indican la columna. De modo que el producto almacenado en el ejemplo tendrá este código “03-2-B-02”, que significa para el operario que debe ir al estante 3, buscar en el lado 2 de dicho estante y en la fila B columna 02 encontrará el material o producto que está buscando.

**GRÁFICO 4.1**  
Modelo para localizar materiales en la bodega.



El bien referenciado tiene el siguiente código alfanumérico:

Número estante: 03  
Lado: 2  
Fila: B  
Columna: 02

## **1. Bodegas para almacenamiento**

Muchos de los factores de riesgo ya fueron tratados en el Capítulo 2 Riesgo locativo. Se puede añadir que para todo lugar que cumpla funciones de almacenaje las condiciones ideales serían las siguientes:

1. Pisos antideslizantes, sin solución de continuidad.
2. Paredes mates y de colores claros.
3. Iluminación entre 100 y 200 lux en los pasillos.
4. Lámparas con difusores y paralelas a los pasillos.
5. Instalaciones eléctricas aisladas y en perfectas condiciones.
6. Temperatura seca entre 19 y 24 grados centígrados.
7. Humedad relativa entre 40 y 60%.
8. Cubierta con falso techo, para evitar cambios bruscos de temperatura.
9. Sistema de detección y control de incendios acorde a la clase y al volumen de materiales almacenados.
10. Pasillos principales de mínimo 1,2 metros de ancho, sin paso de vehículos.
11. Pasillos principales con paso de montacargas de mínimo el ancho del montacargas más un metro si circulan en un solo sentido. Si circulan en ambos sentidos, será el ancho de los dos montacargas más 1,2 m.
12. Pasillos secundarios de mínimo 1 metro de ancho.

Pero el almacenamiento de productos específicos puede hacer que las condiciones físicas de la bodega sean más exigentes, al punto que no se puede acondicionar de forma rápida cualquier sitio, sino que debe construirse con características especiales, como el caso de las bodegas destinadas a almacenar productos químicos. Para dichos casos las condiciones locativas se planean de acuerdo a la cantidad, el tipo, el estado físico y el grado de incompatibilidad de las diferentes sustancias químicas que se van a almacenar.

Como guía se deben tener en cuenta las siguientes características:

1. Muros de combustión lenta.
2. Buena ventilación.
3. Espacio suficiente.
4. Distribución adecuada de la estantería y anclaje firme de la misma.
5. Armario para sustancias inflamables (cierre hermético, extinción automática, bandeja con material absorbente, paredes con aislamiento).
6. Sistema de extinción de incendios.
7. Salida de fácil acceso.
8. Ducha y lavaojos para emergencias.

Uno de los factores de riesgo más comunes y que el encargado de seguridad laboral puede solucionar es la iluminación dentro del local. Aunque el tema se trata de forma completa en el Capítulo 11 Riesgo por iluminación, aquí se tratarán algunos criterios básicos.

Para empezar, la iluminación general de los almacenes y los depósitos debe ajustarse a las normas establecidas (ver en este capítulo el subtema Normatividad), las cuales indican que la iluminación natural es preferible a la artificial y los niveles de iluminación recomendados para áreas de trabajo son las siguientes (tomado del Estatuto de Seguridad Industrial colombiano Resolución 2400 de 1979, artículo 83):

Almacenamiento 200 lux

Bodega 200 lux

Los conceptos sobre lux y demás referencias necesarias para entender la importancia y los controles para una buena iluminación se explican con detalle en el Capítulo 11 Riesgo por iluminación.

La valoración de las condiciones de almacenamiento en la bodega, teniendo en cuenta que en ella se presentan riesgos tanto de higiene como de seguridad industrial, debe efectuarse consultando el ítem de valoración para cada uno de los respectivos riesgos, tratados en forma específica en el libro; por ejemplo, riesgo químico (Capítulo 13), por incendio (Capítulo 5), etc.

## **2. Almacenamiento de objetos sin embalar**

En muchas empresas el almacenamiento se realiza a pequeña escala, es decir, la gran mayoría de elementos se almacenan sin un embalaje específico. Así se trate del inventario de una empresa pequeña se han de tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

### **Cajas**

Las cajas son el sistema más sencillo para guardar los objetos a almacenar. Se colocan de manera que sus extremos no sobresalgan al pasillo (recordar que se trata de cajas solamente, no de cajas sobre estantes, eso se tratará en el siguiente apartado). Las cajas pueden ser de cartón, madera, plástico o metal. En el caso de las cajas de cartón se deberán almacenar en lugares sin humedad, utilizando plataformas sobre el piso como protección para el caso de flujos de agua.

Al igual que con las cajas de madera, el principal factor de riesgo lo constituyen los incendios y el apilamiento. El sitio de almacenaje debe estar en un lugar donde el riesgo de combustión sea mínimo porque tanto el cartón como la madera son altamente inflamables. No se recomienda bajo ningún motivo empacar productos altamente inflamables en este tipo de cajas. El segundo riesgo, el de apilamiento, se soluciona limitando la altura de la pila, lo ideal es que no sobrepase el metro y medio y máximo se llegue a los dos metros. Las cajas por lo general especifican el número máximo de cajas que se pueden apilar según el producto.

Las cajas de plástico y de metal por lo general no traen tapa y tienen un diseño que permite su apilamiento de forma segura hasta alturas considerables.

Sea cual sea el material de la caja lo ideal es que las pilas tengan una forma piramidal sin superar los siete niveles de escalonamiento y una altura de 5 metros.

De todas formas, si el número de cajas a almacenar es muy grande siempre es preferible que el tipo de almacenamiento sean las estanterías.

### **Barriles**

Es importante que las pilas de barriles sean simétricas en forma piramidal, es decir, a mayor altura menor será el número de barriles que se podrán almacenar. Si se almacenan en posición vertical, se deberá colocar una plancha de madera entre capa y capa; y si se hace en forma horizontal, se colocarán tablones entre capa y capa y topes en los extremos. Cuando se almacenan a la intemperie los barriles se han de colocar horizontales para evitar la acumulación de agua y sedimento sobre la tapa y así evitar la corrosión en la caneca o barril y minimizar el riesgo de daños en el contenido, especialmente si los barriles almacenan líquidos peligrosos o tóxicos.

### **Madera y tubos**

Se pueden almacenar al aire libre según su longitud, en pilas separadas y teniendo en cuenta la firmeza del suelo y la humedad. Pero si el tiempo de almacenamiento va a ser prolongado se colocarán sobre soportes en cemento, metal o similar. Ha de estar cubierta para evitar torcimientos por efecto de la humedad.

Si el almacenaje se hace en el interior, la bodega debe contar con una ventilación y un sistema de protección contra incendios adecuado.

Hay que tener en cuenta que los materiales como maderas y tubos tienen riesgos por su tendencia a deslizarse y los trabajadores se exponen a accidentes cuando tratan de detener el rodamiento con los pies o las manos; por lo tanto, es importante un programa de capacitación permanente sobre este aspecto y la revisión oportuna de los topes y de los bloqueos.

### **Chapas de metal y láminas de madera**

Las chapas metálicas, en ausencia de estanterías adecuadas, se pueden almacenar sobre pisos planos y firmes, colocando inicialmente un tendido de vigas de madera, preferentemente cuadrada, y a distancia que eviten que las chapas se flejen, luego se hace otro tendido de vigas de madera en otro sentido y un nuevo almacenamiento de chapas metálicas. Si no disponen de medios mecánicos de transporte, la altura no debe exceder de 1,5 m. Es aconsejable que se protejan todos los ángulos de las chapas que queden cerca de sitios de paso o de trabajo, con esquinas de cartón doblado o cualquier otro material que evite que causen heridas a las personas.

En donde no existan estanterías para almacenar madera en vigas, postes, tablas o cuadrados, se pueden hacer tendidos en un sentido (norte – Sur) y el siguiente en otro sentido (oriente – occidente) con lo cual se garantiza su estabilidad. En el caso de maderas rollizas que pueden desplazarse, se utilizarán cuñas que eviten que puedan rodar.

Si se almacenan láminas de madera, se colocarán vigas de madera cuadrada a una distancia entre sí que evite que las láminas se flejen, y luego se colocarán las chapas en

cantidad adecuada a su espesor y luego otra fila de vigas de madera. Si no se dispone de medios de transporte mecánico, no es conveniente que su altura exceda de 1,5 m.

Para el almacenamiento de madera, es prioritario que se escojan lugares secos y protegidos de la lluvia y se disponga de un programa de prevención de incendios y de sistema de contra incendios a base de agua.

Jamás se recostará la madera contra las paredes, pues éstas están hechas para sopportar peso vertical y al aplicarles un peso lateral, pueden desestabilizarse.

### **Sacos o costales**

Se deben apilar en capas transversales; cuando la altura supere 1,5 metros, se procederá a escalonarlos y cada 0,5 metros, se deberá reducir el ancho en una pila de sacos.

Si hay posibilidad de desbarajuste de la pila se deben flejar y colocar cada 1,5 metros de altura estibas dobles.

### **Uso de estibas**

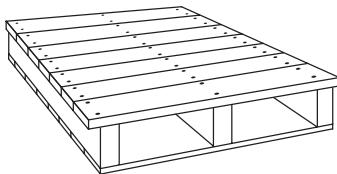
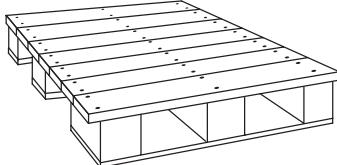
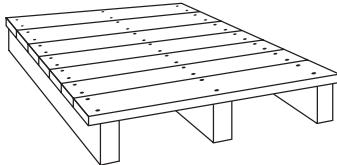
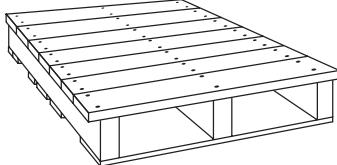
Las estibas son bases de madera, plástico o metal sobre las cuales se colocan los elementos a almacenar, sean cajas, barriles, sacos, maderas, etc. La altura máxima de la carga sobre la estiba, no debe superar 1,5 m, y su peso no debe exceder de 700 kilogramos. Existen diferentes tipos de estibas según los elementos que se almacenen sobre ellas (ver tabla 4.1).

Para la movilización interna de las estibas, y con el objetivo de reducir el trabajo de los montacargas, se recomienda utilizar zorras estibadoras como la mostrada en el gráfico 4.2, que a diferencia de los montacargas, tiene una maniobrabilidad mayor.

El transporte de estos elementos de forma manual, se tratará en el Capítulo 15 Riesgo ergonómico.



**GRÁFICO 4.2**  
Zorra estibadora.

TIPO DE ESTIBA	CARACTERÍSTICA	MODELO
Reversible de dos entradas y doble cara.	Son especiales para soportar materiales que puedan deformarse con el peso, pues éste se distribuye sobre toda su superficie, en ambas caras, evitando que se inclinen.	
Irreversibles de cuatro entradas y doble cara.	Igual a la anterior en cuanto a consistencia de los materiales pero, además, permite que las horquillas del montacargas puedan acceder por cualquiera de sus cuatro lados para movilizarlas.	
Irreversibles de dos entradas y una sola cara.	Se utilizan para materiales rígidos, requieren menor cantidad del material que las conforma.	
Irreversibles de una sola cara, dos entradas con refuerzo	La doble entrada aumenta su estabilidad sobre las horquillas del montacargas.	

**TABLA 4.1**  
Tipos de estibas.

### Medidas de control

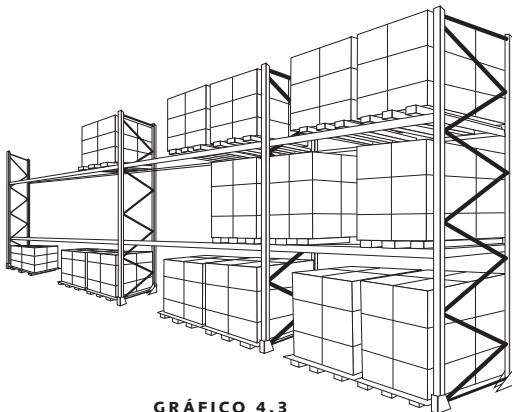
Para planificar el almacenamiento de objetos sin embalar se pueden tomar las siguientes medidas de control para minimizar riesgos:

- a. Dejar un espacio libre para la operación y el mantenimiento de los equipos y sistemas de contra incendio.
- b. Las cajas eléctricas deben quedar libres.
- c. Los pasillos deben tener dimensiones que permitan el tráfico del personal de forma ágil y segura.
- d. El sitio de almacenamiento debe contar con buena visibilidad.
- e. Si se dispone de instalaciones elevadas, se tendrá un equipo que permita la manipulación segura, y la distancia entre el techo y los sistemas de alarma y protección contra incendio deben ser estudiadas por los especialistas.

Y para minimizar el riesgo de que una pila no cause accidentes se debe tener en cuenta:

- f. Las pilas deben tener bases seguras, una superficie plana y sólida.
- g. Debe existir espacio para movilizarse alrededor de las pilas.
- h. Los pasillos entre las pilas deben ser anchos para permitir el adecuado acceso a los trabajadores y a los equipos contra incendio.

- i. No deben sobresalir elementos de la pila que puedan causar lesiones y tropiezos al trabajador, o daños a otros equipos, en especial si se trata de tuberías.
- j. Debe verificarse que la resistencia de las cajas sea la indicada para el número de niveles apilados.



**GRÁFICO 4.3**

Estanterías de almacenamiento.

### 3. Almacenamiento en estanterías

En las estanterías se pueden almacenar objetos sin embalar como cajas y sacos, pero los riesgos y controles que se deben implementar en las estanterías difieren de los presentes en una pila de cajas o de sacos y por eso se explica en un apartado distinto.

Para comenzar, estanterías las hay de dos tipos: las estanterías corrientes constituidas por elementos prefabricados que se ensamblan formando una especie de estante; y las estructuras o estantes fijos de mayor envergadura y que se diseñan para soportar cargas mayores.

Existen elementos importantes en la implementación de este tipo de almacenaje que deben seguirse para minimizar los riesgos y entre ellos están:

*Estabilidad:* el estante no debería moverse durante el proceso de carga o descargue de los elementos almacenados. Por lo general, las estructuras fijas presentan una mayor estabilidad porque en su diseño se dejan anclajes que unen las distintas estructuras entre sí y con la edificación. Hay casos en que la estabilidad se logra mediante el propio peso de los objetos almacenados, un estante desocupado en los estrechos inferiores sería un factor de riesgo porque no cuenta con un peso estático que le haga mantenerse en su lugar.

*Resistencia:* los estantes deben diseñarse para soportar la carga que se espera colocar sobre ellos. La separación de los largueros deberá ser la adecuada para el correcto apoyo de las cargas. La resistencia depende en gran medida de la unión entre los estantes y los largueros, por medio de alveolos o pasadores que por ningún motivo deben girarse de su posición.

*Seguridad:* los objetos almacenados deben quedar inmovilizados en su posición sin que existan desplazamientos que puedan hacer caer la carga al piso. En la parte trasera, a partir de los 2 metros, se deben situar topes que impidan que la carga almacenada pueda caer o desplazarse hasta el estante situado a su respaldo.

*Plan de carga:* se debe contar con un instructivo que guíe los procedimientos de carga y descarga de los estantes, el cual debe tener en cuenta la resistencia de los diferentes estantes, el movimiento promedio de cargas en el área de almacenamiento y las normas de seguridad a tener en cuenta durante la carga y descarga de los estantes.

#### Factores de riesgo

Los principales factores de riesgo en el almacenaje de cargas en estanterías son los siguientes:

*Caída de cargas:* los sistemas de almacenamiento en estanterías móviles o fijas disponen de las cargas de manera vertical permitiendo apilamientos de varios metros de altura. Esto representa un riesgo si alguna de las cargas almacenadas cae sobre las zonas de paso debido a un mal acomodamiento, a carencia de dispositivos de retención como redes o mallas o la falta de resistencia de los estantes o cualquier parte de la estructura.

*Hundimientos de los estantes:* se suele presentar por un exceso de carga debido a no cumplir los límites establecidos por el fabricante. También puede deberse a un manejo inadecuado de los sistemas de transporte de cargas que pueden ocasionar choques entre los montacargas y las estanterías.

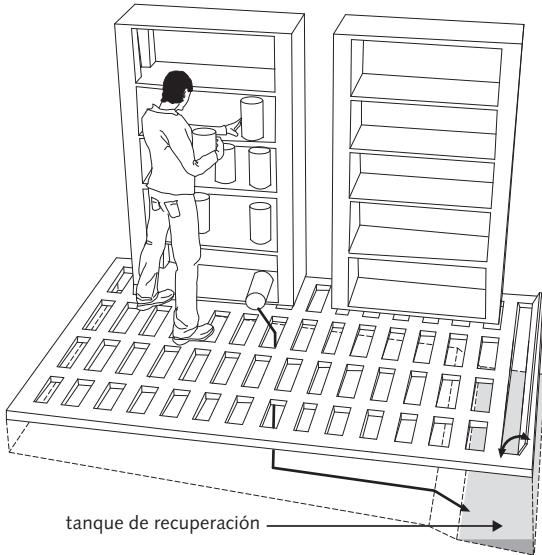
*Choque entre vehículos de transporte de carga en los pasillos:* es un factor de riesgo que se produce en lugares de almacenamiento, que se tratará en detalle en el Capítulo 22 Señalización y 23 Ejemplos de identificación y control de peligros subtema montacargas.

Otros factores de riesgo son:

1. Estanterías inestables.
2. Vías insuficientes para operación de montacargas.
3. Espacios reducidos para almacenamiento.
4. Almacenamiento de sustancias reactivas sin separaciones.
5. Capacitación y entrenamiento deficiente de operadores de montacargas.
6. Inexistencia de fichas químicas o de seguridad.
7. Estibas en mal estado.
8. Falta de señalización y demarcación.
9. Recipientes en mal estado, o inadecuados para el producto.
10. Falta de ventilación.
11. Medios inapropiados para ganar alturas.
12. Las estanterías a utilizar deberán ser calculadas por personal idóneo en cuanto a su material y resistencia, estableciendo el peso máximo permitido en cada rack o entrepaño.
13. Instruir a los trabajadores sobre técnicas de almacenamiento seguro.
14. Capacitar a los trabajadores en técnicas de levantamiento de cargas.
15. Para el manejo de montacargas se contará con conductores de montacargas certificados.
16. Demarcar las zonas de almacenamiento, vías de tránsito de montacargas, vías de paso peatonal.
17. Establecer mantenimiento periódico de estibas y proceder a su reemplazo cuando sea necesario.

### **Estanterías para almacenamiento de sustancias corrosivas**

Para el almacenamiento de ácidos y sustancias corrosivas, en pequeñas cantidades, es aconsejable utilizar estanterías provistas de una bandeja en su parte inferior con capacidad para retener el contenido de los recipientes, de presentarse una rotura.



**GRÁFICO 4.4**  
Piso rejilla para recuperación  
de químicos peligrosos en  
tanque subterráneo.

En el caso de manejar grandes cantidades de químicos peligrosos se puede disponer como medida adicional de un local provisto de un piso en rejilla que descargue a un tanque, de donde se pueda recuperar el material. Para cantidades mayores de químicos o líquidos inflamables no se recomienda el uso de estanterías sino de tanques.

De requerir el almacenamiento de pequeñas cantidades de sustancias que podrían generar explosión es recomendable el uso de armarios a prueba de explosión.

### Estanterías para barras y tubos

Las barras y tubos presentan dificultades para su almacenamiento debido a que suelen deslizarse y generan un potencial de riesgo muy alto para los trabajadores que deben laborar en dichas áreas. Por eso las vigas o barras de acero de gran tamaño deberán almacenarse en estanterías especiales, provistas de rodillos, en donde las barras y los tubos se apilan horizontalmente. Cada estantería deberá estar inclinada hacia dentro para evitar que los materiales se deslicen hacia las zonas de tránsito donde podría herir a las personas o dañar equipos y herramientas.

Si las barras son ligeras de pueden almacenar en posición vertical en estanterías especialmente diseñadas en forma de A, las cuales puedan albergar gran cantidad de tubos y barras sin mayor riesgo, siempre y cuando se hallen bloqueadas adecuadamente y tengan la resistencia requerida.

Para su manejo el trabajador debe estar protegido con guantes, ya que ciertos tipos de tubos o barras suelen tener aristas afiladas. Si la cantidad de tubos a almacenar es muy grande debe hacerse con métodos motorizados, en estantes de poca altura para facilitar su manejo y prevenir deslizamientos.

### Control al riesgo de almacenamiento en estanterías

Entre las medidas de control para el riesgo de almacenamiento en estanterías, según la NTP 298, estarían:

1. Disponer los productos sobre elementos normalizados preferentemente estibas que sean capaces de soportar la carga depositada y que a su vez permitan el almacenaje sobre las estanterías, y cuando presenten un estado deteriorado deben reemplazarse y destruir las viejas o deterioradas.
2. Los objetos depositados no deben sobrepasar los límites perimetrales del estante, en altura y peso máximo.
3. En el caso en que se deban realizar los trabajos de confección y separación de cargas en los pasillos éstas se deben hacer de forma que se eviten posibles accidentes.
4. Cuando el tamaño, forma o resistencia de los objetos no permita obtener una carga de cohesión suficiente como para oponerse a su caída, éstas serán inmovilizadas

con la ayuda de dispositivos de retención del tipo fundas de material plástico re-tráctil, redes, cintas, flejes, entre otras.

5. Las paletas y contenedores han de ser manipulados con la carretilla más apropiada a la carga.
6. Mantener libre de todo obstáculo los pasillos entre las estanterías.

Además se puede añadir que:

1. La altura máxima de carga será de 6 metros, con acceso por medios mecánicos.
2. En estanterías para sustancias corrosivas los materiales más pesados y los líquidos agresivos, se colocan siempre en los entrepaños más bajos.
3. Los materiales inflamables, se almacenarán preferentemente en lugares especiales, provistos de muros fuertes y techos livianos, iluminación a prueba de explosión y polos a tierra para conectar tambores y recipientes. En su defecto se almacenarán hacia el fondo del local y alejado de materiales combustibles, instalaciones eléctricas y fuentes de calor. También es posible utilizar armarios a prueba de explosión.
4. Es importante señalizar en cada estantería la carga máxima que se puede acomodar, teniendo en cuenta que las cargas más pesadas irán en los anaqueles inferiores y disminuirá por cada nivel.
5. El pavimento de los pisos será firme, sin declives y resistente a las cargas que deba soportar.
6. Los tubos, varillas y demás elementos redondeados se apilarán en capas separadas mediante soportes intermedios y provistos de elementos de sujeción que eviten que se rueden.
7. Los perfiles y las láminas metálicas pesadas se almacenarán en estanterías dobladas de rodillos sobre los que pueda soportarse el material e inclinados hacia adentro para facilitar su manipulación.

#### **4. Almacenamiento en tanques**

Los tanques se clasifican de la siguiente manera:

*Tanques verticales:* de techo fijo o flotante

*Esferas:* estas se construyen en gajos utilizando chapas de acero. Se sostienen mediante columnas que deben ser calculadas para soportar el peso de la esfera durante la prueba hidráulica (pandeo).

*Horizontales:* los recipientes horizontales (cigarros) se emplean hasta un determinado volumen de capacidad. Para recipientes mayores, se utilizan las esferas.

*Tanque atmosférico:* recipiente diseñado para soportar una presión interna atmosférica. No se utilizarán para almacenamiento de líquidos a su temperatura de ebullición o superior. Pueden ser verticales de techos flotantes, fijos o ligeramente variables.

Por su ubicación sobre el suelo:

*Subterráneos*: instalados dentro de bóvedas de concreto o enterrados, en cuyo caso estarán por debajo de 45 centímetros si el piso está pavimentado o de 60 centímetros si es de tierra. Este tipo de tanques presenta dificultad para establecer las fugas de modo que pueden ocasionar daños considerables en el suelo y subsuelo si almacenan sustancias químicas tóxicas.

*Superficiales*: deben estar bien anclados al piso, para que en caso de inundación no floten.

Los tanques elevados deben contar con soportes muy fuertes y con una resistencia al fuego de al menos cuatro horas antes de perder su forma. Estos tanques deben disponer de un dique a su alrededor con capacidad suficiente para retener su contenido en caso de ruptura.

Las principales normas utilizadas en la fabricación de tanques son:

- ASTM American Society for Testing Materials
- API American Petroleum Institute
- NFPA National Fire Protection Association
- STI Steel Tank Institute
- UL Underwriters Laboratories Inc. (E.U.A.)
- ASME American Society of Mechanical Engineers

*Tuberías*: hacen parte del equipo de almacenaje, ya que a través de ellas se cargan y descargan los tanques. Lo recomendable es que las tuberías vayan por túneles o zanjas especialmente acondicionados para ello, según el tipo de producto que contengan.

Causas fundamentales de riesgos:

1. Falta y fallas de empaques en las válvulas y accesorios.
2. Apertura errónea de una válvula.
3. Comprobación que las válvulas estén bien cerradas y los tubos vacíos.
4. Fallas en el mantenimiento.
5. Falta instalación sismoresistente.

Para el caso que las tuberías transporten productos corrosivos, se deben tener los cuidados explicados en el Capítulo 13 Riesgo por contaminantes químicos, como lavar cuidadosamente las herramientas y el equipo de protección personal con un reactivo que neutralice o elimine la materia corrosiva y luego enjuagar con agua limpia.

Para la identificación de las tuberías existen normas técnicas como las explicadas en el Capítulo 22 Señalización, subtema: Codificación de tuberías y ductos.

#### **Control al riesgo de almacenamiento en tanques**

1. Los tanques deben estar marcados con el material que contienen y ha de indicarse su capacidad de almacenamiento.

2. Cuando contengan sustancias que puedan afectar el medio ambiente o ser peligrosas dentro de sistemas de alcantarillado, contarán con diques de contención con capacidad igual a la del tanque; en el evento de existir varios tanques dentro del mismo dique, su capacidad será igual a la del tanque con mayor volumen de almacenamiento, más un 10%.
3. Los tanques con líquidos volátiles deberán estar provistos de dispositivos de ventilación.
4. Cuando el tanque se encuentre dentro de un edificio, los respiradores desembocarán al exterior, lejos de los sitios de trabajo y de cualquier punto caliente.
5. Si el tanque es de líquido corrosivo los respiradores deben estar hechos en un material que no se degrade con el contenido del tanque.
6. Siempre que generen gases tendrán un tubo de desfogue, cuya altura sobrepasará la de las edificaciones cercanas y debe tener en cuenta la densidad de los gases, para evitar su ingreso a otras instalaciones.
7. Se dispondrá de una pinza conectada a tierra, para colocar en los camiones cisterna que abastecan de combustible.
8. De acuerdo con la capacidad de almacenamiento de sustancias combustibles o inflamables, se dispondrá de equipos especiales de contra incendios y de instalaciones eléctricas a prueba de explosión.
9. En cuanto a distancia de edificaciones y demás condiciones específicas, deben consultarse las normas expedidas por las entidades competentes del respectivo país.

## 5. Almacenamiento de gases a presión en cilindros

Los gases a presión se clasifican en:

*Gases inflamables:* utilizados para producir calor y en procesos industriales como fuentes de energía, como son el gas licuado del petróleo (GLP), butano, acetileno, entre otros.

*Gases comprimidos:* entre estos se cuentan el helio, propano, etc.

*Gases criogénicos:* son gases licuados y almacenados a presiones muy altas y a temperaturas muy bajas como el metano, nitrógeno, CO<sub>2</sub>, etc.

*Gases industriales:* entre estos se destacan el oxígeno, argón y numerosas mezclas empleadas, por ejemplo, en soldadura.

*Gases reactivos:* reaccionan con otros materiales o consigo mismos mediante un efecto físico-químico tal como el calor o impacto.

*Gases tóxicos:* son aquellos venenosos o irritantes para el ser humano, bien sea al ser inhalados o al entrar en contacto con la piel u otra parte del organismo.

*Gases de uso médico:* como los anestésicos.

Los cilindros de almacenamiento de todas estas sustancias deben disponer de protectores de válvulas, pues por ser esta la parte más vulnerable, es necesario resguardarla de golpes.

Se deben almacenar en forma separada los cilindros llenos de los vacíos y asegurarlos con barandas o cadenas que impidan su caída accidental; igualmente, se deben separar de acuerdo a las combinaciones permitidas y prohibidas (ver tabla 4.2).

**TABLA 4.2**  
Combinación de sustancias permitidas y prohibidas.

PRODUCTO 1 COMBINADO CON	OXÍGENO	ÓXIDO NITROSO	HIDRÓGENO	ACETILENO	ETILENO
Argón (A)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Acetileno (C2H2)	No	No	Sí	--	Sí
Aire	Sí	Sí	No	No	No
Dióxido de Carbono (CO2)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Etileno (C2H4)	No	No	Sí	Sí	--
Helio (HE)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Hidrógeno (H2)	No	No	--	Sí	Sí
Nitrógeno (N2)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Óxido Nitroso (N2O)	Sí	--	No	No	No
Oxígeno (O2)	--	Sí	No	No	No
Propano (C3H8)	No	No	Sí	Sí	Sí
Ciclopropano (C3H6)	No	No	Sí	Sí	Sí
O2-CO2 Mezclas	Sí	Sí	No	No	No
O22-HE Mezclas	Sí	Sí	No	No	No
N2O-CO2 Mezclas	Sí	Sí	No	No	No
N2-HE Mezclas	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
O2-A Mezclas (menos del 5% O2)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
O2-A Mezclas (más del 5% O2)	Sí	Sí	No	No	No

### Factores de riesgos para el almacenamiento de cilindros de gases a presión

1. Aumento de la presión como consecuencia de la expansión de los gases por el calor o por su reacción química con otros elementos debido a escapes o rotura del cilindro.
2. Golpes recibidos por el cilindro que pueden fracturarlo o hacer que el material del que está constituido pierda resistencia.
3. En el caso de los gases reactivos, un golpe brusco puede ser suficiente para que el gas se expanda y explote.
4. Escapes de gas, especialmente aquellos que son inflamables o tóxicos. Un factor de riesgo es que muchos de ellos son incoloros e inodoros y por eso no se percibe el escape apenas ocurre.

### Bodegas de almacenamiento

La normatividad vigente, como la NTP 337 de España, indica que la mejor manera de almacenar cilindros de gas a presión es mediante el sistema de área abierta-área cerrada,

esto significa que los cilindros se almacenarán tanto en áreas abiertas cubiertas como áreas cerradas. Las cerradas tendrán un techo no combustible y mínimo dos puertas de acceso ubicadas en posición opuesta que accesarán a salas limítrofes de combustión lenta. El área abierta estará protegida de la intemperie por un simple techado y contará con grandes espacios de ventilación ya que sólo se permite un muro completo en uno de los lados.

Estas bodegas deben contar con fosas de drenaje que permitan que el agua o los líquidos utilizados para controlar la conflagración en caso de incendio salgan y por eso el piso de la bodega debe tener una pendiente de 1° hacia dicha fosa.

Esta combinación de bodega abierta y cerrada es adecuada, porque en caso de escape permite la ventilación suficiente como para que no se acumule el gas, y protege de forma adecuada los cilindros del agua y el peligro que representaría la incidencia directa de los rayos del sol que podrían calentar el cilindro a límites peligrosos.

¿Qué sustancias se almacenan en la parte cerrada de la bodega y cuales en la abierta? Esto depende de la cantidad de gas almacenado y de factores como su toxicidad. La parte cerrada ofrece una alternativa de retención del material fugado y es recomendable para el almacenaje de gases altamente tóxicos como el cloro, mientras algunos inflamables se almacenan mejor en la parte abierta de la bodega. La NTP 337 Control de fugas en almacenamientos de gases licuados tóxicos, dice:

«La American Conference of Governmental Industrial Hygienists 1993-94) viene a poner de manifiesto la ausencia de prescripción diferencial [para almacenar cilindros con gas a presión en un área abierta o cerrada] desde una perspectiva cualitativa... a la vista de ello, cabe establecer el criterio de que un local abierto siempre es más seguro que un local cerrado, a no ser que en las proximidades o zona de influencia de un escape puedan verse afectadas personas. Cuando ello sucede, no cabe duda de que, con recipientes de almacenamiento de pequeña capacidad, dispuestos en locales con sistemas de confinamiento de fugas, resultarán éstas más fácilmente controlables y consecuentemente aquéllos más recomendables, en determinadas situaciones».

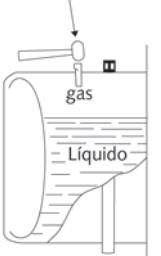
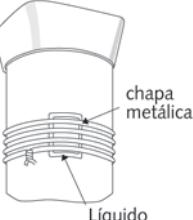
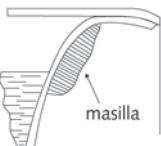
### **Controles para los riesgos en gases almacenados a presión en cilindros**

Para eliminar o reducir el riesgo de fugas de gas es necesario realizar taponamientos de presentarse roturas en los recipientes. La tabla 4.3 basada en la NTP 338 muestra los sistemas más utilizados para este tipo de taponamientos.

De presentarse una explosión o incendio, las medidas de control se pueden consultar en el Capítulo 5 Riesgo por incendio; y en caso de presentarse fugas de materiales tóxicos ver el Capítulo 13 Riesgo por contaminantes químicos.

**TABLA 4.3**

Tipos de taponamiento para cilindros con gas a presión.

TIPO DE TAPONAMIENTO	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN
Mediante cuñas		<p>Se utilizan cuñas afiladas de madera o láminas de caucho insertadas a presión. Es un taponamiento provisional.</p>
Mediante abrazaderas		<p>Se trata de caperuzas envolventes que pueden ser presionadas sobre el área de la fuga para detenerla. Aunque es un medio de taponamiento menos provisional que las cuñas, No es aconsejable en cilindros de gran tamaño.</p>
Mediante pasta selladora		<p>Son masillas compuestas por un cemento de fraguado rápido que tapona el área. Es un método efectivo y su duración permite el vaciado del cilindro para su reparación.</p>

## 6. Almacenamiento de explosivos

Los materiales explosivos se almacenan en construcciones a prueba de fuego y de gran resistencia, de manera que puedan contener la mayor parte de la onda expansiva de presentarse una explosión. Se deben ubicar lejos de instalaciones ocupadas por trabajadores y solo tendrán acceso a ella el personal necesario para las operaciones de cargue y descargue.

Se deben seguir las siguientes recomendaciones:

1. Los depósitos estarán limpios, secos y con ventilación adecuada.
2. Los explosivos no se mezclarán con los detonadores ni se expondrán al sol.
3. Los trabajadores tendrán un completo plan de entrenamiento y capacitación que contemple conocimientos sobre el producto, su manipulación y la forma de actuar en casos de emergencia.
4. Los planes de contingencia deben ser claros, precisos y puestos a prueba en forma permanente.
5. Los pisos deben ser nivelados para evitar caídas de las pilas, las cuales estarán a una altura máxima determinada por una línea horizontal.

6. La capacidad de carga del piso se debe colocar también en un lugar visible y, según el material de éste y la resistencia, se determinará el uso de carretillas.
7. Las rampas se construirán con una superficie antideslizante y dispondrán de barandillas y de dos carriles si es necesario (uno para peatones y otro para carretillas).
8. Debe existir señalización visible y espejos en las esquinas para evitar colisiones.
9. Los equipos móviles estarán equipados con dispositivos de alerta de marcha atrás.
10. Los pasillos deben ser suficientemente anchos para permitir el paso de operarios, del equipo de carga y el acceso a equipos de contraincendios.
11. Los equipos de control y extinción del fuego deben cumplir los más estrictos estándares de normatividades como la NFPA (que se explica en el siguiente ítem).

## **7. Almacenamiento de sustancias químicas**

Existen diferentes métodos para almacenar los productos químicos; a continuación se exponen cuatro de ellos, con el fin de ser analizados, para escoger el que más convenga a cada laboratorio:

1. Sistema IMCO.
2. Sistema Inorgánicos/Orgánicos.
3. Sistema NFPA.
4. Sistema Baker.

### **Sistema IMCO**

La Intergovernmental Maritime Consultative Organization (IMCO), clasifica los reactivos peligrosos mediante números que representan los diversos grados de peligro. De esta forma, se facilita a las personas que manipulan estas sustancias, el reconocer rápida y fácilmente los riesgos que implica el manejo de cada una de ellas.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	Explosivo.	5.1	Agente oxidante o comburente.
2	Gases comprimidos, licuados o disueltos bajo presión	5.2	Peróxidos orgánicos.
3.1	Líquidos inflamables. Punto de fusión inferior a -18°C y punto de inflamación menor que 21°C.	6.1	Sustancias tóxicas.
3.2	Líquidos inflamables. Punto de fusión entre -18 °C y 23 °C y punto de inflamación entre 21 °C y 55 °C.	6.2	Sustancias que producen vómito e infecciones.

**TABLA 4.4**

Grados de peligro según el Sistema IMCO.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
3.3	Líquidos inflamables. Punto de fusión entre 23 °C y 61 °C, y punto de inflamación entre 55°C y 100 °C.	7	Radiactivo.
4.1	Sólidos inflamables.	8	Corrosivo.
4.2	Espontáneamente combustible.	9	Otras sustancias peligrosas.
4.3	En contacto con el agua desprende gases inflamables.		

Una vez realizada la clasificación anterior, se procede a determinar la separación que debe existir entre los productos de acuerdo a la matriz mostrada en la tabla 4.5.

TABLA 4-5

## Matriz de separación se productos según el Sistema IMCO

Para determinar el tipo de separación entre dos sustancias químicas, con grupos de peligrosidad o códigos IMCO diferentes, buscar en cada caso el intercepto de estas dos en la matriz; por ejemplo: IMCO “1” vs. IMCO “8”, requiere una separación “4”. Para determinar el tipo de separación consultar en la tabla 4.6.

TABLA 4-6

## Descripción del tipo de separación

Nº SEPARACIÓN	DESCRIPCIÓN TIPO DE SEPARACIÓN
1	LEJOS DE: significa que deben estar separados, de manera que los materiales incompatibles, no pueden actuar unos sobre otros de forma peligrosa en caso de accidente, pero pueden estar en el mismo compartimiento.
2	SEPARADO DE: significa colocados en diferentes compartimientos.

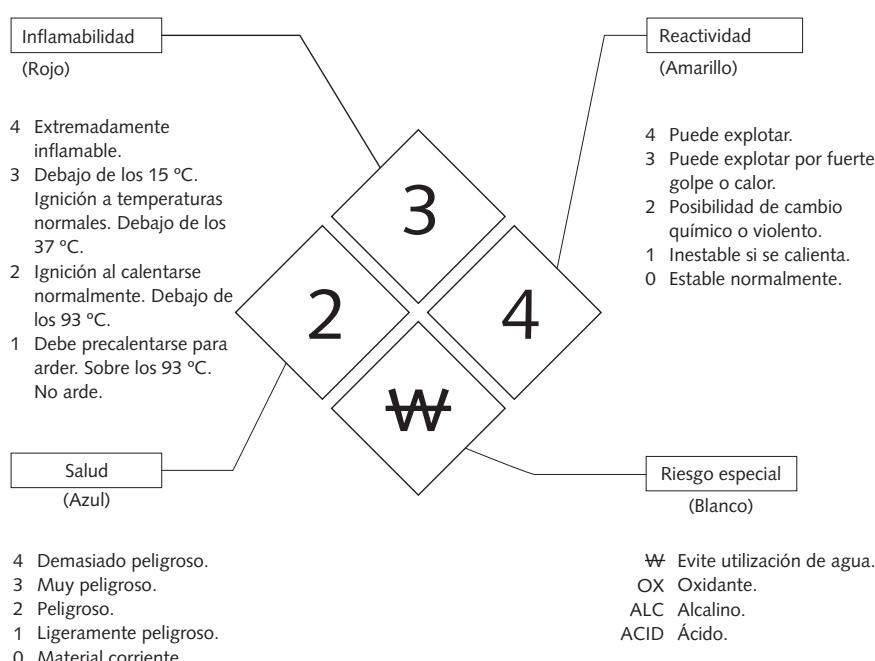
Nº SEPARACIÓN	DESCRIPCIÓN TIPO DE SEPARACIÓN
3	SEPARADO POR UN COMPARTIMIENTO: se exige una separación longitudinal o vertical, constituida por un compartimiento intermedio completo.
4	SEPARADO LONGITUDINALMENTE: por compartimiento intermedio grande o bodega aparte.
X	NO SE RECOMIENDA SEPARACIÓN ESPECIAL: planes individuales deben ser consultados.
*	La separación de productos se establece de acuerdo a otros grupos de incompatibilidad especial.

### Sistema inorgánicos / orgánicos

Consiste en separar los productos químicos en orgánicos e inorgánicos, en estantes separados, siendo de preferencia en bodegas separadas. Los menos peligrosos en la parte superior y los de mayor peligro en la inferior.

### Sistema NFPA

La National Fire Protection Association, NFPA de los Estados Unidos, tiene un sistema de identificación de riesgos, con base en la información de la etiqueta correspondiente: "Diamante NFPA - 704".



**GRÁFICO 4.5**  
Diamante NFPA-704.

Un ejemplo: un tanque cisterna identificado con un rombo de color rojo y el número 3, significa que transporta un líquido inflamable de alto riesgo como gasolina motor. En cambio, si el rombo tiene el número dos y es rojo, significa que transporta un derivado del petróleo de bajo riesgo, como puede ser queroseno, ACPM o petróleo crudo.

### **Sistema Baker**

Este sistema clasifica las sustancias por colores de acuerdo a si éstas son tóxicas, inflamables, reactivas, corrosivas o de riesgo moderado. La codificación se realiza de la siguiente manera:

*Etiqueta de color azul:* para sustancias tóxicas, las cuales deben ser almacenadas en un lugar apropiado.

*Etiqueta color rojo:* para sustancias inflamables, las cuales deben almacenarse en lugares apropiados para estas sustancias, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos se requerirá de armarios especiales para almacenamiento de sustancias inflamables.

*Etiqueta color amarillo:* para reactivos, que deben ser almacenados en lugares apropiados.

*Etiqueta color blanco:* para corrosivos cuyo almacenamiento se hará en lugares apropiados.

*Etiqueta color verde:* para sustancias de riesgo moderado que se pueden almacenar en un área general.

*Etiquetas con franjas:* cuando las sustancias son incompatibles dentro de su misma clase, por ejemplo una sustancia inflamable que no es compatible con las demás también inflamables, se etiqueta con franjas oblicuas rojas, indicando que deben almacenarse en lugar separado.

### **Control al riesgo de almacenamiento de sustancias químicas y explosivas**

Las condiciones de almacenamiento de sustancias químicas y explosivas deben cumplir algunos parámetros importantes, como:

1. Utilizar uno de los métodos para almacenar los productos químicos y ser consistente con su uso.
2. Instalar estanterías adecuadas para el manejo de sustancias químicas.
3. Demarcar de forma adecuada los pasillos para montacargas y pasillo peatonales.
4. Contar con un sistema de almacenamiento seguro que impida la caída de las cargas almacenadas.
5. Realizar mantenimiento preventivo a las estibas, estanterías y demás elementos de almacenamiento.
6. Utilizar una iluminación eficiente y a prueba de explosión.
7. La bodega debe contar con una salida de emergencia que permita su evacuación en caso de incendio.
8. Minimizar los derrames y fugas de sustancias químicas que pueden ocasionar la contaminación del ambiente laboral y cuya gravedad depende de las características de los respectivos productos. De llegar a presentarse, la limpieza ha de ser inmediata.

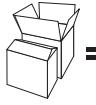
9. No se permite el almacenamiento indiscriminado de productos reactivos entre sí, porque pueden ocasionar reacciones químicas que generen incendio, explosión y contaminación del ambiente. Nuevamente se repite: hay que hacer uso de alguno de los métodos, ya explicados, para almacenaje de sustancias químicas.
10. Para los casos en que se almacenen productos inflamables se deberá contar con armarios de seguridad diseñados para productos inflamables y conectar sus respectivos respiraderos.
11. Determinar de acuerdo con las características de los productos ó materia prima los lugares de la estantería donde deben ser almacenados.
12. Si el líquido es corrosivo la zona de almacenamiento debe quedar independiente del resto de la planta por muros y suelos impermeables, con drenajes y muros de contención adecuados por si hay derrames de líquido.
13. Los bidones llenos no deben amontonarse unos sobre otros sino colocarse en estanterías de fácil acceso para la inspección de la mercancía.
14. Los materiales que sean diferentes deben almacenarse en zonas previamente designadas y separadas por pasillos; al hacerlo debemos conocer si puede haber reacción entre ellos y ésta puede producir incendios, explosiones, etc.
15. Los líquidos corrosivos o venenosos requieren recipientes de identificación y materiales de protección especiales, tales como vidrio o plástico y han de estar metidos en un protector de metal para evitar accidentes al caer.
16. Para el manejo de álcalis y ácidos los operarios usarán equipo de protección personal recomendado por los fabricantes de los productos y señalados en las hojas técnicas y dispondrán de duchas para emergencia y de fuentes para lavado de ojos.
17. Los vagones cisterna de productos químicos, previa señalización, cargarán y descargarán sobre una plataforma con suelo firme.
18. Cuando exista almacenamiento de líquidos, gases o materiales que emitan gases o vapores, se debe hacer medición de atmósferas tanto inflamables como tóxicas o venenosas antes de iniciar el trabajo, porque se pueden producir reacciones que crean situaciones de riesgo para las personas, los equipos, los sistemas y el medio ambiente.

### **Señalización para almacenamiento**

Los embalajes de los materiales usualmente se señalan indicando los riesgos que representan. En la tabla 4.7 se adjuntan los símbolos más utilizados, con su interpretación.

**TABLA 4.7**

Símbolos de señalización para almacenamiento.

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Sobreponer cajas a un máximo de 5 filas.
	Frágil.
	Las flechas indican el sentido en que debe quedar el material.
	Proteger de la humedad y la lluvia.
	No exponer a los rayos del sol.
	Material radiaactivo.
	Material con peligro biológico.

Estos símbolos van en una etiqueta que se coloca en los bultos, cajas, embalajes y cilindros mediante un material adhesivo; en los tanques en vez de etiqueta se hace una marcación indeleble sobre su superficie.

Según la NTP 103 las etiquetas deben cumplir los siguientes requisitos expuestos en la tabla 4.8.

**TABLA 4.8**

Normalización de etiquetas según NTP 103.

TIPO DE ETIQUETA	DIMENSIONES	OBSERVACIONES
Rombo 1, 2A, 2B, 2C, 2D, 3, 4, 5, 6A, 6B	De 100 mm de lado apoyado sobre un vértice.	Cuando sean adosadas sobre cisternas tendrán un lado mínimo de 300 mm.
Rectángulo 4A, 7, 8 y 9	Rectángulo de 148 x 210 mm.	Para bultos podrán ser reducidas hasta el formato de 74 x 105 mm.

Así mismo existen una serie de pictogramas de identificación de peligros aceptados internacionalmente, cuya simbología primaria se muestra en la tabla 4.9.

Para complementar el tema se puede consultar el Capítulo 22 Señalización.

Explosivo		Inflamable		Corrosivo	
Comburente		Tóxico		Irritante	
				Nocivo	

**TABLA 4.9**  
Pictogramas de identificación de peligros.

## Normatividad

Siempre se deben aplicar las normas legales y técnicas vigentes en el país donde se aplique el procedimiento de almacenaje; como guía adicional utilizar normas como:

INSHT NTP 725: almacenamiento de productos químicos.

NTP 307: Líquidos inflamables y combustibles: almacenamiento en recipientes móviles.

NTP 337 y 338: Almacenamiento de gases licuados tóxicos y control de fugas.

INSHT NTP 495: normas de almacenamiento de cilindros (botellas) de gases comprimidos.

UNE 58.003-78: almacenamiento en estructuras y estanterías; y la NTP 298:

Almacenamiento en estanterías y estructuras.

NOM-006-STPS-2000: manejo y almacenamiento de materiales- condiciones y procedimientos de seguridad.

NTP 103: Etiquetas para la identificación de mercancías peligrosas; y la NTP 459:

Peligrosidad de productos químicos: etiquetado y fichas de datos de seguridad.

UNE 23093 Edificaciones para almacenamiento de gases a presión; y la UNE 23727

sobre especificaciones técnicas de las bodegas destinadas a almacenaje de gases a presión.



## **Riesgo por incendio**

El fuego es un elemento que ha contribuido en gran medida a la supervivencia humana, es fuente de calor y medio de iluminación; es indispensable para la cocción de los alimentos y además, permitió el surgimiento de tecnologías como la industria del vidrio, la cerámica y la metalurgia, entre otras. No obstante, si su utilización no se ciñe a parámetros de seguridad que lo mantengan bajo control, éste se convierte en una fuerza destructiva.

El fuego incontrolado, al que se denominará “incendio” en este capítulo, ha dejado a través de la historia de la civilización muchas víctimas humanas, daños materiales, pérdidas económicas, alteraciones en los procesos y en las empresas modernas, deterioro de la imagen institucional, entre otros muchos efectos negativos.

No protegerse (y al hablar de protección se hace referencia al control de los factores de riesgo asociados a cualquier actividad que pueda generar un incendio), y pensar que los incendios son siniestros ajenos a nuestra organización, es quizás el mayor error que se puede cometer, pues conlleva a no tomar las medidas de control necesarias para evitar que se presente.

La protección contra los incendios debe ser un factor prioritario en todas las organizaciones y ha de estar estructurado considerando los siguientes aspectos:

1. Sistema de detección y alarma.
2. Sistemas de agentes extintores fijos y/o extintores portátiles.
3. Personal capacitado para el control del fuego.
4. Un plan que permita que todos estos sistemas se integren coordinadamente, y en caso de requerirse, proceder a la evacuación del lugar.

¿Dónde están los riesgos por incendio? Esta es una pregunta interesante y su respuesta se irá desglosando en los temas que se verán a continuación. Lo importante es que el especialista en seguridad ocupacional debe tener en cuenta que muchas situaciones no aparentan ser riesgo por incendio, pero tienen el potencial para causar peligros de incendio que deben ser controlados; por ejemplo: el calentamiento de sustancias, materias primas, así como situaciones tan sencillas como el flameo de un aceite para presentar alimentos en la alta cocina o el uso de una vela aromatizada en el hogar, conllevan factores de riesgo que no se deben menospreciar. Un incendio declarado genera consecuencias altamente lesivas en muchos aspectos: edificaciones destruidas, equipos incinerados, personas quemadas o muertas, daños económicos cuantiosos, lo que justifica implementar sistemas de control adecuados en todas las empresas para controlar este tipo de riesgo.

Como el objetivo del capítulo es hacer de la prevención de incendios la herramienta más efectiva para lograr su control, se explicará todo lo relacionado con el fuego, como son los mecanismos de transferencia de calor, así como la relación del fuego con sus diferentes agentes extintores, de modo que el personal encargado de la seguridad e higiene industrial de la empresa pueda establecer los respectivos controles. Para ello se tratará el tema de la química del fuego para entender los sistemas de control a emplear; pero de una vez se deja en claro que los equipos contra incendios por sí solos no constituyen un sistema de control, ni aún en los casos de los sistemas automáticos, ya que el mantenimiento de estos equipos, así como su instalación, pruebas y supervisión, debe ser realizado por personal experto; por ello, es necesario contar con personal capacitado y entrenado para utilizar adecuadamente los equipos y dispositivos de control.

## Tetraedro del fuego

Para que el fuego exista es necesaria la presencia de cuatro elementos:

1. Oxidante: oxígeno.
2. Material combustible.
3. Calor.
4. Reacción en cadena.

Si alguno de estos cuatro elementos no se presenta, el fuego no tendrá lugar o, al suprimir alguno de estos elementos en un incendio declarado, se habrá controlado el incendio.

### 1. Oxidante: oxígeno

La composición del aire es de 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y 1% de otros gases. Para que un cuerpo entre en combustión es necesario la presencia de un agente oxidante, y el oxígeno es el más común. Para que exista el fuego se requiere un mínimo de oxígeno del 16%.

## **2. Material combustible**

En esencia, es toda sustancia que pueda entrar en combustión bajo algunas condiciones adecuadas. Según el estado, los materiales combustibles se clasifican en:

*Sólidos:* son variados los productos sólidos combustibles y entre ellos están: los que contienen celulosa como la madera, el papel, los textiles; otros como el carbón, el azufre, el fósforo, los alquitranes, el corcho; algunos metales arden como el aluminio, el magnesio, el sodio o el acero en polvo. Por lo general estos materiales dejan brasa y producen humo blanco.

*Líquidos:* los principales son el petróleo y sus derivados líquidos (ACPM, gasolina, aceites, entre otros); también están las diversas variedades de alcoholes, las acetonas y los productos elaborados con base en ellos, como las pinturas, los barnices, los esmaltes, entre otros. Estos productos no dejan brasa porque se consumen por completo, y producen humo que por lo general es negro, dependiendo de la cantidad de carbono que contengan.

*Gaseosos:* las sustancias gaseosas son las que en condiciones normales (1 atmósfera de presión, temperatura de 25 °Celsius), se encuentran en estado gaseoso y entre estas podemos citar el gas natural (metano), el etano, así como el propano, el butano y el acetileno (la sustancia más inflamable que existe); el gas hidrógeno también arde y es una sustancia altamente inflamable.

*Nucleares:* constituido por aquellos minerales que emiten radiactividad; esta radiación genera un calor intenso que incinera los materiales alrededor. Su manejo exige tal grado de especialidad que no se tocará en el presente libro.

Es importante anotar que lo que arde de una sustancia combustible o inflamable, no es la sustancia como tal, sino los vapores que se generan cuando se alcanza una temperatura capaz de generar vapores en dicha sustancia.

## **3. Calor**

Es una forma de energía. El calor incrementa la generación de vapores en los materiales combustibles e inflamables, y estos vapores son los que entran en combustión, ante una fuente de ignición capaz de generar el calor necesario de acuerdo con cada sustancia. El calor puede generarse por la electricidad, llamas abiertas, fricción, reacciones químicas exotérmicas y superficies calientes entre otras.

La transferencia de calor en un incendio está dada por los siguientes mecanismos:

*Conducción:* es la transferencia de calor ocasionada por el contacto directo de dos sustancias o materiales.

Ocurre intermolecularmente debido al contacto de moléculas calientes y frías, la dirección de esta propagación se realiza de las moléculas calientes hacia las frías y mientras permanezca el contacto; dicha transmisión durará hasta que se alcance el equilibrio térmico entre las partes involucradas.

*Convección:* es el calor que se transfiere por medio de fluidos, como pueden ser los gases y los vapores. Comúnmente la transferencia de calor por convección en un incendio

se realiza a través del aire, propagándose desde masas de aire caliente hacia las más frías.

**Radiación:** es el calor transmitido mediante ondas electromagnéticas generadas por cuerpos calientes, las cuales hacen que los cuerpos que los rodean y que estén más fríos aumenten su temperatura; por ejemplo, metales fundidos, hornos, bombillas incandescentes. En la transferencia de calor por radiación no hay contacto entre los cuerpos.

### Fuentes de calor

El encargado de seguridad industrial debe conocer las fuentes generadoras de calor, porque pueden ser potenciales fuentes de riesgo. Identificar el calor de fuentes exógenas o externas es sencillo y dicho riesgo se puede controlar con sistemas de ventilación o refrigeración adecuados. Pero existen fuentes de calor endógeno que pueden ocasionar un calentamiento por reacciones como la oxidación o la fermentación. Incluso, la acumulación de material puede aumentar la temperatura como ocurre con los montículos de carbón, los bultos de algodón y otras fibras.

El calor por descomposición se genera cuando una sustancia es digerida por las bacterias; las fuentes eléctricas generan calor por el calentamiento de resistencias eléctricas, por inducción, por calentamiento dieléctrico, por formación de arco eléctrico, por descargas eléctricas atmosféricas y por cargas eléctricas estáticas (este tema se trató en el Capítulo 1 Factores de riesgo eléctrico).

Existen fuentes mecánicas generadoras de calor, como el calor por fricción (dos objetos rozándose generan calor), por compresión (especialmente cuando se comprime un gas, se genera bastante calor), las superficies calientes y la radiación solar son otras fuentes generadoras de calor. Identificar cada una de las fuentes es el primer paso para lograr un adecuado control de los riesgos que se generan por el incremento del calor en el lugar de trabajo (recordar, este incremento de calor aumenta las posibilidades de ignición de la mezcla inflamable, el calor como riesgo laboral por derecho propio se aborda en el Capítulo 9 Riesgo por temperatura).

## 4 Reacción en cadena

Las reacciones oxidantes relacionadas con los incendios son exotérmicas, lo que significa que el calor es uno de sus productos. Para que las moléculas del combustible y el oxígeno, puedan reaccionar químicamente generando calor, hay que excitarlas para que alcancen un estado de actividad. Esta actividad puede alcanzarse mediante otras moléculas excitadas, por una llama o chispa cercana o elevando la temperatura general. Si la cantidad de combustible y oxígeno es suficiente y el número de especies excitadas es también adecuado, la ignición adopta la forma de una reacción en cadena.

El fuego se caracteriza por ser un proceso de combustión donde se presenta una reacción de oxidación. Cuando se inicia un conato de incendio, este se mantiene gracias a la

reacción en cadena, la cual se fundamenta básicamente en que el calor generado por el fuego es suficientemente elevado para mantener la generación de gases o vapores a una temperatura adecuada para que se mantenga el fuego; de esta manera cada vez se generarán más gases y vapores calientes que se inflaman haciendo crecer el incendio. Cuando el calor generado ya no sea suficiente para desprender gases o vapores o cuando el material combustible se consuma el incendio finalizará.

Para que se inicie la combustión es necesario la presencia de un combustible, comburente (en el caso del fuego es el oxígeno), calor y reacción en cadena. El agente oxidante más corriente es el oxígeno molecular del aire; no obstante, existen compuestos químicos que son grandes oxidantes como es el caso del nitrato de sodio y el clorato de potasio, que si se mezclan adecuadamente con un combustible, sólido o líquido pueden reaccionar violentamente. Hay circunstancias en las que intervienen especies reactivas en las que la combustión da lugar sin oxígeno, así los hidrocarburos pueden quemarse en una atmósfera de cloro o el polvo de zirconio puede arder en dióxido de carbono puro.

### **Límites de inflamabilidad**

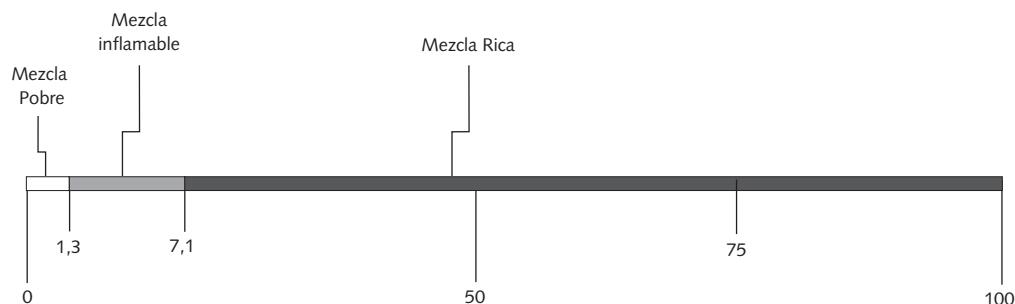
Para que la combustión tenga lugar, como ya se dijo, es necesario que los elementos constituyentes del tetraedro del fuego estén presentes y, además, es necesario que se cumplan ciertas condiciones como la concentración de la sustancia combustible o inflamable en aire y la temperatura.

Los gases y los vapores entran en combustión solo cuando la concentración de gas o vapor en una atmósfera dada, está en las proporciones adecuadas para que la combustión tenga lugar a un nivel de temperatura específico. Todas las sustancias presentan un rango de inflamabilidad, es decir, una concentración entre la sustancia y el aire dentro de la cual tendría lugar la combustión si se alcanza la temperatura de ignición. Este rango está determinado entre los límites de inflamabilidad para cada sustancia y se habla, por lo tanto, de límite superior de inflamabilidad y de límite inferior de inflamabilidad.

Para tener más claridad de lo anterior se muestra el siguiente ejemplo: los límites de inflamabilidad de la gasolina están entre 1,3 y 7,1%; esto quiere decir que en una atmósfera con vapores de gasolina, sólo hay combustión si la concentración de gasolina se encuentra entre dichos límites y el resto de la concentración de la atmósfera es de aire. De modo que cualquier concentración de vapores de gasolina dentro de la franja “mezcla inflamable”, hará que la mezcla entre en combustión ante una fuente de ignición.

El gráfico 5.1 muestra el límite de inflamabilidad para la gasolina. El rango comprendido entre 1,3 y 7,1% indica que una fuente de calor, como la cerilla de un cigarrillo, puede ser suficiente para inflamar la mezcla e iniciar la reacción en cadena.

**GRÁFICO 5.1**  
Límites de inflamabilidad de la gasolina.



Si la concentración de la mezcla es menor a 1,3, la atmósfera no hará combustión y se dice entonces que la mezcla es pobre. Si por el contrario, la concentración de los vapores de gasolina es mayor que 7,1 la atmósfera no hará combustión y se dice que la mezcla es rica.

**TABLA 5.1**  
Límite de inflamabilidad para algunas sustancias.

COMBUSTIBLE	LÍMITES DE INFAMABILIDAD
Gasolina	1.3% - 7.1 %
Hidrógeno	4% - 76%
Acetileno	2,5% - 98%
Metano	5% - 15%
Propano	2,6% - 12,5%
Éter etílico	1,7% - 49%
Acetona	2,2% - 13%
Benceno	1,2% - 8%
Tolueno	1,1% - 7,1%
Xileno	1,1% - 7,0%

Es importante aclarar que la NFPA 30 hace referencia a la definición y clasificación de los líquidos inflamables y los combustibles. El líquido inflamable se define como un líquido cuyo punto de inflamación momentánea no excede de 100°F (37,8 °C), al ser sometido a prueba mediante método de copa cerrada.

Un líquido combustible, es aquel cuyo punto de inflamación momentánea es de 100 °F (37,8 °C) o superior a este valor; al ser sometido a prueba mediante método de copa cerrada.

En el método de copa cerrada, el líquido se mantiene mezclándose continuamente y la temperatura se aumenta lentamente hasta que se forma la mínima cantidad de vapores inflamables en mezcla con el aire. Si se retira la llama, los vapores no seguirán encendidos. Esto difiere del punto de fuego o punto de ignición, donde se requiere una temperatura más alta capaz de mantener los vapores inflamables encendidos, así se retire la llama.

Estos dos grupos se subclasifican en las siguientes clases:

1. Clase IA – Punto de inflamación momentánea inferior a 73 °F (22,8 °C); punto de ebullición inferior a 100 °F (37,8 °C).

2. Clase IB – Punto de inflamación momentánea inferior a 73 °F (22,8 °C); punto de ebullición igual o superior a 100 °F (37,8 °C).
3. Clase IC – Punto de inflamación momentánea igual o superior a 73 °F (22,8 °C), aunque inferior a 100 °F (37,8 °C).
4. Clase II – Punto de inflamación momentánea igual o superior a 100 °F (37,8 °C), aunque inferior a 140 °F (60 °C).
5. Clase IIIA – Punto de inflamación momentánea igual o superior a 140 °F (60 °C), aunque inferior a 200 °F (93,3 °C).
6. Clase IIIB - Punto de inflamación momentánea igual o superior a 200 °F (93,3 °C).

## Clases de fuego

Según sea la composición de las sustancias que entran en combustión, el fuego puede clasificarse en: A, B, C, D, E y K según lo mostrado en la tabla 5.2.

CLASE DE FUEGO	TIPO DE MATERIALES INCINERADOS	CARACTERÍSTICAS
A	Madera, papel, caucho, plásticos, telas y otras fibras naturales.	Producen humo de color blanco, brasa y residuos y por eso la facilidad de la rengnición.
B	Líquidos inflamables.	Producen humo de color oscuro negro o grises y no dejan brasa, porque tanto los líquidos como los gases se consumen en su totalidad.
C	Equipos eléctricos energizados.	No existen incendios eléctricos sino fuego producido por la electricidad como el generado por una chispa eléctrica o por cargas de electricidad estática. Al cesar la corriente eléctrica queda un fuego tipo A, B, D, E ó K dependiendo del material combustible.
D	Metales combustibles como el sodio, litio.	Se produce por la oxidación de metales como el sodio, el potasio, el magnesio, el litio, el titanio, y aun el acero en su estado en polvo.
E	Elementos radioactivos.	Son aquellos que se presentan por combustión de material nuclear.
K	Grasas animales y vegetales.	Incluye a los que tienen como material combustible aceites industriales o domésticos.

**TABLA 5.2**  
Clases de fuego.

La clasificación K es la más reciente y su razón de ser es que se tiene en cuenta el efecto de “ebullición desbordante”, consistente en que al mezclar agua en estos aceites hirvientes, el agua se expande unas 1600 veces en su volumen, lo que ocasiona un efecto de ebullición que puede producir quemaduras e incinerar materiales adyacentes, de modo que los fuegos tipo K se controlan de una forma diferente a los inflamables tipo B.

## **Causas de los incendios**

Las causas de los incendios son muy variadas y entre ellas se citan las siguientes:

1. Sistemas eléctricos defectuosos, redes mal calculadas que permiten sobre cargas de las líneas.
2. Almacenamiento general inadecuado.
3. Sustancias inflamables almacenadas de manera inapropiada sin tener en cuenta las medidas preventivas.
4. Uso de sustancias inflamables sin seguir procedimientos de seguridad.
5. Fuentes de calor en áreas donde incide sobre materiales inflamables o combustibles.
6. Incompatibilidad de labores simultáneas, como es el caso de soldadura y pintura en aspersión en una misma área.
7. Fugas de gases o sustancias inflamables.
8. Uso de líquidos inflamables para limpieza.

Hay además otras causas que, si bien no generan incendios, su falta ocasiona que un coñato de incendio pueda desencadenarse en un incendio declarado. Algunas de estas son:

1. No se cuenta con un sistema de detección de incendios.
2. No se dispone de un sistema de rociadores automáticos cuando las características del lugar lo exigen.
3. No hay gabinetes contra incendios y/o extintores acorde con el riesgo de incendio.
4. No hay un plan de emergencias.
5. No se ha conformado, capacitado y entrenado una brigada de emergencias.

## **Valoración de las condiciones que pueden crear fuego**

Las condiciones para que se pueda crear un incendio son muchas y éstas pueden estar relacionadas con materiales combustibles, falta de sistema de extinción, sistemas eléctricos defectuosos, ausencia de sistemas de control en materias primas o productos inflamables, carencia o fallas en el sistema de detección de fuego, falta de personal capacitado y entrenando para controlar el fuego con los equipos requeridos, entre otros. Muchos de estos aspectos ya se tratan en otros capítulos (1. Factores de riesgo eléctrico, 2. Riesgo locativo, 4. Almacenamiento).

La valoración se realizará de acuerdo con el ítem de valoración determinado en el Panorama de riesgos Capítulo 16, o mediante el análisis de vulnerabilidad presentado en el Capítulo 20 Prevención, preparación y respuesta ante emergencias.

## **Controles contra el fuego**

Los riesgos inherentes al almacenamiento de materiales inflamables o el control de los riesgos eléctricos que podrían ser el origen de la ignición de una mezcla inflamable, fueron tratados en los capítulos 4. Almacenamiento y 1. Factores de riesgo eléctrico, respectiva-

mente. De la misma manera las instalaciones locativas y mobiliario con frecuencia tienen condiciones inadecuadas que se convierten en riesgos de incendio, lo cual hace indispensable aplicar medidas de control como las que se explicaron en el capítulo 2. Riesgo locativo.

En este apartado se analiza el control contra el fuego a partir de estos cuatro elementos:

1. Un sistema de detección y alarma.
2. Sistemas de agentes extintores.
3. Personal capacitado para el control del fuego.
4. Un plan que permita que todos estos sistemas se integren coordinadamente.

## **Sistemas de detección y alarma**

La mejor manera de contener un incendio es detectarlo apenas inicia, por ello los sistemas de detección juegan un papel importante.

Los sistemas de detección de incendios, se utilizan para determinar en el tiempo más corto posible la presencia de fuego en un área específica.

Dependiendo de las características bajo las cuales se forma el conato de incendio, se establece el detector a utilizar.

### **Detectores de Incendios**

Son los encargados de iniciar el sistema de alarma al detectar las partículas de humo en el ambiente. Existen los siguientes:

1. Iónicos.
2. Fotoeléctricos.
3. Autónomo.
4. Láser.
5. Llama
6. Térmicos
7. Mezcla explosiva

#### **1. Detector iónico**

Percibe el humo mediante la detección de una variación de potencial eléctrico. Dicha variación es debida a que el potencial constante generado por un elemento de americio, disminuye al asociarse con partículas de humo.

#### **2. Detector fotoeléctrico**

Funciona con un concepto similar, porque precisa un rayo lumínico incidente constante en un ángulo determinado, el cual es detectado por un receptor lumínico y, cuando el receptor detecta una incidencia menor se activa. La incidencia menor puede ser el resultado de la absorción o desvío del rayo lumínico ocasionada por la presencia del humo entre el rayo incidente y el receptor.

### **3. Detector autónomo**

Funciona en forma individual con una batería de 9 V y su uso se restringe a viviendas, embarcaciones, pequeñas salas.

### **4. Detector láser**

Hace un barrido de partículas de humo, diferenciándolas de las de polvo, mediante algoritmos que reciben la señal de un diodo láser combinado con lentes especiales y espejos ópticos, permitiendo una velocidad entre 10 y 50 veces mayor en la detección de humos que la provista por un detector fotoeléctrico convencional.

### **5. Detectores de llama**

Son detectores útiles en lugares donde la posibilidad de fuego no presenta una fase de humo apreciable, sino que la llama se da de forma casi inmediata, como es el caso de los líquidos volátiles del tipo *thinner*, éter, etc. Basan su principio, en sistemas de detección ultravioleta, infrarroja o combinada.

### **6. Detectores térmicos**

Corresponden a sistemas, con circuitos eléctricos aislados por materiales de alta sensibilidad a los cambios de temperatura, de tal forma que cuando la temperatura alcanza un valor determinado, dicho material se funde dejando en contacto los puntos que activan el circuito.

### **7. Detectores de mezcla explosiva**

Disponen de un sensor semiconductor y permiten la detección entre el 20% y 40% del límite inferior de explosividad de gas butano o propano.

## **Sistemas de alarma**

Los sistemas de alarma permiten informar a un grupo de personas en forma específica y/o general sobre la presencia de un siniestro. Lo anterior, asociado a un plan de emergencia, en el cual se haya definido un procedimiento para diferentes casos, permitirá el control de la emergencia o la evacuación de las personas a un lugar donde el riesgo sea menor o no exista.

Existen sistemas de alarma asociados a detectores de humo, activación automática de agentes extintores dentro de sistemas fijos y estaciones manuales de alarma. En estos casos se dispone de un panel de control, donde se puede ver el área exacta donde se ha producido la alarma y el dispositivo específico que la genera.

En general, la alarma debe contar con dos tonos diferentes, de tal forma que uno indique la presencia de la emergencia y el llamado a quienes corresponda para que actúen acorde con un plan previamente establecido. El otro tono deberá indicar que se debe evacuar de acuerdo a un plan igualmente establecido con anterioridad.

El sistema de alarma tiene que ir acompañado de un plan de emergencia, es decir, un procedimiento para la evacuación del personal y para iniciar una serie de acciones que

ayuden a controlar la situación de peligro, dicho plan se estudia en el Capítulo 20 Prevención, preparación y respuesta ante emergencias.

### **Sistema de agentes extintores**

Se explicaba en el ítem el Tetraedro del fuego que para eliminar un incendio se debía suprimir cualquiera de los elementos que lo conforman: oxígeno, combustible, calor y reacción en cadena.

Los sistemas de control contra el fuego, básicamente, lo que hacen es eliminar o controlar alguno de estos cuatro elementos para así eliminar el fuego. Esto indica que hay cuatro elementos de control del fuego:

#### **Eliminación del oxígeno**

El oxígeno en el aire tiene una concentración aproximada del 21% y para eliminar el fuego se debe disminuir por debajo de 16%. La forma más sencilla de eliminar el oxígeno es por sofocación, es decir, se busca desplazar el aire haciendo que el incendio termine por falta de oxígeno. En este caso se aplican agentes extintores que desplazan el aire ocupando el lugar que éste tenía en la atmósfera y controlando el fuego.

#### **Eliminación del combustible**

Consiste en limitar la cantidad de combustible que puede arder. Una adecuada planta física y un almacenamiento de productos de acuerdo a las normas de seguridad impiden que el fuego alcance otras zonas, de modo que se mantiene limitado. En el caso de incendios de gases combustibles, lo que usualmente se hace es suspender el flujo del gas, mediante el cierre de la válvula más cercana al punto de incendio. En los casos de incendios de líquidos inflamables o líquidos combustibles en tanques, lo que se hace es retirar parte del combustible hacia otro tanque, mediante ductos y válvulas previamente instaladas dentro del sistema de control de incendios para así disminuir el combustible en el tanque que arde. El paso del líquido del tanque que arde al otro debe hacerse hasta un nivel de temperatura de seguridad acorde con el líquido, para evitar que la temperatura inicie un incendio en el otro tanque. Posteriormente, el combustible que no pueda ser retirado del tanque en llamas, debe dejarse hasta que sea consumido totalmente por el incendio.

#### **Reducción del calor**

Si la temperatura disminuye por debajo del punto de inflamación del combustible hasta el momento en que no se generen vapores inflamables, el fuego cesa. La forma más sencilla de disminuir el calor es mediante la aplicación de agua, la cual se puede aplicar en chorro o neblina acorde con el incendio. Es importante enfriar también zonas cercanas que podrían entrar en combustión si se aumenta el calor de éstas por efecto del mismo incendio. En el caso de un tanque de combustible en llamas, lo que se hace para evitar que el

incendio se propague es aplicar agua mediante monitores y aplicación de agua mediante mangueras al tanque en llamas y a los tanques cercanos a fin de que no se calienten.

### **Interrupción de la reacción en cadena**

Se hace mediante la aplicación de productos químicos que modifiquen la química de la combustión, como lo hacen los polvos químicos. Es conveniente aclarar que la aplicación de los diferentes agentes extintores, actúa sobre diferentes fases del tetraedro del fuego. Al aplicar agua, por ejemplo, se ocasiona la reducción de calor, ya que la formación de vapor de agua lo desplaza.

### **Agentes extintores**

Reciben este nombre todos aquellos productos que por su naturaleza se usan para extinguir un incendio.

#### **El agua**

Es el extintor universal, abundante, económico y de gran disponibilidad y efectividad en la mayoría de los incendios. El agua apaga porque enfria y además, porque al evaporarse, el vapor formado desplaza el aire disminuyendo el nivel de oxígeno y sofocando el incendio.

El agua puede ser manejada en muchas formas y con objetivos diferentes, algunas formas pueden ser:

*Agua pulverizada:* el agua es pulverizada por medio de difusores en gotas muy finas, generando mayor área de cubrimiento y dando mejores resultados extintores; cada gota pulverizada absorbe calor del ambiente en control.

*Vapor:* puede ser utilizado en grandes cantidades como agente extintor. Actúa como sofocante en medios donde el vapor puede ser fácilmente aprovechado. Posee un efecto similar al del agua pulverizada.

*Productos humectantes:* son sustancias químicas que adicionadas al agua de extinción la hacen más eficaz; actúan aumentando el grado de humedad del agua, facilitando la penetración en el combustible y retardando la vaporización. Este elemento es eficiente en el control de incendio en almacenamientos de algodón virgen, por ejemplo.

*El agua liviana:* posee un excelente potencial extintor en comparación con los otros agentes extintores con base en los mismos volúmenes. Posee la propiedad de flotar en la superficie de los hidrocarburos en llamas, y da muy buenos resultados en el control de fuegos en ductos, cajas subterráneas alcantarillas y otros espacios cerrados.

#### **Polvos químicos**

Básicamente son compuestos de sales finamente pulverizadas, con agentes hidrófugos que impiden su apelmazamiento por la humedad ambiental principalmente, y aditivos que impiden su compactamiento. La tabla 5.3 muestra los principales.

**TABLA 5.3**

Clase de polvos químicos extintores.

POLVO QUÍMICO	COLOR
Bicarbonato de sodio	Blanco
Bicarbonato de potasio	Blanco
Cloruro de sodio	Rosado
Cloruro de potasio	Rosado
Monofosfato de amonio	Amarillo

*Polvos químicos polivalentes:* son polvos químicos también llamados multipropósito y su característica principal consiste en que son eficaces en la extinción de incendios de las clases A, B y C. El fosfato monoamónico es un ejemplo de este tipo de polvo.

*Bióxido de Carbono CO<sub>2</sub>:* este es un gas incoloro e inodoro y que, a la salida del extintor, se expande produciendo la llamada nieve carbónica a una temperatura aproximada de -78 °C. Al contacto con el fuego forma una nube inerte actuando por sofocación; es un gran agente extintor, no es conductor de electricidad, no es tóxico, ni corrosivo y no deja residuos. En espacios pequeños y cerrados tener precaución porque desplaza el oxígeno.

Es efectivo en fuegos de clase B y clase C, siempre y cuando el fuego sea de poca magnitud, no haya vientos para producir la disipación del CO<sub>2</sub> y pueda confinarse.

Por su efectividad y limpieza, el CO<sub>2</sub> se recomienda hoy en forma amplia. En instalaciones industriales se instalan en sistemas de rociadores. Ante la situación actual de los halones y su efecto sobre la capa de ozono, nuevamente está adquiriendo importancia en el control y extinción del fuego, la que había perdido hacia los años sesenta.

*Compuestos halogenados extintores:* aunque tuvieron su auge en las décadas de los setenta y ochenta del siglo XX, sus efectos nocivos sobre el medio ambiente hicieron que cayeran en desuso luego de la firma del Protocolo de Montreal (1987).

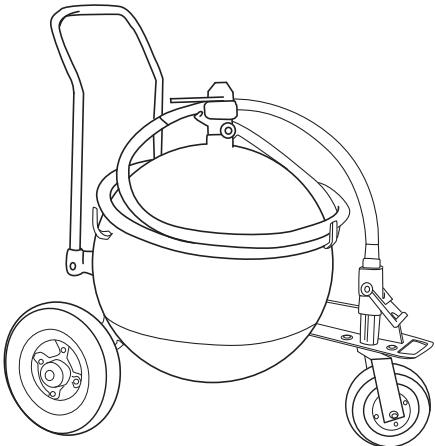
*Concentrados espumógenos o espumas:* son agentes extintores especiales para fuegos clase B y para emergencias en aeropuertos o grandes áreas de almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables.

Actúan especialmente sobre la superficie, neutralizando la atmósfera de los vapores inflamables y combustibles, son insolubles en la mayoría de líquidos; las espumas flotan en la superficie de los mismos, formando una capa esencial en la extinción de incendios en líquidos, sofocando los vapores, cortando el fuego y neutralizando la formación de gases y vapores tóxicos producto de la combustión.

Existen varios tipos de espumas:

1. Espumas químicas: se obtienen por reacción química por medio de una masa de burbujas. Hoy son consideradas obsoletas y son altamente corrosivas, pero las mencionamos como simple información.
2. Espumas mecánicas: se obtienen por acción del agua con un agente espumante en condiciones adecuadas, según cada tipo de espuma y las características propias que le dan los fabricantes.

Para el control de incendios, especialmente aquellos de gran magnitud, como puede ser el eventual incendio de un tanque que contiene hidrocarburos, una de las formas más eficientes para controlarlo es el uso de las espumas, las cuales están constituidas en forma general por un concentrado (proteico, polimérico) y agua, mezcla que se logra mediante la aplicación con una cámara para espumas.



**GRÁFICO 5.2**

Extintor satélite para control de incendios de clase ABC y BC.

El concentrado se mantiene en un tanque y a la cámara para espumas por un lado le ingresa el concentrado en baja proporción y por otro el agua en mayor proporción, la mezcla final varía en su concentración pero en términos generales se forman mezclas entre 3% y 6%. El efecto extintor de fuego en este caso se produce debido a que la espuma se deposita en la parte superior del combustible, desplazando el aire e impidiendo la formación de gases inflamables, separando la llama del resto del combustible y enfriando.

Para el caso de los tanques de almacenamiento de combustibles, la aplicación de espuma se realiza en forma general en sistemas de redes que aplican la espuma en forma automática al presentarse el incendio. Existen sistemas portátiles para su aplicación.

Dentro de las clases de espumas existentes las más utilizadas son la espuma AFFF (*Aqueous Film Forming Foam*) que corresponde a espumas sintéticas. La espuma AR AFFF (*Alcohol ResistantAqueous Film Forming Foam*) útil en el caso de incendios de alcohol y líquidos inflamables polares. Existen también las espumas clases A, utilizadas en incendios forestales, las cuales son mezclas biodegradables y humectantes que permiten una mayor penetración en los fuegos clase A.

### Agentes extintores mediante sistemas manuales

Los agentes extintores son sustancias que, dependiendo de sus características y de la forma de aplicación, extinguirán el fuego; por sofocación si desplazan el aire, por enfriamiento si reducen la temperatura o por inactivación de la reacción en cadena si actúan sobre la química del fuego.

Los agentes extintores se clasifican de acuerdo al fuego que son capaces de combatir en A, BC y ABC. La tabla 5.4 muestra la clasificación de los extintores manuales detallando sus características primordiales.

**TABLA 5.4**  
Extintores portátiles y rodantes o móviles de acuerdo al agente extintor.

CLASE	AGENTE EXTINTOR	ESTADO AGENTE EXTINTOR	AGENTE EXPULSOR	CAPACIDAD	COLOR
A	Agua.	Líquido.	Nitrógeno.	2½ galones.	Verde o plateado.
BC	Bicarbonato sódico o bicarbonato potásico.	Polvo seco.	Nitrógeno si es interno. Bióxido de carbono si es adosado.	Para portátiles: 5.0 10, 20 y 30 libras. Para carretilla: 150 libras.	Rojo.
	Bióxido de carbono	Gaseoso	Bióxido de Carbono interno	10, 15, 20 libras.	Rojo.
ABC	Cloruro de amonio o fosfato monoamónico.	Polvo seco.	Nitrógeno si es interno. Bióxido de carbono si es adosado.	Portátiles y carretillas de 150 libras.	Amarillo.
K*	Solución acuosa de sales inorgánicas, tales como acetato de potasio, entre otros.	Líquido.	Nitrógeno.	1.6 galones en portátiles.	Plateado.

\*Este agente extintor es especial para incendios por grasas animales y vegetales, se usa especialmente en cocinas industriales.

*Agente extintor:* es el conjunto de productos que hay dentro del extintor y cuya acción extingue, puede ser agua, polvos químicos secos o un gas como es el caso de los que contienen bióxido de carbono.

*Carga:* es el volumen del agente extintor contenido dentro del recipiente. La carga en agua se expresa en volumen (litros) y los demás productos se expresan en peso (libras); la carga clasifica su eficiencia y la calidad de usuarios que lo pueden utilizar debido ante todo a su peso.

*Tiempo de funcionamiento:* es el período durante el cual tiene lugar la proyección del agente extintor sin que haya interrupción y con la válvula totalmente abierta. Este se mide en pruebas de laboratorio donde el extintor es operado por personal bien entrenado para este proceso

*Alcance medio:* es la distancia sobre el suelo, entre el orificio de proyección y el centro del lugar que recoge mayor cantidad de agente extintor. Si los agentes son volátiles, el alcance es la distancia medida sobre el suelo entre el orificio de proyección y el punto en que la concentración del agente sea mayor; también esta calificación se hace en laboratorios y con personal bien entrenado, para poder certificar el extintor y todos sus elementos al comprador final.

*Sistema de presurización:* según este criterio los extintores pueden ser de un sistema de presurización permanente que se puede identificar por el manómetro instalado cerca de la válvula, o ser del tipo de presurización por cápsula externa.

Los cuales se identifican por no tener manómetro y por el contrario, ser visible la cápsula que lo presurizada en caso necesario. Para conocer la eficacia y estado de las capsulas están deben pesarse y tener en cuenta que el peso marcado en el cuello de ellas es el 100%, si la capsula pesa menos del 90% del peso debe mandarse a mantenimiento.

*Extintores no presurizados de cápsula externa:* son los extintores cuya presión se logra al momento de su utilización mediante la perforación de una cápsula con gas comprimido (bióxido de carbono) conectada en la parte exterior al cuerpo del recipiente.

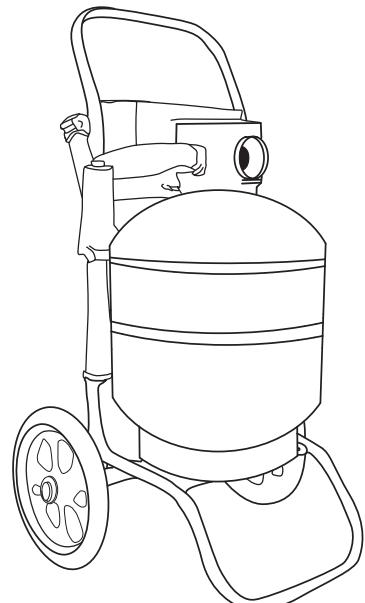
*Distribución y señalización:* los extintores portátiles dan buenos resultados si se usan adecuadamente, si el fuego está en la primera etapa y fundamentalmente si están bien ubicados, bien mantenidos, su contenido corresponde al riesgo y los posibles operarios están entrenados de forma adecuada.

Deben colocarse cerca de los riesgos pero no tan cerca que un fuego pueda estropearlos o bloquear el acceso a ellos. Se colocan en pasillos y en las entradas y salidas de las plantas y preferiblemente su ubicación debe ser entre el posible riesgo y el posible usuario, en forma tal que en una emergencia al ir a atacar el fuego el usuario lo encuentre en el camino y no tenga que ir a buscarlo.

Los extintores no deben estar ni bloqueados, ni escondidos por ningún objeto, ni donde puedan sufrir daños o en donde puedan hacerlo. Por la seguridad general debe primar la ubicación ante los decoradores o diseñadores.

#### GRÁFICO 5.3

Extintor de carretilla de polvo químico seco para control de incendios de clase ABC y de BC.



Para la distribución correcta de los extintores se deben tener en cuenta estos aspectos:

1. Actividad desarrollada en el lugar.
2. Magnitud del riesgo de fuego y carga combustible.
3. Tipo de construcción.
4. Tipo de incendio probable a extinguir.
5. Tipo del posible usuario.

La normatividad establece las siguientes distancias promedio (ver Normatividad al final del capítulo):

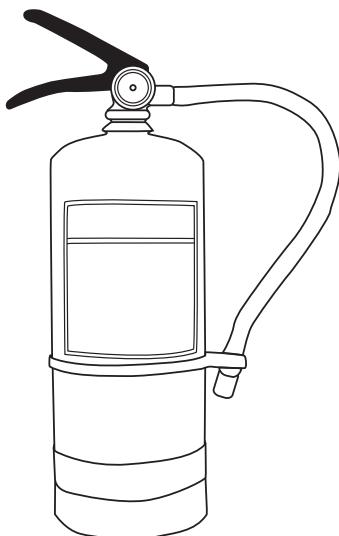
1. Para riesgos de la clase A, distancia máxima a extintores 23 metros.
2. Para riesgos de la clase B, distancia máxima a extintores 15 metros.
3. Para riesgos de la clase C, distancia máxima a extintores 15 metros.
4. Para riesgos de la clase D, distancia máxima a extintores 20 metros.
5. Para riesgos de la clase K, distancia máxima a extintores 15 metros.

Con relación a la altura de colocación en paredes y bases desde el suelo hasta la válvula de operación ésta se recomienda así:

1. Para extintores con peso menor de 18 k, 150 centímetros desde el suelo.
2. Para extintores con peso mayor de 18 k, 100 centímetros desde el suelo.

Para los dos casos anteriores se recomienda que la altura de la base del extintor al piso sea de 10 cm.

En los países anglosajones es normal colocar extintores a 180 centímetros del piso, pero para el medio latinoamericano son mejores las distancias antes descritas.



**GRÁFICO 5.4**

Extintor portátil manual. De su correcta utilización depende que un pequeño fuego no se transforme en un gran incendio.

### **Uso correcto de los extintores**

1. El extintor es eficaz si se usa cuando, en donde y como es.
2. Debe emplearse el extintor adecuado según el fuego a combatir.
3. En fuegos al aire libre, el usuario debe colocarse siempre de espalda al viento.
4. Antes de ir a apagar el incendio debe analizarse el riesgo y por donde salir.
5. El operario no debe acercarse demasiado al fuego, pues la presión del extintor puede hacer que las llamas se inclinen hacia él.
6. Al extinguir el fuego hay que retirarse sin darle la espalda al lugar, porque puede haber un reinicio del fuego.

### **Red contraincendios**

Una red contraincendios es un sistema fijo que se utiliza en forma automática o semiautomática de acuerdo a los requerimientos. La red contraincendio está constituida básicamente por un tanque donde se encuentra el agente extintor (agua, CO<sub>2</sub>, agentes especiales limpios, etc.) y las líneas de tubería que van a permitir el paso del agente extintor hacia los puntos de descarga en las diferentes partes de la edificación.

Los puntos de descarga pueden estar determinados por la salida del agente extintor a través de las mangueras de los gabinetes contra incendios o por las regaderas o *sprinklers* ubicados en techos y/o paredes de la edificación. Para permitir el paso del agente extintor con el caudal necesario y la presión requerida se debe disponer de sistemas de bombeo previamente calculados.

El agente extintor por excelencia es el agua, utilizada por medio de los gabinetes contra incendios, los cuales están constituidos por un sistema de abastecimiento compuesto por un tanque de agua que suministra la cantidad de líquido necesaria para un tiempo determinado, generalmente calculado de acuerdo con el tiempo que tarden los bomberos en dar su apoyo.

La presión con que sale el agua se garantiza mediante una bomba tipo jockey, la cual se activa inmediatamente se baja la presión, sin que se requiera alimentarla manualmente con agua para que se inicie la succión. La bomba líder debe estar calculada de acuerdo a la extensión de la acometida, diámetro de la misma, altura, ángulos de cambio de dirección y requerimientos de caudal a la salida de la manguera.

El abastecimiento de agua puede provenir del servicio de acueducto directamente, lo cual, en caso de racionamientos, caídas de presión, etc., no garantiza el suministro adecuado del líquido durante un incendio.

El agua puede ser almacenada en tanques elevados y/o subterráneos; los tanques elevados en forma general ofrecen mejor presión en los primeros pisos de la edificación, la cual se vuelve deficiente en los últimos. Los tanques subterráneos requieren del uso de bombas tipo jockey para mantener la presión en la red.

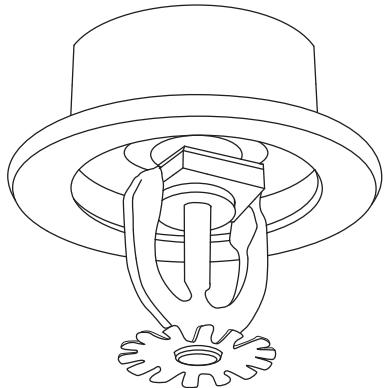
Se pueden tener tanques individuales para el sistema contra incendios y uso doméstico, caso en el cual se debe garantizar el movimiento del agua de contra incendios (a efecto que no se descomponga) mediante un sistema de paso que llene primero el tanque contra incendios y luego el de uso doméstico. De esta forma se garantiza que siempre se tenga la reserva del tanque de agua contra incendios.

Es posible disponer de un solo tanque, tanto para contra incendios como para uso doméstico; en ese caso, se dispondrá de dos sistemas de tubería para la salida del agua del tanque. La tubería para uso doméstico entrará hasta una altura determinada en la parte interna del tanque, de tal forma que cuando el agua baje del nivel donde empieza la tubería, no sea posible la salida de agua por dicha cañería. La tubería de agua para contra incendios entrará hasta el fondo del tanque. Por lo anterior, se puede deducir que queda una reserva de agua para contra incendios entre el fondo del tanque y el inicio de la tubería para uso doméstico.

Los cálculos de reserva de agua para contra incendios, deben realizarse con base en suministros mínimos para hidrantes y regaderas según se explica en la tabla 5.5.

RIESGO	HIDRANTES (L/S)	REGADERAS (L/S)	DURACIÓN (MIN)
Leve	16	16	30
Moderado	16	38	50 – 90
Alto	32	64	60 - 120

L/S: litros por segundo

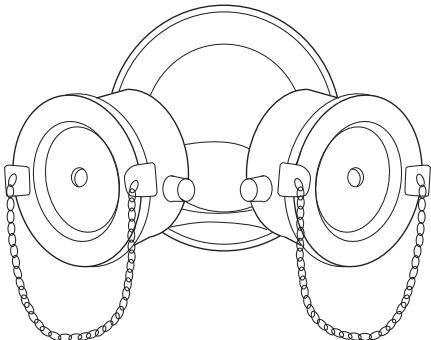


**GRÁFICO 5.5**

Rociador automático (*sprinkler* o regadera), el cual, al llegar a una temperatura determinada, libera una válvula para permitir la salida de agua.

**TABLA 5.5**

Suministros de agua para hidrantes y regaderas.



**GRÁFICO 5.6**

Las siamesas son para uso de los bomberos, quienes las utilizarán para presurizar las columnas de agua de los gabinetes para incendios.

Otras normas determinan un mínimo de un metro cúbico por cada 100 metros cuadrados de construcción, pero un mínimo de 10 metros cúbicos, en abastecimiento continuo y una presión de 42 psi a 30 metros de altura en la parte más desfavorable.

La ubicación de las bombas, así como el suministro de energía de las mismas, debe ser independiente, de tal forma que se garantice su funcionamiento así se presente una interrupción del servicio eléctrico. Igualmente, es aconsejable contar con dos bombas, para el caso en que una falle.

Cuando un incendio ha alcanzado magnitudes tales que no es posible su control mediante el uso de extintores portátiles, rodantes, ni mediante la red hidráulica contra incendios se requiere la intervención de los bomberos con sus máquinas contra incendios, las cuales toman el agua de los hidrantes públicos y se pueden unir a la red contra incendios de la edificación a través de las siamesas (Gráfico 5.6) o proyectar el agua a presión hacia la edificación utilizando las escaleras de la máquina de bomberos.

#### **Gabinete contra incendios**

En forma general un gabinete contra incendios está constituido por:

1. Boca de salida de 1-1/2" o 2-1/2" ó ambas. La de 2-1/2" es para uso exclusivo del cuerpo de los bomberos.
2. Válvula que controla la salida de agua.
3. Manguera del diámetro apropiado.
4. Pitón para la manguera, con graduación para aplicar el agua en chorro o neblina.
5. Llave "spanner" de uniones para ajustar la manguera a la boca de salida, el pitón a la manguera y para realizar uniones entre mangueras.
6. Hacha pico.
7. Extintor portátil.

#### **Controles complementarios**

1. Utilización de materiales de combustión lenta en oficinas y demás lugares de trabajo, así como en materias primas y producto terminado.
2. Control de focos de ignición: temperaturas altas, radiaciones, llamas abiertas, reacciones químicas.
3. Uso de fuentes de luz fría.
4. Lámparas e instalaciones eléctricas a prueba de explosión, en atmósferas con gases y/o vapores explosivos.
5. Confinar procesos generadores de riesgos de incendio.
6. Sistemas de refrigeración en el entorno de generadores de calor.
7. Uso de materiales aislantes térmicos.
8. Soldadura de arco sumergido.
9. Dividir áreas con puertas cortafuego.
10. Interposición de muros cortafuego.

11. Confinación de áreas de alto riesgo.
12. Instalar trampillas a sistemas de ventilación y aire acondicionado para impedir la propagación de calor y gases tóxicos.
13. Almacenar en recipientes adecuados los materiales inflamables.
14. Uso de armarios de seguridad a prueba de explosión.
15. Detectores de incendio, alarmas y pulsadores.
16. Instalación de sistemas para extinción del fuego automáticos o manuales, tales como: rociadores de funcionamiento automático o manual; gabinetes contraincendios dotados de mangueras, boquilla, llave de uniones (*spanner*), hachuela y extintor y disponer de reservas de agua que garanticen un tiempo prudencial de autonomía. Igualmente, se debe contar con motobombas automáticas y de emergencia, e iluminación de emergencia.
17. Extintores: portátiles, satélites y de carretilla debidamente señalizados y localizados y provistos de agentes extintores de acuerdo con la clase de carga combustible y en una cantidad adecuada de acuerdo con la carga combustible que deben controlar.
18. Instalaciones especiales para defensa en el sitio, en los casos en que no sea posible evacuar el personal expuesto (hospitales: cirugía y cuidados intensivos).
19. Escaleras de emergencia con puertas cortafuego, cerradura antipánico cuando haya más de 50 personas por piso, presión positiva o barreras pasivas para el adecuado control de humos.
20. Capacitar y entrenar al personal para enfrentar situaciones de incendio principalmente.
21. Las empresas deben constituir una brigada de incendios y efectuar prácticas de control de la emergencia y simulacros programados de respuesta a emergencias y de evacuación. Se suministrarán los elementos de protección personal acorde con las condiciones.

### **Formas básicas de extinción**

Un incendio tiene factores técnicos cuyas formas de extinción requieren estudios detallados ya que los incendios, así sean en la misma industria o proceso, nunca son iguales.

La actuación frente a un incendio dependerá de factores circunstanciales tales como:

1. Ayuda de personal calificado.
2. Calor de combustión.
3. Entrenamiento.
4. Equipos y sistemas.
5. Facilidades.
6. Gases del fuego.
7. Materiales inflamables y combustibles.
8. Medio ambiental del incendio.

9. Opacidad de humos.
10. Potencial calórico.
11. Velocidad de llama.

Esto hace que los procedimientos para controlar un incendio sean complejos y deban ser manejados por personal capacitado en esta tarea. La explicación sobre cómo apagar un incendio excede el temario y objetivo de este libro; se puede decir, que el personal encargado de controlar los riesgos en la empresa han de saber que un fuego incipiente advertido a tiempo puede combatirse por medios sencillos: un trapo húmedo o un paño de cocina mojado pueden proteger a una persona en una fuga o escape de gas. Pequeños focos de ignición en viviendas, talleres o almacenamientos, son fácilmente extinguibles en los primeros momentos por el simple despeje de los mismos o el uso de extintores portátiles, o el uso de elementos como traperos es suficiente para romper la resistencia de la llama por sofocación. Pero, un incendio de mayor tamaño requiere la presencia de los bomberos. Lo que sí se puede explicar es lo relacionado con la capacitación del personal para el control del fuego y el plan de prevención contra incendios.

### **Personal capacitado para el control del fuego**

El personal capacitado para el control del fuego, corresponde al grupo de la brigada contra incendios que tiene esta función y este tema es desarrollado en el Capítulo 20 Prevención, preparación y respuesta ante emergencias, tratado en este libro. Con relación a este tema, en dicho capítulo se establece la conformación de la brigada de emergencias, la cual tiene un grupo para el control de incendios y se determinan actividades que deben seguir los brigadistas, antes, durante y después de la emergencia (ver capítulo 20. Prevención, preparación y respuesta ante emergencias.)

### **Plan de prevención y control de incendios**

El plan de prevención y control de incendios puede desarrollarse con base en el Capítulo 20 Plan de emergencias tratado en este libro. Dicho plan se basa en un análisis de vulnerabilidad, donde se mide la sensibilidad de la organización ante los diferentes riesgos de origen natural o antrópico que pueden generar emergencias. Con base en dicho análisis de vulnerabilidad se conforma la brigada de emergencias, cuya función es la de controlar las emergencias que se califiquen como factibles para la organización en el análisis de vulnerabilidad y, finalmente, se establece un procedimiento de evacuación en caso que la emergencia no pueda ser controlada por los brigadistas (ver Capítulo 20 Prevención, preparación y respuesta ante emergencias.)

### **Normatividad**

Como normas de obligatorio cumplimiento se deben consultar todas las disposiciones propias de cada país, y como apoyo técnico las normas de la National Fire Protection

Association “NFPA”, la cual dispone de cerca de 2000 disposiciones específicas para el control de incendios, entre ellas se citan:

NFPA 1	Código de protección contra incendios.
NFPA 10	Extintores portátiles de incendios.
NFPA 11	Sistemas de espuma para baja expansión y combinados.
NFPA 12	Sistemas a base de bióxido de carbono.
NFPA 13	Instalación sistemas de rociadores.
NFPA 14	Sistemas de mangueras contraincendios.
NFPA 15	Sistemas fijos de agua pulverizada.
NFPA 17	Sistemas de polvos químicos secos.
NFPA 22	Depósitos de agua para protección contraincendios.
NFPA 20	Instalación de bombas centrífugas contraincendios.
NFPA 24	Sistemas de abastecimientos de agua y sus accesorios.
NFPA 27	Brigadas privadas para contraincendio.
NFPA 30	Código de líquidos combustibles e inflamables.
NFPA 37	Instalación y uso motores de combustión y turbinas a gas.
NFPA 58	Manejo seguro del gas licuado del petróleo.
NFPA 59	Manejo seguro del gas natural.
NFPA 70	Código eléctrico.
NFPA 77	Electricidad estática.
NFPA 80	Puertas y ventanas para contraincendio.
NFPA 92A	Métodos sobre sistemas de control de humos.
NFPA 101	Código de seguridad de la vida humana.
NFPA 172	Símbolos de protección contraincendio para arquitectura.
NFPA 204	Humos calor y ventilación.
NFPA 291	Hidrantes para contraincendios privados.
NFPA 306	Riesgos en tanques para gases.
NFPA 327	Limpieza de tanques.
NFPA 403	Rescate en aviones y combate del fuego en aeropuertos.
NFPA 419	Sistemas de agua para aeropuertos.
NFPA 512	Camiones para la protección contraincendio.
NFPA 704	Identificación de materiales.
NFPA 1401	Entrenamientos, informe y control.
NFPA 1961	Mangueras para contraincendio.

La Organización Internacional de Normalización ISO, tiene las siguientes normas que atañen al riesgo por incendio:

1021	Incendios en aeropuertos, extintores y puertas de acceso.
4404	Fuegos en petróleo y sus derivados.
5923	Extintores de bióxido de carbono.

6182	Sistemas automáticos de rocío.
6304	Señales y símbolos de seguridad contraincendio.
6790	Símbolos, gráficos y señales en planos.
7203	Espumas de baja y media expansión.
7240	Sistemas de detección y alarma.
7745	Hidráulica en los sistemas contraincendio.
8421	Vocabulario de los extintores portátiles.
9051	Vidrios contrafuego para edificios.

En Colombia, las Normas Técnicas Colombianas NTC que abordan el tema son:

652	Recipientes metálicos para extintores a base de PQS.
980	Extintores de polvo químico seco.
1141	Extintores para automóviles.
1142	Polvos químicos para extintores.
1355	Construcción. Comportamiento al fuego. Vocabulario.
1423	Materiales de construcción. Determinación del potencial calorífico.
1446	Protección contra el fuego. Medio de extinción. Polvo Químico Seco.
1447	Materiales de construcción. Ensayos de incombustibilidad.
1458	Clasificación de los fuegos.
1477	Agentes extintores, uso y clasificación.
1478	Terminología sobre materiales contraincendio.
1480	Elementos de construcción. Ensayos de resistencia al fuego.
1481	Elementos de vidrio. Ensayos de resistencia.
1482	Ensayos de resistencia al fuego. Ensamble de puertas y cierres.
1483	Detectores de incendio, clasificación.
1669	Código para suministro y distribución de agua de extinción en edificios y sistemas de hidrantes contraincendio.
1691	Ingeniería civil y arquitectura. Materiales de construcción. Determinación de las características de ignición superficial.
1867	Sistemas y señales contraincendio Instalación, mantenimiento y usos.
1868	Diseño, selección y ubicación de detectores.
1881	Ingeniería civil y arquitectura. Comportamiento al fuego de materiales de construcción. Ensayo a la llama de alcohol.
1882	Ingeniería civil y arquitectura. Comportamiento al fuego de materiales de construcción. Ensayo del quemador eléctrico.
1883	Extintores del fuego. Clasificación y ensayo.
1931	Seguridad contraincendios.
1980	Mantenimiento, inspección y recarga de extintores.

2004	Ingeniería civil y arquitectura. Comportamiento al fuego de materiales de construcción.
2005	Comportamiento al fuego de materiales de construcción, ensayo por radiación.
2032	Ensayos de comportamiento al fuego. Vocabulario.
2046	Detección del fuego, detectores de temperatura.
2301	Código para el suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificios. Sistema de regaderas.
2361	Extintores para agua con capacidad de 9,5 litros.
2362	Extintores de bióxido de carbono.
2435	Materiales de construcción. Clasificación según su comportamiento al fuego.
2612	Embalajes plásticos y mantenimiento de cilindros de acero para gases de alta presión.
2694	Inspección periódica y mantenimiento de cilindros de acero para gases de alta presión de polvo químico seco.
2702	Hidrantes de cuerpo seco para incendios.
2850	Recipientes de plástico para extintores de PQS capacidad de 5 kilos.
2875	Sistemas extintores de bióxido de carbono.
2885	Extintores portátiles generalidades. Extintores contra incendio, generalidades.
2886	Tanques para agua de sistemas privados de contra incendio.
2908	Recipientes metálicos extintores contra incendios. Agentes halógenos.
3250	Prevención del fuego en procesos de soldadura y corte.
3332	Aparatos y accesorios para extinción de incendios en carros de bomberos.
3458	Identificación de tuberías y servicios.
3807	Extintores portátiles sobre ruedas.
3808	Talleres de recarga y mantenimiento de extintores, requisitos.
4187	Sistemas de rociadores automáticos. Requisitos y métodos de ensayo para rociadores.

Otras normas:

UL 162.	Ensayos para determinar resistencias de las espumas.
UNE 23 09181	Mangueras para la lucha contra incendio.
NBE CPI 96	Control de humos en establecimientos públicos.
CE 89/391	Directiva sobre riesgos derivados de las atmósferas explosivas, 2000.



## **Trabajos de alto riesgo**

Las tareas de alto riesgo son aquellas en las que por la misma naturaleza de su actividad, por el lugar, o por las condiciones donde estas tareas se desarrollan, son potencialmente capaces de ocasionar graves lesiones o la muerte del trabajador, así como daños y pérdidas significativas a materiales e instalaciones.

Los trabajos considerados de alto riesgo deben ser objeto de medidas de prevención extremas, que no se suplen simplemente con un beneficio económico extra para el trabajador, como lo entienden algunos empleadores, porque no se puede cambiar salud por dinero; esto significa que se deben extremar las medidas de control y aplicar métodos que permitan minimizar los riesgos, mediante programas de control en la fuente, en el medio y en el trabajador; en este último, desde la selección, capacitación, formación y adiestramiento para que el empleado posea elementos de actuación segura frente al peligro.

Entre las tareas de alto riesgo se consideran trabajos en alturas, trabajos en espacios confinados, trabajos en caliente, trabajos con energías peligrosas, trabajos con sustancias químicas peligrosas (tema que se tratará en la segunda parte, higiene industrial, Capítulo 13 Riesgo por contaminantes químicos) y la combinación de todos o algunos de estos trabajos (por ejemplo, un trabajo en caliente realizado en un espacio confinado).

## **Tipos de trabajo de alto riesgo**

Los trabajos considerados de alto riesgo son:

*Trabajos en espacios confinados:* son sitios con restricción de entrada y salida, que no están diseñados para ser ocupados por personas de manera permanente, pero que permiten que un trabajador pueda entrar de cuerpo entero en su interior y desempeñar una tarea asignada. El riesgo para el trabajador se incrementa por la posibilidad de tener atmósferas enriquecidas o pobres de oxígeno, nocivas o tóxicas y explosivas. Por lo tanto, es importante realizar un monitoreo estricto y bajo los estándares dados por un procedimiento de trabajo seguro.

*Trabajos en alturas:* es todo trabajo que se realiza en general, a más de 1.5 ó más metros de altura sobre un nivel donde caería el trabajador, puede ser a un foso, y en lugares donde no existen plataformas permanentes protegidas en todos sus lados con barandas y retenciones. El trabajo en alturas representa uno de los mayores riesgos en la industria y el comercio, debido a que sus consecuencias casi siempre son graves o fatales; por tal motivo, es necesario que las empresas cuenten con un programa para trabajo seguro en altura, el cual incluya las medidas de prevención y protección requeridas para hacer el trabajo con seguridad. En este capítulo se presentarán las bases técnicas de los elementos que conforman un programa de protección contra caídas.

*Trabajos en caliente:* resulta de una labor que pueda generar calor y chispas, como la producida en equipos de soldadura, oxicorte, pulidoras y esmeriles, entre otros, las cuales tienen la capacidad de convertirse en una fuente potencial de ignición para el material combustible en el local donde se realice la tarea o en sus alrededores. El trabajo en caliente representa riesgos de quemaduras por la manipulación de los equipos y por efectos de incendio y explosión, por lo cual es necesario que se establezcan protocolos de seguridad donde se apliquen procedimientos seguros estrictos para la labor. Es necesario el monitoreo de: oxígeno, agentes tóxicos o nocivos e inflamabilidad y se deberá evaluar también la compatibilidad de la actividad con otras tareas simultáneas en el área.

*Trabajos en áreas clasificadas:* es el riesgo existente por la utilización de elementos que pueden producir calor, chispas, fricción, llamas abiertas, reacciones químicas y físicas dentro o en la proximidad de ambientes explosivos.

## **Programa para el manejo de trabajos de alto riesgo**

Existen algunos elementos similares y medidas de control administrativo comunes a todas las actividades de alto riesgo. Inicialmente se parte del reconocimiento de las mismas y de fijar una política de la organización frente a dicha actividad, para que sirva de soporte y fundamento a los controles e inversiones que deban iniciarse para garantizar la operación segura antes, durante y después de realizar tareas de alto riesgo.

Para ello hay que determinar si estas son rutinarias o no rutinarias, contratadas a terceros o directas y de esta manera establecer un plan de acción donde se especifiquen

los objetivos, las actividades, los responsables de su ejecución, las revisiones del sistema y, por supuesto, el presupuesto asignado.

Por las características especiales de los trabajos de alto riesgo, se requiere que exista un programa general encaminado a mantener un control permanente y actualizado, así como disponer de permisos de trabajo o instructivos de operación segura, dependiendo de que el trabajo se haga en forma rutinaria y esté dentro de las actividades ordinarias del trabajador, o sean trabajos no rutinarios, los cuales, cada vez que se ejecuten, requieren de un permiso de trabajo específico para la respectiva labor.

*Tareas rutinarias:* son aquellas para las cuales el trabajador ha recibido un entrenamiento y se encuentra familiarizado con los riesgos y con las medidas de control y las realiza como mínimo una vez por semana. Para el desarrollo seguro de tareas de alto riesgo de carácter rutinario, se debe disponer de procedimientos de trabajo seguro que hayan sido revisados y aprobados y que el trabajador haya superado los exámenes de calificación y competencias sobre dichos procedimientos.

*Tareas No rutinarias:* son aquellas para las cuales el trabajador no ha recibido entrenamiento específico, el procedimiento no es conocido por el operario que la va a realizar, o lleva más de una semana sin realizarla.

*Procedimiento de trabajo seguro:* es el instructivo, paso a paso, donde se indica la forma segura de desarrollar una tarea de alto riesgo; ha de tener identificados los riesgos, la medición y los métodos de control, así como las competencias en términos de formación y experiencia requeridas del personal que adelantará la tarea. Todas las tareas de alto riesgo que sean rutinarias requieren de un procedimiento de trabajo conocido por los trabajadores, el cual debe indicar que hay condiciones bajo las cuales la labor requiere de un permiso de trabajo.

*Permiso de trabajo:* es un documento escrito entregado por el empleador, o por una persona autorizada por él, para permitir la realización del trabajo, en el cual la totalidad del equipo de trabajo, analiza los riesgos de la tarea que se va a adelantar y toma las medidas de control. Ha de contar con el concurso en sitio de un supervisor o persona competente y calificada, que firma y es responsable de la apertura y cierre del permiso de trabajo. Debe contener como mínimo los nombres e identificación de los trabajadores participantes, fecha y hora de apertura y cierre del permiso, verificación de afiliación vigente al sistema de seguridad social, requisitos del perfil del trabajador, descripción y procedimiento de la tarea, equipos de medición y control del riesgo, verificación de calibración de instrumentos, elementos de protección personal necesarios, herramientas a utilizar y verificación de buen estado, observaciones y firma de los trabajadores y del responsable del desarrollo de la tarea o de la autoridad del área. El responsable de Seguridad e Higiene Industrial, no es quien firma el permiso, debe ser autorizado por el responsable del trabajo o la autoridad en el área. Se debe conservar registro.

*Perfil del trabajador:* para realizar tareas de alto riesgo se debe contar con unas aptitudes y condiciones psicofísicas que deben estar definidas por el empleador o contratante y

serán un “requisito” para recibir la capacitación. Es responsabilidad del médico del trabajo, emitir la declaración de aptitud del trabajador para realizar la tarea de alto riesgo en particular.

*Asignación de responsabilidades:* en el programa de tarea de alto riesgo deben quedar definidas las responsabilidades del empleador, de los trabajadores, de los supervisores, los ingenieros, de las áreas de compras y de capacitación, del médico del trabajo, de la autoridad de área, de quien ordena el trabajo, del responsable de Higiene y Seguridad, el contratista, entre otros.

*Plan de emergencias y rescate:* toda tarea de alto riesgo debe contar con un plan de emergencias y rescate que involucre al personal capacitado, la dotación y equipo para atender un rescate y un procedimiento a seguir en caso de emergencia.

*Programa de tarea de alto riesgo:* todo empleador, contratista, contratante o persona independiente que realice directa o indirectamente tareas de alto riesgo, debe contar con un programa de seguridad particular a la tarea de alto riesgo de acuerdo a su responsabilidad como partícipe de la tarea, bien sea con los requisitos para la contratación o directamente para la ejecución. El programa debe contener los aspectos generales y los particulares específicos del lugar y de las condiciones donde se realizará el trabajo. Se debe involucrar la administración de lecciones aprendidas, para que de manera conjunta con la investigación de accidentes, se garantice que no se repitan accidentes iguales.

Estos conceptos son válidos para la creación del programa de trabajo seguro en zonas de alto riesgo; ahora se detallará su implementación para cada uno de los riesgos descritos anteriormente.

### **Espacios confinados**

Los trabajos en espacios confinados, implican la potencialidad de riesgos adicionales a la tarea como son atmósferas peligrosas por falta o exceso de oxígeno, concentración de contaminantes superior a los valores límites permisibles y/o presencia de sustancias explosivas dentro de los límites de inflamabilidad.

Ingresar a un espacio confinado sin aplicar un procedimiento seguro y normatizado, puede ocasionar asfixia, afecciones de las vías respiratorias, desmayos, muerte y/o explosión.

### **Sistema de gestión para la administración de las labores en espacios confinados<sup>1</sup>**

Al hablar de un sistema de gestión de riesgos aplicado a las labores en espacios confinados, se hace referencia al análisis e identificación de las características de los espacios

---

<sup>1</sup> Este ítem es una versión actualizada del artículo publicado por los autores de este libro en:  
<<http://www.manceras.com.co/publicaciones.htm>>

laborales confinados y los riesgos relacionados al trabajar en dicho espacio y que puedan ocurrir a los trabajadores que allí laboran; el análisis contempla la valoración de los espacios confinados y el control de los riesgos para minimizar los efectos al entrar en contacto con ellos.

El análisis incluye los siguientes puntos:

1. Identificación de los peligros.
2. Estimación o evaluación de los riesgos correspondientes.
3. Control.
4. Comprobación o verificación.

Identificado el peligro la evaluación consiste en emitir el juicio de valor sobre la tolerancia o no del riesgo estimado. El control constituye la toma de decisiones respecto a las medidas preventivas a adoptar para la eliminación o reducción de riesgo y la comprobación consiste en verificar su ejecución y reevaluación del riesgo residual si permanece.

En forma general, debe integrarse dentro de las siguientes acciones todos los elementos que permitan que el trabajo en los espacios confinados se ejecute con la mayor seguridad.

*Planificación:* en el concepto de planificación es necesario acordar una política y una programación en un término definido para poder establecer los “procedimientos, métodos y acciones preventivas, correctivas y de atención de urgencias” necesarias para los trabajos en espacios confinados.

*Organización:* debe estar claramente definido el nivel de responsabilidad dentro de la estructura de la empresa, a quién le compete el diseño, verificación y control de todos los procedimientos que se involucran en el trabajo de los espacios confinados. Igualmente, asignar las funciones y la competencia al nivel de autoridad para el desarrollo de estas labores.

*Aplicación:* consiste en la implantación de los mecanismos y acciones requeridas para poder desarrollar en forma organizada las labores en los espacios confinados. En esta aplicación se debe tener en cuenta el flujo de información para la toma de decisiones, el entrenamiento, la comunicación con los trabajadores, la motivación adecuada para el cumplimiento de la seguridad paralelamente con el desarrollo de las labores en los espacios confinados.

*Control y seguimiento:* consiste en la aplicación del sistema que permite el establecimiento de las condiciones de riesgos que ofrecen los sitios confinados, la verificación de los procedimientos aplicados y la evaluación de los riesgos presentes en ellos, con el objeto de hacer correcciones y mejorar todos estos elementos para ofrecer cada vez una mayor seguridad en la labor que se desarrolla en los espacios confinados.

En el desarrollo de las funciones y responsabilidades que permitan la aplicación del sistema de gestión, para la seguridad en las labores en los espacios confinados, se deben identificar claramente tres niveles de competencia a saber:

1. Estratégico: constituye el nivel donde se establecen los objetivos, se planifica y se determinan los recursos necesarios en estos sitios de trabajo.
2. Administrativo: proporciona la información y el soporte para la motivación y dirección del personal que va a desarrollar las actividades en espacios confinados, ya sea el de supervisión vigilancia u operación.
3. Operativo: asegura la realización de los trabajos específicos en forma eficiente.

Es bien importante identificar que la implementación de un sistema de gestión para trabajos en espacios confinados, debe estar integrada dentro del programa de salud ocupacional o sistema de control de pérdidas, o de seguridad integral que la empresa haya definido asumir, puesto que necesita apoyarse en otros elementos que la organización provee como los siguientes:

*Políticas y principios de la organización:* que contemplen la búsqueda del bienestar de los trabajadores, el control de los riesgos que puedan impactar desfavorablemente en las personas, la producción, los activos de la empresa y el medio ambiente.

*Organización clara:* que permita, mediante responsabilidades y autoridad definidas, identificar el direccionamiento para la aplicación del sistema de gestión de riesgos para las labores en espacios confinados.

Ha de contar, igualmente, con un sistema para la estandarización normalización y generación de procedimientos que puedan ser aplicados en la realización de trabajos seguros en espacios confinados, aplicación de medidas correctivas para un mejoramiento continuo y un sistema de auditorías.

*La política:* es importante verificar la existencia de una política general en la empresa, que sea el reflejo real de lo que la compañía quiere ser con relación a la seguridad como medio para proteger la integridad y la salud de las personas, las instalaciones, el medio ambiente y la producción; si la misma contempla todos estos objetivos, no es necesario diseñar políticas específicas para los trabajos en espacios confinados, pero sí es importante su revisión para que en el marco de ella se pueda aplicar todo el programa y el sistema de gestión para el trabajo seguro en espacios confinados. La misma debe ser utilizada, divulgada y apoyada en la realización de las actividades de prevención y protección para las labores en los espacios confinados.

*Principios:* el desarrollo de la política de prevención de riesgos, entre los cuales se encuentra las labores en sitios o espacios confinados, debe apoyarse en unos principios como son:

1. Principio de la seguridad integrada: es concebir la seguridad intrínseca e inherente a todas las modalidades de trabajo, cuya aplicación se asume como responsabilidad para su aplicación por todo el personal, por lo tanto, aplica en todos los niveles de la organización.

2. Principio de participación: la colaboración solidaria de todo el personal en el cumplimiento de los procedimientos y normas, garantiza el trabajo seguro en los espacios confinados.
3. Principio de reconocimiento: consiste en resaltar, por parte de la Dirección de la empresa, la contribución que realizan los operarios para el mejoramiento de la seguridad en las labores en espacios confinados.
4. Principio de la comunicación: todos aquellos que intervengan en las labores en espacios confinados deben obtener y emitir toda la información necesaria a través de los medios de comunicación establecidos en la empresa para asegurar su aplicación correcta.
5. Principio de la reiteración: la motivación y la información se debe dar por todos los medios posibles para mantener presente la aplicación de los procedimientos y actitudes protectoras en las labores en los espacios confinados.
6. Principio del control de riesgo: en la medida de lo posible siempre se aplicarán las técnicas, los procesos y los programas que permitan la reducción de los riesgos que puedan generar perdidas de todo tipo, o accidentes en las labores realizadas en los espacios confinados.

### **Cultura de prevención**

Es el producto del compromiso individual, de forma que la seguridad de protección de la salud y el medio ambiente sean consideradas como prioritarias por todo el personal en el desempeño de sus funciones, de acuerdo con los principios del desarrollo sostenible. Es un compromiso voluntario, puesto que es adoptado libremente por cada uno de los trabajadores y se efectúa en todas las labores que desarrolle la empresa.

Entre los principales efectos, se consideran el de incendio y explosión por presencia de atmósferas explosivas; los riesgos mecánicos por caídas y golpes; los riesgos químicos por intoxicaciones, reacciones alérgicas y demás manifestaciones producidas por la existencia de materiales o residuos tóxicos, irritantes, narcóticos, patógenos, entre otros; y temperaturas anormales. Así mismo, se puede presentar asfixia por carencias de oxígeno y la muerte del trabajador. La tabla 6.1 presenta una categorización de los factores de riesgo en áreas confinadas, describiéndolos y enumerando los métodos de control para cada uno de los riesgos.

**TABLA 6.1**  
Factores riesgos para áreas confinadas.

TIPO DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	CONSECUENCIAS	MÉTODO DE CONTROL
Explosión	Acumulación de gases y/o vapores dentro de los rangos de inflamabilidad superior e inferior.	Explosión ante una fuente de ignición capaz de generar el calor necesario.	Realizar mediciones de los niveles de oxígeno con un Oxímetro; de los niveles de toxicidad, mediante métodos de lectura directa; y de los niveles de inflamabilidad con un explosímetro. Solo ingresar equipos que sean aprobados para explosión (seguridad intrínseca).
Químico	Acumulación de gases, vapores, material particulado, por encima de los valores límites permisibles.	De acuerdo a la sustancia: irritación de vías respiratorias, alergias, somnolencia, pérdida del equilibrio, muerte.	Dotar con un sistema de monitoreo personal permanente a los trabajadores (si es necesario). Dependiendo de los resultados anteriores establecer alguno de los sistemas de control que a continuación se aconsejan, o una combinación de los mismos:
Químico	Deficiencia de oxígeno: por debajo de 19,5%.	Mareo, malestar, confusión, inconsciencia, muerte. Hipoxia.	Establecer un sistema de ventilación de suministro de aire forzado, que garantice una atmósfera segura desde el punto de vista de inflamabilidad, toxicidad y niveles de oxígeno.
Químico	Exceso de oxígeno: por encima de 23,5%.	Mareo, malestar, confusión, inconsciencia, hiperoxia. Mejora las condiciones de explosividad.	Suministrar y supervisar el correcto uso y mantenimiento de elementos de protección respiratoria, el cual debe ser certificado y específico para cada caso. El EPP únicamente cuando el O <sub>2</sub> se encuentra entre 19,5% y 23,5% y el contaminante es de baja concentración y baja toxicidad, sin peligro de atmósferas explosivas; en caso contrario, o si se desconoce la concentración o toxicidad se debe contar con un sistema independiente del medio ambiente como una línea de aire o un equipo autocontenido, así como personal entrenado y calificado.
Físico	Aplicar T.L.V de estrés térmico de la A.C.G.I.H	Estrés térmico, colapso circulatorio, muerte.	Realizar mediciones de temperatura y de acuerdo a resultados, establecer sistemas de ventilación y/o enfriamiento del aire. Limitar la exposición dentro de los rangos de los valores límites permisibles.
Mecánicos	Trabajos en altura o ambientes de difícil acceso o movimiento.	Caídas de distinto nivel, golpes, traumas.	Procedimientos de trabajo con sistemas de prevención y protección frente al riesgo y EPP (Equipo de Protección Personal) adecuados.
Eléctricos	Es un riesgo que obedece a la naturaleza de la labor que se realice.	Electrocución. Fuente de ignición para explosión o incendio.	Puestas a tierra en los equipos. Uso de equipos antichispa.

### Valoración del riesgo para los trabajos en espacios confinados

La identificación de los espacios confinados debe hacerse a través de una inspección orientada hacia este fin.

Una vez se han identificado los espacios confinados, se deberán establecer procedimientos o permisos de trabajo para la realización de labores dentro de los mismos.

Los instrumentos utilizados para la medición son detectores de gases nocivos, provistos de sensores de acuerdo con los gases que se espera encontrar, indicadores de oxígeno, termómetros, explosímetro. Los instrumentos deben estar provistos de la respectiva sonda a efecto de poder medir estos valores antes del ingreso del trabajador.

Se debe medir ubicando la captación del instrumento de acuerdo con la densidad relativa de los contaminantes en todas las áreas del espacio confinado. Elementos pesados se deben buscar cerca del piso, los más livianos que el aire cerca del techo, teniendo en cuenta que si están calientes, son menos densos.

Los resultados de las mediciones deben contrastarse con los valores límites permisibles para cada caso.

El ingreso sólo se podrá autorizar cuando existan condiciones que garanticen el bienestar del trabajador y de las instalaciones de acuerdo con las normas técnicas y legales.

Es conveniente inventariar los espacios confinados existentes de acuerdo con la siguiente clasificación:

*Clase A:* corresponde a aquellos donde existe un inminente peligro para la vida, generalmente riesgos atmosféricos (gases inflamables o tóxicos, deficiencia o enriquecimiento de oxígeno).

*Clase B:* en esta clase los peligros potenciales dentro del espacio confinado pueden ser de lesiones y enfermedades que no comprometen la vida y la salud y pueden controlarse mediante los elementos de protección personal. Por ejemplo, se clasifican como espacios confinados clase B aquellos cuyo contenido de oxígeno, gases inflamables o tóxicos y su carga térmica están dentro de los límites permisibles. Además, el riesgo de derrumbe, de existir, fue controlado o eliminado.

*Clase C:* esta clase corresponde a los espacios confinados donde las situaciones de peligro no exigen modificaciones especiales a los procedimientos normales de trabajo o el uso de EPP adicionales. Por ejemplo, tanques nuevos y limpios, fosos abiertos al aire libre, cañerías nuevas y limpias, etc.

Dentro de la evaluación es necesario determinar los riesgos eléctricos y mecánicos que puedan presentarse; para esto se contará con el apoyo de personal idóneo con el fin de determinar:

1. Características de los equipos y herramientas que vayan a ingresar dentro del espacio confinado.
2. Tipo y características de los elementos de protección personal a utilizar.
3. Equipos para suministro y succión de aire.
4. Equipos de rescate.

### **Controles para el riesgo de trabajos en espacios confinados**

*Capacitación:* tanto el personal directamente involucrado en la realización de la tarea, como todo aquel que intervenga directa o indirectamente, debe ser objeto de una capacitación para asegurar que tienen las competencias requeridas para la labor a realizar. Igualmente, aquellos que deben asumir la responsabilidad legal (penal, civil y laboral), para autorizar los permisos de capacitación, cumplimiento de especificaciones técnicas para las compras, inspecciones planeadas, etc.

Los contenidos de la capacitación deben garantizar el conocimiento y desarrollo de destrezas y habilidades para identificar riesgos y tomar las medidas de control necesarias para desarrollar tareas de alto riesgo. El reentrenamiento, que puede ser de menor intensidad, se recomienda que como mínimo sea anual.

*Balizamiento, bloqueo y tarjetas:* cuando se adelantan tareas de alto riesgo conviene hacer, siempre que aplique, un cerramiento del área y la debida señalización para advertir sobre el trabajo que se está realizando. Es imperativo aislar y bloquear todas las fuentes

de energía, colocar candados que impidan el accionamiento accidental y poner en los controles tarjetas personalizadas con foto, fecha, hora y responsable, para describir el trabajo que se adelanta, el ejecutante conserva en su poder las llaves de los bloqueos.

*Control de energía almacenada:* corresponde este apartado a la necesidad de verificar que el nivel de energía sea cero, en razón a que algunos elementos cuentan con la capacidad de almacenar energía tales como resortes, volantes de inercia, condensadores eléctricos, energía potencial, baterías, arranque automático de equipos como plantas eléctricas o generadores, programas de ciclo completo de algunos equipos, arranques o continuidad del ciclo al restituir la energía, etc.

Es muy importante que se analicen en conjunto con todas las áreas que intervienen, los riesgos que una tarea le puede generar a otra cuando comparten espacio y coinciden en el tiempo. Es imperativo hacer una reunión preoperacional de seguridad con todos los contratistas que participan en una obra, para identificar operaciones concurrentes e incompatibles, como por ejemplo, pintura con solvente y soldadura eléctrica.

*Monitoreo de la atmósfera dentro del espacio confinado:* se realizará de acuerdo con el ítem de valoración y se repetirán las mediciones periódicamente durante la jornada. Se recomienda disponer de detectores personales que mediante una alarma indiquen la presencia de una atmósfera peligrosa a fin de proceder a la evacuación.

*Sistemas de inyección y extracción de aire:* de acuerdo con los resultados de las mediciones de atmósferas nocivas y/o inflamables y de no ser suficiente la ventilación natural, se requerirá la instalación de un sistema de extracción e inyección de aire que garantice la calidad del aire durante el trabajo. El procedimiento de trabajo ubicará al trabajador de manera conveniente de acuerdo a la ventilación para alejar de sus vías respiratorias, los tóxicos.

*Equipos a prueba de explosión:* es importante que los equipos y las herramientas utilizadas y sistemas de iluminación sean a prueba de explosión dentro del espacio confinado. Dependiendo del caso puede ser necesario que la herramienta utilizada no genere chispas al ser golpeada. Se ampliará en el apartado de “Áreas clasificadas”.

*Plan de emergencia:* se debe contar con un plan de emergencias para atender cualquier condición no programada que se presente, ventilación forzada de emergencia, control de incendios, rescate de las víctimas, primeros auxilios, traslado a centros asistenciales, entre otros (ver Capítulo 21 Plan de emergencias).

*Permiso de trabajo en espacios confinados:* se debe diseñar un permiso de trabajo y este deberá ser diligenciado tanto por la persona responsable del trabajo, quien autoriza el permiso y por las personas que ingresarán al espacio confinado. Es importante aclarar que el permiso se debe llenar en el sitio de trabajo, con la verificación personal de quienes firman.

*Elementos de protección personal y equipos de seguridad:* los procedimientos de protección personal son una medida necesaria para los trabajos en espacios confinados. La tabla 6.2 presenta la justificación para el uso de los sistemas de protección personal, información que se amplía en el Capítulo 18 Equipos de protección personal.

ELEMENTO DE PROTECCIÓN PERSONAL O EQUIPO	JUSTIFICACIÓN
Equipo para determinar si la atmósfera es explosiva (con seguridad intrínseca).	Para determinar si la atmósfera es segura para autorizar la entrada de los trabajadores al espacio confinado: Los niveles de oxígeno recomendados están entre 19,5 y 23,5%. El nivel de inflamabilidad de la atmósfera debe ser menor que el 10% del límite inferior de inflamabilidad LEL, tomando la muestra permanentemente donde va a ubicarse la fuente de ignición y donde se espera que se ubique el gas inflamable. Los niveles de toxicidad deben ajustarse a la dosis vs. los valores límites permisibles. Los niveles anteriores deben ser medidos en la parte superior, media e inferior del espacio confinado.
Sistema de ventilación.	Garantizar una entrada y salida de aire, que permitan renovar la atmósfera, para que el ítem anterior se cumpla.
Equipo de línea de aire – <i>Full Face</i> . Autocontenido. Respirador con cartucho químico.	Para garantizar el suministro de aire puro, dentro de una atmósfera cuyo nivel de toxicidad y oxígeno no pudo controlarse. Pero siempre debe ser una atmósfera "NO explosiva". El autocontenido debe tener aire tipo D y el personal entrenado. El respirador con cartucho químico se puede utilizar cuando se garantiza que el contaminante es de baja toxicidad, baja contaminación y no representa una amenaza inminente para la vida y la salud y se cuenta con oxígeno suficiente.
Sistema de sujeción: arnés, cuerda, mosquetones, jumar, trípode. El sistema debe permitir la evacuación rápida del trabajador por otro compañero desde afuera, mediante un sistema mecánico.	En caso de sufrir mareo, desmayo, golpes, etc., el centinela que se encuentra afuera observando la labor, debe activar un sistema de rescate que saque al trabajador del lugar confinado.
Procedimiento para evacuar a un trabajador de un espacio confinado a nivel del piso ( <i>manhole</i> inferior).	En caso de sufrir mareo, desmayo, golpes, etc., el vigía no debe ingresar a hacer el rescate.
Overol con cremalleras plásticas, herramienta y accesorios antichispas.	En espacios con potencial explosivo.
Sistema de iluminación con seguridad intrínseca y tensión de seguridad (ver Capítulo 1 Riesgo eléctrico).	En caso de necesitar iluminación artificial dentro de una atmósfera con potencial explosivo.
Los elementos de protección personal deben estar acordes con la labor a realizar y las características de las sustancias. En general deben ser: overol, arnes con argollas en los hombros, casco, botas, guantes, gafas, careta facial, E.P.P. auditiva, sensor de quietud con alarma luminosa y acústica.	Proteger la integridad del trabajador dentro del espacio confinado.
Alarma de quietud	La alarma de quietud se la coloca el trabajador y se activa con señal vibratoria, sonora y luminosa cuando la persona se queda quieta por 40 segundos.

**TABLA 6.2**

Elementos de protección personal y equipos de seguridad en espacios confinados.

### Procedimiento a seguir para trabajos en espacios confinados

#### Antes de la entrada al espacio confinado

Siempre que sea necesario, se limpiará el espacio para eliminar todos los contaminantes residuales, como son los solventes y los productos orgánicos; luego se medirá la atmósfera del interior del espacio confinado para determinar la existencia de contaminantes atmosféricos tóxicos y la concentración de oxígeno.

Existen muchos tipos de aparatos con lectura directa para medir los contaminantes que se encuentran con mayor frecuencia, para todos los demás contaminantes existen métodos especiales de control. Se monitorea inicialmente la concentración de oxígeno, porque si no está entre 19% y 21 %, las demás lecturas se pueden ver alteradas; es muy importante la capacitación del personal que utiliza los monitores para que sea consciente de que está tomando una pequeña muestra del espacio confinado y que no puede sacar conclusiones apresuradas. Debe tener conocimiento de los gases que se pueden encontrar y las variables que los afectan (temperatura, peso relativo, reactividad, etc.).

Para que un espacio confinado no sea inflamable se debe “inertizar” la atmósfera para retirar el oxígeno, desplazándolo con gases inertes como el nitrógeno, el argón, entre otros. El ingreso del personal debe hacerse con línea de aire o con autocontenido.

Siempre que se precise trabajar en calderas u hornos, habrá que esperar el tiempo necesario para que se enfrién, cerrar y desconectar todas las válvulas, colocar bridas en la tubería y abrir los circuitos con los interruptores relacionados con la operación del espacio confinado para prevenir la introducción accidental de contaminantes, vapor de agua, agua caliente o que se ponga en marcha el equipo del interior cuando esté ocupado; también habrá que purgar el espacio mediante ventilación todo el tiempo que sea preciso con el fin de reducir cualquier contaminante hasta que alcance el nivel de seguridad. Habrá que eliminar todas las posibles fuentes de ignición, siempre que existan o puedan generarse productos inflamables o combustibles.

El volumen que capta la sonda del monitor recoge una pequeña muestra del espacio confinado, por eso es necesario conocer la atmósfera, el tipo de gas y la clase de trabajo que se va a adelantar. Un sitio de 2 x 2 x 2 metros tiene 8m<sup>3</sup> de aire; la bomba capta a lo sumo 2 l.p.m. (litros por minuto), de modo que en 5 minutos habrá tomado una muestra de 10 litros, que de un universo de 8.000 litros es una cantidad realmente pequeña para sacar conclusiones sobre la explosividad o la toxicidad. Es muy importante saber ubicar los puntos de muestreo; se debe considerar el peso del gas, el sentido del flujo del aire, la ubicación del trabajador y la temperatura.

Se proveerá al personal de toda la indumentaria protectora que sea necesaria, también, de los equipos de protección respiratoria siempre que sean necesarios o puedan llegar a serlo durante el trabajo. Tales equipos serán del tipo de aparatos de respiración con suministro de aire, para que protejan al trabajador en la atmósfera deficitaria de oxígeno o frecuentemente contaminada.

Se debe haber diligenciado el permiso para trabajar en espacio confinado y obtenido su aprobación; se debe aclarar que el permiso aprobado implica que se están cumpliendo todas las normas y condiciones para realizar el trabajo en forma segura.

Un permiso para trabajar es esencialmente un documento que explica la tarea a desempeñar, los peligros implicados y las precauciones a tomar, predetermina unas instrucciones seguras y es un informe claro de que se han tenido en cuenta de antemano, todos los peligros previsibles y que se definen y toman las precauciones adecuadas en el debido orden.

Dependiendo del grado de riesgo y de la complejidad de la tarea, se decidirá si se debe adoptar o no el sistema de permisos para trabajar. Por ejemplo, en refinerías de petróleo y fábricas de productos químicos donde existe un alto nivel de riesgo, es habitual que todo trabajo de mantenimiento se lleve a cabo por medio de sistemas de permisos para trabajar, exceptuando algunas tareas mínimas. La forma en que funciona un sistema de permisos dependerá de la organización y de los procesos implicados. El sistema debe establecer principios generales para el funcionamiento de los permisos, pero ser lo bastante flexible como para atender a una serie de circunstancias y condiciones diferentes.

Una vez autorizada la ejecución de un trabajo en espacio confinado, se deberán establecer los pasos a seguir para ingresar al mismo:

1. Identificar con precisión el espacio confinado.
2. Establecer las áreas que se vean afectadas al inhabilitar la función del espacio confinado e informar a dichas áreas sobre la fecha y tiempo de ejecución de la labor en el espacio confinado, a fin de obtener los permisos administrativos para el trabajo.
3. Determinar la clase de trabajo a realizar.
4. Analizar las características del espacio confinado en cuanto a acceso y calidad de la atmósfera (contaminantes, sustancias explosivas, niveles de oxígeno).
5. Conformar el equipo de trabajo (previamente entrenado), acorde con las características del espacio confinado y el trabajo en sí.
6. Determinar las características de los equipos de monitoreo, verificar calibración.
7. Determinar las características de los equipos, máquinas y herramientas que se van a utilizar.
8. Determinar elementos de protección personal.
9. Diligenciar el formato de permiso para trabajar dentro de un espacio confinado y obtener su aprobación.

Los procedimientos de trabajo deben surgir como el resultado del análisis de las condiciones del espacio confinado y del tipo de labor que se va a realizar dentro del mismo. Se deben establecer dos procedimientos de trabajo así:

1. Establecimiento de procedimiento, para la realización del trabajo que se va a ejecutar dentro del espacio confinado (soldadura, limpieza, mantenimiento general, etc.)
2. Establecimiento de procedimiento, para preparar el espacio confinado: se busca establecer los pasos que hagan segura la labor dentro del área confinada, y permitir que las áreas no involucradas directamente, pero si indirectamente con el trabajo (corte de suministro de agua, corriente eléctrica, gas, etc.), puedan prepararse para enfrentar adecuadamente las limitaciones que la labor confinada pueda generar y atender una emergencia en caso de presentarse.

### **Realización del trabajo**

Durante todo el tiempo de trabajo en el espacio confinado, se debe velar porque las condiciones bajo las cuales se autorizó su ejecución se mantengan; para ello es necesario tener en cuenta las funciones de los involucrados.

Funciones del centinela:

1. Conocer claramente los riesgos escritos en el permiso de trabajo y la forma de control establecida.
2. Ser capaz de reconocer dichos riesgos, dentro de la ejecución de la labor.
3. El centinela debe mantener contacto visual o auditivo permanente con el trabajador que ingresa al espacio confinado.
4. Llevará un sistema de registro de la forma en que se desarrolla la labor en el espacio confinado y monitoreará las condiciones al interior, pero desde afuera.
5. Dentro de las funciones indispensables del centinela, está la de definir la peligrosidad de un riesgo y dar la orden de una evacuación, en caso de ser necesario.
6. Estar en capacidad de atender una emergencia y contar con los recursos necesarios.

Funciones del personal entrante:

1. Verificar y firmar el permiso del trabajo.
2. Identificar los riesgos y su control.
3. Verificar las condiciones de operación y evaluar las condiciones monitorizadas de los riesgos presentes.
4. Conocer el uso adecuado de los equipos de protección personal y rescate.
5. Ejecutar la labor en forma estricta, acorde como se encuentre en los procedimientos.

Funciones del supervisor:

El supervisor debe constatar que las condiciones establecidas en el permiso de trabajo son ciertas; debe, además, supervisar permanentemente que los parámetros bajo los cuales se otorgó el permiso no cambien y en caso de ser necesario suspender la labor y ordenar el retiro de todo el personal de considerarlo pertinente. De igual manera, como lo hace el centinela, podrá ordenar la operación de rescate si lo considera necesario.

Cuando se requiera, el operario entrante deberá estar equipado con un arnés de seguridad unido a un cabo salvavidas, constantemente vigilado por su centinela; este sistema permitirá, en caso de emergencia, sacar rápidamente a la víctima; debe existir un medio de comunicación intrínsecamente seguro entre el operario del interior del espacio confinado y el exterior; en los casos de alto riesgo es estrictamente necesario, ya que podría ocurrir que el individuo empiece a sentirse indispuesto repentinamente y no pueda solicitar ayuda.

Las personas que permanezcan en el exterior vigilando los trabajos, deberán estar entrenadas en las técnicas de rescate de accidentados, primeros auxilios y reanimación cardiopulmonar y disponer de los equipos necesarios.

Deberá disponerse de aparatos de suministro de aire o autónomos, para que puedan ser utilizados de inmediato por los socorristas, estos equipos se mantendrán siempre en buenas condiciones y disponibles para su uso.

El operario que esté trabajando en el interior deberá ser rescatado tan pronto como se observe el menor signo de indisposición; se quitarán los vestidos contaminados y se comenzará inmediatamente a practicar los primeros auxilios, incluso las técnicas de resucitación cuando fueran precisas; todo ello siempre por personal calificado hasta la llegada del médico o traslado a un centro de atención inmediata para el tratamiento adecuado.

Si todo marcha bien, se realiza el trabajo bajo los parámetros dados y una vez finalizado, se informa a las áreas de influencia sobre la puesta en marcha nuevamente del espacio confinado.

### **Finalización del trabajo**

Debe registrarse la finalización del trabajo diario, especificando:

1. Culminación total o parcial y si se requiere diligenciar otro permiso de trabajo.
2. Destino de los equipos, aparatos, materias primas y herramientas utilizadas y descripción del estado en que quedaron.
3. Informar sobre cualquier cambio que se haya generado con el trabajo.
4. Establecer si se pueden o no continuar con las operaciones normales.
5. Observaciones generales.

### **Normatividad**

Existen normas nacionales aplicables a cada país, no obstante, es un importante elemento de consulta de espacios confinados las siguientes normas:

OSHA 29, CFR, parte 1910.146.

NTP223 Trabajos en espacios confinados.

NTP 560 Instrucciones de trabajo para tareas en espacios confinados.

### **Trabajo en altura**

El trabajo en altura es aquel que se realiza en un sitio donde existe una posibilidad de caída a diferente nivel, por lo cual, podríamos pensar que si estamos realizando un trabajo a 50 centímetros del piso, este es un trabajo en altura. Para determinar específicamente cuándo vamos a considerar el trabajo como una labor en altura los países adoptan o legislan sobre este particular y se determinan alturas sobre las cuales se define el trabajo en altura. Se toma en algunos países la altura que sobrepase un metro con cincuenta centímetros, otros la que sobrepase un metro con ochenta centímetros para el sector de la construcción y de 1,2 m para la industria en general, etc.

Es claro que al realizar labores por debajo de las alturas determinadas por cada país como trabajo en altura, se deben tomar medidas preventivas para la labor, pero éstas no estarán dentro de las normas y procedimientos determinados para el trabajo en alturas.

La caída de distinto nivel, aún es una de las mayores causas de accidentalidad y muerte en el trabajo<sup>2</sup>; los sistemas de protección contra caída han sido desarrollados y se cuenta con las técnicas y equipos que minimizan los riesgos con eficiencia.

Prácticamente todas las actividades económicas demandan, directa o indirectamente, trabajo en alturas, porque el mantenimiento de las instalaciones locativas lo involucra en el cambio de luminarias, mantenimiento de cubiertas, limpieza y cambio de vidrios, pintura y aseo de paredes y cielo rasos, lavado de tanques, entre otros.

El control de este tipo de riesgos debe concebirse desde que se construye una edificación, el diseñador debe considerar aspectos de protección contra caídas cuando diseña una cubierta, una fachada flotante, u otros elementos a los cuales hay que prestarle servicios de construcción y mantenimiento, durante esa etapa los costos para dotar una edificación de los sistemas de anclaje resultan muy económicos, pero cuando ya está construida pueden ser varias veces más altos. Es necesario que los arquitectos consideren el mantenimiento como parte integral de su diseño y construcción.

El trabajador debe contar con las condiciones fisiológicas y de salud con relación a la tarea, debe capacitarse en técnicas de progresión vertical y de desplazamientos horizontales y de descenso para que se familiarice con los movimientos con mínimo tres puntos de apoyo (dos manos y un pie, dos pies una mano) que minimizan el riesgo de caer. El trabajador debe desarrollar destrezas de equilibrio, fuerza, sentido de orientación, reconocimiento del riesgo y debe comprender con suficiencia las limitaciones de los sistemas de protección contra caídas. Normalmente el trabajo en alturas se asocia con el izaje de cargas, para el cual el operario debe estar capacitado. En condiciones con dificultad para que accedan cuerpos de socorro, el trabajador debe estar dotado con equipos y capacitado para aplicar técnicas de rescate y autorrescate.

El trabajo en alturas, cuando se realiza sin tomar las medidas de prevención y de protección necesarias, puede terminar en accidentes fatales. Cuando se está realizando un trabajo a 10 metros de altura y se sufre una caída sin disponer de éstas medidas no es necesario ser un experto para imaginar sus consecuencias.

Aún en los casos en que se estén aplicando las medidas de prevención y de protección necesarias, las caídas tendrán otros efectos menos severos pero que pueden llegar a ser graves como son golpes, raspaduras, fracturas. Caerse no es agradable aún cuando se quede suspendido en el mejor arnés del mundo.

La utilización inadecuada de los sistemas de prevención y de protección serán indudablemente factores que aumenten las lesiones en caso de caída como son por ejemplo colocarse un arnés flojo, llevar objetos que puedan herirnos en la caída, utilizar equipo de protección defectuoso, por no hacer la inspección requerida o no disponer de las hojas de vida de los equipos y elementos, o anclarse sin conocer la resistencia del punto de anclaje.

---

<sup>2</sup> Según cifras del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Colombia. 2006.

## **Riesgos presentes en el trabajo en altura**

El principal riesgo al realizar una labor en altura es, por supuesto, la caída, la cual puede presentarse por alguna de estas causas:

1. Anclarse a un punto o estructura cuyo diseño no ha sido proyectado para resistir la caída.
2. Utilizar elementos de protección contra caídas y aditamentos que no cumplen con normas establecidas en cuanto a diseño y resistencia.
3. No llevar hojas de vida de los elementos y equipos de protección contra caídas, de tal forma que no hay un seguimiento de cada elemento o equipo en particular para poder determinar su mantenimiento o reemplazo.
4. Realizar trabajo en altura sin tener la capacitación, entrenamiento y autorización requerida.
5. Realizar el trabajo en altura utilizando elementos y equipos de protección contra caídas en mal estado.
6. No seguir los procedimientos seguros establecidos para el trabajo.
7. Realizar el trabajo en altura bajo el efecto de medicamentos que puedan afectar el normal funcionamiento del organismo.
8. Realizar trabajo en altura cuando el trabajador tenga alteraciones de salud, esté trasnochado, etc.
9. No utilizar los sistemas de protección colectiva requeridos.

## **Valoración del riesgo trabajo en altura**

La valoración en el trabajo en altura deberá realizarse con base en la normatividad técnica y legal aplicable, lo cual debe conducir a disponer de las hojas de vida de todos los equipos y elementos a utilizar, las memorias de cálculo que garanticen la resistencia de los puntos de anclaje, la idoneidad de los trabajadores que van a realizar la labor, la cual debe ser demostrada mediante certificados de capacitación y entrenamiento.

Cada uno de los elementos debe ser inspeccionado por personal capacitado para esto antes de realizar la labor.

Dado el alto riesgo que implica el trabajo en altura éste no se autorizará si alguno de los ítems a evaluar no está en las condiciones necesarias, ya que se trata de una cadena que no admite averías en ningún eslabón, pues esto implicaría la caída.

Como se indicó en la introducción de este capítulo, los trabajos de alto riesgo pueden presentarse en forma separada o integrados, por lo cual se puede estar cumpliendo con todo lo relacionado para realizar un trabajo en altura seguro, pero si éste se va a realizar dentro de un espacio confinado que no ha cumplido con los requerimientos, el trabajo en altura tampoco podrá realizarse.

Con el diligenciamiento de un permiso de trabajo bien diseñado es factible realizar la valoración.

## **Controles del riesgo para el trabajo en altura**

Los controles para realizar trabajo en altura están encaminados a las medidas preventivas y a las medidas de protección. Las medidas preventivas son aquellas que evitan que el trabajador se caiga dentro del trabajo normal como es por ejemplo una baranda; las medidas de protección son las que detienen al trabajador una vez éste se ha caído como es el caso de una red, un arnés y su sistema de anclaje, etc.

### **Medidas de prevención contra caídas**

Son aquellos sistemas normalmente colectivos que impiden que el trabajador esté en contacto con el riesgo; sirven también para advertir al trabajador del peligro de caída.

«Lo mejor para el trabajo de altura es no hacerlo, es decir, mediante sistemas de ingeniería evitar el trabajo en alturas, por ejemplo, haciendo descender las lámparas para hacerles mantenimiento a la altura del suelo. O proporcionar unos binóculos para tomar una lectura de un instrumento ubicado a una altura del piso; o mejor aún, que la pantalla del instrumento se encuentre a nivel del piso para que se pueda leer con los dos pies en el suelo»<sup>3</sup>.

El área de trabajo en altura debe estar delimitada para prevenir el acercamiento de personas al lugar del riesgo, se debe controlar el acceso mediante puertas, cuerdas, cables, vallas, bandas, cadenas, reatas, conos, balizas, banderas y otros que sean visibles de día y de noche, de acuerdo a la necesidad. Se señalizará con símbolos y letreros a una distancia mínima de 2 metros entre avisos en el plano horizontal, a una altura de fácil visualización y cumpliendo la reglamentación nacional correspondiente.

Las barandas que soportan la carga del trabajador y evitan que quiepa su cuerpo entre los apoyos horizontales y verticales, deben rodear todo el borde con riesgo de caída. La altura del pasamanos entre 1 y 1,2 metros, resistencia de empuje horizontal en el pasamanos de 90,8 kg, espacios horizontales entre ejes menores a 40 centímetros y rodapié o soporte horizontal inferior de una altura entre 15 y 20 centímetros para evitar que caigan objetos o se resbale el pie del trabajador (tomado de la Resolución 3673 de 2008, Colombia).

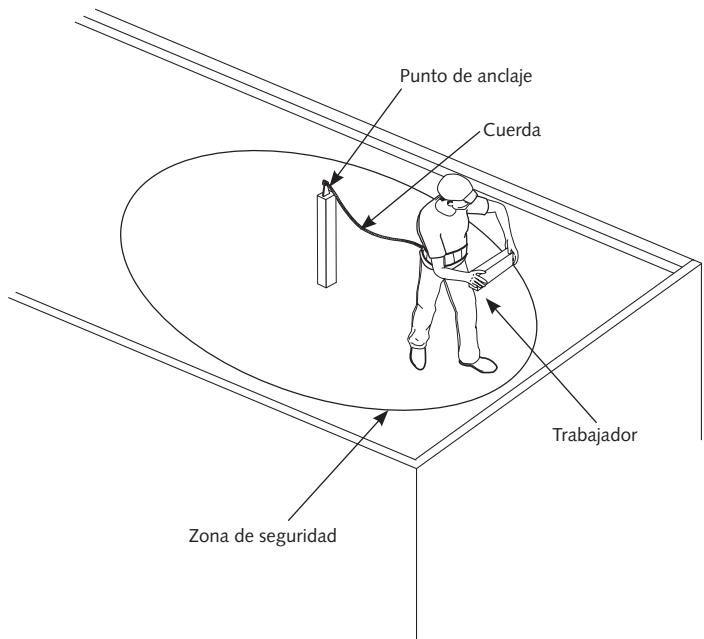
Los huecos en los pisos por donde transitan personas deben cubrirse de manera estable, con un elemento que resista dos veces el peso de la carga más pesada que circule por ese lugar.

Finalmente, el desarrollo del programa de protección contra caídas consiste en documentar la planeación, organización, ejecución y evaluación de las actividades que involucren dicho riesgo.

*Sistemas de restricción de caídas:* usar eslingas o cualquier otro sistema cuya longitud no permite que el trabajador alcance el potencial borde peligroso, donde se pudiera presentar una caída, es decir, la cuerda limita el desplazamiento del trabajador para que no llegue al

---

<sup>3</sup> Extracto del artículo publicado en Internet por Juan Mancera y cuyo texto íntegro se puede consultar en: <<http://www.manceras.com.co/artaltura.pdf>>.



**GRÁFICO 6.1**  
Anclaje y zona de seguridad.

borde del que podría caer (gráfico 6.1), el elemento que está en contacto con el trabajador puede ser un cinturón de linero. La resistencia requerida para estos puntos de anclaje es de 1340 kg (3000 libras o 13,2 kN), los conectores seguirán siendo de 2271 kg<sup>4</sup>.

#### Medidas de protección contra caídas

Las medidas de protección son aquellas implantadas para detener la caída una vez ocurra, o mitigar sus consecuencias. Es decir, actúan cuando han fallado las medidas de preventión, por esta razón, siempre deben ser complementarias la prevención y la protección.

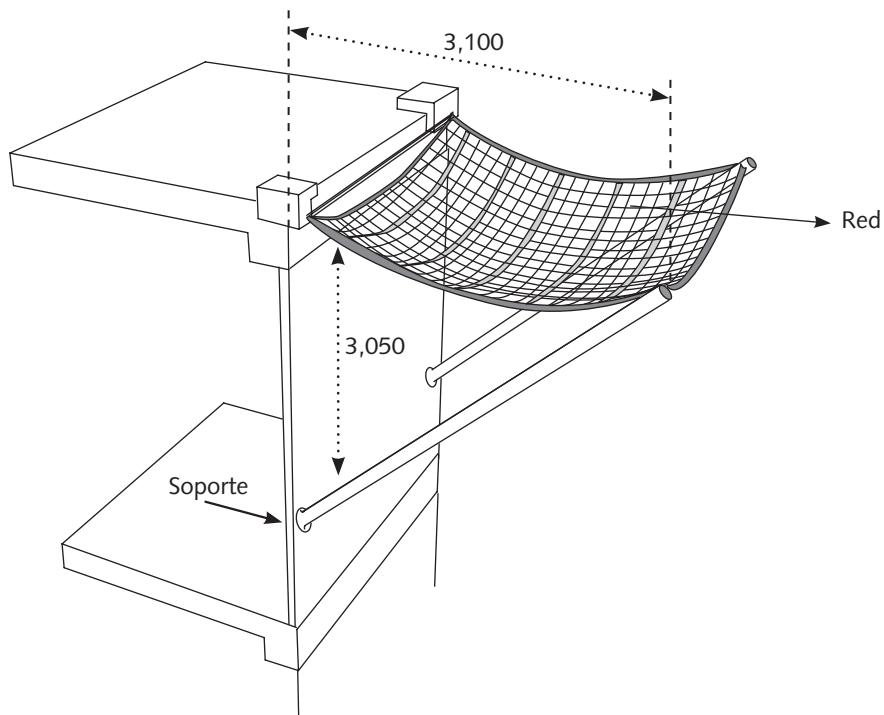
Los equipos para detención de caídas se deben seleccionar teniendo en cuenta la distribución de la fuerza de impacto, la elongación, la resistencia de los componentes a la tensión, la corrosión, los requisitos de aislamiento eléctrico, la compatibilidad con los otros elementos de protección; así como la existencia de condiciones atmosféricas adversas, presencia de sustancias químicas, espacios confinados, temperatura, riesgo de incendio, superficies calientes o abrasivas, entre otros.

*Sistemas pasivos:* las mallas o redes (gráfico 6.2) constituyen sistemas de protección colectivos y pasivos que detienen el trayecto de caída del trabajador.

<sup>4</sup> Tomado de la Resolución 3673 de 2008, Colombia. Existe una normatividad internacional aceptada en numerosos países, como la OSHA 1926.502 – Criterios y Práctica de la protección contra caídas, o la ANSI Z359.1-2007, Requisitos de Seguridad para los Sistemas de Protección Personal de Caídas, Sub-sistemas y Componentes. La normatividad puede cambiar en sus detalles de un país a otro, pero el criterio general se mantiene.

**GRÁFICO 6.2**

Instalación de la red de seguridad para trabajo en alturas respetando las distancias mínimas.



*Red de Seguridad para la detención de caídas:* «Cuando se determine instalar una red de seguridad, no debe colocarse a más de nueve (9) metros por debajo de la superficie en donde se camina y/o trabaja y debe poder soportar su impacto sin golpear ningún obstáculo debajo de ella»<sup>5</sup>.

Las distancias de instalación serán las que se señalan en la tabla 6.3.

**TABLA 6.3**

Red de seguridad para trabajo en alturas.

DISTANCIA VERTICAL DESDE LA SUPERFICIE EN DONDE SE CAMINA Y/O TRABAJA HASTA LA SUPERFICIE HORIZONTAL DE LA RED	DISTANCIA MÍNIMA HORIZONTAL REQUERIDA DESDE EL BORDE EXTERNO DE LA MALLA HASTA EL BORDE DE LA SUPERFICIE DE TRABAJO
1.5 m	2.4 m
Más de 1.5. m hasta 3 m	3 m
Más de 3 m	4 m

La red de seguridad (gráfico 6.2) debe ser de poliamida o material similar para que pueda soportar el impacto sin tocar ningún obstáculo debajo de ella.

«Estas redes deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Una resistencia mínima de ruptura de 2.272 Kg (5000 libras ó 22.2 kiloNewtons).
2. Un tamaño máximo de entramado de la red de cien (100) milímetros, pero si

<sup>5</sup> Ministerio de la Protección Social, Resolución 3673 de septiembre 2008 Capítulo II Obligaciones y requerimientos, artículo 12. Requerimientos mínimos para medidas de protección contra caídas.

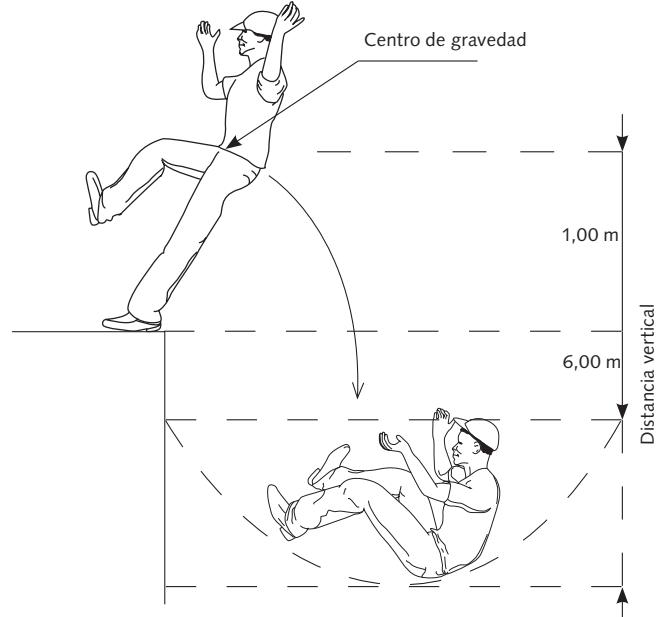
además la red tiene por objetivo la detención de objetos, se deberá colocar una malla para escombros por debajo, siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante.

3. Los puntos de anclaje de la red a la estructura deben tener una resistencia mínima de 2.272 Kg (5000 libras ó 22.2 kiloNewtons).
4. Los anillos en D y ganchos con resorte, deben tener una resistencia mínima de 2.272 Kg (5000 libras ó 22.2 kiloNewtons).
5. Las redes de seguridad y sus puntos de anclaje, deberán ser aprobadas por una persona calificada en el sitio de trabajo después de su instalación inicial y antes de ser usada como sistema de protección de caídas y cuando requiera ser reinstalada después de una reparación.
6. Las distancias entre puntos de anclaje deben ser tenidas en cuenta conforme a las especificaciones dadas por fabricantes certificados, por las autoridades o entidades competentes y aprobadas por la persona calificada.
7. Toda red de seguridad debe estar certificada por una entidad competente y debe tener una hoja de vida en donde estén consignados los datos de: fecha de fabricación, uso anterior, registros de pruebas, registros de inspección, certificaciones expedidos por personas calificadas.

Las redes deben estar libres de cualquier elemento, material, equipo o herramienta en su interior, durante todo el tiempo que se realice el trabajo, lo cual debe ser verificado durante su uso. Asimismo, deben tener un punto de acceso que permita la remoción de elementos o personas que caigan en ella.

Las redes deben ser inspeccionadas semanalmente verificando su estado. Después de cualquier incidente que pueda afectar la integridad de este sistema y en el caso de deterioro o impacto deben ser cambiadas de manera inmediata, dejando registrado la fecha y tipo de red por la que se cambia. Tomado de la Resolución 3673 de 2008, Colombia»<sup>6</sup>.

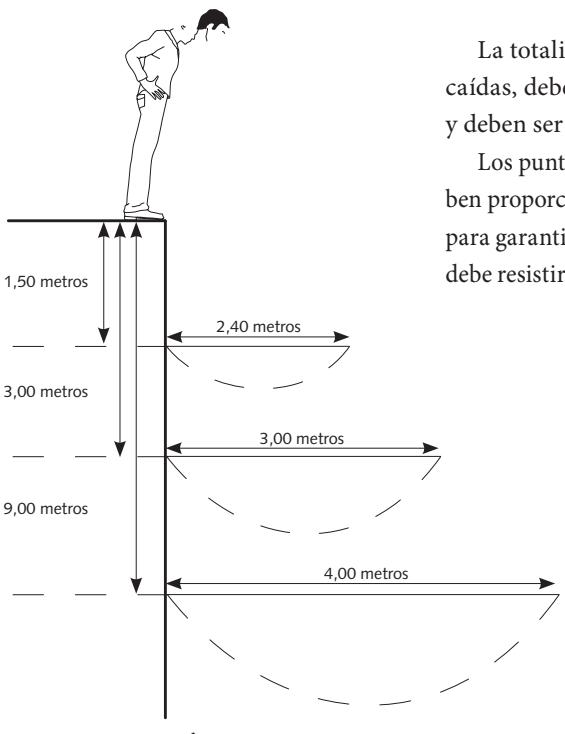
*Sistemas activos:* la protección contra caídas no la proporcionan elementos inconexos, básicamente el sistema debe estar compuesto por un punto de anclaje, un conector con absorbedor de choque, un arnés y un programa de descenso y rescate.



**GRÁFICO 6.3**

Distancia del borde externo de la malla al borde de la superficie de trabajo.

<sup>6</sup> Ministerio de la Protección Social, Resolución 3673 de septiembre 2008 Capítulo II Obligaciones y requerimientos, artículo 12. Requerimientos mínimos para medidas de protección contra caídas.



**GRÁFICO 6.4**

Relación ancho de la malla  
y altura de caída.

La totalidad de los elementos que intervienen en los sistemas de protección contra caídas, deberán contar con un certificado de cumplimiento de normas de fabricación y deben ser compatibles con los demás componentes del sistema.

Los puntos de anclaje de donde se aseguran los trabajadores para detener una caída deben proporcionar una resistencia a la tracción de 2.272 Kg (5000 libras ó 22.2 kiloNewtons) para garantizar la detención de la caída. Todo equipo de protección personal contra caídas debe resistir como mínimo 2.272 kg; ó 5000 libras; ó 2,2 Toneladas; ó 22 kN<sup>7</sup>.

El requerimiento de claridad de caída es el espacio vertical libre necesario para que se detenga la caída y el trabajador no se golpee contra el piso ni contra salientes, se debe tener en cuenta la longitud de la eslinga, la estatura del trabajador, la elongación del sistema, la longitud del absorbedor de choque y un margen de seguridad.

*Elementos de protección contra caídas:* cuando han transcurrido 0,6 segundos de producirse la caída, el cuerpo del trabajador que cae, ha recorrido una distancia de 1,8 metros, se encuentra a una velocidad de 5,9 metros por segundo (21,4 kilómetros por hora) y ha generado una fuerza de 8000 Newton, que es la capacidad máxima del cuerpo humano. Si en ese momento no se ha detenido la caída, la vida del trabajador está seriamente comprometida.

**TABLA 6.4**  
Efectos en el cuerpo humano  
para caídas de altura.

TIEMPO EN SEGUNDOS	DISTANCIA (M)	VELOCIDAD (M/S)	VELOCIDAD (KPH)	ENERGIA (JOULES)	FUERZA (NEWTON)	RESPUESTA HUMANA
0,1	0,05	1,0	3,5	48	1.983	ninguna
0,1428	0,1	1,4	5	98	2.517	ninguna
0,2	0,20	2,0	7,1	192	3.296	conciencia
0,3	0,44	2,9	10,6	433	4.554	conciencia
0,4	0,78	3,9	14,1	769	5.783	reflejo
0,5	1,23	4,9	17,7	1.202	6.860	inicio mov.
0,6	1,80	5,9	21,4	1.766	8.000	inicio mov.
0,7	2,40	6,9	24,7	2.356	8.978	leve mov.
0,8	3,14	7,8	28,2	3.077	9.991	leve mov.
0,9	3,97	8,8	31,8	3.894	10.978	movimiento
1	4,90	9,8	35,3	4.808	11.943	movimiento
2	19,61	19,6	70,6	19.232	20.794	movimiento

Se hará mención de algunas normas de referencia internacional, con la salvedad de que se citarán solo algunas especificaciones básicas y normas, a título ilustrativo, con

<sup>7</sup> Según la norma CE EN 361 del Comité Europeo de Normalización.

la aclaración de que existen las equivalencias en diversos organismos de normalización en diferentes países. Al momento de realizar cualquier compra que comprometa la salud de los trabajadores, el responsable de la seguridad e higiene en las empresas, debe ceñirse al cumplimiento de normas específicas, para garantizar que el elemento satisface las necesidades de protección en caso de accidente<sup>8</sup>.

Todos los elementos deben estar certificados por una entidad competente acompañados de un catálogo ilustrativo en castellano, con las especificaciones técnicas y normativa que certifica que cumple; los elementos de protección personal se deben marcar con un código que identifique cada uno para que ingrese al sistema de control de inspecciones, dentro del programa de revisiones periódicas. A cada elemento se le debe llevar una hoja de vida para registrar las características, condiciones de uso, mantenimiento, fechas de interés, el responsable, las inspecciones anuales, inspecciones después de un accidente, entre otros datos de interés.

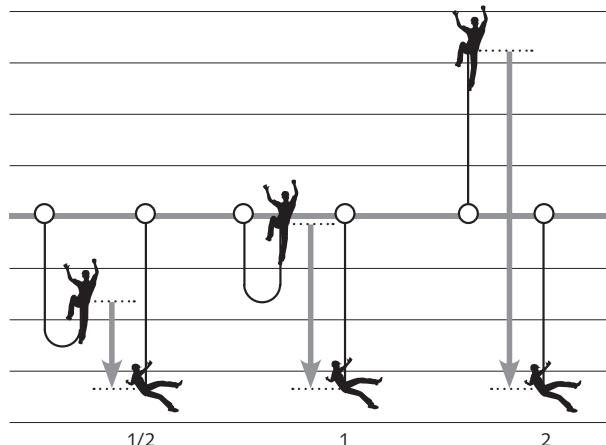
En el caso de que un sistema haya sufrido el impacto de una caída, deberá ser retirado inmediatamente de servicio y no será utilizado a menos que sea inspeccionado y evaluado por una persona competente o calificada para determinar si debe retirarse de servicio o puede ser puesto en operación.

**Casco:** para el trabajo en alturas, el casco protector debe responder a las necesidades del riesgo; debe ser un casco ligero, bien aireado y confortable. Su diseño debe proteger de manera completa la cabeza en su parte frontal, temporal, occipital y parietal.

Debe tener barbuquejo con mínimo tres puntos de anclaje al casco, para asegurar la estabilidad del casco en la cabeza y fijarlo de modo que en caso de una caída, éste permanezca sin moverse y así poder cumplir su finalidad de proteger del impacto. Entre sus características más importantes están:

1. Peso: no mayor a 320 g.
2. Deseable material dieléctrico tipo B, si existe este riesgo.
3. Barbuquejo de seguridad asegurado a 3 ó 4 puntos del casco.
4. Canales de ventilación, deseables.
5. Sistema ajuste al diámetro de la cabeza tipo ratchet<sup>9</sup>.

○ Anclaje



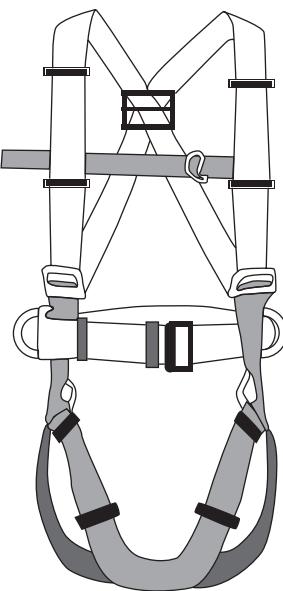
**GRÁFICO 6.5**

Sistemas de anclaje. Factor de caída:  $\frac{1}{2}$ , 1 y 2.

Trabajar máximo con factor de caída 1.

<sup>8</sup> Adaptado del artículo publicado por los autores en su página web:  
<http://www.manceras.com.co/artaltura.pdf>.

<sup>9</sup> NORMA: EN 12492 – EN 397, o ANSI Z88.1-1997, Tipo II, Clase E, OSHA 29 CFR 1910.135 y 29 CFR 1926.100(b) y CSA Z94.1-M1992 o equivalentes y complementarias.



**GRÁFICO 6.6**  
Arnés.

Es recomendable que los cascos sean dieléctricos cuando exista la posibilidad de contacto con partes energizadas y en segunda medida que sean ventilados. Es deseable que las partes del caso (tafilete, ratchet, araña, barbuquejo) se puedan proporcionar como repuesto.

**Arnés:** equipo para la detención de caídas que distribuye la fuerza en un área corporal que comprenda piernas, tórax y caderas y que posiciona al trabajador para su labor, con un diseño ergonómico y confortable.

Las argollas laterales son para posicionamiento, mientras que la posterior y la ventral son para detención de caídas. Debe ser ergonómico y ajustable a la talla del trabajador.

Debe estar certificado por una entidad competente y ha de tener una hoja de vida en donde estén consignados los datos de: fecha de fabricación, uso anterior, registros de pruebas, registros de inspección, certificaciones expedidas por personas calificadas.

Se deben inspeccionar las costuras de las cintas, así como los anclajes (argollas), antes y después de usarlo.

El arnés debe quedar ajustado pero no apretado, que quepan dos dedos entre las cintas y el cuerpo.

Debe almacenarse preferiblemente colgado de las argollas, seco y a la sombra y protegerse de las sustancias químicas, solo lavarse con jabón suave.

«Las herramientas que deba usar el trabajador en el desarrollo de su labor, no podrán ser portadas en el arnés, sino que se deberá disponer de un portaherramientas que no interfiera su mecanismo de acción, que se conectará al mismo o un cubo o bolsa portaherramientas. Los elementos corto punzantes que tengan que ser usados para trabajo en alturas deben ser llevados en el porta herramientas»<sup>10</sup>.

Material: poliamida, poliéster o nylon, en correas mínimo de 41 mm.

Puntos de anclaje: Metálicos forjados y mínimo 4 distribuidos así: uno (1) dorsal uno (1) pectoral (que no debe llegar a la cara del trabajador en caso de caída) y dos (2) laterales para posicionamiento.

Herrajes: hebillas para ajuste y sujeción al cuerpo, que impidan los deslizamientos de las correas.

Costuras: hilos de poliamida, poliéster o nylon, de color diferente a las bandas para facilitar la inspección.

Resistencia: 2,272 Kg<sup>11</sup>.

Cuando el trabajador permanezca más de cinco minutos suspendido, debe contar

<sup>10</sup> Tomado de la Resolución 3673 de 2008, Colombia. Capítulo II: Obligaciones y requerimientos Artículo 12. Requerimientos mínimos para medidas de protección contra caídas. 2. Medidas Activas de Protección.

<sup>11</sup> NORMA: CE EN 361, o ANSI 359.1-2007, ANSI A10.14-1991, o CSA Z259.10-M90 u otras normas equivalentes y complementarias.

con una silla conectada al arnés y a la línea de trabajo, no hace falta que la silla se asegure a la línea de vida vertical.

**Línea de posicionamiento:** la línea de posicionamiento permite al trabajador ubicarse frente a la zona de trabajo y mantener las manos libres, porque este elemento rodea la estructura y se fija al arnés en las argollas laterales de posicionamiento, proporcionando estabilidad. Consiste en una cuerda de una longitud aproximada de 2 metros; en uno de sus extremos tiene un mosquetón de seguridad y en el otro un freno manual con un mosquetón de seguridad, el freno se desplaza por la cuerda libremente en una sola dirección reduciendo la longitud de agarre, para que el trabajador disponga de las manos libres para realizar la labor de manera cómoda y segura.

El extremo de la cuerda debe impedir que el freno manual se salga de la línea de posicionamiento. No está diseñada para detener caídas, es solo para el posicionamiento. El trabajador debe ubicarse de tal manera que la línea de posicionamiento evite una caída mayor a 60 cm.

Material: cuerdas de poliéster, nylon o poliamida con coraza protectora ante la abrasión, mosquetones y freno en acero o duraluminio.

Resistencia: 2272 Kg.

Norma: EN 358 o equivalente.

**Salva caídas, freno Troll o arrestador:** el *troll* o arrestador es el elemento deslizante en un solo sentido, con doble traba de seguridad, el cual permite asegurarse a la línea de vida (guaya de acero de 3/8" o 9,5 mm) que recorre la ruta de ascenso y descenso y que se conecta al arnés del trabajador mediante mosquetón de seguridad para lo cual cuenta con un orificio para hacer el enlace con el mosquetón. Debe detener la caída del trabajador, mediante bloqueo automático sobre la línea de vida en menos de 60 centímetros de caída del trabajador, con máximo 23 cm de longitud del conector.

Bajo ninguna circunstancia los conectores para tránsito vertical (frenos) se podrán utilizar como puntos de anclaje para otro tipo de conectores.

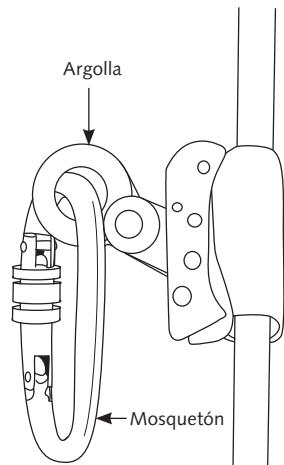
Norma: ANSI Z359. 1-2007, OSHA 1926 o equivalente.

Material: acero al carbono o acero inoxidable.

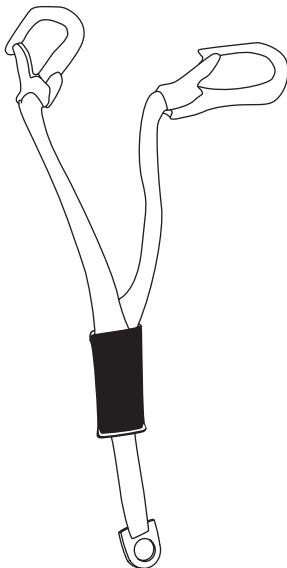
Resistencia > a 5500 libras.

Debe incluir instrucciones de uso y el freno o *troll* debe contar con un sistema que impida colocarlo al revés; debe estar señalizada con una flecha la dirección de uso.

**Conejero doble con absorbedor de choque:** la línea de conexión doble con desacelerador debe constar de dos cintas de poliamida; en los extremos de cada cinta debe llevar ganchos de seguridad de aproximadamente 60 milímetros (2 ¼") de apertura, para ser anclados a las estructuras o en las partes de donde se vaya a asegurar; éstas deben proporcionar una resistencia de 5000 libras. El tercer mosquetón de seguridad, va a ser fijado en la



**GRÁFICO 6.7**  
Salva caídas o freno.



**GRÁFICO 6.8**  
Conector doble con absorbedor de choque.

argolla en D del Arnés (pectoral o dorsal), teniendo en cuenta el sentido de la caída.

Debe contar con un sistema de desaceleración, o absorbedor de energía, puede ser una cinta cosida envuelta en una funda, que se abre cuando la fuerza generada por el impacto de la caída libre es muy fuerte; la cinta debe empezar a abrir en períodos de tiempo pausados para que la caída se regule y la fuerza sea absorbida por el sistema y no por el cuerpo del trabajador, el cual debe recibir como máximo una fuerza de 900 libras, el despliegue del absorbedor aumenta la distancia de caída entre 107 y 122 cm.

Material de las cintas: poliéster, nylon o poliamida.

Tipo de ganchos: de doble seguro de cierre automático.

Desacelerador o absorbedor de energía: 107 cm (3,5 pies) de Cinta poliamida, poliéster, nylon o poliamida.

Resistencia: 2272 Kg.

Norma a cumplir: EN 354 – EN 355, ó ANSI A10.14-1991, ANSI Z359.1-2007, ó CSA Z259.1- 1976, CSA Z259.11-M92, ó equivalente. Los Mosquetones ANSI-Z359.1-1992 y ANSI-A10.14-1991 ó equivalentes.

Los dos ganchos de 60 mm del conector doble no se deben colocar en la misma pieza estructural, porque en la eventualidad que ésta llegara a fallar, se pierde toda la seguridad. El uso del conector doble permite alternar el punto de anclaje mientras se progresá, recordando siempre el que se ha llamado el “principio filosófico de Tarzán”: *No soltar una liana hasta no estar asegurado de la otra*. Los mosquetones no están diseñados para trabajar haciendo palanca o sometidos a flexión, la carga debe aplicarse longitudinalmente a tracción simple.

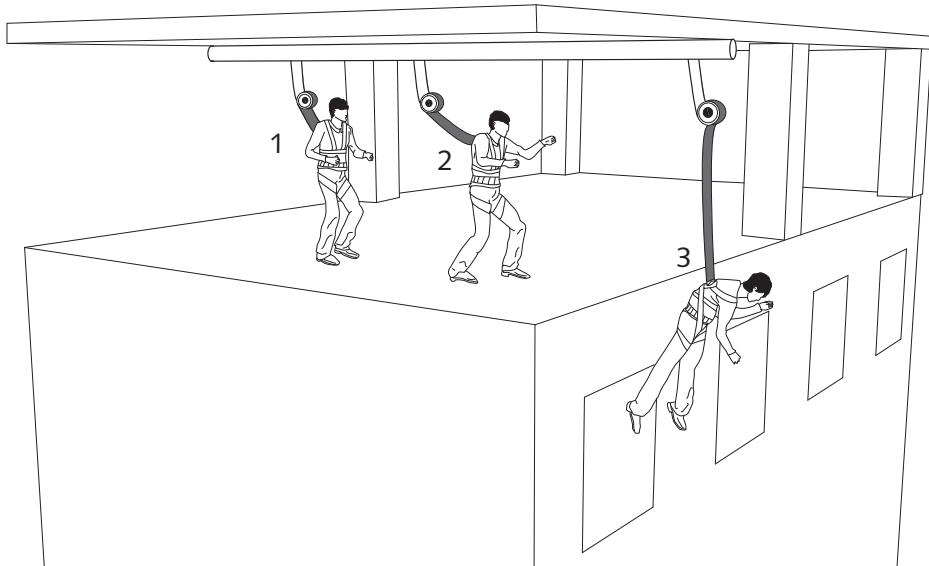
La totalidad de los elementos se deben inspeccionar antes y después de cada uso, de esta inspección no hace falta dejar registros a menos que se identifique una falla, caso en el que el elemento se debe dar de baja, es decir, sacar de servicio. El trabajador debe estar instruido para la inspección de su equipo.

**Líneas de vida autorretráctiles:** equipos cuya longitud de conexión es variable, permitiendo movimientos verticales del trabajador y en planos horizontales que no superen los 15° con respecto al punto de anclaje fijo y detiene la caída del trabajador a una distancia máxima de 60 cm. Estas líneas de vida autorretráctiles deben ser en cable de acero o fibras sintéticas certificadas por la entidad competente. En caso de que se sufra una caída debe certificarse nuevamente su estado operativo<sup>12</sup>.

«**Líneas de vida para desplazamiento horizontal:** sistema de protección contra caídas, compuesto por un cable, cuerda de material sintético o riel que van fijos a la estructura mediante unos anclajes y poseen una pieza corredera que se desliza a través de todo

---

<sup>12</sup> Artículo actualizado escrito originalmente para la página web de los autores: <<http://www.manceras.com.co/artaltura.pdf>>.



**GRÁFICO 6.9**

Línea de vida autorretráctil. Se conecta al arnés del trabajador (1), y le permite desplazarse por el sitio de labor (2), y en caso de un accidente (3), detiene la caída del trabajador.

el cable, cuerda o riel, llamada deslizador que está diseñada de forma que no pueda salirse del sistema.

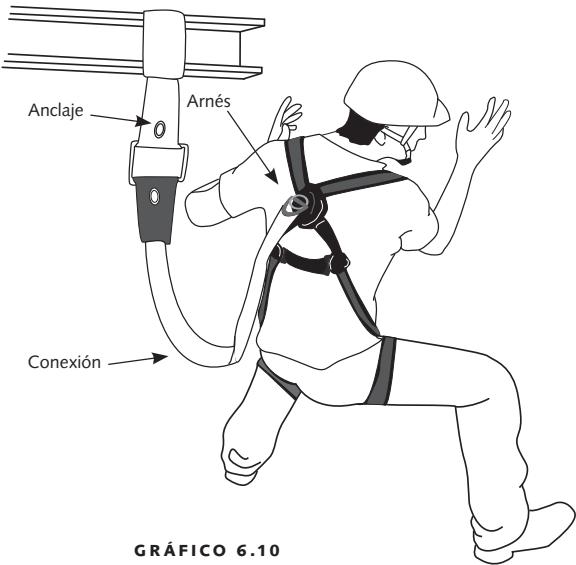
Podrán ser provisionales o fijas; estas últimas deberán ser diseñadas y calculadas por una persona calificada, e instaladas por un profesional o técnico que acredite experiencia en ello bajo supervisión de una persona calificada, con materiales certificados. Éstas deben incluir sistemas absorbedores de energía cuando los cálculos o las condiciones de la línea así lo determinen para proteger los anclajes del impacto.

La longitud del absorbedor de energía debe ser tenida en cuenta en los cálculos del requerimiento de claridad y se deben considerar las condiciones atmosféricas que puedan deteriorar el sistema.

Cuando se cuenta con sistemas de riel, se deberán contemplar los cálculos del fabricante y de una persona calificada para determinar las distancias entre los puntos de apoyo. Se deben presentar los cálculos de diseño y pruebas de la configuración empleada. Certificando lo instalado.

El diseño y cálculo de las líneas de vida debe contemplar el número de personas conectadas, la longitud de la línea, el diámetro del cable, el número de anclajes intermedios, el tipo de equipo conector a utilizar por parte de los trabajadores, requerimiento de claridad; además de la pretensión o indicador de tensión y la necesidad de sistemas absorbedores de energía que protejan los anclajes»<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> Tomado de la Resolución 3673 de 2008, Colombia. Capítulo II: Obligaciones y requerimientos Artículo 12. Requerimientos mínimos para medidas de protección contra caídas. 2. Medidas Activas de Protección, ítem 2.3.1.



**GRÁFICO 6.10**  
Conexión arnés y anclaje.

«**Líneas de vida verticales:** sistemas de cables de acero o cuerdas que debidamente ancladas en un punto superior a la zona de labor, protegen al trabajador en su desplazamiento vertical (ascenso/descenso). El sistema de línea vertical debe incluir un cable de acero, un riel, o una cuerda sintética debidamente certificada y fabricada para dicho uso y como punto de anclaje, debe garantizar una resistencia de mínimo 22.2 kiloNewtons (5000 libras – 2.272 Kg). Además, deben tener algún mecanismo de tensión que garantice que permanezca vertical.

El diseño de la línea de vida vertical dependerá del tipo de estructura y además de la cantidad de usuarios que podrán estar asegurados a ella. Esta instalación debe ser con cable de acero de alma sólida y diámetro entre 8 milímetros y 10 milímetros y estar fija a las escaleras del sitio según diseño certificado de cada fabricante y será instalada por personas competentes y certificadas por el fabricante de las líneas. Adicionalmente, se requiere que según la longitud de la

línea de vida, que ésta cuente con guías de cable que eviten el movimiento del mismo y debiendo permitir el paso fácil de los conectores de tránsito vertical. Es necesario que la línea de vida vertical acompañe el ascenso del trabajador hasta cuando el mismo esté sobre la superficie de trabajo, por tal motivo, la línea de vida deberá sobresalir mínimo 1.20 m por encima de la superficie de labor. Las escaleras donde se instalen estos sistemas deben tener la capacidad estructural para soportar la caída simultánea de los usuarios autorizados para usar la línea de vida.

Las líneas de vida verticales portátiles pueden ser en cable de acero con diámetros entre 8 milímetros a 10 milímetros o cuerdas estáticas con una elongación máxima del 5%, fabricada con materiales sintéticos con diámetro de mínimo 13 milímetros, debidamente certificadas por una entidad competente y resistentes a la fricción y el desgaste.

Las líneas de vida verticales de tipo portátil en cable de acero, deben tener un ojo con acoplamientos estampados a presión o sistemas prensacables (perros), el ojo siempre estará protegido con un guardacabo de tamaño apropiado. Estas líneas de vida deberán contar con un sistema de contrapeso o amarre que se ubicará en la parte inferior de la línea para mantenerla tensionada.

Los elementos o equipos de las líneas de vida vertical deben ser compatibles entre sí, en tamaño, figura, materiales, forma, diámetro y deben ser certificados por las entidades competentes y deben ser avalados por una persona competente»<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Tomado de la Resolución 3673 de 2008, Colombia. Capítulo II: Obligaciones y requerimientos Artículo 12. Requerimientos mínimos para medidas de protección contra caídas. 2. Medidas Activas de Protección. Ítem 2.3.2.

*Otros elementos de protección personal:* «Los elementos mínimos de protección personal para trabajo en alturas con los que deben contar quienes realicen estas tareas son:

1. Casco como se mencionó anteriormente.
2. Gafas de seguridad que protejan a los ojos de impactos, rayos UV, deslumbramiento.
3. Protección auditiva si es necesaria.
4. Guantes antideslizantes, flexibles de alta resistencia a la abrasión.
5. Bota antideslizante, de tacón y otros requerimientos según la actividad económica y el oficio.
6. Ropa de trabajo, de acuerdo a los factores de riesgo y condiciones climáticas.
7. Bloqueador solar para la piel expuesta»<sup>15</sup>.

*Rescate y autorrescate:* son técnicas que se deben aprender y practicar en el curso avanzado para trabajo en alturas y exigen condiciones personales y de equipos especiales.

El brigadista o trabajador que realice la instalación del sistema de rescate, debe estar muy calmado y muy seguro de lo que va a hacer, debe pensar con serenidad cada movimiento. A manera de ejemplo, una forma de hacer el rescate es la siguiente:

1. Debe ascender un poco más de un metro y medio de donde está el trabajador a auxiliar (colgando de las líneas de conexión).
2. Cuando se encuentre por encima colocará en el punto de anclaje el mosquetón de 60 milímetros de apertura y del ojal de éste el mosquetón sencillo y a su vez la polea. Dentro de la polea colocará la cuerda y hará un nudo ocho doble en el extremo de la cuerda para anclarlo al arnés de la víctima.
3. Desde abajo con la figura ocho anclada a la estructura para que esta sostenga el peso del rescatado o al arnés del rescatador, si no hay otra opción, se ascenderá lentamente al trabajador con la cuerda de rescate, cuidando de no golpearlo, para liberar el peso de la línea de conexión de la que quedó suspendido cuando cayó, teniendo previsto el sistema para asegurar la cuerda, puede ser un *jumar* o freno para cuerda anclada a la estructura. Se fija la cuerda de rescate que ya sostiene el peso de la víctima, se suelta al accidentado de la línea de conexión y se procede a descender al trabajador accidentado.

Estas son tareas que exigen entrenamiento y un nivel avanzado. El trabajador de alturas siempre debe estar acompañado y contar con sistemas de comunicación. Se debe dejar a la víctima en posición de recibir los primeros auxilios necesarios.

---

<sup>15</sup> Tomado de la Resolución 3673 de 2008, Colombia. Capítulo II: Obligaciones y requerimientos Artículo 13. Elementos de protección personal para trabajo en alturas.

## Ficha de control arnés

Esta ficha es un certificado de identificación, inspección y garantía.

Usuario: \_\_\_\_\_ Identificación: \_\_\_\_\_

Característica del arnés: \_\_\_\_\_ n°. de serie: \_\_\_\_\_

Marca: \_\_\_\_\_ País: \_\_\_\_\_ Fecha de producción: \_\_\_\_\_

Fecha de compra: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ DD MM AAAA

CUADRO DE INSPECCIÓN ANUAL			
1º año	Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____	2º año	Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____
3º año	Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____	4º año	Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____
5º año	Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____	6º año	Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

### Lista de chequeo o inspección

Califique sí ó no

#### Cintas:

Verificaciones	1º año	2º año	3º año	4º año	5º año	6º año
¿Presenta roturas?						
¿Presenta desgaste?						
¿Presenta decoloración?						
¿Presenta deformación?						
¿Presenta quemaduras?						

#### Costuras y herrajes:

Verificaciones	1º año	2º año	3º año	4º año	5º año	6º año
¿Está completa?						
¿Está dañada?						

Descripción de caídas y observaciones: \_\_\_\_\_

---

---

---

*Primeros auxilios:* a pesar de las medidas de protección contra caídas, cuando un trabajador cae y queda suspendido de su arnés, ha sufrido golpes y lesiones que con un buen manejo por parte de él mismo y sus compañeros, se pueden mitigar las consecuencias. Según el consenso general y con numerosas revisiones que han mejorado su definición original, se entiende por primeros auxilios el conjunto de actuaciones o técnicas que permiten la atención inmediata de un accidentado, hasta que llegue la asistencia médica profesional, para que las lesiones sufridas no empeoren.

«Consejos generales:

1. Conservar la calma; respirar con calma y actuar de forma correcta, evitando errores irremediables.
2. Evitar aglomeraciones; no se debe permitir que el accidente se transforme en espectáculo.
3. No mover al herido; como norma básica y elemental no se debe mover a nadie que haya sufrido una caída, hasta estar seguro de que se pueden realizar movimientos sin riesgo de empeorar las lesiones existentes.
4. No obstante, existen situaciones en las que la movilización debe ser inmediata, ya que el accidentado sigue estando expuesto a una situación de riesgo.
5. Examinar al herido; se debe efectuar una evaluación primaria, que consistirá en comprobar si el accidentado está consciente, si respira y si tiene pulso.
6. Posteriormente se realizará una evaluación donde se comprobará que tipo de lesiones sufrió el accidentado (fracturas, cortes, golpes, etc.).
7. Es importante realizar un correcto examen del herido para facilitar la mayor información posible a los servicios de emergencia.
8. Tranquilizar al herido; los accidentados suelen estar asustados, desconocen las lesiones que sufren y necesitan a alguien en quien confiar en esos momentos de angustia.
9. Mantener al herido caliente; cuando el organismo humano recibe una agresión se activan los mecanismos de autodefensa, implicando, en muchas ocasiones, la perdida de calor corporal. Esta situación se acentúa cuando existe pérdida de sangre. Por lo tanto es vital mantener caliente al accidentado.
10. Avisar al personal de socorro; solicitar inicialmente un servicio de rescate que esté en capacidad de rescatar al accidentado que haya quedado suspendido y acto seguido, una vez realizada la evaluación del accidentado se avisará a los servicios de emergencia.
11. No medicar; no se debe dar ningún medicamento al accidentado»<sup>16</sup>.

La rápida actuación ante un accidente puede salvar la vida de una persona, o evitar el empeoramiento de las lesiones que padezca.

---

<sup>16</sup> Servicio de prevención de riesgos laborales U.R. Manual de primeros auxilios. 2002. p 4-5.

«Para atender a un accidentado hay que recordar tres actuaciones básicas:

1. Proteger
2. Avisar
3. Socorrer»<sup>17</sup>.

#### **Sistemas de acceso al lugar de trabajo en alturas**

Se considerarán sistemas de acceso para trabajo en alturas: los andamios (borriquetes, colgantes, de secciones y crucetas, multidireccionales, de ménsula), las escaleras (de secciones, de tijera, de plataforma), los elevadores de personal (plataformas eléctricos, de extensión, manuales, sobre ruedas), las grúas con canasta (brazo articulado, telescopico) y todos aquellos medios cuya finalidad sea permitir el acceso y/o soporte de trabajadores a lugares para desarrollar trabajo en alturas.

«Todo sistema de acceso para trabajo en alturas y sus componentes, deben cumplir las siguientes condiciones o requisitos para su selección y uso:

1. Ser seleccionados de acuerdo a las necesidades específicas conforme a la actividad económica, la tarea a desarrollar y los factores de riesgos previsibles del área de trabajo.
2. Ser compatibles entre sí, en tamaño, figura, materiales, forma, diámetro y estas características deben ser avaladas por una persona calificada.
3. Garantizar la resistencia a las cargas con un factor de seguridad propio para el uso de personas de acuerdo a la máxima fuerza a soportar y resistencia a la corrosión o desgaste por sustancias o elementos que deterioren la estructura del mismo.
4. Inspeccionarse antes de su uso por parte del usuario y mínimo, cada año por una persona competente, conforme a las normas nacionales e internacionales vigentes. Si existen no conformidades, el sistema debe retirarse y si lo amerita enviarse a mantenimiento certificado, de lo contrario, debe eliminarse.
5. Tener una hoja de vida en donde estén consignados los datos de: fecha de fabricación, tiempo de vida útil, historial de uso, registros de inspección, registros de mantenimiento, ficha técnica, certificación del fabricante o de una entidad autorizada y observaciones»<sup>18</sup>.

«Lineamientos para el uso seguro de sistemas de acceso para trabajo en alturas: el montaje y/u operación de todo sistema de acceso para trabajo en alturas debe ser realizado por personas competentes conforme a las instrucciones dadas por el fabricante y atendiendo las normas nacionales e internacionales en el tema.

---

17 Ídem, p 6.

18 Tomado de la Resolución 3673 de 2008, Colombia. Capítulo II: Obligaciones y requerimientos Artículo 15. Requerimientos mínimos para los sistemas de acceso para trabajo en alturas.

Se debe garantizar completa estabilidad y seguridad del sistema de acceso para trabajo en alturas, de tal forma que éste no sufra volcadas o caída.

El montaje y/u operación de todo sistema de acceso para trabajo en alturas, debe garantizar una distancia segura entre éste y las líneas eléctricas energizadas.

Todo sistema de acceso para trabajo en alturas, debe estar debidamente asegurado en forma vertical y/u horizontal, conforme a las especificaciones del mismo.

En el caso en que el sistema cuente con una plataforma, ella debe cubrir la totalidad de la superficie de trabajo y contar con sistema de barandas»<sup>19</sup>.

La selección y uso específicos de cada sistema de acceso para trabajo en alturas, debe ser avalado por una persona competente y debe atender a las instrucciones y especificaciones dadas por el fabricante.

## **Normatividad**

La normativa sugerida se debe aplicar en su versión más reciente.

### **Regulaciones OSHA para la construcción (29 CFR PARTE 1926)**

La subparte E establece algunos requisitos para el equipo de protección personal:

Cinturones, línea de vida y línea de vida con amortiguador de impacto: 1926.104.

Redes: 1926.105.

La subparte L trata los andamios: 1926.450-454.

La subparte M trata la protección contra caídas en su totalidad, y explica cuándo y dónde se requieren los sistemas de protección contra caídas y para qué actividades de construcción son. También define los requisitos relacionados con los componentes de los sistemas. Ámbito, aplicación y definiciones 1926.500

Obligación de tener protección contra caídas: 1926.501.

Criterios y prácticas relacionados con los sistemas de protección contra caídas: 1926.502.

Requisitos de capacitación: 1926.503.

La subparte R trata cuestiones relacionadas con la erección de estructuras de acero.

Protección contra caídas (propuesta): 1926.750.

La subparte X trata las escaleras: 1926.1053.

### **Regulaciones OSHA para la industria en general (29 CFR PARTE 1910)**

La subparte D menciona algunos requisitos específicos asociados con la protección contra caídas en relación con las superficies de trabajo y para caminar.

Escaleras fijas – Dispositivos para escaleras: 1910.27 (d) (5).

---

<sup>19</sup> Tomado de la Resolución 3673 de 2008, Colombia. Capítulo II: Obligaciones y requerimientos Artículo 16. Lineamientos para el uso seguro de sistemas de acceso para trabajo en alturas.

Requisitos para andamios – sillas volantes: 1910.28 (j) (4).

La subparte F trata la protección contra caídas en relación con las plataformas motorizadas, canastillas elevadoras individuales y plataformas de trabajo montadas en vehículos.

Plataformas motorizadas para mantenimiento de edificios: 1910.66.

Sistemas personales de detención de caídas: 1910.66.

#### Apéndice C

La subparte J trata los controles del ambiente en general, en donde se refiere a espacios confinados.

Espacios confinados para los que se requiere permiso: 1910.146.

La subparte R trata cuestiones relacionadas con industrias especiales.

Telecomunicaciones: 1910.268.

Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica: 1910.269.

### **Regulaciones OSHA adicionales específicas para ciertas industrias**

Terminales marítimas: 1917.

Estiba: 1918.

### **Estándares ANSI**

Andamios: A10.8.

Red para personal y escombro para construcción y operaciones: A10.11-1989.

Operaciones de construcción y demolición: A10.32-2004.

Dispositivos para escaleras: A14.3-1992.

Espacio confinado: Z117.1.

Requisitos relacionados con caídas personales, sistemas de detención, subsistemas y componentes: Z359.1-2007.

### **Estándares CSA (Canadá)**

Cinturones y línea de vida con amortiguador de impacto: Z259.1-95.

Detenedores de caídas, línea de vidas verticales y rieles: Z259.2.1-98.

Dispositivos auto-retractiles para caídas personales sistemas de detención: Z259.2.2-98.

Dispositivos de control de descenso: Z259.2.3-99.

Cinturón y cintas para instaladores líneas: Z259.3-M1978.

Arneses para cuerpo completo: Z259.10-M90.

Amortiguador de impacto para sistemas personales de detención de caídas: Z259.11-M92.

Componentes de conexión: Z259.12-01.

Escalamiento de postes de madera: Z259.14-01.

### **Estándares británicos**

Equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas: BS EN 360:1993.

Detenedores de caídas auto-retráctiles equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas: BS EN 360:2002.

Detenedores de caídas auto-retráctiles equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas: BS EN 362:1993.

Conektor a punto el equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas: BS EN 363:2002.

Sistemas de detención de caídas equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas: BS EN 364:1993.

Métodos de pruebas equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas.

Requisitos generales para las instrucciones de uso y marcas indicadoras: BS EN 365:1993.

### **Comunidad Europea (estándares CE)**

Directiva sobre equipo de protección personal: 89/686/EEC.

### **Estándares de Australia y Nueva Zelanda**

Sistemas y dispositivos para detención de caídas en la industria Cinturones y arneses:

AS/NZS 1891.1-1995/Amdt 4-1999.

### **Nota NTP (Nota Técnica de Prevención)**

NTP 123 Barandillas.

NTP 124 Redes de seguridad.

NTP 197 Desplazamiento de personas sobre grúas-torres.

NTP 207 Plataformas eléctricas para trabajos en altura.

NTP 300 Dispositivos personales para operaciones de elevación y descenso.

NTP 301 Cinturones de seguridad para trabajo en alturas: guías para la elección, uso y mantenimiento.

## **Trabajo en caliente**

Es todo trabajo que pueda generar calor y chispas y que tiene la capacidad de convertirse en una fuente potencial de ignición para el material combustible en el local donde se realice la tarea o en sus alrededores, se aplica el término a tareas de soldadura, tareas con llamas abiertas, corte con oxiacetileno, pulido con piedras abrasivas, motores de combustión interna y otras actividades con generación de chispas, entre otras. En ocasiones así se llama al trabajo eléctrico con líneas energizadas, siendo más preciso hablar de trabajo en “líneas vivas”, el cual exige las máximas medidas de control y de conocimiento y entendimiento del riesgo y de los métodos de control.

Entre las causas de riesgo por trabajo en caliente se encuentran:

1. Realizar la labor en caliente cerca a otras actividades incompatibles.
2. No seguir los procedimientos establecidos para la tarea.
3. Realizar el trabajo en caliente en una atmósfera explosiva o inflamable.
4. No utilizar los elementos de protección personal adecuados.

### **Efectos del riesgo trabajo en caliente**

El riesgo, al realizar trabajo en caliente, se relaciona con quemaduras y explosión, siendo estas últimas, por supuesto, las más graves ya que pueden provocar la muerte.

Las quemaduras se pueden presentar por la manipulación del equipo que genera la llama o la chispa o por la explosión ocasionada por la aplicación de la llama o la chispa en una atmósfera explosiva. La atmósfera explosiva puede presentarse por las condiciones del lugar como es el caso de un espacio confinado, pero es factible que ésta sea producida por el equipo mismo que se utiliza para trabajo en caliente, como es el caso de un equipo de soldadura de oxiacetileno cuando presenta fuga de acetileno.

Otro factor es la realización de actividades que son incompatibles simultáneamente, como puede ser la apertura mediante la aplicación de llama con un equipo de oxiacetileno de una caneca vacía pero que contuvo un líquido inflamable, generará una explosión. La soldadura de tanques de almacenamiento de petróleo u otros combustibles requiere de procedimientos especiales para hacerlo con seguridad o de lo contrario, se generará una explosión.

Como se puede ver los efectos del trabajo en caliente asociado a atmósferas explosivas exige que dichas labores se realicen bajo estrictas medidas de seguridad.

### **Valoración del riesgo para trabajo en caliente**

Para valorar las condiciones al momento de realizar trabajo en caliente, se requiere de una planificación adecuada del trabajo y de las demás tareas que se vayan a realizar en el área a fin que estos sean compatibles.

Es necesario realizar una valoración similar a la de los espacios confinados, midiendo el nivel de oxígeno, toxicidad y explosividad, esta valoración se hará con una periodicidad de acuerdo con el trabajo que se está realizando; por ejemplo, para el caso de soldadura en tanques de almacenamiento de inflamables o combustibles, es necesario que el monitoreo sea permanente.

### **Controles del riesgo para trabajo en caliente**

«En la industria se tiene como práctica emitir un permiso de trabajo para actividades altamente riesgosas donde existen trabajos en caliente, pero tomando extremas medidas preventivas. El personal que emite (emisor) y el que recibe (receptor) es un personal alta-

mente calificado, supervisores con la experiencia en operaciones y certificados en materia de seguridad, higiene y ambiente»<sup>20</sup>.

No se recomienda que sea el encargado de higiene y seguridad quien emita dichos permisos de trabajo en caliente, se considera como un asesor, pero no es el responsable de la tarea.

El trabajo en caliente requiere de monitoreo continuo de oxígeno, gases tóxicos e inflamables. Todo permiso de trabajo en caliente, requiere prueba inicial y de monitoreo continuo de gases (inflamables, tóxicos y deficiencia o exceso de oxígeno) durante la ejecución del mismo.

El emisor, antes de otorgar el permiso para trabajar en caliente, inspecciona el área preferiblemente con el supervisor encargado de la obra (receptor), así toma las acciones operacionales necesarias para que el trabajo se ejecute en forma segura. Es muy importante llamar la atención de las fronteras entre trabajos en caliente con los alrededores, en especial durante paradas de procesos, donde intervienen operarios de varios contratistas, cada uno con sus procedimientos y permisos autorizados, pero comparten el lugar de trabajo y los riesgos. Se puede presentar vecindad de procesos incompatibles.

El emisor completa todo lo relacionado a fecha y hora de emisión, validez, administradora de riesgos, procedimiento operacional relacionado con el trabajo, instalación, equipo, sitio y una breve descripción del trabajo a ejecutar.

El emisor verifica si el trabajo a ejecutar tiene relación con algunas de las prácticas de trabajo seguro establecidas. Igualmente identifica los riesgos que estén relacionados con la actividad o trabajo, considerando las medidas de protección.

En conjunto, el receptor y todos los ejecutores establecen las medidas preventivas preoperacionales para el desarrollo del trabajo de una manera segura.

El emisor efectúa el monitoreo inicial de gases o vapores inflamables y/o gases tóxicos o deficiencia de oxígeno, dependiendo del área donde se ejecutará el trabajo.

El emisor, receptor y ejecutor proceden a firmar el permiso en señal de aceptación de que las condiciones de seguridad para ejecutar el trabajo están establecidas y que se ha instruido a los trabajadores de los riesgos inherentes al mismo. Es importante que los trabajadores participen en la elaboración del permiso y lo firmen.

Entre las normas generales, se tiene:

«El trabajo en caliente debe evitarse, si existe la manera de hacerlo en frío, es decir, sin generación de puntos calientes.

En áreas con riesgo de H<sub>2</sub>S u otras atmósferas tóxicas, podrá expedirse el permiso de trabajo en frío o en caliente, siempre que el emisor, receptor y el personal involucrado hayan recibido el adiestramiento y la certificación requerida para trabajar en estas áreas.

Todo trabajo (en frío o en caliente) que vaya a ser realizado en las áreas, equipos e instalaciones de trabajo en organización, deberá ser validado en el espacio de firma adicional del permiso de trabajo por el custodio o autoridad de área de la instalación.

---

<sup>20</sup> <[http://www.prevention-world.com/foros\\_de\\_prevencion/get.asp?M=176619&T=175875&F=11](http://www.prevention-world.com/foros_de_prevencion/get.asp?M=176619&T=175875&F=11)>.

Los permisos de trabajo en frío o caliente serán emitidos para trabajos específicos; no se emitirán permisos de trabajo de alcance general.

Se requiere, en la emisión del permiso de trabajo en frío o caliente, indicar la autorización para el uso de vehículos, grúas, máquinas de soldar eléctricas, camiones de vacío y motores de combustión interna (diesel o gasolina) dentro de áreas restringidas».<sup>21</sup>

Requisitos para el trabajo en caliente:

1. Los roles y responsabilidades del personal involucrado en la tarea deben estar identificados en el procedimiento.
2. Las personas involucradas deben estar capacitadas y certificadas su competencia.
3. Durante el proceso de planeación y programación del trabajo identificar si esta actividad interfiere con otros trabajos.
4. Los trabajos en caliente deben tener una evaluación de riesgos. Si no la tienen, no se debe ejecutar el trabajo.
5. Para realizar la tarea se requiere de un permiso de trabajo.
6. Cuando este tipo de trabajo se ejecute en espacios confinados, intervención de sistemas energizados y perturbaciones del suelo, se deberá obtener un certificado.
7. Todos los involucrados deben estar informados de la tarea y firmar el permiso de trabajo y los certificados.
8. Esta tarea tendrá una persona responsable que deberá supervisar el trabajo en curso.

**TABLA 6.5**

Límites de inflamabilidad.

COMBUSTIBLE	LEL	UEL	DENSIDAD
Butano	1.6	8.4	2.0
Propano	2.6	12.5	1.6
Pentano	1.5	7.6	2.5
Metano	5.0	15.0	0.6
Gasolina	1.37	7.1	3.4
Hidrógeno	4.0	76	0.1
Acetileno	2.5	98	0.9

LEL = Límite inferior de inflamabilidad.

UEL = Límite superior de inflamabilidad. Densidad relativa del aire=1.

*Soldadura yoxicorte:* cortar y soldar son actividades muy comunes en estructuras de metal e instalaciones.

Los principales peligros de soldar y cortar son:

1. Alta temperatura
2. Emisión, directa e indirecta, de vapores tóxicos.
3. Radiación térmica.
4. Deficiencia de oxígeno en espacios confinados.
5. Enriquecimiento del oxígeno en espacios confinados.
6. Explosión.

A manera de ejemplo es conveniente hacerse las siguientes preguntas:

¿Están los soldadores calificados?

¿Se requieren pruebas de atmósfera peligrosa?

¿Se encuentran en buen estado de funcionamiento los equipos a utilizar?

¿Hay material combustible que se pueda incendiar con chispas, llamas o virutas calientes en el área de influencia del trabajo?

¿Si la respuesta anterior es afirmativa, se instaló una barrera o mampara?

<sup>21</sup> Tomado de <[www.prevention-world.com](http://www.prevention-world.com)> <[http://www.prevention-world.com/foros\\_de\\_prevencion/get.asp?M=176619&T=175875&F=11](http://www.prevention-world.com/foros_de_prevencion/get.asp?M=176619&T=175875&F=11)>.

- ¿Existe adecuada ventilación durante la operación?
- ¿Se están respetando las normas sobre manejo de cilindros de gases comprimidos?
- ¿Tienen las mangueras de oxígeno y de gas combustible una válvula de cheque para evitar el retorno?
  - ¿Tiene la línea de gas combustible un arresta llamas en el regulador?
  - ¿Han recibido entrenamiento los soldadores y los ayudantes en los riesgos presentes en el área de trabajo?
- ¿Están disponibles los equipos de primeros auxilios y extintores de conatos de incendio en el área de trabajo?
- ¿Se están utilizando los elementos de protección personal apropiados, tanto los soldadores como los ayudantes?

### **Normatividad**

OSHA Standards.

1910.106, *Flammable and Combustible Liquids*.

1910.252, *Welding, Cutting, and Brazing - General Requirements*.

1910.253, *Oxygen-fuel gas welding and cutting*.

1910.254, *Arc welding and cutting*.

1910.255, *Resistance welding*.

API RP54, *Recommended Practice for Occupational Safety for Oil and Gas Well Drilling and Servicing Operations*.

API, Publication 2201.

NPFA 30, 51-B, *Flammable and Combustible Liquids Code, National Fire Protection Association*.

Hot Work. AESC, 12 KB PDF, 2 pages (Asociation of Energy Service Companies).

### **Áreas clasificadas**

«Como áreas peligrosas clasificadas se consideran aquellas donde el peligro de fuego o explosión pueda existir, debido a la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos, fibras o pelusas volátiles inflamables»<sup>22</sup>.

El tipo de riesgos en áreas clasificadas se generan por la utilización de elementos que puedan producir energías activantes, como calor, chispas, fricción, llamas abiertas, reacciones físicas y químicas, dentro o en proximidad de ambientes inflamables o explosivos, de ahí que sus causas básicas son:

1. Falta de clasificación de las áreas.
2. Permitir el uso de máquinas, equipos, herramientas y procedimientos que puedan generar energía activante.

---

<sup>22</sup> <<http://www.pemex.com/files/standards/definitivas/NRF-036-PEMEX-2003.pdf>>.

- Presencia de materiales o sustancias que puedan ocasionar reacciones físicas o químicas.

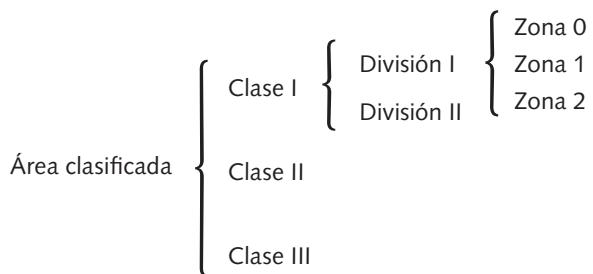
El principal riesgo en un área clasificada es el de explosión, existiendo también los efectos nocivos y tóxicos por los productos o sustancias que hacen que el lugar sea determinado como un área clasificada.

La valoración de los riesgos en las áreas clasificadas se hace mediante una clasificación adecuada de acuerdo con la Clase, División y Zona con la que se relacione.

### **Clase, División y Zona**

Las áreas clasificadas se agrupan en Clase, División y Zona, según el tipo de riesgo que comportan según se documenta en la tabla 6.6.

**TABLA 6.6**  
Clasificación de áreas.



La explicación que sigue a continuación sobre los diferentes tipos de áreas se basa en lo establecido en la norma NFPA 497 Clasificación de líquidos inflamables, gases, o vapores inflamables y de áreas peligrosas (clasificadas) para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico.

*Áreas clase I:* son áreas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables. Es decir dentro de los límites inferior LEL y superior UEL de inflamabilidad, de acuerdo a la mezcla del elemento inflamable con el aire.

*Áreas clase II:* son áreas peligrosas debido a la presencia de polvos combustibles, tales como aserrín de madera, polvos de cereales, carbón, algunas harinas y féculas.

*Áreas clase III:* son áreas que son peligrosas por la presencia de fibras o partículas volátiles fácilmente inflamables, pero en las cuales es poco probable que dichas fibras o partículas estén suspendidas en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables.

Dentro de las áreas Clase I se reconocen dos divisiones:

*Área clase I División I:* es el área en la cual se cumple alguno de los siguientes requisitos:

- Pueden existir continuamente bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables.

2. Existen frecuentemente concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables debidos a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
3. Pueden existir frecuentemente concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables debido a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
4. Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o del proceso que pueda provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, y simultáneamente, provocar también la falla del equipo eléctrico

*Área clase I División II:* son lugares en donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de ruptura o avería accidental de los recipientes o sistemas, o en caso del funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos, gases o vapores.

Una adecuada ventilación de presión positiva impide normalmente la concentración de gases o vapores inflamables, pero que pueden convertirse en peligrosos por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.

Están contiguos a los de Clase I, División I, a los cuales puedan llegar ocasionalmente concentraciones de gases o vapores inflamables, a menos que pueda evitarse tal comunicación por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio y se provean dispositivos seguros para evitar las fallas del sistema de ventilación.

Dentro de la clase I División I, también existen Zonas 0, 1 y 2:

1. Zona 0. Es un lugar donde:
  - a. Están presentes continuamente concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables.
  - b. Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables están presentes por largos períodos de tiempo.
2. Zona 1. Es un lugar en el cual:
  - a. Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables se encuentran probablemente bajo condiciones normales de operación.
  - b. Las concentraciones de gases o vapores inflamables pueden existir frecuentemente debido a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
  - c. Una interrupción o falla en la operación de los equipos o del proceso que puedan provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico de tal modo que cause que el equipo se convierta en una fuente de incendio.
  - d. Sea un área adyacente a un área Clase I, Zona 0 desde la cual concentraciones inflamables de vapores puedan ser comunicadas, a menos que la comunicación sea prevista de una adecuada ventilación

de presión positiva de una fuente de aire limpio, y sea previstas de dispositivos seguros para evitar fallas del sistema de ventilación.

3. Zona 2. Es un lugar en el cual:
  - a. Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables no ocurren en operación normal y si ocurren existen únicamente por cortos períodos de tiempo.
  - b. Los líquidos volátiles inflamables, gases o vapores inflamables son manejados, procesados o usados, pero en los cuales, los líquidos, gases o vapores son normalmente confinados dentro de contenedores o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de una operación anormal del equipo en el cual son manejados los líquidos o gases.
  - c. Las concentraciones inflamables de gases o vapores normalmente son prevenidos por ventilación mecánica positiva, pero la cual puede volverse peligrosa por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.
  - d. Sea adyacente a una área Clase I, Zona 1 desde la cual, concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables puedan ser comunicadas, a menos que la comunicación sea prevista de una adecuada ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio, y sean previstas de dispositivos seguros para evitar las fallas del sistema de ventilación.

### **Áreas no peligrosas**

Son áreas en que la liberación de sustancias inflamables ocurre tan raramente en algunas operaciones, que no justifica considerarlas como áreas peligrosas.

### **De acuerdo a la inflamabilidad**

*Grupos de atmósferas peligrosas:* para propósitos de prueba, aprobación y clasificación de áreas, se han agrupado varias mezclas (no enriquecidas con oxígeno), en base a sus características, con las siguientes designaciones.

Atmósferas grupos A, B, C y D que corresponden a lugares Clase I.

Atmósferas grupos E, F y G que corresponden a lugares Clase II.

Grupo A: atmósferas que contienen acetileno.

Grupo B: atmósferas tales como butadieno<sup>23</sup>, óxido de propileno<sup>24</sup>, o hidrógeno (o gases o vapores equivalentes en peligrosidad al hidrógeno).

---

<sup>23</sup> Los dispositivos eléctricos del grupo D, se pueden utilizar en esta atmósfera si tales dispositivos están aislados con sellos en toda la tubería conduit de 13 mm (1/2 pulg) de diámetro o mayor.

<sup>24</sup> Los dispositivos eléctricos del grupo C, se pueden utilizar en este grupo atmosférico si los dispositivos eléctricos están aislados con sellos en todos los tubos conduit de 13 mm (1/2 pulg) de diámetro o mayores.

Grupo C: atmósferas con contenidos tales como: ciclopropano, éter etílico o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

Grupo D: atmósferas con contenidos tales como: acetona, alcohol, amoníaco, benceno, benzol, butano, gasolina, hexano, petróleo nafta, gas natural, propano, vapores de barniz solvente o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

Grupos de atmósferas peligrosas en áreas Clase 1 Zonas 0, 1 y 2.

Grupo I: atmósferas que contienen una mezcla de gases predominando el metano, usualmente se encuentran en minas.

Grupo II: de acuerdo a la naturaleza del gas el Grupo II se subdivide:

a) Grupo IIC: atmósferas que contengan acetileno, hidrógeno, o gases o vapores explosivos o inflamables, de peligrosidad equivalente.

b) Grupo IIB. Atmósferas que contengan acetaldehído, etileno, o gases o vapores explosivos o inflamables de peligrosidad equivalente.

c) Grupo IIA. Atmósferas que contengan acetona, amoníaco, alcohol etil, gasolina, metano, propano o gases o vapores inflamables o combustibles de peligrosidad equivalente»<sup>25</sup>.

### **Controles del riesgo en áreas Clasificadas**

Los equipos utilizados en áreas clasificadas deberán cumplir con requisitos de seguridad, así:

«*Equipo intrínsecamente seguro*: es el que en condiciones normales o anormales de operación, para las que ha sido aprobado, no libera energía eléctrica o térmica suficiente para inflamar cualquier mezcla adyacente (circuitos de corriente y voltajes bajos para control e instrumentación).

En el sistema de clasificación por Zonas, la designación para los tipos de protección de equipos intrínsecamente seguros es la siguiente:

“ia”- Son aparatos y sistemas eléctricos que contienen circuitos de seguridad intrínseca los cuales son incapaces de causar inflamación, con el apropiado factor de seguridad, de mantener la protección en caso de una falla o con dos fallas simultáneas.

Este equipo se permite usar en áreas Clase 1, Zona 0, aprobado y marcado como adecuado para dicha área.

“ib”: son aparatos y sistemas eléctricos que contienen circuitos de seguridad intrínseca los cuales son incapaces de causar inflamación, con el apropiado factor de seguridad, cuando se presentan una falla.

---

<sup>25</sup> Tomado del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios NRF-036-PEMEX-2003. *American Petroleum Institute (API)* en ANSI/API RP 500, Prácticas recomendadas para la clasificación de áreas para instalaciones eléctricas en plantas petroleras clasificadas como Clase I, División I y División II. También de ANSI/API RP 505 Práctica recomendada para la clasificación de áreas para instalaciones eléctricas en plantas petroleras clasificadas como Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2. *The International Society for Measurement and Control (ISA)* comité ISA SP12.

Este equipo se permite usar en áreas Clase 1, Zona 1, aprobado y marcado como adecuado para dicha área.

*Equipo a prueba de explosión:* es el equipo eléctrico capaz de soportar una explosión en su interior, sin permitir que genere la temperatura suficiente, arco o chispa que propicie la combustión de la atmósfera inflamable que lo rodee.

En el sistema de clasificación por zonas, la designación para los tipos de protección de equipos a prueba de explosión es la siguiente:

“d” Este equipo se permite usar en áreas Clase I, Zona 1 ó Zona 2.

*Equipo de seguridad aumentada:* es un equipo que bajo condiciones normales de operación no provoca, ni genera arcos, chispas o calentamientos excesivos.

En el sistema de clasificación por zonas, la designación para los tipos de protección de equipos de seguridad aumentada es la siguiente:

“e” Este equipo se permite usar en áreas Clase I, Zona 1 ó Zona 2.

*Equipo sumergido en aceite:* es el que mantiene sus partes energizadas que puedan producir arcos o chispas en operación normal o anormal, sumergidas en aceite, para evitar que inflamen cualquier mezcla adyacente.

En el sistema de clasificación por zonas, la designación para los tipos de protección de equipos sumergidos en aceite es la siguiente:

“o” Este equipo se permite usar en áreas Clase I, Zona 1, ó Zona 2.

*Equipo con presión positiva:* es el que en su interior contiene aire limpio o gas inerte a mayor presión que la ambiental y no permite la entrada de mezclas explosivas o inflamables.

En el sistema de clasificación por zonas, la designación para los tipos de protección de equipos con presión positiva es la siguiente:

“p” Este equipo se permite usar en áreas Clase I, Zona 1, ó Zona 2.

*Equipo encapsulado:* es el que mantiene sus partes energizadas, que pueden producir arcos o chispas en operación normal o anormal, encapsulados herméticamente en un medio dieléctrico sólido o gaseoso, para evitar que inflamen cualquier mezcla adyacente.

En el sistema de clasificación por zonas, la designación para los tipos de protección de equipos encapsulados es la siguiente:

“m” “q” Sumergidos encapsulados en resina y en una masa aislante polverulenta, respectivamente. Este equipo se permite usar en áreas Zona 1, ó Zona 2.

## **Normatividad**

API-RP 500- 2002.

API-RP 505 – 2002.

ANSI C80.5- 2005.

ANSI/ISA – TR12.24.01 1998.

NFPA- 30-2008.

NFPA – 58 - 2008.

NFPA -70-2002.

NFPA 496- 2008.

NFPA - 497- 2004.

NRF-036-PEMEX -2003.

Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 1999,

relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y  
la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas  
explosivas (Decimoquinta Directiva específica con arreglo al apartado 1º del  
artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE del Consejo).



## **Riesgo por ruido**

El sonido es una alteración física producida por ondas de presión que viajan en un medio, el cual ha de poseer masa y elasticidad como el aire, el agua y los materiales, entre otros. Otra forma de definirlo es como una variación de presión que el oído puede detectar y que potencialmente puede ocasionar daños a la audición.

Para determinar los efectos que el ruido puede generar en el organismo se parte del conocimiento de los valores límites permisibles, los cuales establecen tiempos máximos de exposición (ver tabla 7.1), a determinados niveles de ruido sin que se presenten efectos nocivos para la salud de la mayoría de los trabajadores.

Cuando se habla de la diferencia entre ruido y sonido, suele decirse que el sonido genera una sensación agradable a quien lo escucha, mientras que el ruido produce, por su parte, una sensación desagradable. La definición habitual para ruido es: "un sonido molesto para el que lo está escuchando", pero dicha definición es subjetiva e independiente de la capacidad de hacer daño al sistema auditivo. No obstante, es necesario comprender que así se trate de un sonido que genera una sensación agradable, éste será perjudicial para el trabajador si su intensidad supera los valores límite permisibles para el tiempo de exposición. Ese será el criterio manejado en este libro.

Es necesario que el encargado del programa de higiene industrial en la empresa conozca la frecuencia, la presión sonora y el tiempo de exposición, que son determinantes para establecer si el ruido puede perjudicar la salud de los trabajadores y poder así, establecer los controles para minimizar sus efectos.

## **Conceptos básicos del riesgo por ruido**

Los sonidos o el ruido, como ondas mecánicas que son, obedecen a todas las leyes de la mecánica ondulatoria y se caracterizan, básicamente, por la frecuencia y la intensidad, adicionalmente por el timbre.

La frecuencia, también llamada tono, se refiere al número de ciclos por segundo o hercios y se divide en frecuencias de octava (Do, re, mi, fa, sol, la, si, do); entre el primer Do y el último "do" está comprendida una octava completa y la frecuencia de "do" es el doble que la del Do inicial. Cada una de las notas tiene una frecuencia de vibración, por ejemplo, la tecla LA de la octava central de un piano vibra a 440 ciclos por segundo, es decir a 440 Hertz, la tecla LA de la octava siguiente (a la derecha) vibra a 880 Hz y la de la octava anterior (a la izquierda) a 220 Hz.

Las características del ruido son: intensidad, tono y timbre. La intensidad se relaciona con el volumen al que se está generando un sonido, el tono, como ya se mencionó, se relaciona con la frecuencia a la que se está emitiendo el sonido y el timbre con la fuente que lo emite; por el timbre podemos diferenciar un sonido y decir que éste es emitido por un piano o por un violín, aún si tienen la misma frecuencia e intensidad.

El oído humano percibe sonidos comprendidos entre 20 Hertz y 20 kiloHertz. Las frecuencias centrales de cada una de las diez bandas de octava que una persona oye, son las siguientes: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 y 16000.

La velocidad del sonido en el medio en que se propaga no depende de la intensidad, ni de la frecuencia sino de las características del medio: en el aire es de 340 m/s, en el agua es de 1500 m/s, en el acero de 5000 m/s y en el vacío no se transmite el sonido. Cuando un vehículo se desplaza a una velocidad superior a la del sonido ( $>1$  Mach) el sonido que genera el vehículo queda atrás y el pasajero no percibe el sonido generado por el motor trasero del vehículo.

Dado que el ruido es una onda que genera una presión en el medio en el que se desplaza, puede evaluarse en unidades de una fuerza distribuida en un área, como por ejemplo en el sistema métrico decimal: Newton/metro cuadrado, ( $N/m^2$ ) es decir, Pascales (Pa), que es una unidad de presión. Los umbrales de la audición humana están comprendidos entre 20 micro Pascales uP, a varios cientos de Pascales. Esto dificulta el manejo en este sistema de unidades porque las mediciones del nivel de presión sonora tendrían valores comprendidos entre ocho órdenes de magnitud. De otra parte, la sensibilidad del oído humano no es lineal, sino logarítmica. Razones suficientes para que la intensidad del sonido se evalúe en unidades logarítmicas como los decibeles, dB.

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

L<sub>p</sub>: nivel sonoro en decibeles.

P: presión en Pascales.

P<sub>0</sub>: presión de referencia 20 micro Pascales.

Correspondiendo así 20 uPa al umbral inferior de audición, es decir, la presión mínima a la que una persona inicia la audición, la cual equivale a 0 dB.

1,0024 Pascales equivale a 94 dB.

10,024 Pascales son 114 dB.

Los dos valores anteriores en decibeles son los niveles de presión acústica en los cuales se acostumbra verificar la calibración de los sonómetros.

### Clasificación del ruido

Por su distribución temporal se encuentran varias clasificaciones sin que difieran实质上, las cuales se pueden resumir en los siguientes tipos:

*Continuo estable o estacionario:* es aquel que presenta variaciones menores o iguales a 5 dBA (decibeles A) durante el registro de las mediciones. Por ejemplo, el ruido de un motor que funciona sin variaciones.

*Continuo fluctuante:* cuando tiene variaciones mayores a 5 dBA (decibeles A) durante períodos cortos de tiempo, este ruido varía continuamente sin apreciarse estabilidad.

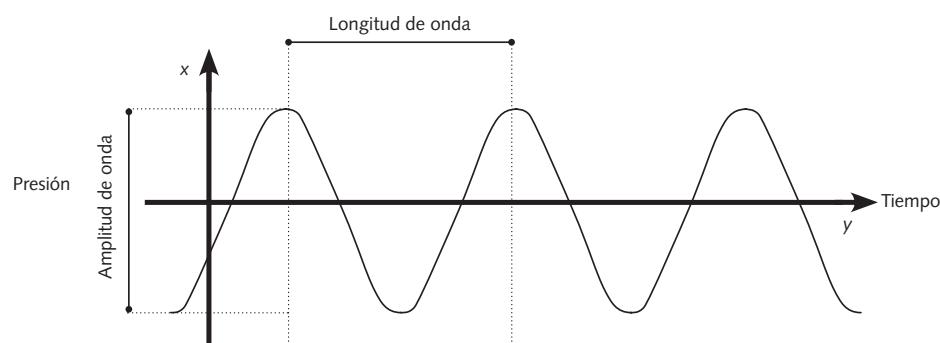
*Intermitente:* cuando hay variaciones significativas de presión sonora, en períodos no mayores de 15 minutos y con variaciones superiores a 5 dBA (decibeles A), el nivel superior se mantiene por cerca de un segundo y puede ser: intermitente fijo, o intermitente variable.

*De impacto o impulso:* es de corta duración. El tiempo en que el nivel de ruido alcanza su máximo nivel es inferior a 35 milisegundos, mientras que la duración total del sonido es de 0,5 segundos. Para que el ruido se considere de impacto, además de lo anterior, entre un impacto y otro debe existir un lapso de tiempo mayor o igual que un segundo. Cuando los intervalos son menores de un segundo, el ruido se considera continuo.

Se pueden dar combinaciones de todos los ruidos anteriores.

### Onda sonora

Alteración que ocurre cuando un material vibra y varía la presión atmosférica alrededor de ese mismo objeto. Cuando el oído percibe esa alteración (onda sonora), se activa el nervio auditivo, y entonces el cerebro registra el sonido.



**GRÁFICO 7.1**  
Representación gráfica  
de una onda sonora.

*Amplitud de onda:* es el máximo desplazamiento o la mayor presión que alcanza un sonido; se mide en las unidades logarítmicas de decibeles. Son sinónimos con nivel sonoro, presión sonora o volumen. En el gráfico 7.1 la amplitud de onda se señala en la altura que alcanza la onda en el eje *y* (ítem presión).

*Frecuencia:* la frecuencia, también llamada tono, corresponde a la cantidad de vibraciones que emite una fuente por segundo o al número de veces que se repite un ciclo en esa unidad de tiempo. En el gráfico 7.1 se muestra la longitud de la onda en el eje *x*.

### **Causas del riesgo por ruido**

Algunas de las causas principales de la generación de ruido en las empresas son las siguientes:

1. Máquinas y equipos cuyo diseño no cumple con los estándares establecidos para el control de ruido. Es factible que un equipo cumpla con una norma y no con otra más exigente de otra región.
2. Falta de aislamientos acústicos.
3. Falta de sistemas de amortiguación en los equipos para reducir la vibración.
4. Ubicación inapropiada de equipos ruidosos, quedando cerca a áreas de menor ruido.
5. Ubicación de varios equipos que generan ruido en una determinada área, lo que significa una distribución inadecuada de los equipos en la planta.
6. Ubicación de equipos cerca a paredes y a superficies que producen un aumento en la reverberación y la resonancia.
7. Falta de mantenimiento de los equipos, representado por falta de reemplazo de partes, uso de partes de corte sin estar apropiadamente afiladas o lubricación deficiente.
8. Actividades ruidosas cerca a otras no ruidosas, de modo que trabajadores ajenos a esa actividad queden expuestos innecesariamente.
9. Regímenes de trabajo muy exigentes, como revoluciones de los equipos mayores a las indicadas por el fabricante o sobrecargas que aumentan el nivel de ruido.
10. Hábitos ruidosos de los operarios, quienes generan ruido al colocar música o al golpear objetos innecesariamente.

### **Efectos para la salud a causa del ruido**

La principal forma de transmisión de las ondas sonoras es a través del sistema auditivo, que es la vía más frecuente de ingreso y la que presenta una mayor vulnerabilidad al ruido excesivo; en el sistema óseo se presenta básicamente la transmisión, por vibración del apófisis mastoides del hueso temporal, la cual es una importante transmisora del ruido, que solo se puede bloquear mediante un casco integral que cubra el cráneo en esta área, como el de los pilotos de helicóptero, por ejemplo.

La exposición a niveles de ruido altos genera, a corto plazo, una desviación o desplazamiento temporal del umbral auditivo, con dificultad para escuchar órdenes, advertencias,

cias y conversaciones; así como alteraciones emocionales y nerviosas. A mediano y largo plazo se genera la desviación permanente del umbral por lesión de las células ciliadas neuromotoriales, llamada "hipoacusia" y que afecta inicialmente a las frecuencias altas; esto no es percibido por parte del trabajador afectado, ya que inicialmente no compromete las frecuencias conversacionales. Esta situación eleva la importancia de las audiometrías periódicas para el personal expuesto al ruido, como única forma de diagnosticar precozmente la pérdida de audición en esta fase. Si continúa la exposición, se comprometen las bandas conversacionales, cuya alteración sí es percibida por el afectado al interferir en su comunicación social, pero desafortunadamente en esta fase la lesión ya es irreversible.

La exposición continua a altos niveles de ruido puede ocasionar efectos de tipo fisiológico y psicológico, como secreción de hormonas en la glándula tiroideas, incremento en la presión arterial, producción de adrenalina y corticotrofina, aceleración de la frecuencia cardíaca, dilatación de las pupilas y alteraciones en los sistemas nervioso, circulatorio y digestivo. Además, el ruido puede causar estrés, molestias, dificultades en el aprendizaje y en la comprensión de ideas, alteraciones del sueño, ansiedad, fatiga, agresividad y depresión.

Entre los problemas que el ruido genera en los trabajadores están:

1. Restricción auditiva para escuchar advertencias o indicaciones.
2. Alteraciones del equilibrio (vértigo).
3. Cefalea o dolor de cabeza.
4. Efectos psicológicos: cambios en el comportamiento, irritabilidad, estrés, ansiedad, baja concentración.
5. Lentitud e imprecisión en tareas intelectuales.
6. Hipoacusia o sordera.

### **Valoración del riesgo por ruido**

Para que el ruido afecte la audición de las personas se requiere que su intensidad, periodicidad y tiempo de exposición superen los límites permisibles. No obstante, hay algunas personas que son más susceptibles, de modo que con niveles de ruido aún dentro de los valores permisibles, pueden sufrir lesiones auditivas permanentes.

Cuando un trabajador está expuesto a diferentes niveles de ruido durante la jornada laboral, estos deben sumarse como unidades logarítmicas para establecer la exposición total diaria, procediendo de la siguiente manera:

$$Leqj = 10 \log ((1/T)(\sum t_i * 10^{NPAi / 10}))$$

Donde:

Leqj: nivel equivalente de la jornada.

T: duración total de la jornada.

t<sub>i</sub>: tiempo parcial i de la exposición al ruido i durante la actividad i.

NPAi: nivel de presión acústica de la actividad i.

La duración de la jornada es el tiempo de exposición real al ruido, que no es necesariamente de ocho horas diarias sino el tiempo al que efectivamente se esté expuesto.

El día laboral está calculado para exposiciones de ocho horas, es decir, que cuando se habla de nivel equivalente diario, se hace la equivalencia a ocho horas diarias de exposición.

La exposición de una jornada laboral diferente a ocho horas diarias, se puede llevar a una exposición equivalente diaria de ocho horas, con la siguiente expresión:

$$\text{Leqd} = \text{Leqj} + 10 \log \frac{\text{Duración de la jornada}}{8 \text{ horas}}$$

Donde:

Leqd: nivel equivalente diario de ocho horas.

Duración de la jornada: es el tiempo de exposición al ruido en horas.

### Valores límite permisibles (TLV)

Son valores establecidos mediante pruebas de laboratorio y registros estadísticos sobre disminución auditiva en trabajadores expuestos al ruido; sirven para indicar valores de intensidad permitidos durante determinados tiempos de exposición, dentro de los cuales, la mayoría de las personas no presentan alteraciones auditivas.

Los valores límites permisibles estarán dados según dos factores: la intensidad del ruido y el tiempo de exposición al mismo.

En este libro se toman los establecidos por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales de los Estados Unidos, ACGIH. Los tiempos de exposición a que se refiere la tabla 7.1 se señalan para trabajadores sin ningún tipo de protección auditiva.

**TABLA 7.1**

Valores límites permisibles según la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales.

	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	NIVEL DE PRESIÓN SONORA DBA
Horas	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Minutos	30	97
	15	100
	7.5	103
	3.75	106
	1.88	109
	0.94	112

Para calcular el valor máximo permitido de ruido a una intensidad de un nivel de presión acústico (NPA) se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Tiempo máximo permitido} = \frac{16}{2^{(\text{NPA} - 82) / 3}} = [\text{horas}]$$

Donde:

NPA = nivel de presión acústica.

En el caso del ruido de impacto se expresa según la tabla 7.2, que recoge el número de impactos permitidos al día de acuerdo a un nivel máximo.

NIVEL MÁXIMO DE RUIDO	NÚMERO DE IMPACTOS PERMITIDOS/DÍA
120	10.000
130	1.000
140	100

**TABLA 7.2**

Número máximo de impactos permitidos al día.

Para niveles de ruido diferentes a los de la tabla 7.2 el número de impactos permisibles se obtienen de la fórmula siguiente:

$$\text{Impactos máximos permitidos} = 10^{(160 - L) / 10}$$

Donde:

L: nivel de ruido de los impactos, no podrán ser superiores a 140dB (C).

No obstante se tengan valores límite permisibles, existen individuos con una mayor sensibilidad que pueden verse afectados así se encuentren expuestos a ruidos dentro de los valores límite permisibles; de igual manera, cuando a la situación habitual se agregan algunas variables que se presentan de forma cotidiana en el trabajo como la prolongación ocasional de la jornada laboral, incrementos en la producción que pueden generar aumentos de niveles de ruido, desgaste de máquinas y equipos se producirá más ruido; por lo tanto, se debe procurar que haya un amplio margen de seguridad evitando que el nivel de exposición esté muy cerca a los valores límite permisibles recomendados.

El especialista puede utilizar el dosímetro para obtener como resultado de medición el porcentaje de dosis de ruido, siendo el 100% el valor límite permisible: 85 dBA para 8 horas de exposición; pero se debe tener muy en cuenta que este valor límite fue establecido cuando no existían los dosímetros, en ese entonces la medición de la dosis no era tan exacta, solo se consideraba el ruido en el puesto de trabajo para los lugares y momentos más críticos. En consecuencia, hay que ser muy prudentes al aplicar el concepto de dosis, para compararlo con un valor límite permisible para el que la mayoría de las personas no presenta hipoacusia y que fue calculado cuando no existían los dosímetros.

Cada individuo presenta una sensibilidad diferente al ruido y para garantizar su protección efectiva, es necesario tener en cuenta aspectos como la duración de la jornada laboral y el desgaste de la maquinaria.

### **Valoración del grado de riesgo**

El grado de riesgo indica el número de veces que se supera el valor límite permisible, se calcula relacionando el tiempo de exposición y el tiempo máximo permitido según la fórmula siguiente:

$$G. R. = \frac{\text{Tiempo exposición real (h)}}{\text{Tiempo máximo permitido (h)}}$$

En el caso de la exposición a impactos, el grado de riesgo se valora de la siguiente manera:

$$G. R. = \frac{\text{El número de impactos al día}}{\text{Impactos máximos permitidos}}$$

Si el resultado es mayor que la unidad ( $>1$ ), el valor límite permisible estará excedido y se deben tomar medidas de control inmediatas. Si es mayor a 0,5 y menor que la unidad ( $<1$ ), es el llamado nivel de acción, que estará dentro del valor límite permisible, pero aún así, se deben tomar medidas de control. Si el resultado es menor que 0,5 no se requiere tomar medidas de control adicionales a las existentes.

### **Instrumentos de medida para el ruido**

El ruido, de acuerdo con las características de exposición, se mide con los siguientes instrumentos:

*Sonómetro:* el sonómetro es un instrumento que permite conocer los niveles de presión sonora; cuenta con el filtro de ponderación “A” que reproduce electrónicamente la audición humana, por tanto, con este filtro se evalúa la exposición laboral.

Está compuesto, básicamente, por un micrófono que mediante una membrana convierte la presión sonora en una señal eléctrica equivalente. Un amplificador aumenta las pequeñas señales eléctricas provenientes del micrófono y las convierte a corriente directa, y un circuito de ponderación temporal determina la velocidad de respuesta.

Algunos sonómetros cuentan también con diferentes filtros (Z y C) que son prácticamente planos, utilizados para medir el ruido no como lo percibe el ser humano, sino como realmente se emite. Esta aplicación es muy importante para hacer el control en la fuente: el micrófono se orienta hacia las zonas particulares de la fuente para conocer tanto el origen como las frecuencias críticas, es decir, aquellas que tiene mayor intensidad.

El sonómetro ofrece tres tipos de respuestas: lenta, rápida y de impacto; la primera se utiliza para ruido continuo, la rápida se emplea cuando se trata de ruidos fluctuantes o intermitentes y la de impacto para ese tipo de fuentes. Cuando se miden ruidos de impacto el sonómetro se pone con el filtro de ponderación C y se registran los picos.

Son de uso más frecuente los sonómetros con alguno de estos tres tipos de micrófonos: el micrófono tipo 0 es para uso de laboratorio e investigación, el tipo I es un micrófono de alta precisión que se emplea en el diseño de estudios de sonido y para salas de grabación, el micrófono tipo II es útil para mediciones de carácter ocupacional y ambiental.

Los sonómetros también pueden ser no integradores, integradores e integradores de tiempo real.

Dentro de los sonómetros no integradores está:

1. El sonómetro que registra el nivel de presión sonora del ruido emitido en el momento del registro y no se tienen datos del ruido en las diferentes frecuencias.
2. El sonómetro que registra el nivel de presión sonora de cada una de las frecuencias previa selección de la misma. En este caso el higienista debe anotar los datos para posteriormente hacer los cálculos del nivel equivalente mediante la suma logarítmica.
  - a. El sonómetro integrador que no es de tiempo real y genera datos del nivel de ruido en las diferentes frecuencias, nivel equivalente, máximo, mínimo, promedio, picos, percentiles. Es importante entender que este sonómetro integrador registra el nivel de presión sonora para cada uno de los registros que tiene en tiempos distintos, es decir, con él es factible medir un ruido continuo y constante. Por ejemplo, si se va a medir el nivel de presión sonora de un trabajador que utiliza una pulidora, está deberá estar operando continuamente al mismo régimen de trabajo, durante el tiempo que se haya escogido para realizar la medición.
  - b. El sonómetro integrador de tiempo real evalúa en un mismo momento los registros de las intensidades en todas las frecuencias.

Durante la medición de la exposición laboral el micrófono del sonómetro se ubica sobre el eje auditivo del trabajador, del lado de donde proviene el ruido.

*Analizador de bandas de octava o de tercio de octava:* el analizador de bandas de octava se utiliza para determinar la intensidad del ruido, para caracterizarlo, en cada una de las frecuencias (Hertz), y debe hacerse en todos los casos en que el nivel de ruido supere los 80 dBA. Se llaman octavas por las ocho notas musicales de Do a do.

Como se indicó anteriormente, en la caracterización del ruido en octavas, se toma la frecuencia central en Hertz de cada una de las diez octavas que escucha el ser humano: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k, 8k y 16k y cuando se caracteriza el ruido en tercios de octava, para casos de investigación y diseño, se divide en tres partes cada una de las octavas, resultando las siguientes treinta y un frecuencias puntuales en Hertz: 20, 25, 31.5, 40, 50, 62.5, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 625, 800, 1k, 1.25k, 1.6k, 2k, 2.5k, 3.15k, 4k, 5k, 6.25k, 8k, 10k, 12.5k, 16k y 20k.

El analizador de frecuencias registra el ruido en cada una de las frecuencias anteriores en particular.

Con el análisis de las frecuencias se conocen las frecuencias críticas, es decir, aquellas donde es más alto el ruido; esta información es indispensable para diseñar los sistemas de control del ruido para que tengan sus mejores prestaciones de control en aquellas frecuencias críticas.

**Dosímetro:** el dosímetro se utiliza, principalmente, cuando el trabajador está expuesto a diferentes niveles de ruido, ya sea por características variables de la operación que ejecuta o porque el trabajador tiene que desplazarse por zonas con variada intensidad de ruido; ante estas condiciones se hace necesario disponer de un equipo que registre y acumule las diversas intensidades y el tiempo de exposición a que esté sometido un trabajador, para establecer la dosis de ruido recibida por él durante un tiempo representativo de la exposición.

Permite conocer de manera fácil y rápida si la exposición del trabajador se encuentra dentro de la dosis de ruido máxima permitida.

Se coloca el micrófono del dosímetro cerca del oído del trabajador y permanecerá allí mientras el trabajador desarrolla sus labores durante una muestra representativa o durante toda la jornada.

Existen dosímetros que tienen incorporado un analizador de frecuencia de octava y los hay que cuentan con micrófono de dos vías para colocar uno sobre cada eje auditivo del trabajador.

### **Controles para el riesgo ruido**

Los sistemas de control están encaminados a disminuir los niveles de ruido en los equipos o procesos que lo generan, actuando de tres posibles formas: 1. En la fuente que genera el ruido, 2. En el medio de transmisión y 3. En el trabajador o receptor.

Si se comprueba que en un lugar de trabajo existen niveles de ruido superiores o muy próximos a los TLV (Valores Límites Permisibles), es necesario planear medidas de prevención y control encaminadas a evitar las lesiones en el trabajador.

Para su prevención y control se pueden aplicar métodos para disminuir su grado de riesgo, mediante estrategias, como las que a continuación se recomiendan.

### **Sistemas de control en la fuente**

Consiste en la aplicación de un método, mediante el cual se elimina el ruido por completo o se controla en la fuente donde se produce dentro de los valores límites permisibles.

Esta modalidad de control se lleva a cabo por diversos procedimientos, aplicados individual o combinadamente de acuerdo a las necesidades, mediante:

1. Cambio o modificación de procesos por otros menos ruidosos, por ejemplo, atornillar en lugar de clavar puntillas.
2. Diseño o selección de equipos que sean menos ruidosos, como comprar los equipos con su aislamiento acústico de fábrica.

3. Aumentar el tiempo de un ciclo de trabajo, aplicando la misma fuerza o potencia total, pero en pasos progresivos y sucesivos.
4. Modificar el régimen de trabajo (velocidad, avance y profundidad de operación).

En términos generales, para el control del ruido se requieren varias medidas parciales de modo que en suma, se logre una atenuación importante. Se debe recordar que disminuir un ruido en tres decibeles es reducir su energía a la mitad, o reducir seis decibeles equivale a reducir su energía a la cuarta parte, lo cual es una cifra alta.

*Reducir los niveles de vibración:* consiste en instalar elementos que eviten que los materiales queden sueltos y/o utilizar materiales absorbentes de las vibraciones, mediante métodos como los que a continuación se listan:

1. Amortiguar elásticamente los soportes o anclajes de los equipos. En ocasiones es la vibración de la estructura de anclaje la que origina el ruido.
2. Aumentar la masa de las partes que vibran.
3. Emplear acoplos y uniones flexibles, articuladas.
4. Usar abrazaderas como soportes adicionales que disminuyan la vibración de partes sueltas.
5. Alteración del tamaño y forma de carcasas y espacios interiores para modificar las frecuencias de resonancia.
6. Sumergir transmisiones de vibración en agua, arena, grava, aceite, etc.
7. Mantenimiento preventivo periódico.
8. Mantener una tensión conveniente de correas y cadenas.
9. Lubricación y refrigeración adecuadas.
10. Sustitución de piezas desgastadas.

*Control del ruido aerodinámico:* mediante este sistema se procura disminuir o hacer más lentos los volúmenes de flujo de aire, el cual es un importante generador de ruido. Igualmente, se evita que los fluidos tengan puntos de choque dentro de los ductos.

1. Ventiladores de velocidad variable de acuerdo a las necesidades.
2. Ventiladores grandes de bajas revoluciones en vez de pequeños de alta velocidad.
3. Reducir la velocidad de los fluidos en los ductos y la descarga de aire.
4. Evitar los cambios bruscos de dirección mediante un buen diseño del sistema de conducción.
5. Usar boquillas de descarga de fluidos provistas de varios orificios de salida.
6. Acoplar silenciadores de entrada y de salida.

*Mantenimiento:* este es uno de los más importantes sistemas de reducción del ruido, ya que la lubricación deficiente o la holgura en el ajuste de las piezas incrementan el ruido.

1. Aplicar la tribología correctamente, lubricar y refrigerar los componentes sometidos a fricción con aceites o partículas grasas de viscosidad adecuada.

2. Reemplazar las partes desgastadas cuando presenten holguras anormales o cuando hayan cumplido su ciclo de vida útil. Reemplazar las parejas de fricción para no ocasionar desgastes prematuros en la pieza sustituida.
3. Balancear dinámicamente los elementos móviles.
4. Asegurar las partes móviles.
5. Afilado adecuado y periódico de las herramientas de corte.

*Modificación de espectro (frecuencias) del ruido:* dado que las frecuencias en que se produce el ruido lo hace más o menos perjudicial para la salud, se pueden variar las frecuencias mediante modificaciones del funcionamiento de piezas mediante la reducción de velocidad, recubrimientos, etc.

1. Amortiguar los impactos para que el ruido tenga una frecuencia más baja.
2. Reducir, en lo posible, las velocidades de rotación.
3. Recubrir, por adherencia con material sonoamortiguador, las superficies que emiten ruido o que vibran.

*Reemplazo de máquinas o partes:* básicamente consiste en sustituir procesos o mecanismos ruidosos por otros más silenciosos, tales como:

1. Prensas, gatos y tensores en lugar de martillos.
2. Prensas hidráulicas en lugar de las mecánicas.
3. Correas de transmisión en vez de engranajes.
4. Uso de cadenas sintéticas en lugar de metálicas en transportadores.
5. Corte por cizallamiento.
6. Máquinas más grandes y lentas en vez de pequeñas y rápidas.
7. Sustituir engranajes de dientes rectos por de dientes helicoidales.
8. Reemplazo de engranajes metálicos por plásticos.
9. Instalar varias correas angostas en lugar de una sola ancha, cambiando las poleas planas por poleas de garganta.

*Sustitución de procesos y operaciones:* a veces se realizan procesos y operaciones que son inherentemente ruidosos. En tales casos se deben seleccionar otras formas de producción, analizarlas, ensayarlas y adoptar aquellas que logren una mayor disminución del ruido. Como posibles alternativas se citan las siguientes:

1. Compresión en vez de remachado por impacto.
2. Atornillado en vez de clavado con puntillas.
3. Soldadura en vez de remachado.
4. Trabajo en caliente en lugar de en frío.
5. Prensado en lugar de laminado o forjado.

## **Sistema de control en el medio de transmisión**

1. Confinación sonora
  - a. Evitar la propagación del ruido encerrando o alejando la fuente generadora. Siendo el encerramiento más efectivo cuanto más cerca estén las paredes a la fuente de ruido. Este encerramiento ofrece una barrera al paso del ruido, incrementándose en el interior del volumen aislado y su diseño depende de las condiciones de ventilación, temperatura y mantenimiento del equipo o del proceso. Para no ocasionar recalentamiento en los equipos, debe calcularse el flujo de aire de consumo de refrigeración, teniendo en cuenta la facilidad de los mantenimientos para que no tengan que retirarse los aislamientos. También se debe considerar el aumento en la carga de combustible; sin embargo, debe disponerse además de materiales absorbentes de ruido adecuados a las condiciones operativas de la fuente. El mejor aislamiento es la combinación de diferentes sistemas para reducir la propagación.
  - b. Los sonidos de bajas frecuencias de 20 a 400 Hz tienen longitudes de onda grandes, del orden de metros, de esas magnitudes deben ser las barreras para que rompan los frentes de onda. Las altas frecuencias son del orden de los centímetros, de esas dimensiones deben ser las configuraciones para aislamientos acústicos para altas frecuencias. Para calcular la longitud de una onda ( $\lambda$ ) acústica se relaciona con la velocidad del sonido de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{\text{Frecuencia en Hz}} \quad [\text{m}]$$

Así por ejemplo, el sonido de más baja frecuencia que nosotros percibimos (20 Hz) tiene una longitud de onda de 17 metros y el sonido de más alta frecuencia que percibimos (20 mil Hz) tiene una longitud de onda de 17 mm.

2. Absorción del ruido
  - a. Las superficies duras y lisas reflejan el ruido, mientras que los materiales blandos, poco densos y porosos lo absorben, dependiendo de su resistencia al flujo de aire y teniendo en cuenta la frecuencia del sonido, el espesor del material y la forma de instalarlo. Cada material absorbente del ruido tiene una curva de atenuación particular por frecuencias.
3. Reducción del ruido transmitido por elementos estructurales
  - a. Este fenómeno se presenta por la comunicación de la vibración entre sólidos, lo cual requiere establecer una discontinuidad, independizando las bases o soportes de la fuente del ruido, la cimentación de un equipo, el aislamiento entre placas de concreto, juntas de dilatación, etc.
  - b. La combinación de materiales de diferente densidad entorpece la transmisión del sonido, así por ejemplo, una ventana con marcos de

madera, metálico, plástico, y sellado con silicona, caucho, corcho, entre otros, sosteniendo cada uno vidrios de diferentes espesores, resulta un aislamiento acústico. El vidrio de menor espesor se coloca del lado del ruido y el más grueso del lado aislado. Es ideal que entre los vidrios se encuentre un espacio al vacío, o lleno con un gas muy poco denso.

- c. Alejar las fuentes también resulta muy conveniente; como en todo tipo de radiación, la intensidad decae con el cuadrado de la distancia( $r$ ), al duplicar la distancia( $r$ ) entre la fuente y el receptor, se disminuyen seis decibeles, es decir, la cuarta parte; al triplicar la distancia, la intensidad decae a una novena parte, disminuye nueve decibeles, al cuadruplicar la distancia la intensidad decae a una dieciseisava parte, es decir se restan 12 dB.

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

r	y dB
2r	y/4 dB = (y-6) dB
3r	y/9 dB = (y-9) dB
4r	y/16 dB = (y-12) dB

#### 4. Influencia del ruido de fondo

- a. Su control comienza desde el mismo momento del diseño o adecuación de áreas para implementar cualquier proceso productivo, teniendo en cuenta el plan de ordenamiento territorial o donde esté definido el uso del suelo (zona industrial, comercial, residencial, de tranquilidad o zona rural), para la ubicación espacial de los procesos ruidosos, con relación a la planta y a los vecinos.
- b. El ruido como criterio de selección para la adquisición de máquinas, equipos y herramientas, con miras a eliminar las condiciones ruidosas.
- c. La distribución de áreas, el aislamiento de ciertos procesos y la separación entre máquinas y de éstas con paredes, vigas, placas y columnas, son aspectos importantes para tener en cuenta, a efecto de disminuir la intensidad del ruido.
- d. La selección cuidadosa de maquinaria, equipos, herramientas y otros aspectos de trabajo, teniendo en cuenta su generación de ruido.  
Generalmente, el mayor valor que pueda tener un equipo bien diseñado acústicamente, se revierte en disminución de costos por uso de elementos de protección personal, acondicionamientos y aportes por concepto de riesgos profesionales, insonorizaciones y multas.

#### **Sistemas de control en el trabajador o receptor**

Los sistemas de control de ruido en el trabajador inician con la realización periódica de audiometrías, que además de ser una adecuada forma de valoración del riesgo es el punto de partida para implementar controles de tipo administrativo o controles basados en el uso de equipos de protección personal.

**Audiometrías:** la evaluación de la pérdida auditiva en las personas se realiza mediante audiómetros con calibración certificada, operados por profesionales calificados, que mediante diferentes técnicas de evaluación diagnóstica determinan la pérdida auditiva del trabajador y los tratamientos clínicos a seguir. Las audiometrías de referencia deben realizarse antes de iniciar la exposición, es decir, de manera preoccupacional; regularmente se hacen audiometrías periódicas de seguimiento, audiometrías de confirmación de descenso de umbrales auditivos y, por último, audiometrías post-ocupacionales.

Los trabajadores con exposiciones superiores a 80 dBA deben incluirse en el sistema de vigilancia epidemiológico, conformando grupos de exposición similar (GES).

La audiometría tamiz o parcial es la evaluación periódica de la agudeza auditiva por vía aérea de frecuencias específicas. Dada la variabilidad que se presenta entre la atenuación real y la ofrecida en las etiquetas por los fabricantes de protectores auditivos, las audiometrías periódicas dentro de sistemas de vigilancia epidemiológica, son la mejor forma de conocer si se está protegiendo adecuadamente; se debe ser conservador para hacer diagnósticos muy precoces.

Es importante informar y formar al trabajador sobre los riesgos que conlleva la exposición al ruido y las consecuencias, sensibilizar y capacitar en prevención de la hipoacusia, dado que la pérdida auditiva no se percibe, sino hasta que el daño es irreparable.

#### 1. Medidas de control de tipo administrativo

Entre las medidas de control se encuentran algunas de tipo administrativo como:

- a. Rotación a oficios con bajos niveles de ruido en una misma jornada. Es importante definir un período de inducción en las nuevas funciones asignadas con relación a máquinas, aparatos relacionados con otros puestos de trabajo, conductas a seguir, incidentes más frecuentes, con el objeto de entrar rápidamente al ritmo, sin introducir graves condiciones de riesgo ni bajas en la producción.
- b. Aumentar las pausas o períodos de descanso entre labores ruidosas, en sitios libres de ruido.
- c. Reubicación laboral. Los empleadores deben reubicar al trabajador incapacitado parcialmente, reasignándole funciones que no impliquen agravar la patología.

#### 2. Medidas de control mediante equipos de protección personal

Si no es posible resolver la situación por medios administrativos se recurrirá, en última instancia, a los equipos de protección personal individual que, si bien ofrecen una forma de control, la necesidad de verificar permanentemente su uso así como el buen estado de los equipos y los valores de atenuación tan exagerados que ofrecen, le restan confiabilidad.

En la selección e implementación de la protección personal auditiva se debe tener en cuenta:

- a. Hacer mediciones de ruido si se superan los 80 dBA, realizando un barrido en frecuencias de octava, para cuantificar la exposición en cada una de las frecuencias.

- b. Seleccionar de forma adecuada los elementos de protección, de acuerdo con la resta lineal de los niveles de atenuación por frecuencias y sumando dos veces la desviación estándar (esta información debe ser suministrada por el fabricante o expendedor del elemento de protección auditiva), frente a los niveles de ruido existentes por frecuencias. La suma logarítmica del ruido en todas las frecuencias, es el nivel equivalente percibido utilizando correctamente el protector (tabla 7.5).
- c. Comodidad y calidad de ajuste en el uso de los protectores: conviene que el trabajador participe de la selección para comprometerlo con su uso. Su confortabilidad facilita el uso permanente, retirarse el protector aunque sea solo unos minutos al día, puede hacer que se superen los límites permisibles.
- d. Compatibilidad con otros elementos de protección y con la tarea a realizar, por ejemplo, el uso de gafas con protectores auditivos de copa puede hacer perder entre 3 y 7 dB de atenuación según el ajuste de las patillas de las gafas, con almohadillas en perfecto estado.
- e. Adelantar campañas educativas tendientes a que el trabajador no aumente la dosis de ruido en forma extralaboral, con niveles de ruido exagerado en: discotecas, bares, equipos de música, el uso de audífonos, prácticas de caza, entre otras, y concientizarlo sobre la importancia del sistema auditivo para su vida laboral, familiar y social.
- f. Sensibilizar al trabajador en el riesgo y en el uso del elemento de protección personal.
- g. Autorreporte de condiciones de salud asociadas con el ruido: recopilación de información con el objeto de hacer seguimiento a la condición de salud identificada a través de la ficha de ingreso.
- h. Colocar señales ordenativas (circunferencia azul claro con símbolo blanco), indicando que en la zona se debe utilizar protección auditiva.
- i. El ejercicio de seleccionar un protector auditivo no debe limitarse a buscar las mayores atenuaciones con los menores precios; el encargado del área de

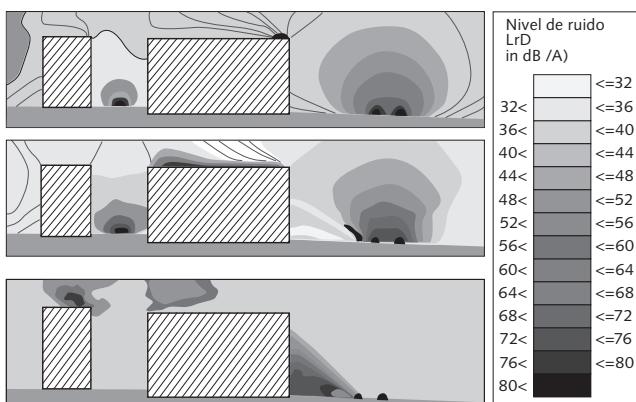
higiene industrial deberá probar personalmente el protector por ocho horas, antes de hacer entrega de él a los trabajadores.

- j. Debe quedar registro de la entrega de los elementos, de la capacitación sobre su uso correcto y memoria de los cálculos de atenuación.

Cuando exista el riesgo, conviene contar con un sistema de vigilancia epidemiológico del ruido, el cual se inicia con la audiometría de ingreso, antecedentes laborales y extralaborales relacionados, para continuar practicando pruebas audiométricas periódicas para hacer un seguimiento al comportamiento de la audición frente a los riesgos ocupacionales.

**GRÁFICO 7.2**

Mapa de curvas isofónicas. Se aprecian las secciones verticales de isófonas sin y con barreras acústicas y disminución neta del nivel sonoro (parte inferior). A la derecha se muestra el nivel de ruido medido en decibeles.



Es necesario identificar y monitorear las áreas ruidosas, y repetir las mediciones cuando se hagan modificaciones en los procesos con posibles alteraciones de los niveles de ruido, así como cuando se tomen medidas de control. Para determinar las áreas se utilizan mapas de ruido con el trazado de las curvas isofónicas (gráfico 7.2), es decir, la curva que describe las distancias de la fuente, donde los resultados de intensidad son iguales.

### 3. Selección del protector auditivo

La tasa de reducción de ruido NRR (*Noise Reduction Rating*), lo calculan los fabricantes de protectores auditivos para simplificar los cálculos de atenuación; este NRR se calcula a partir de suponer un ruido rosa de 100 dB en todas las frecuencias de la siguiente manera: se aplica el filtro de ponderación C, luego se aplica el filtro de ponderación A, se resta la atenuación por frecuencias del protector, después se suman dos desviaciones estándar por frecuencia, a la suma logarítmica del ruido por frecuencias atenuado se le suman 3 dB, y este resultado se resta de 100 dB y se obtiene el NRR.

La atenuación ofrecida por el fabricante (NRR) debe corregirse en 7 dB para obtener la protección efectiva, dada la diferencia de condiciones de laboratorio en que fue calculado y la exposición real; la prueba de laboratorio dura diez minutos, el protector está nuevo y un perito verifica la correcta colocación del protector.

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos NIOSH, el NRR debe ser reducido en los siguientes porcentajes: un 25% si se trata de un protector tipo copa; un 50 % si se trata de un protector de inserción moldeable y un 70 % si es otro tipo de protector auditivo.

Por ejemplo, para un ruido de 92.8 dBA, con un protector auditivo tipo copa marca XX, con un NRR de 28 dB:

$$\begin{aligned} \text{Atenuación Real} &= (\text{NRR fabricante} - 7) - (\text{NRR fabricante} - 7) * 0.25 \\ (28 - 7) - (28 - 7) * 0.25 &= 15.75 \text{ dB} \end{aligned}$$

En este caso, el nivel de ruido percibido por el operario será:

Al Nivel LeqA, al cual se encuentra expuesto – la atenuación Real

$$92.8 \text{ dBA} - 15.75 \text{ dB} = 77.05 \text{ dBA}$$

La cantidad de ruido percibido por el operario con la protección auditiva es de 77.05 dBA, que es un nivel de presión sonora inferior al límite permisible (85 dBA) para ocho horas, de lo contrario, se debe buscar otro tipo de protección, reducir el tiempo de exposición, colocar doble protección, etc.

En la mayoría de los casos de alta exposición laboral al ruido, los valores están por el orden de 94 a 97 dBA, si después de hacer los cálculos el protector no es suficiente, porque arroja resultados superiores a 85 dBA para ocho horas de exposición, se debe uti-

lizar doble protección o reducir la jornada. Los métodos experimentales para calcular la atenuación de la doble protección aconsejan que al protector que más protección brinde se le adicionen 5 dB como contribución a la atenuación que aporta el segundo protector. NIOSH advierte que incluso la doble protección es insuficiente cuando las exposiciones ponderadas en el tiempo TWA exceden 105 dB A en la jornada diaria de ocho horas.

Por ejemplo, se tienen dos protectores auditivos: uno de copa con NRR de 26 y uno de inserción de NRR de 29 dB. Para un ruido de 101 dBA se calcula la atenuación de la doble protección así:

$$\text{Atenuación} = (29 - 7) * 0,5 + 5 = 16; \text{ y para el ruido de } 101 \text{ dBA queda el trabajador oyendo } 101 - 16 = 85 \text{ dBA.}$$

*Cálculos de atenuación con barrido en bandas de octava:* se presenta como ejemplo el ruido de un molino a un régimen de 1800 revoluciones por minuto, con una carga de 50 kilogramos de vidrio, que arrojó el siguiente resultado en el barrido de frecuencias de octava (ver tabla 7.3).

**TABLA 7.3**

Resultado de barrido de frecuencias para un molino que gira a 18000 rpm.

FRECUENCIAS DE OCTAVA EN HZ	EXPOSICIÓN							TOTAL DBA
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
RUIDO MOLINO	87	90	98	110	104	92	88	111,308

El nivel equivalente es,

$$L_{eq} = 10 \log (10^{8.7} + 10^{9.0} + 10^{9.8} + 10^{11.0} + 10^{10.4} + 10^{9.2} + 10^{8.8}) = 111.308 \text{ dBA}$$

Este es el ruido que percibe el trabajador sin protección auditiva.

El fabricante del protector debe proveer de la información sobre la atenuación del protector en cada frecuencia y la desviación estándar con respecto a la que hallaron en el promedio de dicha atenuación por frecuencias (ver tabla 7.4).

**TABLA 7.4**

Datos suministrados por el fabricante del protector auditivo.

FRECUENCIAS DE OCTAVA EN HZ	125	250	500	1000	2000	4000	8000
PROTECTOR XXX-XYZ ATENUACIÓN EN DB	15,5	21,8	28,1	29,6	30,5	39	40,1
DESVIACIÓN ESTÁNDAR SD	2,2	2,2	2,7	1,7	2	2,4	3,2

**TABLA 7.5**

Cálculos de atenuación con octavas: protector auditivo marca XXX modelo XYZ.

FRECUENCIAS DE OCTAVA EN HZ	125	250	500	1000	2000	4000	8000
RUIDO	87	90	98	110	104	92	88
PROTECTOR ATENUACIÓN	15,5	21,8	28,1	29,6	30,5	39	40,1
DESVIACIÓN ESTÁNDAR SD	2,2	2,2	2,7	1,7	2	2,4	3,2
2 X SD	4,4	4,4	5,4	3,4	4	4,8	6,4
RUIDO* = RUIDO + 2X SD	91,4	94,4	103,4	113,4	108	96,8	94,4
RUIDO* (-) ATENUACIÓN	75,9	72,6	75,3	83,8	77,5	57,8	54,3

$$L_{eq} = 10 \log (10^{7.59} + 10^{7.26} + 10^{7.53} + 10^{8.38} + 10^{7.75} + 10^{5.78} + 10^{5.43}) = 85.888 \text{ dBA.}$$

Supongamos que la exposición es de nueve horas diárias.

Con el protector auditivo perfectamente colocado durante toda la exposición el trabajador percibe 85,88 dBA, Se concluye que NO es suficiente, tiene un grado de riesgo de:

$$\text{Tiempo máximo de exposición} = \frac{16}{2^{(85.88 - 82) / 3}} = 6.516 \quad [\text{horas}]$$

$$G.R. = \frac{\text{Tiempo exposición real (h)}}{\text{Tiempo permitido (h)}} = \frac{9}{6.516} = 1.38$$

GR = Grado de riesgo

Es decir, se está superando en un 38% el valor límite permisible.

### **Normatividad**

OSHA – 29CFR – 1910.95: Exposición a ruido ocupacional.

OSHA – 29CFR – 1910.95 App B: Método para estimar la atenuación del protector auditivo.

OSHA – 29CFR – 1910.95 App G: Monitoreo de niveles de ruido.

NIOSH DHHS Publication nº. 98 – 126 Criteria for a recommended standard – Occupational Noise Exposure. Revised criteria 1998.

ANSI S12.6-1997 American Standards Institute.

ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists TLV's and BEI's 2011



## **Riesgo por vibraciones**

Se considera vibración todo movimiento oscilatorio de un cuerpo sólido respecto a una posición de equilibrio o de referencia, sin que experimente desplazamiento.

Dentro de los riesgos ocupacionales, frecuentemente no se da la importancia que tiene la exposición a las vibraciones, presentes en trabajos de martillado, operación de martillos neumáticos, conducción de vehículos, compactadores de suelos, taladros percutores y muchas otras herramientas cuya operación puede afectar al trabajador, especialmente en su sistema articular y hematopoyético, actividades que deben ser controladas para evitar que se traduzcan en lesiones para los operadores.

Para establecer medidas de protección integral del trabajador, se deben determinar los parámetros de identificación de vibraciones, mediante procedimientos de medición de acuerdo con los ejes en que se generen las vibraciones y los valores máximos establecidos.

En este capítulo el lector encontrará información sobre las medidas de control que permiten la ejecución de operaciones donde estén implicados factores de riesgo por vibración con un grado aceptable de seguridad. Es aconsejable tomar medidas de control directamente, sin hacer mediciones, ya que no es muy frecuente el uso de la instrumentación para la valoración de este tipo de riesgo.

## **Conceptos básicos sobre las vibraciones**

Las vibraciones se caracterizan por las siguientes variables:

1. La frecuencia, que es el número de veces por segundo que se realiza el ciclo completo de oscilación y se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundo. Para efectos de su análisis se descompone el espectro de frecuencia de 1 a 1500 Hz, en tercios de banda de octava.
2. La amplitud indica la intensidad de la vibración, la cual se puede medir en: unidades de longitud que expresan la distancia que se aleja del punto de equilibrio, cuando la velocidad es cero; en unidades de velocidad m/s que indican la velocidad con la que pasa por el punto de equilibrio, cuando la aceleración es cero; o en unidades de aceleración m/s<sup>2</sup>, que indica la aceleración en el punto más distante al de equilibrio, cuando la velocidad es cero. Normalmente la intensidad de la vibración se expresa en unidades de aceleración, es decir, en metros sobre segundo al cuadrado, m/s<sup>2</sup>.
3. Las vías de ingreso al organismo, que puede ser por el sistema mano-brazo como en el caso de las herramientas manuales; o al cuerpo entero cuando ingresan desde el soporte del peso del cuerpo en posición de pie o sentado.
4. El eje espacial  $x$ ,  $y$ ,  $z$  de la vibración de acuerdo a los ejes normalizados en las vibraciones mano-brazo o de cuerpo entero.
5. Y, por supuesto, el tiempo de exposición.

## **Fuentes de vibraciones**

Las fuentes de las vibraciones se originan en la oscilación de:

1. Equipos destinados a transporte, perforación, abrasión, maquinaria para movimiento de tierra, de tareas de agricultura, movimiento de cargas.
2. Los movimientos rotatorios o alternativos, motores de combustión interna, superficies de rodadura de vehículos, zarandas, sedimentación, trituración, centrifugado, corte, etc.
3. Vibración de estructuras.
4. Herramientas manuales eléctricas, neumáticas, hidráulicas y en general, las asistidas mecánicamente y las que ocasionan golpes por percusión.

Y dentro de las principales fuentes de vibraciones presentes en los sitios de trabajo, se pueden citar las siguientes:

1. Falta de sistemas de amortiguación en máquinas y equipos.
2. Las altas velocidades de máquinas, equipos y herramientas.
3. Equipos de manipulación manual sin mangos con material absorbente de vibraciones.
4. Falta de anclajes elásticos.
5. Desgaste y holguras de piezas en contacto.

6. Tribología (lubricación) deficiente.
7. Desbalance dinámico de piezas en revolución.
8. Frecuencias sintonizadas o en armónicos que pueden entrar en resonancia.

## **Efectos del riesgo vibraciones**

Las vibraciones no suelen ser tomadas con la importancia que se merecen, en parte por el desconocimiento de los efectos que producen en el trabajador. Esto genera problemas serios en el ambiente de trabajo, porque las vibraciones son comunes a muchas operaciones laborales y domésticas, sin embargo, no se les da la importancia que merecen como generadoras de numerosos daños al organismo.

Tanto las articulaciones como el sistema circulatorio se ven seriamente afectados por las vibraciones, ya que dichos sistemas no están diseñados para vibrar a las velocidades e intensidades con que lo hacen las máquinas, equipos y herramientas. Por ejemplo, la articulación de la muñeca se afecta seriamente al tener que sostener herramientas que vibran a cientos y miles de revoluciones por minuto, o el codo al recibir impactos cuando la palanca del brazo se ha aumentado artificialmente con una raqueta de tenis, o los vasos sanguíneos y los movimientos peristálticos cuando el trabajador se encuentra sobre un tractor.

Las vibraciones normalmente se componen de muchas frecuencias simultáneas en los tres ejes ( $x$ ,  $y$  y  $z$ ), aunque casi siempre alguno predomina; las lesiones que pueden ocasionar dependen de estas variables y afectan no solo la parte del cuerpo que hace contacto con la fuente sino que la vibración se transmite por el cuerpo a otras zonas.

Para estudiar los efectos que generan las vibraciones en el cuerpo se debe recordar que según su mecanismo de ingreso al organismo se subdividen en el sistema “mano-brazo” y en “cuerpo entero”.

### **Mano-brazo**

Se presenta al sostener herramientas giratorias o vibratorias de fuerza motriz eléctrica, neumática, hidráulica o manual, tales como martillos, taladros, caladoras, remachadoras, cortadoras, sierras, compactadores, pulidoras, etc. El término “síndrome de vibración” se asocia con un grupo de trastornos que se pueden clasificar en cinco grupos:

1. Trastornos vasculares.
2. Trastornos de hueso y articulaciones.
3. Trastornos neurológicos.
4. Trastornos musculares.
5. Trastorno Síndrome de Dedo Blanco inducido por Vibraciones (DBV) o *síndrome de Raynaud*.

### **Cuerpo entero**

El efecto de la vibración sobre el cuerpo humano es dependiente de la postura y varía entre individuos y ambientes; es decir, puede no tener las mismas consecuencias en todas las situaciones.

Las vibraciones ingresan al cuerpo por los pies, si el trabajador está de pie; y por la parte del cuerpo que toca la silla si está sentado, es el caso de los equipos de transporte o movimiento de cargas tales como montacargas, retroexcavadoras, motoniveladoras, barcos, vehículos sobre orugas, trenes, puente grúas, conducción de vehículos, tractores, camiones, entre otros.

Los grupos de traumatismos más frecuentemente descritos son los espinales y cambios degenerativos, el dolor lumbar es manifestado mucho antes de que se observe radiológicamente y se presentan también desplazamientos de discos intervertebrales.

Otros trastornos atribuidos a las vibraciones son los dolores abdominales, problemas digestivos, dificultades urinarias, prostatitis, incremento de problemas del equilibrio, trastornos visuales, dolores de cabeza, falta de sueño y otros problemas similares; en consecuencia, es necesario ser prudentes antes de atribuir en un caso individual tales síntomas a la exposición profesional a vibraciones, porque pueden tener muy diversos orígenes.

### **Efecto de las vibraciones de alta frecuencia**

(Entre 80 y 1500 Hz).

Trastornos osteo-articulares identificables radiológicamente y del sistema vascular, tales como:

1. Artrosis hiperostosante del codo y en general de las articulaciones.
2. Lesiones de muñeca como malacia del semilunar o osteonecrosis de escafoides carpiano.
3. Afecciones angioneuróticas de la mano, calambres, trastornos de la sensibilidad.
4. Expresión vascular manifestada por crisis del tipo de dedos muertos llamado *Síndrome de Raynaud*. Se inicia en la punta de los dedos y se extiende a todos los dedos. Enfermedad de dedo blanco inducida por vibraciones DBV.
5. Aumento de la incidencia de enfermedades estomacales.

### **Efecto de las vibraciones de baja frecuencia**

(De 1 a 80 Hz).

1. Lumbalgias, lumbociáticas, hernias, pinzamientos discales.
2. Agravamiento de lesiones raquídeas menores e incidencia sobre trastornos debidos a vicios posturales.
3. Síntomas neurológicos: variación del ritmo cerebral, alteraciones del equilibrio.
4. Trastornos de visión por resonancia.

## Efecto de las vibraciones de muy baja frecuencia

(De 0 a 1Hz).

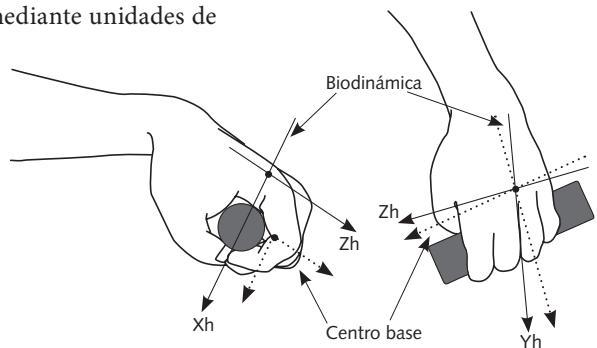
1. Estimulación del laberinto del oído interno.
2. Trastornos del sistema nervioso central.
3. Mareos y vómitos (el mareo del viajero).

## Valoración del riesgo de vibraciones

Su valoración se hace por instrumentos de medida, conocidos como vibrómetros o acelerómetros, que contienen en su interior filtros de ponderación que integran, de acuerdo al potencial lesivo, las siguientes variables: frecuencia, amplitud, eje  $x$ ,  $y$  o  $z$  de entrada por mano-brazo o por cuerpo entero. El nivel de vibraciones se mide mediante unidades de aceleración en  $\text{m/s}^2$ .

Los equipos consisten en:

1. Transductor o acelerómetro.
2. Preamplificador.
3. Integrador de la señal del acelerómetro.
4. Analizador de frecuencias.
5. Filtros.
6. Sistema de lectura.



En el sistema mano-brazo se interpone entre el asa de la herramienta y la mano del trabajador un elemento que contiene tres acelerómetros (para cada uno de los ejes  $x$ ,  $y$  y  $z$ ).

El gráfico 8.1 muestra un ejemplo de cómo se miden las fuerzas causadas por la vibración cuando el trabajador sostiene un objeto, que puede ser una herramienta manual o mecánica.

En el sistema cuerpo entero las vibraciones ingresan al organismo por los pies o por la silla donde se ubica el trabajador, en consecuencia, el elemento medidor se coloca en dichos lugares para que detecten la misma vibración que percibe el trabajador.

## Valores Límites Permisibles (TLV)

Se recomiendan los valores establecidos por la "ACGIH" Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales de los Estados Unidos. En este caso se le da aplicabilidad a las tablas (adaptadas según la norma ISO 2631-1:1997 para cuerpo entero e ISO 5349-1 y 2:2001 para mano-brazo), de acuerdo al eje  $x$ ,  $y$  ó  $z$  (tabla 8.1).

En el caso del cuerpo entero se determinan valores de:

*Capacidad reducida por fatiga:* representa valores de aceleración que no deben ser superados en ninguna de las frecuencias, en un determinado tiempo de exposición (tablas 8.2 y 8.3).

*Confort reducido:* se obtiene de dividir la capacidad reducida por fatiga por 3,15.

*Límite de exposición:* se obtiene de multiplicar la capacidad reducida por fatiga por 2.

**GRÁFICO 8.1**

Medición sistema mano-brazo para el uso de una herramienta.

**TABLA 8.1**

TLV para exposición de la mano a vibración (de la ACGIH TLV and BEI).

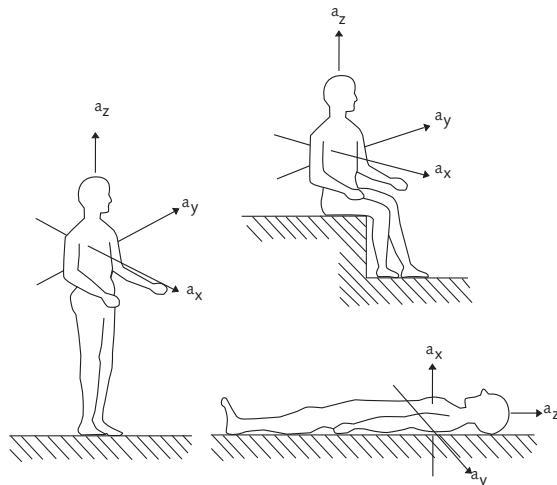
		VALORES CUADRÁTICOS MEDIOS DOMINANTES
Duración de la exposición diaria	(m/s <sup>2</sup> )	Gravedad g
Entre 4 y 8 horas	4	0,40
2 horas y < de 4 horas	6	0,61
1 hora y < de 2 horas	8	0,81
Menos de 1 hora	12	1,22

*Exposición diaria, continua o intermitente:* se toma el valor cuadrático medio o el eje dominante.

Gravedad: 9,81 m/s<sup>2</sup>

**GRÁFICO 8.2**

Ejes x, y y z en cuerpo entero.

**TABLA 8.2**

Aceleraciones máximas en eje z de los pies a la cabeza. ISO 2631 en m/s<sup>2</sup>.

HZ	24 H	16 H	8 H	4 H	2,5 H	1 H	25 MIN	16 MIN	1 MIN
1.00	0.280	0.383	0.630	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
1.25	0.250	0.338	0.560	0.95	1.26	1.12	3.15	3.75	5.00
1.60	0.224	.0302	0.500	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
2.00	0.200	0.270	0.450	0.75	1.00	1.70	2.50	3.00	4.00
2.50	0.180	0.239	0.400	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
3.15	0.160	0.212	0.355	0.60	0.80	1.32	2.00	2.35	3.15
4.00	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
5.00	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
6.30	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
8.00	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
10.00	0.180	0.239	0.400	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
12.50	0.224	0.302	0.500	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
16.00	0.280	0.383	0.630	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
20.00	0.355	0.477	0.800	1.32	1.80	3.00	4.50	5.30	7.10
25.00	0.450	0.605	1.000	1.70	2.24	3.75	5.60	6.70	9.00
31.50	0.560	0.765	1.250	2.12	2.80	4.75	7.10	8.50	11.20
40.00	0.710	0.955	1.600	2.65	3.55	6.00	9.00	10.60	14.00
50.00	0.900	1.190	2.000	3.35	4.50	7.50	11.20	13.20	18.00
63.00	1.120	1.530	2.500	4.25	5.60	9.50	14.00	17.00	22.40
80.00	1.400	1.910	3.150	5.30	7.10	11.80	18.00	21.20	28.00

<b>Hz</b>	<b>24 H</b>	<b>16 H</b>	<b>8 H</b>	<b>4 H</b>	<b>2,5 H</b>	<b>1 H</b>	<b>25 MIN</b>	<b>16 MIN</b>	<b>1 MIN</b>
1.00	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
1.25	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
1.60	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
2.00	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
2.50	0.125	0.171	0.280	0.450	0.63	1.06	1.60	1.90	2.50
3.15	0.160	0.212	0.355	0.560	0.80	1.32	2.00	2.36	3.15
4.00	0.200	0.270	0.450	0.710	1.00	1.70	2.50	3.00	4.00
5.00	0.250	0.338	0.560	0.900	1.25	2.12	3.15	3.75	5.00
6.30	0.315	0.428	0.710	1.120	1.60	2.65	4.00	4.75	6.30
8.00	0.400	0.540	0.900	1.400	2.00	3.35	5.00	6.00	8.00
10.00	0.500	0.675	1.120	1.800	2.50	4.25	6.30	7.50	10.00
12.50	0.630	0.855	1.400	2.240	3.15	5.30	8.00	9.50	12.50
16.00	0.800	1.060	1.800	2.800	4.00	6.70	10.00	11.80	16.00
20.00	1.000	1.350	2.240	3.550	5.00	8.50	12.50	15.00	20.00
25.00	1.250	1.710	2.800	4.500	6.30	10.60	15.00	19.00	25.00
31.50	1.600	2.120	3.550	5.600	8.00	13.20	20.00	23.60	31.50
40.00	2.000	2.700	4.500	7.100	10.00	17.00	25.00	30.00	40.00
50.00	2.500	3.380	5.600	9.000	12.50	21.20	31.50	37.50	50.00
63.00	3.150	4.280	7.100	11.200	16.00	26.50	40.00	45.70	63.00
80.00	4.000	5.400	9.000	14.000	20.00	33.50	50.00	60.00	80.00

**TABLA 8.3**

Aceleraciones máximas en ejes x y y. Espalda-pecho y lateral de hombro a hombro. ISO 2631, en m/s<sup>2</sup>.

Cuando el trabajador tiene varias exposiciones de diferente duración durante su jornada laboral, se suman dichas exposiciones ponderadas en el tiempo de la siguiente manera:

$$a_{eq} = \left[ \frac{1}{T} \sum a_i^2 \times t_i \right]^{1/2}$$

Donde:

a: aceleración ponderada por frecuencia

T: tiempo total de exposición

La aplicación práctica de la metodología descrita incluye en el instrumento de medida, la incorporación de filtros que introducen factores de ponderación relativos a la frecuencia y al eje, porque por ejemplo, el cuerpo humano evidencia mayor sensibilidad a las vibraciones entre 4 y 8 Hz en el eje z y entre 1 y 2 Hz para los ejes x y y, en el caso de vibraciones de cuerpo entero.

La comunidad europea utiliza los siguientes valores límite:

Mano-brazo: 5m/s<sup>2</sup> con nivel de acción en 2.5 m/s<sup>2</sup> como valores diarios de 8 horas.

Valor eficaz rms =  $\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$  o el eje dominante.

Cuerpo entero: 1.15 m/s<sup>2</sup> con nivel de acción en 0.5 m/s<sup>2</sup> como valores diarios de 8 horas. Se toma el eje mayor de 1.4x, 1.4x ó 1.oz.

El promedio se puede calcular diario de 8 horas o semanal de 40 horas.

## Controles para el riesgo de vibraciones

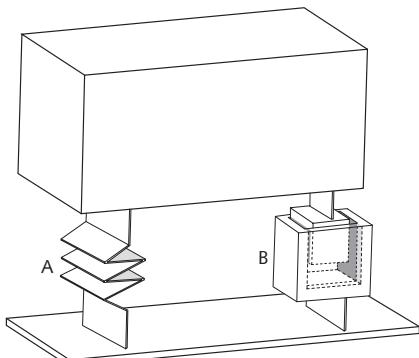
La prevención se lleva a cabo por diversos procedimientos similares a los utilizados para el control del ruido, ya que comparten fenómenos físicos análogos.

Se pueden hacer valoraciones cualitativas y tomar medidas de control; el hecho de no contar con suficientes conocimientos y equipos de medición, y en muchos casos sin siquiera legislación, no exime al empleador, al responsable de la seguridad y la salud en el trabajo ni al mismo trabajador de tomar medidas de control directamente.

### Control en la fuente

Son aquellos aplicados individual o combinadamente en el lugar o equipo en donde se genere la vibración, de acuerdo a las necesidades y mediante acciones como:

1. Evitar la generación de vibraciones ocasionadas por desgaste de superficies, holguras, rodamientos desgastados o averiados, giro de ejes, entre otras.
2. Diseño ergonómico de las herramientas.
3. Adquirir herramientas y equipos de vibración reducida.
4. Desfasar o desintonizar las vibraciones, modificando la frecuencia de resonancia por variación de masa o rigidez de partes.
5. Mandos o controles a distancia o de control remoto que alejan al trabajador del riesgo.
6. Verificar que los sistemas de suspensión de los vehículos estén en buen estado.
7. Superficies de rodadura sin discontinuidades.
8. Balancear dinámicamente los equipos de rotación.
9. Régimen de trabajo dentro de los parámetros del fabricante del equipo.



**GRÁFICO 8.3**

Sistema de suspensión: por resorte (A) y amortiguador (B).

### Control en el medio de transmisión

Aplicando métodos de control entre el equipo o lugar en que se genera la vibración y el sitio en donde permanezca el trabajador, entre los cuales se mencionan:

1. Se puede atenuar la transmisión de la vibración al hombre, interponiendo materiales aislantes y/o absorbentes de la vibración entre la fuente o sitio en que se genera y el receptor o trabajador.
2. Instalando plataformas o sillas, según el caso, con sistemas de suspensión para el trabajador, compuestos por elementos de funciones amortiguadoras y de resortes (ver gráfico 8.3).
3. Instalando columpios, tapetes, plataformas amortiguadoras de materiales tales como poliuretano, corcho, cauchos, poliestireno expandido, entre otros.
4. Colocar los puestos de trabajo en cabinas aisladas mecánicamente mediante sistemas de suspensión.
5. Estructuras independientes o discontinuas para dificultar la transmisión de la vibración por las estructuras.
6. Anclaje elástico de maquinaria que vibra para que no se trasmite a la estructura.

7. Soportes de equipos y tuberías aislados de las estructuras para que la vibración no se trasmita por vigas, columnas, placas y demás estructuras.
8. Estructuras diseñadas para que cambien su geometría y con esta la frecuencia natural de oscilación para que no entren en resonancia con la frecuencia de excitación.

#### **Control en el trabajador o receptor**

Cuando no es factible establecer métodos de control en la fuente o en el medio transmisor se recurre al control en el trabajador, dentro de los cuales se puede elegir:

1. Atenuar su transmisión al hombre colocando manijas o asas de material elástico o absorbente de las vibraciones.
2. Las manijas y controles de equipos que vibran pueden montarse sobre sistemas de suspensión compuestos por muelles y amortiguadores.
3. Reducción del tiempo de exposición y pausas aplicadas en igual forma a las utilizadas para control del ruido.
4. Uso de guantes antivibratorios, cinturones, plantillas y suelas de calzado y muñequeras antivibración, los hay certificados que indican el porcentaje de atenuación discriminado por frecuencias; seleccionar aquellos que tienen las mejores prestaciones en las frecuencias críticas.
5. Establecer procedimientos para mantener calientes las manos del trabajador.
6. Instruir sobre la forma de asir la empuñadura de las herramientas, que debe ser con la menor fuerza posible que permita ejecutar el trabajo correctamente.
7. Colocar señales ordenativas (circunferencia azul claro con símbolo en blanco), indicando los equipos de protección personal que deben utilizarse.
8. Hacer interrupciones de exposición de 10 minutos por cada hora de trabajo con vibración, para restablecer la microcirculación que se ve comprometida.
9. Reconocimientos médicos de ingreso y anuales para identificar las personas susceptibles a la vibración y desarrollar un programa de vigilancia epidemiológico al personal expuesto.
10. Evitar el consumo de cigarrillos, bebidas y alimentos de efecto vasoconstrictor.
11. Formar e informar al trabajador en la identificación del riesgo y los controles.

En general, se aconseja que cuando la dosis de vibraciones sea igual o mayor a la mitad de los valores límites permisibles, se incluirá en el sistema de vigilancia epidemiológica a la población expuesta.

Este proceso debe iniciarse con una valoración clínica de los aspirantes a cargos expuestos a vibraciones, con determinación de condiciones auditivas, sistema nervioso central, sistema cardiovascular, condiciones de motricidad, sistema raquídeo y, en forma general, de todo el sistema músculo esquelético, al cual deben acompañar reconocimientos periódicos específicos de acuerdo con los criterios profesionales del médico laboral, para adecuar los puestos y no agravar condiciones del trabajador.

## **Normatividad**

- ISO 10816: Vibraciones mecánicas – Evaluación de la vibración en máquinas.
- ISO 2631/1: Evaluación de vibraciones que exponen a todo el cuerpo humano.
- ISO 5349: Medición y evaluación de la exposición humana a vibraciones transmitidas a la mano.
- ANSI S3.18 *Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole-body vibration* ANSI  
New York 1979.

## **Riesgo por temperatura**

La temperatura es un factor de riesgo que puede afectar a los trabajadores si presenta niveles excesivos de calor o de frío. Dependiendo de los niveles de temperatura ambiental se puede hablar de problemas de *comfort térmico* o de problemas de *estrés térmico*.

El organismo humano funciona como un almacenador de temperatura, el cual, bajo condiciones no muy drásticas en los cambios de temperatura ambiental, puede mantener la temperatura del cuerpo constante bajo los niveles normales para el funcionamiento fisiológico del organismo. Dispone de sistemas de control internos que le permiten mantener la temperatura mediante la vasodilatación o vasoconstricción, incremento del ritmo cardíaco o disminución del mismo, aumento del área de la piel por dilatación o disminución de la misma, activación de las glándulas sudoríparas o bloqueo de las mismas, de acuerdo al caso.

Cuando los niveles de exposición al frío o al calor son muy altos o muy prolongados el cuerpo se vuelve incapaz de mantener constante la temperatura interna del cuerpo, de modo que ésta sube o baja de acuerdo a las circunstancias ocasionando efectos que pueden llegar a ser graves para la salud del trabajador, de allí que se deban mantener controles rigurosos sobre la temperatura presente en el lugar de trabajo, realizando las mediciones correspondientes y aplicando los controles para minimizar este tipo de riesgo.

## **Conceptos básicos**

La exposición a temperaturas elevadas o bajas, ocasiona síndromes que por lo general son reversibles; pueden aparecer y desaparecer en espacios cortos de tiempo de acuerdo al nivel de exposición.

El cuerpo humano mantiene una temperatura constante, y debe permanecer en un rango muy estrecho porque la biología humana no tolera variaciones apreciables de temperatura interna, especialmente en ciertos órganos críticos como el cerebro, el hígado, las gónadas, etc., por ello, es de gran interés estudiar las relaciones entre la temperatura de estos órganos y las características térmicas del ambiente de trabajo para establecer el factor de riesgo existente que puede colocar en peligro la salud de la persona expuesta.

Para supervisar la carga térmica de los trabajadores es necesario medir los factores ambientales que se correlacionan más estrechamente con la temperatura corporal interna y con las demás respuestas fisiológicas al calor. En la actualidad, el índice WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), constituye la técnica más simple y adecuada para medir estos factores ambientales.

La evaluación del ambiente térmico puede hacerse de dos formas principales, de acuerdo a lo que se pretenda evaluar:

1. *Agente que puede provocar riesgos profesionales:* se presenta cuando el nivel de temperatura supera los valores límites permisibles; en ese caso se debe analizar el hecho como una situación con el potencial para provocar riesgos profesionales.
2. *Agente que puede ocasionar problemas de confort:* acontece cuando la temperatura se encuentra dentro de los valores límites permisibles, pero los trabajadores se quejan respecto al confort climático.

Si se parte de una condición de confort térmico y se aumenta la temperatura, se llegará a una situación de *discomfort térmico por calor*; si la temperatura sigue aumentando se terminará en una situación de *peligro por estrés térmico*. De forma similar, partiendo de una condición de confort térmico, si se disminuye la temperatura, se llegará a una situación de *discomfort térmico por frío*; si la temperatura sigue disminuyendo se pasará a una situación de *peligro por hipotermia*.

Cuando se analiza el riesgo por temperatura se deben tener en cuenta los conceptos de: *Nivel de temperatura:* puede estar definido por la ubicación geográfica donde se encuentran los trabajadores y la época del año, o por la generación de calor o frío mediante equipos dentro de un proceso productivo o por la presencia de hornos o ingreso a cuartos fríos. El nivel de temperatura se mide con un termómetro.

*Actividad del trabajador:* la actividad del trabajador repercute en forma directa en la producción metabólica de calor. La actividad física del cuerpo humano genera calor que se acumula en el propio organismo; la fuente de energía son diversas sustancias químicas que el cuerpo obtiene de los alimentos.

El calor se mide en kilocalorías, definiéndose la kilocaloría como la cantidad de ener-

gía calórica que se requiere para elevar en un grado Celsius un kilogramo de agua (de 14,5 a 15,5 °C).

Existen tablas (ver tabla 9.1), donde, en forma general, se han establecido los promedios de calor producido por el cuerpo en Kcal/h al realizar diferentes actividades, válidas para un trabajador de 70 kg y 1,7 metros de estatura.

ACTIVIDAD FÍSICA	CALOR (Kcal/h)
Durmiente	60
Sentado inactivo	100
Oficinista sentado	125
Sentado conduciendo o tocando piano	150
De pie, trabajo ligero de banco sin andar	150
Ídem anterior, pero andando un poco	175
Cocinar (de pie)	210
Colocar ladrillos	260
Limar a 60 golpes/minuto	270
Lavar el auto	300
Tender la cama	360
Bailar un vals	460

**TABLA 9.1**

Promedio de calor producido por el cuerpo humano al realizar diferentes actividades.

Según lo anterior, podríamos deducir que en un ambiente cálido podemos mejorar los efectos de la temperatura si reducimos la actividad física del trabajador, y de manera análoga, en un ambiente frío podemos mejorar los efectos de la temperatura si aumentamos la actividad física del trabajador.

*Alimentación del trabajador:* la ingesta de alimentos y bebidas, debe ser adecuadamente balanceada por un nutricionista y un médico, quien deberá tener en cuenta la actividad física del trabajador, así como las condiciones climáticas del lugar, pues en un lugar cálido donde la actividad del trabajador es alta, la sudoración hará que haya una pérdida de electrolitos considerable, la cual debe ser recuperada con la ingesta de alimentos y bebidas. Además, es necesario tener en cuenta las condiciones de salud del trabajador, a fin de que el consumo de alimentos y bebidas logre un equilibrio electrolítico que no afecte en forma perjudicial a un trabajador que sufra de diabetes, problemas de tensión u otras afecciones. Lo anterior es factible cuando la empresa suministra los alimentos a sus trabajadores, pero cuando no se hace este suministro, es necesario concientizar a los trabajadores sobre la importancia de una dieta balanceada y sana.

*Velocidad del aire:* la velocidad del aire repercute en la sensación de calor o frío dependiendo del nivel de temperatura del lugar y de la actividad física del trabajador. Podemos decir que en un lugar cálido a mayor velocidad del aire se tendrá una sensación de relativo confort. Es posible que en las mismas condiciones anteriores, pero con una actividad física alta, la sensación de confort ya no se logre aumentando únicamente la velocidad del aire sino que se puede requerir enfriar por algún método ese aire, por ejemplo, utilizando un sistema de aire acondicionado. En un lugar frío, si aumentamos

la velocidad del aire, la sensación será de aumento de frío. Adicionalmente, a mayor velocidad del aire, habrá mayor intercambio de calor.

*Humedad relativa:* la humedad relativa es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, con relación a la cantidad máxima que podría tener a una temperatura determinada. Por ejemplo, una humedad relativa del 75%, quiere decir que de la cantidad máxima (100%) de vapor de agua que puede tener el aire a una temperatura dada, solo tiene el 75%.

La humedad relativa es importante para la evaluación del riesgo por temperatura, ya que la evaporación del sudor es más lenta entre mayor sea la humedad relativa.

### **Transmisión de calor**

La temperatura ambiental incide en el organismo en mayor o menor grado dependiendo de si este nivel de temperatura puede o no estabilizarse manteniendo la temperatura corporal normal.

Se entiende por transmisión de calor la energía transferida entre dos sistemas y que se encuentra relacionada con la diferencia de temperatura existente entre ellas.

La transmisión de calor, en el cuerpo humano, se lleva a cabo por cuatro vías: conducción, convección, radiación y evaporación del sudor.

*Transmisión de calor por conducción:* este tipo de transmisión de calor ocurre intermolecularmente, debido al contacto de moléculas calientes y frías. La dirección de esta propagación, se realiza de las moléculas calientes hacia las frías y mientras dure el contacto, o hasta que se equilibren las temperaturas de las moléculas de los cuerpos involucrados.

*Transmisión de calor por convección:* es la transmisión de calor de un sitio caliente hacia otro menos caliente, debido al movimiento de las masas de fluido que se han calentado por la diferencia de densidad del fluido. La convección depende de la velocidad del aire y de su temperatura. A mayor velocidad del aire mayor intercambio. Cuando tenemos un sistema de aire acondicionado, bien sea para calentar o para enfriar, lo que estamos haciendo es calentar o enfriar masas de aire que ponemos en movimiento para lograr un intercambio por convección.

*Transmisión de calor por radiación:* este tipo de transmisión de calor no requiere de un medio físico para transportarse, ya que puede hacerlo en el vacío; la propagación de calor se efectúa mediante ondas electromagnéticas (principalmente en infrarrojo) de gran magnitud (longitudes de onda muy grandes). La radiación depende de la temperatura de los objetos que rodean un ambiente dado. Cuando se apaga un horno después de haberlo prendido por un tiempo determinado, se puede sentir calor en el aire que lo rodea sin necesidad de entrar en contacto con el horno como tal; esta es una transmisión de calor por radiación.

*Evaporación del sudor:* la transferencia de calor por sudoración se presenta cuando se evapora el sudor; siendo más fácil perder calor por sudoración en un clima seco y más difícil en un lugar donde la humedad relativa es alta. La cantidad de calor que se puede transferir al ambiente mediante la evaporación del sudor está condicionada por la humedad y la velocidad del aire.

## **Causas del riesgo por temperatura**

Entre las causas principales para originar riesgos por temperatura se encuentran las siguientes:

1. En ambientes calientes:
  - a. Falta de aislamientos térmicos en hornos, calderas y, en general, en cualquier equipo generador de calor.
  - b. Procesos de fundición, secado, fabricación de plásticos, tratamientos térmicos, fabricación de vidrio, procesos con hornos.
  - c. Temperatura ambiental alta de acuerdo con la ubicación geográfica, época del año y hora del día.
  - d. Sistemas de ventilación inadecuados.
  - e. Dentro de los sistemas de inyección y extracción de aire, ubicación inadecuada de termostatos.
2. En ambientes fríos:
  - a. Ingreso a cuartos fríos.
  - b. Temperatura ambiental baja de acuerdo con la ubicación geográfica, época del año y hora del día.
  - c. Sistemas de ventilación cuyo ingreso de aire fresco se presenta a una temperatura baja.
  - d. Dentro de los sistemas de inyección y extracción de aire, ubicación inadecuada de termostatos.
  - e. Falta de aislamientos térmicos

## **Efectos de los riesgos por temperatura sobre el organismo**

Los efectos sobre el cuerpo humano por temperatura son diferentes de tratarse de una temperatura excesiva o de una muy baja.

### **Ambientes calientes (hipertermia)**

Los problemas de estrés calórico son más comunes que los causados por ambientes fríos.

Los mecanismos reguladores de la temperatura corporal, entran en acción para tratar de mantener constante dicha temperatura de la siguiente manera:

*Vasodilatación sanguínea:* aumenta el intercambio de calor con el medio ambiente, ya que aumenta la transferencia.

*Activación de las glándulas sudoríparas:* aumenta el intercambio de calor por la energía que se gasta en pasar el sudor líquido a la fase de vapor.

*Aumento de la circulación sanguínea periférica:* aumenta la velocidad del intercambio de calor por superficie.

La hipertermia puede ocasionar:

1. Trastornos psiconeuróticos.

2. Calambres.
3. Deficiencia circulatoria.
4. Deshidratación.
5. Pérdida de electrolitos.
6. Golpe de calor (hiperpirexia).
7. Además, la exposición visual a fuentes infrarrojas con temperatura radiante alta, puede ocasionar cataratas.

### **Ambientes fríos (hipotermia)**

La hipotermia se produce cuando la pérdida de calor del cuerpo es más rápida que su producción. Ante esta situación, lo primero que ocurre es una constricción de los vasos sanguíneos de la piel, en un intento para conservar el calor interno vital. Las manos y los pies son los primeros afectados y si el cuerpo continúa perdiendo calor comienzan a producirse temblores involuntarios. Esta es la forma que posee el organismo para intentar producir más calor y es, en general, el primer signo real de hipotermia. Una mayor pérdida de calor produce dificultades para hablar, pérdida de memoria y de la destreza manual, colapso y, finalmente, la muerte.

La temperatura de las manos y de los pies puede disminuirse hasta los 23–28 °C, quedando por debajo de la temperatura normal del cuerpo sin producir daño permanente. Una disminución pequeña de la temperatura profunda del cuerpo de alrededor 1,5 °C produce escalofríos, y a medida que va descendiendo, el organismo se vuelve menos eficiente y la víctima presenta signos de confusión y desorientación.

Dentro del ambiente térmico la pérdida de calor por convección es el factor más importante, de tal forma que a una temperatura de 1 °C, dentro de un ambiente donde no hay corriente de aire, el organismo sentirá frío, y a la misma temperatura de 1 °C, pero con un viento de 40 km/h sentirá un frío intenso.

La hipotermia puede ocasionar:

1. Vasoconstricción.
2. Desactivación de las glándulas sudoríparas.
3. Disminución de la circulación sanguínea periférica.
4. Disminución del área de la superficie de transferencia.
5. Autofagia de las grasas almacenadas, que es la transformación química de lípidos en glúcidios.
6. Disminución de la destreza manual.
7. Congelación de las partes terminales del cuerpo: orejas, nariz, pies, manos.
8. Muerte si la temperatura interior desciende por debajo de los 28 °C.

### **Valoración del riesgo por temperatura**

En la actualidad se conocen varios índices para la evaluación de riesgos por calor; los más utilizados en higiene industrial son:

1. Índice WBGT.
2. Índice de la sudoración requerida.
3. Índice de temperatura efectiva.

El índice de sudoración requerida, es una valoración del estrés térmico, que aporta mayor exactitud que el índice WBGT y cuya aplicación debería hacerse en situaciones en las que la valoración del índice WBGT revelase una situación de riesgo de estrés térmico. Se basa en la comparación de la humedad de la piel y la producción de sudor necesarias en unas determinadas condiciones de trabajo, frente a los valores fisiológicamente posibles en estas variables. La estimación de dichos valores se obtiene en el desarrollo de las siguientes etapas: evaporación requerida, evaporación máxima permitida, sudoración requerida y humedad requerida de la piel.

### Cálculo WBGT

El WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), en español se puede traducir como el Índice de temperatura de globo y bulbo húmedo.

Los valores del índice WBGT se calculan por medio de las ecuaciones siguientes:

1. Exteriores con carga solar:

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ TH} + 0,2 \text{ TG} + 0,1 \text{ TS}$$

2. Interiores o exteriores sin carga solar:

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ TH} + 0,3 \text{ TG}$$

Donde:

TH= Temperatura Húmeda natural del bulbo húmedo

TS= Temperatura Seca de bulbo seco.

TG= Temperatura de Globo o temperatura radiante.

Para determinar el índice WBGT, como resultado a diferentes exposiciones, es necesario calcular la producción metabólica media de calor y el índice WBGT medio.

Para determinar si existe o no sobreexposición por temperatura en un ambiente de trabajo, es necesario cruzar el valor WBGT obtenido de los cálculos, la producción metabólica de calor (M) acorde con la actividad realizada, el régimen de trabajo y especificar si el trabajador está o no aclimatado.

Para determinar si existe o no sobreexposición a temperatura en condiciones variables se debe calcular el índice WBGT y la producción metabólica de calor (M) con ponderación en el tiempo de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$M_{\text{medio}} = \frac{M_1 \times t_1 + \dots + M_n \times t_n}{t_1 + \dots + t_n}$$

$$WBGT_{\text{medio}} = \frac{WBGT_1 \times t_1 + \dots + WBGT_n \times t_n}{t_1 + \dots + t_n}$$

Se debe tener en cuenta que  $t_1 + \dots + t_n$  = una (1) hora.

Donde:  $M$  = Producción metabólica de calor.

El dato de Producción metabólica de calor ( $M$ ) debe ser llevado a la tabla de valores límites permisibles, en este caso, los dados por la ACGIH.

Para llevar el dato de producción metabólica de calor a la tabla, el valor numérico debe ser traducido en descanso, ligero, moderado, pesado o muy pesado de acuerdo con las categorías de carga de trabajo dadas en este capítulo.

Una vez en la tabla de valores límites permisibles (ver tabla 9.2), se debe saber si el trabajador está o no aclimatado. Se considera en forma general aclimatado a un trabajador que está desempeñando su trabajo en el área objeto de la evaluación por un tiempo entre 10 y 15 días o más. No obstante, y teniendo en cuenta que la aclimatación es un factor individual que depende de las diversas condiciones de cada trabajador, es conveniente que el criterio médico ratifique el tiempo exacto de aclimatación. Seleccionada la casilla de aclimatado o no aclimatado, según el caso, se determina de acuerdo con la producción metabólica de calor ( $M$ ) la categoría de carga de trabajo y se cruza con el régimen de trabajo. El régimen de trabajo se interpreta así: 75% a 100%, implica que se trabaja entre un 75% a 100% y se descansa entre 25% a 0%. De 50% a 75% se interpreta que se trabaja entre un 50% a 75% y se descansa entre un 50% a 25%, y análogamente, se hacen las siguientes interpretaciones de la tabla. Al hacer el cruce aparece el valor en grados Celsius de la temperatura máxima permisible para ese caso. Este valor se compara con el  $WBGT$  calculado y se determina si hay o no sobreexposición.

Cálculos de  $WBGT$  en actividades sucesivas:

1. Determinar la sobreexposición o no a temperatura en rangos de una hora en la jornada laboral.
2. Si hay una actividad en la cual no hay sobreexposición, pero en otras sí, se deben tomar fracciones de tiempo para determinar desde cuál fracción se presenta la sobreexposición.
3. Un trabajador está sobreexpuesto a calor si en un rango de una hora se presenta sobreexposición.

### **Confort térmico**

Cuando las condiciones de temperatura se mantienen dentro de los valores límites permisibles, pero los trabajadores manifiestan sensación de calor o frío, debe ser analizada la situación desde el punto de vista del confort térmico.

Teniendo en cuenta el criterio del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España para trabajo con pantallas de visualización de datos, la temperatura considerada de confort está entre 19 °C y 24 °C de temperatura seca, en condiciones de humedad relativa comprendidas entre 40% y 70%.

Según esto, el rango de la temperatura de confort es amplio (5 °C), ya que, al ser el confort térmico un aspecto individual y subjetivo, habrá personas que bajo unas mismas condiciones sientan confort a 19 °C y otras sientan frío a esa misma temperatura.

### Instrumentos de medida

De acuerdo con la metodología utilizada existen diferentes instrumentos de medida para evaluar el estrés térmico. Para el cálculo del Índice WBGT, el equipo utilizado corresponde a un termómetro que permite obtener registros en forma independiente de la temperatura de bulbo húmedo, bulbo seco y temperatura de globo, así como la integración de estos valores para obtener el índice WBGT para interiores y exteriores (ver Gráfico 9.1). Para la realización de la medición es necesario montar el instrumento de medida sobre un trípode, usualmente se realizan en cada punto al menos tres mediciones a diferentes niveles, que corresponden a la altura de los pies, a la altura del tronco y a la altura de la cabeza del trabajador.

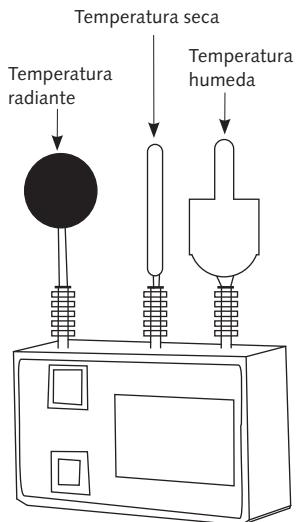
### Valores límites permisibles (ACGIH)

#### Estrés por calor

Los valores límites permisibles para estrés por calor intentan proteger a los trabajadores de los efectos severos generados por un aumento de temperatura. Describen exposiciones de trabajadores en condiciones de ambientes laborales calientes, bajo las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores no sufrirían efectos adversos para la salud.

El objetivo de los valores límites permisibles (TLV) es prevenir que la temperatura interna del cuerpo humano suba por encima de 38 °C. Los valores se expresan en °C de WBGT.

RÉGIMEN DE TRABAJO DESCANSO	CARGA DE TRABAJO							
	ACLIMATADO				NO ACLIMATADO			
Porcentaje	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
75 a 100 %	31.0	28.0	---	---	28.0	25.0	---	---
50 a 75 %	31.0	29.0	27.5	---	28.5	26.0	24.0	---
25 a 50 %	32.0	30.0	29.0	28.0	29.5	27.0	25.5	24.5
0 a 25 %	32,5	31.5	30.5	30.0	30.0	29.0	28.0	27.0



**GRÁFICO 9.1**

Este termómetro para estrés térmico proporciona el índice WBGT, mediante sus tres sensores: temperatura radiante o de globo; temperatura seca y temperatura húmeda.

**TABLA 9.2**

Límites permisibles de temperatura para estrés térmico<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Tomados de los criterios ACGIH en sus tablas TLV para 2011 (American Conference Governmental Industrial Hygienists).

Categorías de carga de trabajo:

1. *Descanso*: hasta 99 Kcal/hora: por ejemplo, sentado.
2. *Ligero*: entre 99 y 155 Kcal/hora: por ejemplo, sentado con trabajo ligero de las manos o manos y brazos, manejando, de pie y caminando ocasionalmente.
3. *Moderado*: entre 155 y 258 Kcal/hora: por ejemplo, trabajos sostenidos con manos y brazos, trabajo moderado de brazos y piernas, trabajo ligero de empujar y halar, caminar normalmente, etc.
4. *Pesado*: entre 258 y 357 Kcal/hora. Trabajo intenso de brazos y tronco, transportando cargas, serruchando de forma manual, empujando o halando cosas pesadas, caminando con paso rápido, etc.
5. *Muy Pesado*: entre 357 y 447 Kcal/hora. Trabajos de actividad muy intensa y rápida.

### Estrés por frío

Los valores límites permisibles dados para el estrés por frío buscan proteger a los trabajadores a fin que la temperatura interior del cuerpo no sea inferior a 36 °C.

**TABLA 9.3**

Límites de frío permisibles<sup>2</sup>.

TEMPERATURA DE AIRE EN °C	VELOCIDAD DEL VIENTO - km/h									
	0		8		16		24		32	
	Período de trabajo máximo en minutos	Número de descansos	Período de trabajo máximo en minutos	Número de descansos	Período de trabajo máximo en minutos	Número de descansos	Período de trabajo máximo en minutos	Número de descansos	Período de trabajo máximo en minutos	Número de descansos
-26 a -28	Normal	1	Normal	1	75	2	55	3	40	4
-29 a -31	Normal	1	75	2	55	3	40	4	30	5
-32 a -34	75	2	55	3	40	4	30	5	0	---
-35 a -37	55	3	40	4	30	5	0	---	0	---
-38 a -39	40	4	30	5	0	---	0	---	0	---
-40 a -42	30	5	0	---	0	---	0	---	0	---
-43 a más bajo	0	---	0	---	0	---	0	---	0	---

Esta tabla (9.3) aplica para cualquier período de trabajo de cuatro horas con actividad moderada o alta y lapsos de descanso de diez minutos en un área cálida, destinada para tal fin. Al final de la exposición de cuatro horas, un descanso extenso, por ejemplo, para almorzar, igualmente en un área cálida.

Para trabajo ligero y moderado con limitación de movimientos físicos, aplica la tabla observándola una línea más abajo.

Se debe tener en cuenta que la tabla aplica para trabajadores utilizando ropa seca.

<sup>2</sup> Tomados de los criterios ACGIH en sus tablas TLV para 2011 (*American Conference Governmental Industrial Hygienists*).

## **Control del riesgo por temperatura**

1. Para la sobreexposición al calor:
  - a. Establecer sistemas de inyección de aire por la parte baja de los locales y extracción por la parte superior, para favorecer la convección natural del aire, teniendo en cuenta la calidad del aire que ingresa.
  - b. En climas cálidos, instalar sistemas de aire acondicionado.
  - c. Suministrar overoles de colores claros, con mallas para transpiración en el área de las axilas, los omoplatos y los genitales.
  - d. Suministrar bebidas hidratantes avaladas por el médico de la empresa.
  - e. Disminuir la carga de la actividad física realizada, mecanizando las actividades repetitivas o que exijan alto esfuerzo físico.
  - f. Realizar aislamientos térmicos.
  - g. Reducir el tiempo de exposición.
  - h. Suministrar una alimentación balanceada acorde con las circunstancias y avalada por el médico de la empresa.
  - i. Formación de los trabajadores para identificar riesgos y primeros síntomas de alteraciones por efectos de la temperatura.
  - j. Adelantar programas de hidratación.
  - k. Suministrar ropa de trabajo adecuada.
  - l. Al salir de una zona de calor, donde se ha laborado durante la jornada de trabajo, hacia una zona de temperatura ambiental más fría, es conveniente desacalorarse, pasando de la zona de calor a otra de transición y esperar allí 15 minutos, luego, salir bien abrigado.
2. Para sobreexposición a frío:
  - a. Suministrar ropa térmica de acuerdo a las circunstancias; se debe proteger además del cuerpo, manos, orejas, cara y cabeza. La ropa ha de ser ligera, poco voluminosa e impermeable, permitiendo la transpiración.
  - b. Evitar tareas con poca actividad física.
  - c. Suministrar una alimentación balanceada acorde con las circunstancias y avalada por el médico de la empresa.
  - d. Instalar equipos de suministro de aire caliente de acuerdo con las circunstancias.
  - e. Formación de los trabajadores para identificar riesgos y primeros síntomas.
  - f. Evitar corrientes de aire innecesarias.
3. Para alcanzar el confort térmico:
  - a. Vestirse acorde con las condiciones climáticas
  - b. Suministrar bebidas calientes o refrescantes de acuerdo con la situación y de acuerdo con el médico de la empresa.

- c. Realizar pausas activas que aumenten la circulación sanguínea para los casos de sensación de frío.
- d. Disminuir o aumentar el flujo de aire por puertas y ventanas acorde con las condiciones.
- e. El número de trabajadores en un área determinada debe estar acorde con el área y volumen de aire del lugar.

## **Normatividad**

NOM – 015 – STPS – 1993, Condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo.

ISO 7243: 1989: *Hot environments -- Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature).*

NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación.

ACGH 2011 TLVis and BEI's.

## **Riesgo por presiones anormales**

Si bien es cierto que el hombre puede soportar variaciones considerables en las presiones atmosféricas, éstas pueden tornarse peligrosas cuando los cambios se producen con rapidez, sin dar tiempo al organismo para adaptarse a las nuevas presiones que deba soportar.

Es importante conocer los parámetros que caracterizan a las presiones anormales, para establecer si se presentan condiciones que puedan poner en riesgo la salud de los trabajadores, y de presentarse, establecer las medidas de control pertinentes para minimizar los riesgos por presiones anormales. Se debe recordar que los trabajos desarrollados en ambientes con presiones variables son catalogados como trabajos riesgosos, teniendo en cuenta que las presiones anormales pueden ocasionar daños graves en el organismo.

Todo cambio de presión brusco requiere de procedimientos seguros para pasar gradualmente de una a otra presión, generando el mínimo de reacciones indeseables en el individuo.

## Conceptos básicos sobre presiones anormales

La presión es la fuerza aplicada en una unidad de superficie por un líquido o por un gas; se mide en atmósferas (atm). En el Sistema Internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newtons por  $m^2$ ; un newton por metro cuadrado equivale a un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de una columna de mercurio en un barómetro convencional.

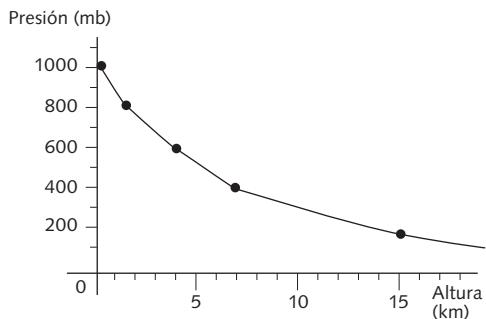


GRÁFICO 10.1

Relación de la presión atmosférica y la altitud sobre el nivel del mar.

En la atmósfera, a medida que se asciende la cantidad de aire sobre el trabajador es cada vez menor, de modo que la presión atmosférica disminuye. Para medirla se toma una hipotética columna de aire, que en su parte inferior equivale al nivel del mar y es del orden de los 101.325 Pa, y se reduce hasta unos 2.350 Pa a 10.700 metros de altura sobre el nivel del mar. La presión desciende 1 mb, al ascender entre 8,2 a 9 metros dependiendo de la humedad y la temperatura, entre otros.

Por “presión parcial” se entiende la presión efectiva que ejerce un determinado componente gaseoso en una mezcla de gases. La presión atmosférica total es la suma de las presiones parciales de sus componentes (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y gases nobles).

Como presiones anormales se consideran las “altas presiones”, presentes en trabajos como: cajones de aire comprimido, labores de buceo; y “bajas presiones” que se presentan en labores como: navegación aérea, grupos militares, instaladores y operarios de mantenimiento de torres y redes de conducción eléctrica y de telecomunicaciones de alta montaña, y en forma muy especial, los trabajadores que dentro de sus actividades tengan que movilizarse entre diversos pisos climáticos. En la zona intertropical, existen cuatro zonas, cuya condición climática se clasifica así:

1. *Macrotérmico*: con las temperaturas siempre elevadas y constantes, ubicado entre el nivel del mar y los 800 a 1000 msnm (metros sobre el nivel del mar).
2. *Mesotérmico, o piso templado*: entre los 800 a 1000 m, hasta los 2500 a 3000 m de altitud.
3. *Microtérmico, o piso frío (llamado en algunos países hispanoamericanos como “piso de páramo”)*: desde los 2500 ó 3000 msnm hasta el nivel inferior de las nieves perpetuas (aproximadamente, a los 4700 msnm).
4. *Gélido, helado o de nieves perpetuas*: a partir de los 4700 m de altitud, cota donde se ubica, aproximadamente, la isoterma de los 0 °C.

## Efectos de las presiones anormales en el organismo

### Altas presiones

La presión ocasiona lesiones en muchos órganos, y muchas de ellas se originan porque algunos gases aumentan su toxicidad al interior del organismo.

Los dientes se pueden ver afectados porque los espacios aéreos presentes alrededor de la raíces dentarias o de obturaciones, pueden comprimirse y expandirse produciendo dolor

durante el descenso y el ascenso; también las cavidades paranasales tienden a obstruirse y los oídos son afectados por el barotrauma así como por la obstrucción de la trompa de Eustaquio, por inflamación o por dificultad para eliminar las secreciones, creando una presión menor en el oído medio durante la compresión, ocasionando la deformación de la membrana timpánica.

Los pulmones también pueden afectarse por la compresión torácica que disminuye el volumen pulmonar del aire que queda en los pulmones después de la expiración forzada. El efecto de la descompresión pulmonar impele sangre y líquidos tisulares hacia las vías respiratorias y los alvéolos, lo que puede generar lesiones pulmonares graves.

Existen también efectos de toxicidad ocasionados por la elevación de la presión de los gases del aire. Además, algunos gases tóxicos como el monóxido de carbono aumentan su toxicidad cuando la presión parcial es mayor a la normal. A presiones de cuatro o más atmósferas, el nitrógeno gaseoso del aire produce una acción narcótica que se manifiesta en una disminución de la capacidad de trabajo, cambios de temperamento, episodios de euforia injustificada, con manifestaciones similares a las ocasionadas por el alcohol.

La inhalación de oxígeno a presiones parciales superiores a dos atmósferas puede ocasionar síntomas de intoxicación por oxígeno, consistentes en hormigueo de los dedos de manos y pies, trastornos visuales, alucinaciones auditivas, confusión, espasmos musculares, especialmente faciales, náuseas y vértigo, llegando a ocasionar convulsión epileptiforme que desaparece tan pronto como cesa la exposición. Esta acción tóxica del oxígeno se incrementa con el esfuerzo físico y por la presencia de anhídrido carbónico. A una atmósfera de presión el oxígeno puro produce irritación en la garganta.

### **Bajas presiones**

Las bajas presiones, propias de elevadas altitudes, tienen su mayor riesgo en la hipoxia o falta de oxígeno que puede causar la pérdida del conocimiento. La exposición a bajas presiones (disbarismo) ocasiona síntomas como palidez intensa, sudoración abundante, desmayos, vahídos, náuseas, vómitos, pérdida del conocimiento, alteraciones del razonamiento, incapacidad de ejecución, malestar general, pudiendo llegar a la enfermedad aguda de las montañas, que es un síndrome clínico caracterizado por depresión profunda, cefalea intensa, náuseas, vómitos y pérdida del apetito.

Las patologías más graves consisten en el edema pulmonar y el cerebral, de considerable gravedad, cuya posibilidad de recuperación dependen del inmediato descenso y de la pronta atención médica, así como de la edad y las condiciones de salud individuales.

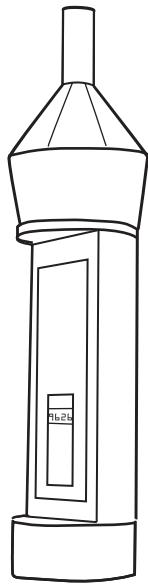
### **Valoración del riesgo por presiones anormales**

#### **Valores límites permisibles**

Existen tablas de descompresión, utilizadas en todas las actividades de buceo recreativo, deportivo y profesional, y para los trabajadores que deben descender varias decenas de

metros para realizar su trabajo. Estas tablas son de estricto cumplimiento por parte de la persona que buceo y ha de estar garantizada por instructores certificados.

En el otro extremo, las bajas presiones, a efecto de establecer condiciones individuales para autorizar cambios de altitud en trabajadores, se debe consultar en cada caso el concepto médico y establecer programas permanentes de vigilancia epidemiológica sobre el personal sometido a cambios de presión en razón a su trabajo.



**GRÁFICO 10.2**

Barómetro, instrumento de medición de presión atmosférica.

### Instrumento de medida

El término presión atmosférica o presión barométrica hace referencia al peso del aire, es decir, la atmósfera que se encuentra sobre determinado punto (por lo general se establece como una atmósfera de presión aquella medida a nivel del mar, y que equivale a 1013,25 milibares, 760 mm Hg).

El tipo de instrumento utilizado para medir la presión atmosférica dependerá del grado de presión a medir. En principio, son tubos huecos curvados en forma circular y con una sección oval. El acodamiento del tubo produce tensiones en el borde que flexionan el tubo y ejecuta un movimiento que se transmite a una aguja indicadora y representa la medida de presión. De modo que la precisión de este tipo de manómetro depende de la elasticidad de los materiales utilizados en su construcción.

La clase de barómetros llamados *termohigro* (Gráfica 10.2) se utilizan para mediciones climáticas porque pueden integrar varias mediciones como la humedad relativa del aire, la temperatura y la presión barométrica. Los barómetros multifuncionales miden la presión, la temperatura, la humedad y la velocidad del viento. Dichos aparatos tienen sensores digitales que han de contar con certificados de calibración debidamente expedidos por laboratorios certificados.

## Controles para el riesgo por presiones

### Para buzos

En todos los casos es necesario recibir formación certificada y consultar las tablas de descompresión, dentro de las cuales las principales son:

1. Padi. *Professional Association of Diving Instructors* (Asociación Profesional de Instructores de Buceo).
2. Naui. *Nacional Association of Underwater Instructors* (Asociación Nacional de Instructores Bajo el Agua).
3. Fedas. Federación Española de Actividades Subacuáticas.

La descompresión es necesaria porque los tejidos del cuerpo absorben una parte del nitrógeno presente en el aire que se respira, y a mayor profundidad se incrementa la absorción de este gas en los tejidos. Al exceder una cierta cantidad límite la sangre y los tejidos no pueden deshacerse del nitrógeno muy rápido, y al ascender a la superficie

la disminución en la presión hace que el nitrógeno forme burbujas de aire dentro de la sangre y los tejidos. La descompresión intenta eliminar este riesgo y para ello el ascenso se retrasa para permitir a la sangre y los tejidos eliminar el exceso de nitrógeno. El tiempo de descompresión dependerá de la profundidad y duración a la que se sumergió el buzo, así como de la mezcla de gases que haya respirado y siempre se expresa en minutos.

Algunos de los términos propios de las inmersiones son (Vicuña 2000, p. 44):

1. *Profundidad de la inmersión:* es la máxima alcanzada por el buceador durante la inmersión, independientemente del tiempo efectivo a dicha profundidad. En caso de tener que efectuar una inmersión a distintos niveles, organizar la inmersión para comenzar por la más profunda. Aunque se haga una inmersión sin descompresión, evitar las salidas continuas a superficie para recibir instrucciones o recoger herramientas, pues de esta forma aumenta el riesgo de sufrir una enfermedad descompresiva.
2. *Tiempo en el fondo:* es el tiempo transcurrido desde que se deja la superficie hasta que se deja el fondo.
3. *Intervalo en superficie:* es el tiempo transcurrido entre dos inmersiones sucesivas de un buceador. Se cuenta desde que llega a superficie hasta que comienza la segunda inmersión. Después de un período en superficie de 12 horas se considera que todos los tejidos están desaturados completamente.
4. *Selección de tiempo y profundidades en las tablas:* debe seleccionarse el tiempo que sea igual o inmediatamente superior al tiempo en el fondo y la profundidad igual o inmediatamente superior a la de la inmersión.
5. *Velocidad de ascenso:* la velocidad de ascenso hasta la primera parada o hasta la superficie, debe ser de 9 metros por minuto. Aunque variaciones de hasta 3 metros por minuto son aceptables.
6. *Variaciones en la velocidad de ascenso:* si el retraso es a una profundidad mayor de 15 metros, agregar al tiempo en el fondo la diferencia entre el tiempo empleado en el ascenso y el que hubiera sido necesario para ascender a 9 m/min. Descomprimir de acuerdo con el nuevo tiempo total en el fondo. Si el retraso es a una profundidad de 15 metros o menos, agregar a la primera parada la diferencia entre el tiempo empleado en el ascenso y el que hubiera sido necesario para ascender a 9 m/min.
7. *Duración de las paradas:* los tiempos indicados para las paradas de descompresión se cuentan desde que el buceador llega a la parada. El tiempo entre paradas es de un minuto.
8. *Estancia en las paradas:* no se debe efectuar ningún trabajo en las paradas. Debe planearse la inmersión para evitar tener que realizar trabajos durante el ascenso (mala flotabilidad, corrientes, etc.).
9. *Factores que favorecen los accidentes descompresivos:* cuando se efectúan trabajos difíciles o que necesiten gran esfuerzo físico. Cuando el buceador se encuentra en

- mala forma física, con tensión nerviosa, frío, o después de varias semanas efectuando inmersiones intensivas. Cuando las condiciones de las inmersiones sean tales que se prevea la posibilidad de sufrir una enfermedad descompresiva, se deberá incrementar el tiempo en el fondo al inmediato superior.
10. *Vigilancia al buceador:* después de efectuar una inmersión el buceador deberá ser observado durante los 30 minutos siguientes a la llegada a superficie, pues es este intervalo de tiempo en el que suelen aparecer los síntomas de enfermedad descompresiva. Después de una inmersión sin descompresión (sin paradas de descompresión) no debe efectuarse variaciones en altitud superiores a 500 m hasta 2 horas después de finalizar la inmersión. Cuando la variación de altitud es superior a 2600 metros el retraso será de 4 horas.
  11. *Inmersiones sin descompresión:* a las inmersiones que no son suficientemente largas o profundas como para requerir paradas de descompresión se las llama inmersiones sin descompresión. Inmersiones a 10 m o menos no requieren paradas de descompresión. A medida que la profundidad aumenta el tiempo permisible en el fondo para inmersiones sin descompresión disminuye. Estas inmersiones solo requieren el requisito de ascender a menos de 9 m/min.
  12. *Inmersiones que requieren paradas de descompresión:* todas las inmersiones que sobrepasan los límites de las sin descompresión, requieren paradas de descompresión.
  13. *Inmersiones Sucesivas:* una inmersión efectuada antes de las 12 horas siguientes a la llegada a superficie de una inmersión anterior, es una inmersión sucesiva. Dejar un mínimo de 10 minutos entre dos inmersiones sucesivas.
  14. *Inmersiones continuadas:* son aquellas en que el intervalo en superficie es menor de 10 minutos. Para calcular las paradas de descompresión se debe tabular por la máxima profundidad de las dos inmersiones y por un tiempo en el fondo igual a la suma de los tiempos de las dos inmersiones.

**TABLA 10.1**

Relación altitud (m) y presión atmosférica (mb).

ALTITUD (m)	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (mb)
0	1013,2
500	954,6
1000	(89%) 898,7
1500	845,5
2000	(78%) 794,9
2500	746,8
3000	(69%) 701,0
3500	657,5
4000	(61%) 616,3
4500	577,2

#### Para trabajadores expuestos a cambios de altitud

Es habitual, en numerosos trabajos, que las personas deban desplazarse a sitios con variaciones de altitud, esto es válido especialmente para las tripulaciones de aviación, auditores, visitadores, vendedores, deportistas, entre otros. Pasar de una altura mayor a una menor sobre el nivel del mar, normalmente solo supone adaptaciones climatológicas, no obstante, las investigaciones demuestran que al someterse a bajas de presión rápidas se pueden presentar un *ictus isquémicos no lacunares*, consistente en un trastorno cerebro vascular o apoplejía por falta de irrigación sanguínea en una zona u órgano determinado; sin embargo, resulta más crítico ascender que descender, porque se dificulta el paso del oxígeno a la sangre debido a la menor diferencia de presión que se presenta a una mayor altura sobre el nivel del mar. La necesidad de glóbulos rojos, los cuales transportan el oxígeno por los tejidos del cuerpo, aumenta cuando se está a una mayor altura.

Para prevenir el mal de altura, con toda su gama de manifestaciones y secuelas, tales como mareo, falta de apetito, náusea, dolor de cabeza, entre otras, es necesario programar el ascenso a partir de 1.500 metros sobre el nivel del mar, en cuyo caso es recomendable hacerlo al menor ritmo posible. Además, se debe contar con un programa de aclimatación y nutrición, diseñado por un médico del trabajo, con base en las características de cada individuo y las exigencias físicas propias de las tareas que deba realizar.

Como medidas preventivas de aplicación general, se recomienda la hidratación controlada, protección contra las radiaciones solares, abstenerse del consumo de alcohol y el exceso de sal, evitar los esfuerzos físicos intensos durante las primeras horas y tomar comidas ligeras pero frecuentes, consistentes principalmente en carbohidratos de fácil digestión.

El trabajador debe instruirse para que aprenda a identificar los síntomas del mal de alturas y pueda aplicar medidas de control tales como respirar profundo y evitar actividades físicamente exigentes.

## **Normatividad**

NOM – 014 – STPS – 2000: Exposición laboral a presiones ambientales anormales –

Condiciones de seguridad e higiene.

ANSI Z – 16.2: Presiones anormales.

UNE – EN – 14931 – 2006: Presiones en cámaras hiperbáricas.

PADI. *Professional Association of Diving Instructors* (Asociación Profesional de Instructores de Buceo.

NAUI. *Nacional Association of Underwater Instructors* (Asociación Nacional de Instructores Bajo el Agua).

FEDAS. Federación Española de Actividades Subacuáticas.



## Riesgo por iluminación

El riesgo relacionado con la iluminación hace referencia a toda eventualidad que surge en el ámbito laboral por la cantidad de luminosidad (exceso, carencia) o por sus defectos (centelleo, deslumbramiento, contrastes inadecuados).

Si bien, la capacidad del ser humano para adaptarse al entorno es asombrosa, es un hecho que su comodidad, estado anímico y desempeño se ven afectados por la luz. En ese contexto, una iluminación inadecuada o defectuosa puede generar cansancio, alteraciones visuales, incremento del esfuerzo mental, bajo rendimiento y hasta accidentes de diversa índole.

Como parámetros generales, el tipo de lámparas, la distribución de la iluminación y de las luminarias, la eficiencia lumínosa y la composición espectral de la luz son aspectos que se deben considerar en el momento de diseñar o adecuar puestos de trabajo. En esa planificación también debe sopesarse otro elemento que guarda gran relación con la luminosidad: el color que se elige para armonizar el entorno.

Se debe tener gran cuidado con la iluminación que presenta variaciones frecuentes y significativas que desencadenan alteraciones en el rendimiento visual.

Las nuevas tecnologías requieren cada vez de una mayor utilización de la visión y un 80%, aproximadamente, de la información sensorial que llega a la mayoría de los trabajadores es visual, por lo que hay que prestar mayor atención al diseño de la iluminación y a las condiciones visuales de cada usuario.

Un buen sistema de iluminación debe asegurar, además de suficientes niveles de luz, un adecuado uso del color y del contraste, control de los deslumbramientos y confort visual. Otro factor que merece especial consideración es el ahorro de energía.

Una iluminación adecuada, contribuye a:

1. Aumentar la productividad.
2. Reducir los accidentes.
3. Disminuir los errores.
4. Aminorar la fatiga visual.
5. Reducir el ausentismo laboral.
6. Incrementar el confort visual.
7. Estimular la buena actitud y satisfacción general.

*Importante:* la luz ejerce especial influencia en la salud física y psicológica de las personas; esto debe ser considerado al diseñar los sistemas de iluminación en los lugares de trabajo. Un diseño bien planeado, orientado y justificado se traduce en una actitud positiva de los trabajadores y en una mayor motivación y productividad.

## Conceptos básicos sobre la iluminación

En términos técnicos, iluminación es la proyección de la luz de un cuerpo brillante sobre otro. Combinada con diferentes colores genera los ambientes específicos en los que se dará la actividad laboral.

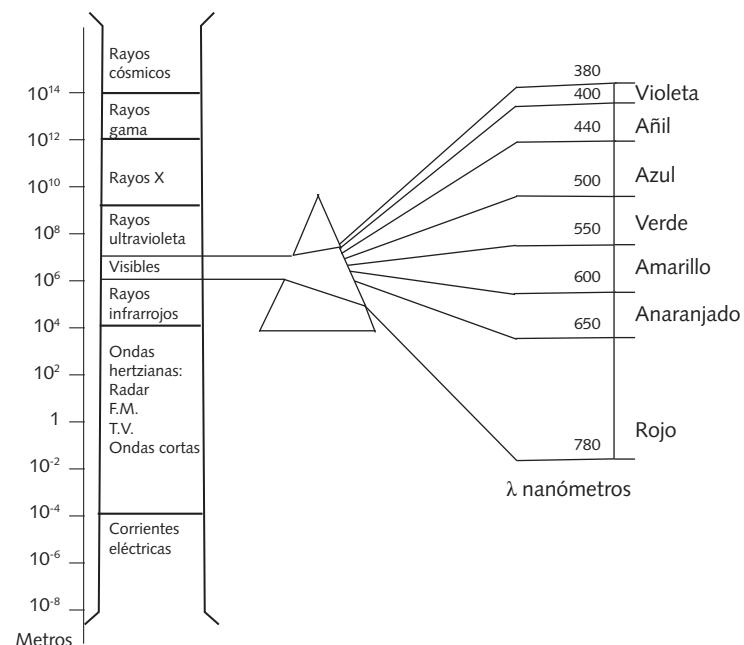
En cuanto a los niveles de iluminación (la cantidad de luz), hay que precisar que deben estar determinados por las exigencias específicas de cada labor y, por supuesto, como ya se dijo, por las condiciones visuales de las personas. Debe evitarse la iluminación en exceso o escasa. Una iluminación defectuosa (por exceso o por defecto), exige al trabajador un esfuerzo visual adicional, generando cansancio visual y mental, lo que redundaría en sucesos indeseados (adopción de posturas inadecuadas, desadaptación, malestar, bajo rendimiento, accidentes o enfermedades profesionales).

La temperatura de color influye en la percepción de los colores, así como en el diseño de un ambiente específico. La percepción de los colores corresponde a la excitación de los conos que permanecen en la retina y varía según la longitud de onda electromagnética reflejada, que en el caso del ojo humano, está comprendida entre 380 y 770 nanómetros (nm), intervalo denominado “luz visible”, y que comprende del violeta al rojo.

### La luz

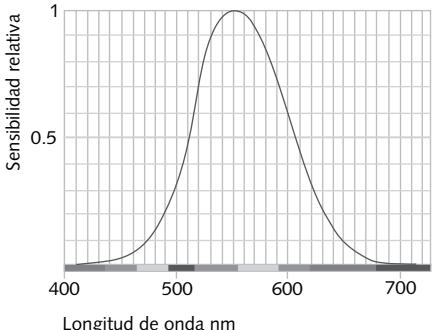
Como lo demostró Newton al pasar un rayo de luz blanca a través de un prisma, la luz se descompone en colores que van del rojo al violeta, pasando por naranja, amarillo, verde, azul y añil. Recordar ese fenómeno es útil para comprender que en la naturaleza como tal, no existe la luz blanca, sino que ella es la suma de la variedad de radiaciones visibles, las cuales, al impactar

**GRÁFICO 11.1**  
Espectro electromagnético  
(adaptado de *Light Sensitive of Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks* p. 10 <[http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_019.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_019.pdf)>).



el ojo humano, producen la sensación de blanco. Ese conjunto de radiaciones electromagnéticas que llega al ojo humano y posibilita la visión y está determinado por ondas cuyas longitudes oscilan entre los 380 y los 770 nanómetros (nm).

Toda radiación electromagnética emitida o reflejada por cualquier cuerpo, cuyas longitudes de onda se encuentren dentro del rango citado, es susceptible de ser percibida como luz porque su intensidad está entre los valores límites mínimo y máximo conocidos como umbrales absolutos de percepción visual. La frecuencia de mayor respuesta perceptiva por el ojo humano es de 555 nm de longitud de onda.

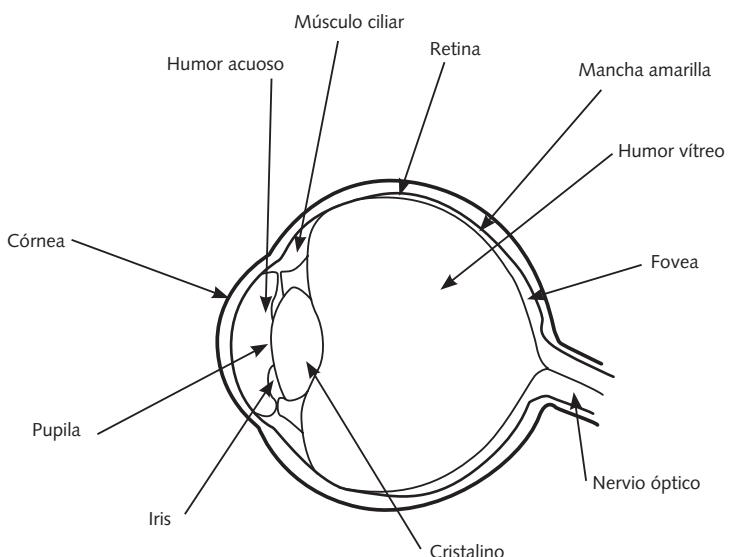


### La visión

El ojo humano es un órgano sensitivo muy complejo. Recibe la luz que proviene de los objetos y la enfoca sobre la retina; allí se forma una imagen que se convierte en información comprensible para el cerebro. Tener dos ojos posibilita ver de manera panorámica y binocular; la acción del cerebro hace que las dos imágenes se combinen y así surge la visión tridimensional o estereoscópica.

**GRÁFICO 11.2**

Al observar la curva se concluye que la sensibilidad máxima corresponde al amarillo verdoso, mientras que la sensibilidad es muy baja para los colores azul y violeta.



**GRÁFICO 11.3**

Partes del ojo.

### Tipos de visión

En relación con el tema de la iluminación en el ambiente laboral, es pertinente conocer los tipos de visión, puesto que con base en ellos se diseñan los sistemas de iluminación o de señalización para condiciones visuales extremas como, por ejemplo, trabajo nocturno, pistas de aterrizaje, señalización marítima y aérea, trabajo con material fotosensible, entre otros.

**Visión fotópica:** es aquella que se da en buenas condiciones de iluminación, como la luz del día. La regulan los conos y los bastones, elementos de la retina encargados de per-

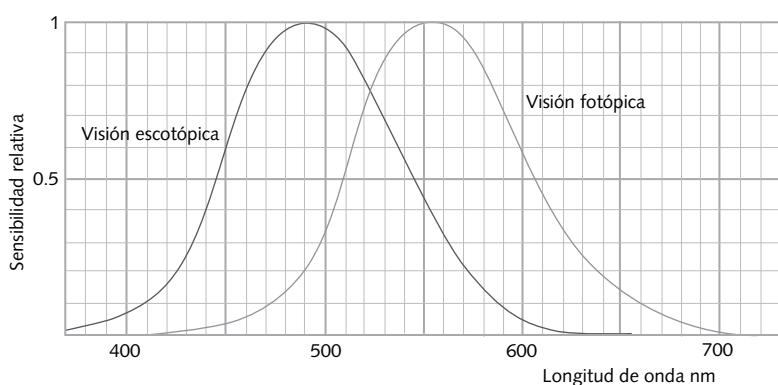
cibir las diferencias de luz y color. En este tipo de visión la máxima sensibilidad se produce con longitudes de onda cercanas a los 555 nanómetros, medición que corresponde al color amarillo-limón.

*Visión escotópica:* opera con muy bajos niveles de iluminación, por ello también se conoce como visión nocturna. La agudeza visual se reduce en estas condiciones y en la recepción de luz intervienen principalmente los bastones de la retina, sensibles al color azul (unos 500 nanómetros) pero no al rojo; los conos permanecen inactivos. Esta visión no permite diferenciar colores (visión monocromática) aunque sí grados de luminosidad.

*Visión mesotópica:* es la visión intermedia entre la fotópica y la escotópica. Se deduce entonces que se presenta en situaciones que no corresponden ni a la oscuridad total ni a la plena luz de un día soleado. Coincide fundamentalmente con lo que ofrece la luz artificial. En ella intervienen tanto los conos como los bastones de la retina.

**GRÁFICO 11.4**

Sensibilidad relativa en la visión escotópica y la visión fotópica.



### Visión e iluminación

Son muchos los aspectos fisiológicos que intervienen en la visión; sin embargo, algunos de ellos cobran mayor importancia en el contexto de la iluminación y la salud ocupacional. Esos aspectos son:

#### 1. Acomodación visual

Capacidad del ojo para enfocar nítidamente objetos a diferentes distancias. Ocurre cuando cambia la longitud focal por la variación del espesor del cristalino mediante la acción del músculo ciliar. Esta facultad se va perdiendo con los años debido a que se reduce la elasticidad muscular; esto se conoce como *presbicia* o *vista cansada* e implica el aumento de la distancia focal y de la cantidad de luz necesaria para que se forme una imagen nítida.

#### 2. Adaptación visual

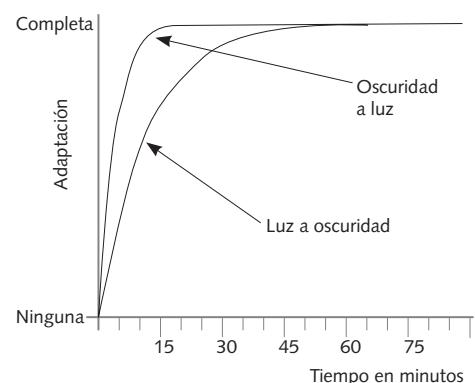
Es la capacidad del ojo para adaptarse automáticamente a variaciones de luminosidad. En este proceso interviene el iris, que actúa en forma semejante al diafragma de una cámara

fotográfica y regula la abertura de la pupila, y también los cambios fotoquímicos en la retina.

Cuando se pasa de ambientes oscuros a luminosos la adaptación es muy rápida, pero en el caso contrario, el ajuste es mucho más lento. Al cabo de un minuto de oscuridad hay ya una adaptación aceptable; a la media hora ya se ve bastante bien y luego de una hora la adaptación es completa.

### 3. Agudeza visual

Es la capacidad de percibir y discriminar visualmente los objetos o de distinguir dos puntos muy próximos entre sí. Es una medida del detalle más pequeño que se puede diferenciar y está muy influenciada por el nivel de iluminación. Si el nivel es bajo, como sucede por la noche, cuesta mucho trabajo distinguir detalles.



**GRÁFICO 11.5**

Tiempo de adaptación del ojo al tipo de luminosidad del ambiente.

### 4. Contraste

Es la diferencia relativa de intensidad entre una imagen y sus alrededores. Se produce por desigualdades entre colores o brillos. A mayor contraste, mejor visión, más particularización de detalles y menos fatiga visual. Una buena iluminación contribuye al logro de un buen contraste y al aumentar el brillo se compensan los bajos contrastes en colores. El umbral de contraste se sitúa alrededor del 0,3% de diferencia en brillo.



**GRÁFICO 11.6**

Una buena iluminación aumenta la velocidad de percepción.

**GRÁFICO 11.7**

Ejemplo de nivel de contraste bajo (A) y nivel de contraste alto (B).

Las diferencias de color o de luminancia entre el objeto o los detalles del mismo y el fondo, hacen posible la visión. Los trabajos que requieren gran agudeza visual precisan un mayor grado de contraste.

**TABLA 11.1**  
Contrastes de color  
más efectivos.

COLOR EN PRIMER PLANO		COLOR DE FONDO
Negro	sobre	amarillo
Rojo	sobre	blanco
Blanco	sobre	azul
Amarillo	sobre	negro
Blanco	sobre	verde
Verde	sobre	blanco
Azul	sobre	blanco
Negro	sobre	blanco
Blanco	sobre	rojo
Blanco	sobre	negro

### 5. Sombras

Las variaciones de iluminación de los objetos generan las sombras y ellas contribuyen a mejorar la percepción del relieve. No obstante, si aparecen grandes diferencias de iluminación, se pueden crear zonas en sombras que impiden el buen despliegue de la capacidad visual.

### 6. Ambiente cromático

En esencia, el color es un atributo de la luz e interviene de manera radical en la conformación de un ambiente y en el desempeño de la capacidad visual.

La luz solar está compuesta por todos los colores del espectro: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. La mayoría de las fuentes de luz artificial sólo producen algunos colores, aun cuando parezca que emiten “luz blanca”. La apariencia del color es diferente si se observa con luz artificial o con luz natural. De hecho, sólo se puede determinar el color verdadero de un objeto cuando se mira a la luz natural o a la luz de algún dispositivo que tenga la misma composición del espectro de luz natural.

Si se cumplen ciertas condiciones, la percepción del color se mejora a medida que se incrementa la iluminancia (flujo luminoso que incide sobre una superficie, se mide en lux), pero también intervienen factores como el contraste, las características de la superficie examinada y la adaptación de cada persona al color.

En el ojo, la retina es el punto donde mejor se discrimina el color e incluso puede percibir diferencias muy pequeñas de color entre dos superficies adyacentes.

El manejo de los colores influye en el ambiente que se logra crear dentro de un recinto, en mayor visibilidad, orientación de la atención y en la eficacia de las advertencias visuales de peligro; por otra parte, está probado que los colores producen reacciones psicológicas en los seres humanos. En consecuencia, al elegir colores para un ambiente laboral deben tenerse en cuenta que el manejo del color sirve para:

- a. Informar.
- b. Señalar.
- c. Demarcar áreas y vías de circulación.
- d. Mejorar el contraste.
- e. Aumentar la reflexión.
- f. Orientar.
- g. Aprovechar mejor la iluminación.
- h. Propiciar efectos psicoemocionales.

## 7. Atributos del color

Siempre que se elijan los colores, es válido recordar que ellos producen efectos muy variados: mayor o menor visibilidad, sensación de calor o de frío, sensación de amplitud o de estrechez, de libertad o de encierro, de aumento o disminución de tamaño, de alegría, serenidad o tristeza, entre muchos más.

Los colores claros reflejan más la luz, lo que permite un mayor aprovechamiento de la misma.

*Amarillo, naranja y rojo:* son colores cálidos, de muy alta visibilidad y su empleo da la sensación de agrandar los recintos. Esos atributos hacen que sean los colores focales más poderosos para resaltar aspectos importantes.

El amarillo y el naranja tienen mayor visibilidad que el rojo, pues permiten mayor reflexión de la luz. El rojo es más poderoso, excitante y, sin duda, ofrece mayor impacto visual. Se asocia con el fuego, que evoca calor y peligro; es alegre y estimulante, pero por eso mismo su abuso produce cansancio y distrae.

*Verde y azul:* son colores fríos, refrescantes y dan la sensación de alejamiento. Se oponen al rojo. El verde inspira calma, tranquilidad mental y seguridad; por ello se elige en salas de descanso y de espera. El azul sugiere inmensidad y se identifica con el frío del hielo y del acero; se trata de un color “estático”, a diferencia de los cálidos que remiten al calor, la luz y el movimiento.

*Púrpura y violeta:* son colores profundos, serenos y relajantes, aunque algunas personas los asocian con el duelo, lo que conduce a la depresión. Evocan posición, distinción y riqueza. Los tintes más pálidos producen la gama de tonos lilas y violáceos que proporciona equilibrio.

## Clases de iluminación

De acuerdo con su procedencia, la iluminación puede ser natural o artificial.

### Iluminación natural

Es la iluminación ideal, suministrada por la luz del día. Como ventajas, la luz natural permite definir correctamente los colores, no ocasiona costos y produce menos fatiga visual. Su desventaja radica en que varía a lo largo de la jornada, por lo que se debe complementar

con la luz artificial y su eficacia *depende* de la superficie acristalada que deba traspasar. Por otra parte, la acción directa del sol sobre las superficies acristaladas debe controlarse para que no se produzcan deslumbramientos por intensidad y lesiones cutáneas por acción de los rayos solares.

En caso de fundamentar la iluminación de un recinto en la luz natural, las ventanas deben contar con accesorios que permitan regular y orientar los rayos solares, tales como persianas. El trabajador debe recibir orientación sobre cómo emplear esos accesorios para hacer un uso adecuado de ellos a lo largo de la jornada y conseguir así, un ambiente de iluminación confortable durante todo el día.

Desde que se concibe la edificación es necesario considerar su ubicación en términos del aprovechamiento de la luz natural y del paisaje.

### **Iluminación artificial**

Proviene de fuentes luminosas manufacturadas, como lámparas de incandescencia o de descarga, entre muchas otras.

En lo posible, la iluminación artificial debe utilizarse como complemento de la luz natural para equilibrar y proporcionar una iluminación suficiente y confortable en un recinto. No obstante, en muchos casos, este tipo de iluminación es la única disponible, y entonces, su diseño implica un análisis detallado para lograr un ambiente confortable y seguro, a un costo razonable.

Como recomendación de base, en el caso de iluminación artificial exclusiva, se usará preferentemente la iluminación general, complementada con una localizada en aquellas áreas que requieran altos niveles de iluminación.

Para seleccionar el tipo de luminaria deben considerarse las siguientes variables: eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura de color, vida útil y facilidad de mantenimiento, dentro de un criterio de costo y racionalidad del uso de la energía.

Entre las distintas alternativas de iluminación artificial se encuentran:

#### **1. Lámparas de espectro completo**

Son la mejor opción; utilizan una novedosa tecnología que produce una iluminación blanca y sin parpadeo imitando las características de la luz solar.

#### **2. Lámparas incandescentes**

Los materiales sólidos y líquidos, al calentarse, emiten radiación visible a temperaturas superiores a 1.000 grados kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ); este fenómeno recibe el nombre de incandescencia.

En este principio se basan las lámparas de filamentos. Ellas contienen un fino hilo de tungsteno que puede alcanzar una temperatura entre 2.500 y 3.200  $^{\circ}\text{K}$ . Ahora bien, una buena parte de la radiación emitida no fluye en forma de luz, sino de calor, en la gama

de infrarrojos. Por ende, estas lámparas pueden ser dispositivos de calefacción eficaces, como se puede constatar al emplearlas para el secado de materiales impresos, la deshidratación de alimentos y la avicultura.

Entre las ventajas de este tipo de luminarias está el hecho de tener una mejor reproducción de colores, con una luz muy cercana a la luz natural del sol.

La iluminación por incandescencia genera sombras y su vida útil es relativamente corta. Su uso se limita cada vez más por el alto consumo de energía y el enérgico llamado a hacer un uso racional y eficiente de la misma.

### 3. Lámparas de descarga

El principio de estas luminarias consiste en el paso de una corriente eléctrica por un gas para activar átomos y moléculas que emitan una radiación con un espectro característico. Por lo general, en ellas se emplean dos metales: sodio y mercurio, dado que ambos provocan radiaciones útiles en el espectro visible.

Una desventaja de estas lámparas es que no reproducen el color de manera idéntica al que se obtiene con espectros continuos. Las lámparas normalmente se categorizan en baja o alta presión, aunque eso es relativo; una lámpara de sodio de alta presión funciona a menos de una atmósfera.

Ejemplos de lámparas de descarga son las de:

- Mercurio de baja presión (fluorescentes).
- Mercurio de alta presión.
- Sodio, de baja y de alta presión.
- Mezcladoras.
- Halogenuros metálicos.

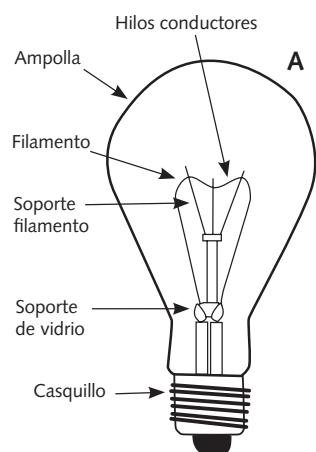
Cada una de ellas ofrece varias posibilidades y la investigación para aumentar la eficacia lumínica y reducir la contaminación de estas luminarias es un reto que continúa.

### 4. Lámparas de inducción electromagnética

Su principio es la descarga de gas a baja presión, sin usar electrodos para originar la ionización. Una antena interna, que actúa gracias a un generador externo de alta frecuencia, crea un campo electromagnético dentro del receptor de descarga e induce la corriente eléctrica en el gas a originar su ionización. Es una lámpara de gran vida útil.

### 5. LED (diodos emisores de luz, por sus iniciales en inglés)

La aplicación de esta tecnología en iluminación es relativamente reciente y tiene como ventajas que trabaja a baja tensión, a temperaturas extremas inclusive, produce muy poco calor, tiene una vida útil muy superior a las bombillas convencionales, no contiene sustancias tóxicas y consume muy poca energía.



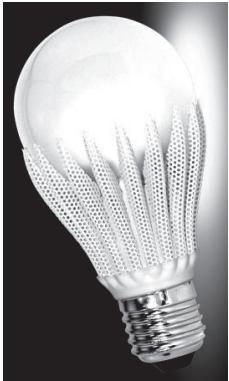
**GRÁFICO 11.8**

La bombilla incandescente tradicional (A) y las lámparas halógenas de tungsteno son ejemplo de lámparas incandescentes.



**GRÁFICO 11.9**

Lámpara clara de vapor de mercurio a alta presión.



**GRÁFICO 11.10**

bombilla LED GeoBulb, genera 800 lúmenes de brillo y sólo consume 8 watts (tomado de Iluminet 2 de abril de 2009).

Todavía no ha tomado fuerza en fábricas y oficinas, para lo cual requiere de un mayor desarrollo, pero indudablemente esta tecnología está cada vez más cerca y se proyecta como la iluminación del futuro.

De acuerdo con su cobertura, la iluminación puede ser:

*General:* la iluminación contempla el área en su totalidad. Debe permitir desplazamientos seguros, la realización de labores de orden y aseo, y proporcionar un ambiente de confort visual.

*Localizada:* suministra mayor intensidad de luz en un puesto de trabajo de tal modo que allí se puedan observar en detalle los objetos y facilite la lectoescritura.

*Acentuada:* ofrece un alto nivel de iluminación para, por ejemplo, focalizar un peligro, llamar la atención sobre un objeto en particular, o permitir una labor eventual que necesita gran luminosidad.

### Causas del riesgo por iluminación

1. No hay o no se aprovecha la luz natural disponible. No hay ventanales o fuentes de luz cenital, entre otras alternativas.
2. Las superficies translúcidas no cuentan con persianas u otro objeto que permita orientar los haces de luz; es decir, no hay control de la luz natural.
3. La iluminación instalada no corresponde a las condiciones de trabajo: oficina o planta industrial, recintos cerrados o abiertos, modalidades de trabajo y exigencias especiales (aspectos de seguridad, condiciones de asepsia, requisitos mecánicos y ambientales, etc.).
4. Hay una incorrecta distribución de las lámparas en cuanto a número, altura e intensidad.
5. La iluminación no es uniforme y provoca diferencias de intensidad lumínosa.
6. El nivel de iluminación no corresponde a la agudeza visual del trabajador, a su edad ni a las exigencias de su trabajo.
7. No se utilizan lámparas individuales de luz localizada cuando el trabajo requiere intensidades muy altas (más de 750 lux).
8. La ubicación de las lámparas ignora las superficies de trabajo.
9. Los colores de los techos, paredes, divisiones, pisos y muebles no favorecen la reflexión de la luz y, por el contrario, la absorben.
10. No hay un estricto control del efecto estroboscópico en lugares donde se operan máquinas con partes en movimiento (rotativas, sierras eléctricas, etc.).
11. No se garantiza la iluminación continua de los sitios que implican riesgos para la vida de las personas, como áreas críticas y rutas de evacuación.
12. Los controles de encendido no están separados por áreas de trabajo para permitir que la luz se encienda o se apague solamente en las zonas en que se requiera.
13. Existe poco o ningún mantenimiento periódico programado, con limpieza incluida, de las superficies de apantallamiento para tener una buena reflexión; hay

- luminarias averiadas o sin sustitución, acumulación de polvo en lámparas y difusores, tubos fluorescentes con más horas de encendido del periodo de servicio efectivo, por ejemplo.
14. Si hay exposición a luz solar o artificial muy intensa, no se emplean elementos de protección ocular, como gafas con lente de filtro que obedezcan a la recomendación de un experto.
  15. Los exámenes visuales de los trabajadores no se realizan con la periodicidad debida o no corresponden a las características de la labor que cumplen o del medio en que se desempeñan.

### **Valoración del riesgo por defectos de iluminación**

Esta labor se inicia con un reconocimiento cuyo propósito es identificar las áreas y estaciones de trabajo con iluminación inadecuada a las exigencias de la tarea y a las condiciones visuales del trabajador. Para ello se debe hacer un recorrido por las instalaciones observando y recolectando información de los trabajadores sobre las exigencias visuales de su actividad, sus condiciones ópticas, comentarios y sugerencias e información técnica y administrativa, relativa a los procesos de trabajo, trabajos no rutinarios, jornadas reales de trabajo, rotación, etc. De esta manera, se determinan las áreas y puestos de trabajo que requieren evaluación.

Para el registro subsiguiente, se debe elaborar un croquis de los sitios donde se harán las mediciones: distribución de áreas, ventanas o claraboyas, luminarias, maquinaria, muebles y equipos. Es conveniente orientar el plano mediante el dibujo de una brújula, de modo que al analizarlo se observe la ubicación cardinal de las ventanas para determinar la influencia de la luz solar a lo largo de la jornada laboral.

Con base en las jornadas y en la clase de iluminación, se determina en qué momento hacer las mediciones (mañana, tarde o noche). Debe elegirse el tiempo en que las condiciones son más críticas dentro del horario de trabajo normal para llevar a cabo una valoración confiable.

En lo que respecta a las condiciones de las luminarias, además de su estado de limpieza, se verifica su funcionamiento, el período acumulado de operación y el tiempo de uso, el día de la medición.

Vale decir que la iluminación no presenta valores límites permisibles sino rangos recomendados, con base en diversas normativas. Por lo tanto, lo que se hace para valorar si se presenta o no un problema de iluminación, es realizar la medición y contrastar los resultados con los valores recomendados, para determinar si la cantidad de luz es adecuada a la actividad que se realiza (contraste, distancia, tamaño, grado de detalle, velocidad, etc.), factores que modifican la cantidad de luz requerida a las condiciones visuales de las personas que las desarrollan (agudeza visual, sensibilidad al contraste, estado del sistema binocular, defectos de refracción, campo visual, edad); al entorno (condiciones cromáticas, distribución de los muebles y equipos respecto a las fuentes

de iluminación) al tiempo de permanencia en las instalaciones y a la jornada en que se lleva a cabo la labor.

**TABLA 11.2**  
Niveles de iluminación según  
la norma ISO 8995.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (LUX)		
	MÍN.	MEDIO	MÁX.
<b>Áreas generales en las construcciones</b>			
Áreas de circulación, corredores	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	100	150	200
Vestidores, baños	100	150	200
Almacenes, bodegas	100	150	200
<b>Talleres de ensamble</b>			
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de automóviles	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	1000	1500	2000
<b>Procesos químicos</b>			
Procesos automáticos	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios.	300	500	750
Industria farmacéutica	300	500	750
Inspección	500	750	1000
Balanceo de colores	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	300	500	750
<b>Fábricas de confecciones</b>			
Costura	500	750	1000
Inspección	750	1000	1500
Prensado	300	500	750
<b>Industria eléctrica</b>			
Fabricación de cables	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	300	500	750
Ensamble de devanados	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	1000	1500	2000
<b>Industria alimenticia</b>			
Áreas generales de trabajo	200	300	500
Procesos automáticos	150	200	300
Decoración manual, inspección	300	500	750
<b>Fundición</b>			
Pozos de fundición	150	200	300
Moldeado basto, elaboración basta de machos	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	300	500	750

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (LUX)		
	MÍN.	MÉDIO	MÁX.
<b>Trabajo en vidrio y cerámica</b>			
Zona de hornos	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidriado	0	500	750
Pintura y decoración	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	750	1000	1500
<b>Trabajo en hierro y acero</b>			
Plantas de producción que no requieren intervención manual	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	200	300	500
Plataformas de control e inspección	300	500	750
<b>Industria del cuero</b>			
Áreas generales de trabajo	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	750	1000	1500
<b>Taller de mecánica y de ajuste</b>			
Trabajo ocasional	150	200	300
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura.	200	300	500
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	500	750	1000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	1000	1500	2000
<b>Talleres de pintura y casetas de rociado</b>			
Inmersión, rociado basto	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	750	1000	1500
<b>Fábricas de papel</b>			
Elaboración de papel y cartón	200	300	500
Procesos automáticos	150	200	300
Inspección y clasificación	300	500	750
<b>Trabajos de impresión y encuadernación de libros</b>			
Recintos con máquinas de impresión	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	1500	2000	3000
Encuadernación	300	500	750
Decoración y estampado	500	750	1000
<b>Industria textil</b>			
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	200	300	500
Giro, embobinamiento, enrollamiento peinado, tintura	300	500	750

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (LUX)		
	MÍN.	MEDIO	MÁX.
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	500	750	1000
Costura, desmote, inspección	750	1000	1500
<b>Talleres de madera y fábricas de muebles</b>			
Aserraderos	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	200	300	500
Maquinado de madera	300	500	750
Terminado e inspección final	500	750	1000
<b>Oficinas</b>			
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	300	500	750
Oficinas abiertas	500	750	1000
Oficinas de dibujo	500	750	1000
Salas de conferencia	300	500	750
<b>Hospitales</b>			
<i>Salas</i>			
Iluminación general	50	100	150
Examen	200	300	500
Lectura	150	200	300
Circulación nocturna	3	5	10
<i>Salas de examen</i>			
Iluminación general	300	500	750
Inspección local	750	1000	1500
<i>Terapia intensiva</i>			
Cabecera de la cama	30	50	100
Observación	200	300	500
Estación de enfermería	200	300	500
<i>Salas de operación</i>			
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local	10000	30000	100000
<i>Salas de autopsia</i>			
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local	5000	10000	15000
<i>Consultorios</i>			
Iluminación general	300	500	750
Iluminación local	500	750	1000
<i>Farmacia y laboratorios</i>			
Iluminación general	300	400	750
Iluminación local	500	750	1000
<b>Almacenes</b>			
<i>Iluminación general:</i>			
En grandes centros comerciales	500	750	-
Ubicados en cualquier parte	300	500	-
Supermercados	500	750	-

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (LUX)		
	MÍN.	MÉDIO	MÁX.
<b>Colegios</b>			
<i>Salones de clase</i>			
Iluminación general	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	300	500	750
Elaboración de planos	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>			
Iluminación general	300	500	750
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	500	750	1000
<i>Laboratorios</i>			
<i>Salas de arte</i>	300	500	750
<i>Talleres</i>	300	500	750
<i>Salas de asamblea</i>	150	200	300

### Instrumento de medición

Se utilizan los iluminómetros o luxómetros, los cuales deben calibrarse periódicamente en laboratorios autorizados según las indicaciones del fabricante.

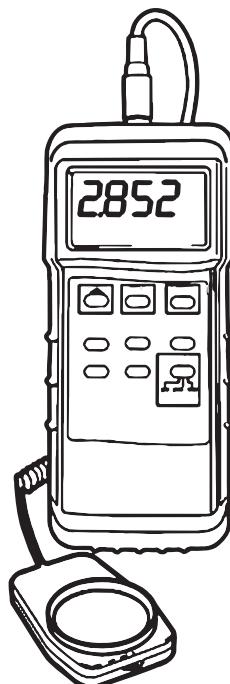
El luxómetro o iluminómetro realiza mediciones de la intensidad de iluminación en un espacio determinado. Trabaja con diferentes unidades (lux, pie-candela, etc.) y puede seleccionar el tipo de luz: natural/tungsteno, fluorescente, mercurio y sodio para indicar los ajustes correspondientes a cada uno de ellos. Previo a la medición se enciende el equipo, se revisa el estado de la batería, se verifica que la pantalla indique cero con la fotocelda cubierta; entonces, se selecciona la unidad de medición, la escala (teniendo la precaución de iniciar con la más alta) y el tipo de luz. La fotocelda del instrumento o sensor de luz debe exponerse en el sitio de análisis y hay que tomar precauciones para no proyectar sombras. Las lecturas deben grabarse y luego registrar los datos obtenidos, que por lo general muestran los valores máximo, mínimo y promedio. El cociente o resultado de dividir el valor máximo entre el mínimo determina el contraste.

### Metodología para realizar mediciones

La metodología para realizar las mediciones se hace de acuerdo con la normativa adoptada en el país o por entidades de reconocida idoneidad.

Las mediciones se efectúan sobre los planos de trabajo y se considera la inclinación existente. Si no se cuenta con el plano de trabajo, se mide sobre un plano imaginario.

Para medir la iluminancia general en un salón regular, se divide el área en cuadrados imaginarios y se realizan mediciones en el centro de cada cuadrado, a la altura de los planos de trabajo (0.75 metros para trabajo sedente y 0.85 m. para trabajo de pie). El promedio de las mediciones individuales equivale a la iluminancia promedio del salón.



**GRÁFICO 11.11**  
Iluminómetro.

En los puestos de trabajo, la medición se realiza en las condiciones normales en las cuales el trabajador desempeña su actividad. La celda se coloca sobre el plano de trabajo o sobre el área visual crítica, cada plano se mide independientemente.

Deben realizarse mediciones en todas las estaciones de trabajo, debido a que las condiciones de iluminación, difícilmente son idénticas.

Para evaluar la luz artificial, se realizan las mediciones en ausencia de la luz solar.

Para valorar la reflexión de las superficies, se coloca la fotocelda sobre la superficie y se registra la medición de iluminancia promedio, posteriormente se coloca la fotocelda a 15 cm aproximadamente, orientada hacia la superficie, para medir los niveles de iluminación que refleja. El cociente de las dos mediciones, expresado en porcentaje, equivale al valor buscado.

## **Efectos de las deficiencias lumínicas**

Los efectos de las deficiencias lumínicas en el ser humano se manifiestan en:

1. Cefalea
2. Problemas de concentración
3. Trastornos depresivos
4. Cansancio visual
5. Fatiga mental
6. Acentuación de vicios de refracción
7. Fenómeno estroboscópico
8. Deslumbramiento
9. Hábitos posturales nocivos

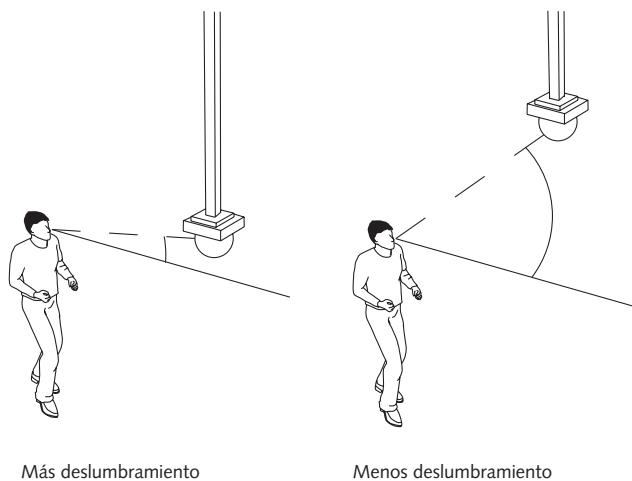
No existen efectos directos de la inadecuada iluminación en la visión, pero sí es un hecho que incide en el avance de los defectos de refracción, permite que se cometan errores y es causa de agotamiento visual y mental. La instalación o funcionamiento indebido de las luminarias puede provocar, entre otros, el fenómeno estroboscópico y ocasionar accidentes.

El fenómeno de refracción ocular permite la concentración de las imágenes sobre la retina a través de los diferentes medios transparentes del ojo normal. La refracción, en términos generales, es el cambio de dirección y la disminución de velocidad que sufre todo rayo de luz cuando en su recorrido encuentra un cuerpo transparente.

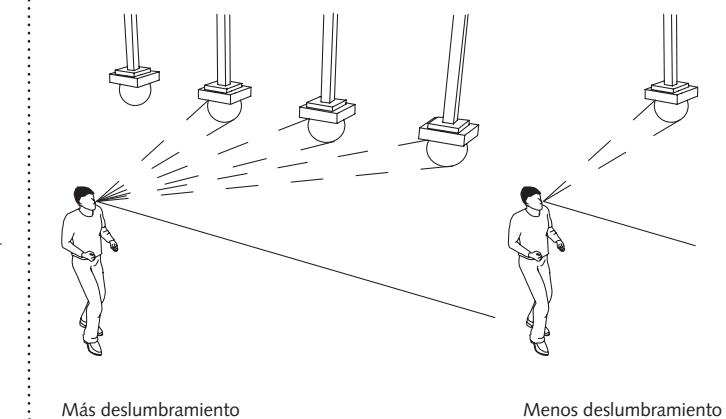
La refracción en el ojo humano ocurre en las superficies transparentes del órgano: córnea, humor acuoso, cristalino y humor vítreo. Los vicios de refracción son un desbalance del sistema óptico que impide el funcionamiento correcto y se presentan vicios como miopía, astigmatismo e hipermetropía; las fallas en la acomodación del cristalino también inciden y su defecto se traduce en presbicia o vista cansada.

*Fenómeno o efecto estroboscópico:* en lo que atañe a salud ocupacional, este efecto óptico que produce un movimiento ilusorio de los objetos puede ser bastante peligroso, pues hace que se vean partes de máquinas y herramientas paradas, cuando en la realidad están en movimiento, lo que podría generar accidentes por distorsión de la visión. El

1. Altura de la instalación de alumbrado



2. Tamaño de la habitación



efecto se presenta por la acción de las pequeñas variaciones cíclicas en la corriente alterna que alimenta las luminarias de un recinto.

*Deslumbramiento:* el deslumbramiento es el efecto que produce distorsión o reducción en la habilidad para ver los objetos, ocasionado por la localización del individuo frente a una ventana o una fuente de luz por mala distribución de luminarias. En el primer caso, la recomendación no es evitar la vista al exterior sino utilizar persianas u otro elemento que permita orientar los rayos solares. Cuando las luminarias ocasionan deslumbramiento, entran en juego tres condiciones: la luminancia, las dimensiones y la ubicación de las luces dentro del campo visual. Algunas pautas para evitar que se produzca el fenómeno son las siguientes:

1. Reducir los efectos de deslumbramiento indirecto con materiales, acabados y pinturas mate.
2. Colocar, lo más alto posible, las lámparas de gran luminancia y ubicarlas de tal forma que el ángulo que se forma entre la dirección del eje visual y la dirección del foco luminoso sea superior a 45 grados. Si aún hay riesgo de deslumbramiento es bueno optar por el uso de pantallas o difusores que eviten que el flujo luminoso incida directamente sobre los ojos de la persona.
3. Los contrastes entre luces y superficies iluminadas no deben estar por encima de ciertos rangos. En términos generales, las normas determinan las siguientes relaciones:
  - a. El contraste entre la tarea visual y la superficie de trabajo será de 3:1.
  - b. Entre la tarea visual y el espacio circundante, de 10:1.
  - c. Entre la fuente luminosa y el fondo, de 20:1.
  - d. La máxima relación luminosa en el campo visual será de 40:1.

#### GRÁFICO 11.12

Factores que afectan el deslumbramiento (adaptado de Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, capítulo 46 Iluminación, p. 10).

4. Si en el puesto de trabajo se utiliza una fuente luminosa adicional, la relación correcta entre la luz focal y la iluminación general es la siguiente:
  - a. De 3, si la luz adicional aporta una iluminación de 100 lux.
  - b. De 5, si aporta una iluminación de 250 lux.
  - c. De 10, si provee una iluminación de 1.000 lux.

## **Control del riesgo por iluminación**

La información sensorial que llega a los trabajadores es principalmente visual, lo cual obliga a prestar mayor atención al diseño de la iluminación y a las condiciones ópticas de las personas, complemento vital para el control, en un porcentaje importante, de la fatiga laboral.

Las consecuencias de un buen complejo iluminativo repercuten favorablemente sobre las personas y reducen la fatiga y los índices de error y accidentalidad. En adición, influyen en el mejoramiento del rendimiento laboral (cantidad y calidad del trabajo) y por supuesto, en la productividad.

Además, un buen sistema de iluminación debe garantizar suficientes niveles de iluminación, suministrar contrastes adecuados entre los distintos aspectos visuales de la tarea, controlar los deslumbramientos, reducir el riesgo de accidente y proveer confort visual, y en todo ello juega un papel muy importante la utilización de los colores.

En el diseño del sistema de iluminación deben considerarse los niveles de intensidad de luz que exige la tarea, el contraste entre el objeto de visión y el fondo y alrededores, el color que contribuye a crear un ambiente agradable, a aumentar o disminuir la reflexión de la luz, a resaltar peligros e identificar situaciones de inseguridad y generar actitudes de respuesta, y la selección de luminarias, con base en su eficiencia, facilidad de mantenimiento, costo y flexibilidad.

## **Correctores para lugares con niveles de iluminación bajos**

1. Limpiar ventanas y retirar los obstáculos que puedan impedir la entrada de rayos solares para aumentar la luz natural.
2. Mantener paredes, techos, fuentes de luz (lámparas, difusores, reflectores, etc.), libres de polvo para evitar reducciones en los niveles de iluminación.
3. Utilizar luminarias herméticas en áreas donde la contaminación es alta.
4. Elegir colores claros para obtener mayor reflexión.
5. Instalar lámparas con aberturas hacia el techo para aprovechar la luz reflejada e indirecta, en espacios interiores, lo cual produce un efecto confortable. En ambientes externos no es recomendable, puesto que se desperdicia la energía lumínica.
6. Fortalecer la iluminación puntual de los sitios de inspección o precisión y en aquellos donde se requiera señalar algún peligro.
7. Adecuar las instalaciones de tal modo que cada trabajador, individualmente, pueda manejar la iluminación que le corresponde según sus necesidades.

8. Acercar la iluminación al objeto, como lo indica la ley de la inversa de los cuadrados: la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia existente entre la fuente de luz y la superficie iluminada:  $I \propto 1/r^2$ .

*Reducción de distractores:* la tendencia minimalista ayuda a concentrar la actividad visual y reducir la fatiga. En trabajos de alta concentración visual particularmente, debe garantizarse un fondo limpio, libre de detalles y distractores.

### **Ejercicios para evitar la fatiga visual**

Debe considerarse el sistema óptico del trabajador: disponer de corrección actualizada y garantizar equilibrio en su visión binocular para evitar tensión y fatiga a lo largo de la jornada y recomendar parpadear frecuentemente así como efectuar pausas periódicas, durante las cuales, puede realizar ejercicios para descansar la visión.

Por eso, se debe instruir al trabajador para que realice pausas en su trabajo y durante ellas mire objetos lejanos a través de una ventana; se le recomendará que se concentre lo más que pueda para visualizar los detalles, luego, deberá percibir los detalles pero de un objeto cercano.

En los trabajos de concentración visual hay una tendencia a mantener la mirada fija, estática. El parpadeo permite un descanso breve de los ojos, a la vez que limpia y humedece la superficie ocular, al dispersar la capa lagrimal por toda la córnea, lo cual es necesario para conservar una visión nítida y evitar en el ojo efectos irritantes por resequedad. Aunque el parpadeo es un movimiento involuntario, pueden adquirirse malos hábitos que deben corregirse.

### **Racionalización de la energía**

El uso eficiente de la energía es una necesidad económica y un compromiso con el ambiente y la vida futura. La norma Retilap colombiana establece las siguientes obligaciones:

1. Aprovechar al máximo la luz natural mediante la instalación de foto sensores que regulen la iluminación artificial en función de la cantidad de luz natural, o independizando los circuitos de las lámparas próximas a las ventanas o claraboyas.
2. Establecer circuitos independientes de iluminación para zonificar la instalación en función de sus usos y diferentes horarios.
3. Usar sistemas de control centralizado en grandes instalaciones, esto permite ahorrar energía mediante la adecuada gestión de la energía demandada y consumida, además de efectuar un registro y control sobre los eventos que afectan la calidad del servicio.
4. Instalar detectores de presencia temporizados en los lugares menos frecuentados (pasillos, servicios, almacenes, etc.).

5. Instalar controles de iluminación automáticos que apaguen o enciendan las luces en determinados horarios, esta acción constituye una fuente de ahorro importante.
6. Elegir siempre las fuentes de luz con mayor eficacia energética en función de las necesidades de iluminación.
7. Emplear balastos electrónicos, porque estos ahorran energía, alargan la vida de las bombillas y consiguen una iluminación más agradable y confortable.
8. Realizar un mantenimiento programado de la instalación, limpiando fuentes de luz y luminarias y reemplazando las bombillas en función de la vida útil indicada por los fabricantes.
9. Utilizar materiales translúcidos difusos en grandes áreas, los cuales dejan pasar poco calor radiante para incrementar la contribución de luz natural.
10. Usar iluminación localizada (mayor que la general) en puestos de trabajo.
11. Hacer flexible el diseño de la distribución de la iluminación, de tal manera que pueda permitir una reacomodación en la organización del trabajo.
12. Elegir fuentes de luz más eficaces que satisfagan los requerimientos de rendimiento de color.
13. Usar la luminaria más eficiente, que satisfaga el requerimiento de confort en términos de apantallamiento.
14. Incrementar las reflectancias de la superficie del salón, asegurándose que no excedan el rango recomendado, ya que podrían introducir desconfort y distracción.
15. Controlar el horario de apagado y encendido de los sistemas de iluminación, sin comprometer aspectos de seguridad<sup>1</sup>.

### **Uso de pantallas de computadores**

El uso de los computadores personales o PC se ha extendido a prácticamente todas las oficinas, por lo que abordar el tema concerniente a los riesgos por iluminación con el uso de dichos aparatos, constituye un buen ejemplo.

De preferencia se debe contar con iluminación natural general, ojalá suministrada por el costado norte o sur, para evitar deslumbramientos directos del sol que nace por el oriente y se oculta por el occidente. Dependiendo de la ubicación de las ventanas y elementos externos: construcciones, árboles, etc., se podría recibir el sol “filtrado”. No obstante, la iluminación natural debe llegar lateralmente, para evitar reflexiones sobre la pantalla o directamente sobre los ojos.

La oficina debería contar con filtros o persianas (las horizontales son muy convenientes para orientar los rayos solares hacia el techo), obteniendo una iluminación reflejada que proporciona una atmósfera relajada.

---

<sup>1</sup> Tomado de la Resolución 181331 de 2009, del Ministerio de Minas y Energía de Colombia, por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, RETILAP.

La pantalla tiene su propia iluminación, de modo que aquí lo que interesa es disponer de un monitor adecuado y utilizar caracteres en un tamaño que facilite la lectura. El monitor debe ubicarse a una distancia entre 50 a 60 cm frente al trabajador, que debe estar sentado, relajado y la altura de la pantalla debe graduarse de modo que en la posición indicada; al mirar al frente, los ojos deben ubicarse a 6 cm aproximadamente de la parte superior de la pantalla, para que la visión se realice con el mínimo esfuerzo.

### Iluminación artificial

Para definir la iluminación artificial, primero debe evaluarse si la actividad es de transcripción o de interacción con la pantalla directamente, si el empleado debe mirar el teclado, realizar lectura de documentos, en fin, observar hacia donde dirige la mirada el trabajador para desarrollar sus tareas. Estos sitios son los que deben iluminarse más, y los niveles varían dependiendo de las condiciones de nitidez, contraste, tiempo, edad y condiciones visuales del trabajador, así como del momento en que se realice cada actividad específica. El objetivo es lograr una iluminación uniforme dentro del campo visual.

La iluminación artificial se obtiene mediante lámparas ubicadas de forma que no generen brillos sobre las pantallas o la línea visual de los trabajadores, ni los haces de luz sean obstaculizados por el propio trabajador o por equipos u otros elementos.

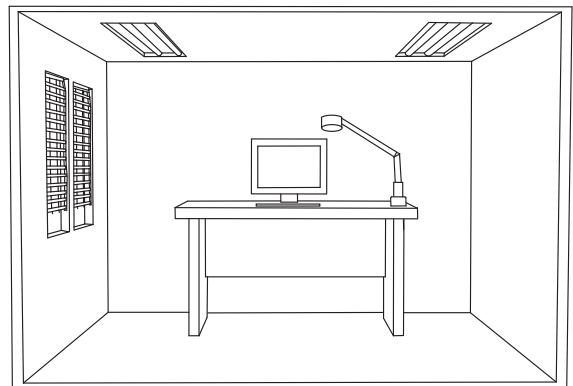
Se tendrá cuidado para evitar los deslumbramientos directos (iluminación sobre la visual de la persona) o indirectos (reflejados sobre la pantalla o superficies brillantes) asegurándose que el ángulo de la lámpara esté fuera del campo visual de cada persona y procurando acabados mates en el entorno.

En resumen, la iluminación general fija debe ser homogénea y la iluminación localizada apoyará las tareas propias del cargo desempeñado por el trabajador, dinamizando la intensidad de la luz de acuerdo a su necesidad y preferencia.

Otro aspecto no menos importante, lo constituye la armonía y estética que crea ambientes agradables y estimulantes. De preferencia la iluminación artificial debe posibilitar su variabilidad a lo largo de la jornada: permitir ajustarse a las necesidades y preferencias individuales, cambiantes durante el día.

La tendencia es incrementar las lámparas de bajo consumo, de mayor eficiencia en términos de calidad energética, buena iluminación y buen color. En momentos en que ha tomado especial relevancia la conservación del planeta, contribuir al ahorro energético es un imperativo.

Las condiciones cromáticas deben procurar un ambiente confortable, que permita aprovechar la reflexión de la luz. Se recomiendan colores claros y de acabado mate para los planos de trabajo y el entorno laboral.



**GRÁFICO 11.13**

Iluminación adecuada. La ventana está provista de persianas horizontales, lámparas a ras del techo, a lado y lado del trabajador, y una lámpara articulada de luz fría o Led que puede moverse a lo largo del plano de trabajo, para colocar en el sitio de lectura o donde se requiera mirar algún detalle. Todo esto genera un nivel de iluminación adecuado y confortable.

La propensión de la iluminación artificial está orientada a:

*Mayor tecnología:* que conduzca a innovaciones más eficientes en la conversión de energía eléctrica en energía luminosa.

*La protección ambiental:* evitando la contaminación y garantizando la sustentabilidad.

*La simplicidad:* reduciendo el tamaño de las luminarias, el número de componentes y el peso, de modo que se facilite su empaque, transporte, almacenamiento, instalación y mantenimiento.

*La versatilidad en sus aplicaciones:* adaptándose a sistemas más sofisticados.

Finalmente, podemos concluir que la iluminación artificial debe emular dentro de lo posible a la luz natural y ser dinámica, suficiente, flexible, racional en el costo y respetuosa del ambiente.

## Normatividad

Colombia: Resolución 2400/79 Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, hoy Ministerio de la Protección Social, Título III, artículos 79-87. GTC 8 – Guía Técnica Colombiana – Principios de ergonomía visual – Iluminación para ambientes de trabajo en espacios cerrados. 1994-08-17 – ICONTEC. Resolución n°. 181331, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, 2009.

DIN 5035 *Artificial lighting.*

ISO 8995-1:2002 (CIE S 008 / E: 2001): *Lighting of work places -- Part 1: Indoor*

ISO 8995-3:2006 *Lighting of work places. Part 3: Lighting requirements for safety and security of outdoor work places.*

ISO 30061:2007 (CIE S 020 / E: 2007): *Emergency lighting.*

RD 486/97. Seguridad y salud en los lugares de trabajo, en el capítulo II Obligaciones del empresario, el artículo 8 y anexo IV señalan algunas disposiciones sobre la iluminación.

En la Argentina, la norma IRAM AADL J20-06 establece valores mínimos para más de 200 actividades, clasificadas por tipo de edificio, local y tarea visual. Esta norma fue publicada en 1972 y reeditada sin modificaciones en 1996.

México: Norma oficial mexicana NOM-025-STPS-1999. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo – 23/12/1999.

UNE 72163:1984 Niveles de iluminación.

UNE 72112: 1985 Tareas inusuales. Clasificación.

UNE-EN 13032-3:2008: luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias.

Venezuela: COVENIN 2249-93. Iluminancias en tareas y áreas de trabajo.

## **Riesgo por radiaciones**

Al hablar de sobreexposición a las radiaciones se hace referencia a las ondas electromagnéticas de gran intensidad que pueden penetrar en la materia orgánica y causar daños a nivel celular.

La radiación electromagnética es la forma de energía con mayor presencia en el universo; en nuestro planeta se encuentra de manera natural y de manera antrópica, en muchas aplicaciones tecnológicas, de modo que su uso se ha venido generalizando y diversificando a prácticamente todas las actividades del hombre: comunicaciones, aplicaciones médicas, hogar e industria en general.

La falta de familiaridad técnica con este tipo de energía hace que los factores de riesgo asociados a su uso no sean siempre tenidos en cuenta con la debida importancia.

De sus consecuencias, se sabe con mayor precisión y objetividad sobre aquellas correspondientes a las radiaciones ionizantes por la mayor gravedad de sus efectos, que tiene que ver con la aparición de cáncer. Las radiaciones no ionizantes han sido materia de muchas especulaciones que han creado temores infundados y, en el peor de los casos, han llevado a aplicar medidas de control sin el menor respaldo científico. No obstante, la investigación sobre sus efectos ha sido permanente y se tienen fundamentos bien estructurados que, sin ser aún definitivos, sí permiten su utilización dentro de un grado razonable de seguridad. Cabe agregar que la organización mundial de la salud (OMS), sugiere aplicar el principio de la precaución ante la duda de las exposiciones a radiación no ionizante.

El encargado de supervisar los temas seguridad e higiene industrial debe identificar las radiaciones estableciendo con claridad las diferencias entre las ionizantes y las no ionizantes y el modo de valorar el riesgo para proceder a establecer las medidas de control según el caso.

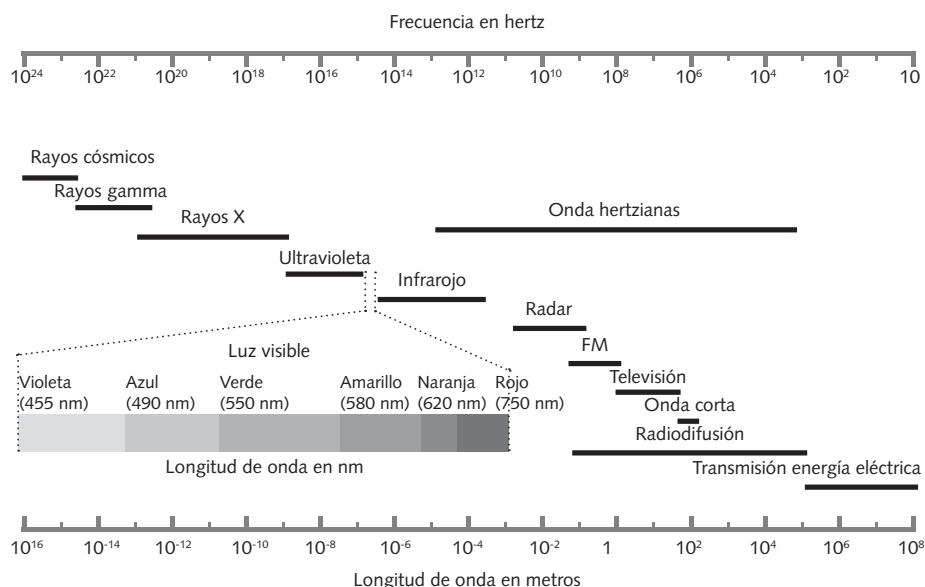
## Conceptos básicos sobre las radiaciones

Las radiaciones electromagnéticas están constituidas por un campo eléctrico que oscila asociado a un campo magnético. Se caracterizan por su capacidad de transmitirse a través del vacío.

De forma sencilla: las radiaciones electromagnéticas son un fenómeno físico mediante el cual los objetos devuelven la energía que se les ha comunicado o que tienen acumulada. Se dividen en radiaciones ionizantes y no ionizantes, las primeras son de especial importancia para la seguridad del trabajador, debido a su capacidad de producir lesiones mediante la ionización de componentes a escala celular. De acuerdo con su longitud de onda se clasifican según el esquema del gráfico 12.1.

**GRÁFICO 12.1**

Longitudes de onda.



La relación entre la longitud de onda y la frecuencia con la velocidad de la luz en el vacío es la siguiente:

$$\lambda = \frac{\text{Velocidad de la luz de } 300 * 10^6 \text{ m/s}}{\text{frecuencia en Hz}} \quad [\text{m}]$$

### Las radiaciones ionizantes

(Rayos X, Alfa, Beta, Gamma y radiación cósmica)

Una radiación se considera ionizante cuando su nivel de energía es suficiente (mayor a 12,4 eV) para arrancar electrones de la corteza de los átomos, produciendo ionización

de los mismos. Es el caso de las últimas franjas del ultravioleta, los rayos X, los  $\alpha$  (alfa), los  $\beta$  (Beta), los  $\gamma$  (Gamma) y la radiación cósmica.

Hay dos conceptos fundamentales que caracterizan a los distintos tipos de radiaciones ionizantes:

1. La capacidad de ionización es proporcional al nivel de energía.
2. La capacidad de penetración depende del tamaño de la partícula, entre más pequeña, tiene mayor capacidad penetrante.

Las radiaciones ionizantes son altamente energéticas, por eso su exposición, así sea por períodos cortos de tiempo, es peligrosa.

*Rayos X:* es un haz de electrones producidos en el cátodo, acelerados por un potencial muy alto, los cuales chocan contra una placa de metal pesado en el ánodo, y al ser frenados violentamente, la energía cinética que llevaban los electrones emite fotones de rayos X por la transición de electrones de un orbital a otro (internos).

*Rayos Alfa:* las partículas formadas por núcleos de helio que se desplazan a gran velocidad, emiten radiación ionizante debido a que son partículas cargadas. Se detienen con una hoja de papel o con la piel humana.

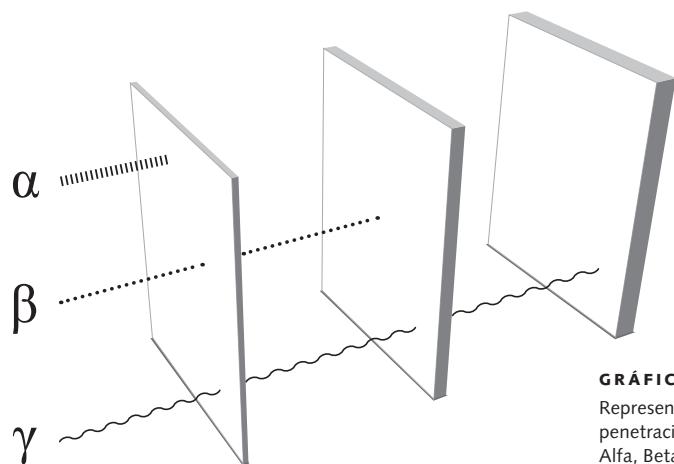
*Rayos Beta:* las partículas beta tienen una carga negativa y una masa muy pequeña, por ello reaccionan menos frecuentemente con la materia que las alfa; además, por ser más pequeñas su poder de penetración es superior a las alfa (casi 100 veces más penetrantes). Son detenidas por algunos pocos metros de aire, con una lámina de aluminio o unos centímetros de agua.

*Rayos Gamma:* como los rayos gamma no tienen carga ni masa, la emisión de rayos gamma por parte de un núcleo, no representa cambios en su estructura sino simplemente la pérdida de una determinada cantidad de energía radiante. Con la emisión de estos rayos, el núcleo compensa el estado inestable que sigue a los procesos alfa y beta.

$\alpha$   
Las radiaciones  $\alpha$  (alfa) recorren una distancia muy pequeña y son detenidas por una hoja de papel o la piel del cuerpo humano.

$\beta$   
Las radiaciones  $\beta$  (beta) recorren en el aire una distancia de un metro aproximadamente, y son detenidas por unos pocos centímetros de madera o una hoja delgada de metal.

$\gamma$   
Las radiaciones  $\gamma$  (gamma) recorren cientos de metros en el aire y son detenidas por una pared gruesa de plomo o de cemento.



**GRÁFICO 12.2**  
Representación de la penetración de radiaciones Alfa, Beta y Gamma.

### **Rayos X en la salud ocupacional**

Los rayos X son la principal fuente de exposición laboral a las radiaciones. Incluye la aplicación de este tipo de radiación en la industria como medio para generar imágenes diagnósticas de control de calidad, inspección de soldaduras de recipientes a presión, búsqueda de fallas por fatiga de materiales, imágenes clínicas (RX, TAC), entre otras.

Los rayos X constituyen una radiación electromagnética, cuya franja en el espectro está por encima de la radiación ultravioleta. Algunas aplicaciones productivas son:

1. Control de calidad en las tuberías a presión.
2. Aplicaciones clínicas de diagnóstico e intervención.
3. Control de calidad en cilindros de alta presión.
4. Fabricación de tanques, calderas y generadores de vapor.
5. Revisión de fallas por fatiga de materiales.
6. Revisión de soldaduras especiales.

Los rayos X son generados por la desaceleración o choque de electrones a alta velocidad en emisiones provocadas en equipos específicos: un bajo voltaje hace pasar corriente por un filamento, de ese filamento escapan algunos electrones que son acelerados por un altísimo voltaje en un tubo al vacío para ganar aceleración, éstos electrones se impactan sobre la superficie con la que se tiene la altísima diferencia de potencial y la energía de ese choque se disipa como rayos X.

La radiación ingresa al organismo a través de toda la masa corporal y por su alta energía, logran atravesar e irradiar el organismo.

### **Las radiaciones no ionizantes**

(Ultravioleta, infrarroja y luz visible, microondas y radiofrecuencia, Láser y ELF).

La radiación no ionizante es una forma de transmisión de la energía que no requiere soporte material y se caracterizan por su incapacidad para llegar a ionizar la materia. Se clasifican, de acuerdo con su magnitud, así:

*Ultravioleta:* radiación electromagnética cuyas longitudes de onda van aproximadamente desde los 400 nanómetros nm (el límite de la luz violeta), hasta los 100 nm (donde empiezan los rayos X).

Dentro de este grupo de radiaciones no ionizantes las ultravioleta son las de mayor contenido energético; las personas, tanto en las actividades sociales, familiares y laborales, están expuestas a esta clase de radiación generada principalmente por el Sol.

En las actividades laborales los rayos ultravioleta provienen, principalmente, de la utilización de lámparas germicidas, lámparas de vapor de mercurio de alta presión usadas para producir reacciones fotoquímicas e identificación de minerales, cabinas de simulación solar (bronceado) UVA y otras lámparas ultravioleta de aplicación industrial.

*Radiación infrarroja y luz visible:* son radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda se encuentra visible entre 740 y 380 nm. Entre 750 y 1400 nanómetros se habla de “infrarrojo próximo”; a longitudes de onda superiores se denominan “infrarrojo lejano”. No son capaces de producir reacciones químicas, siendo sus efectos únicamente de carácter térmico. La luz visible tiene una longitud de onda entre 380 y 740 nanómetros.

La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 °kelvin, es decir, -273 grados Celsius (cero absoluto).

Normalmente se encuentran en equipos de visión nocturna o intensificadores de visión de uso militar, comandos a distancia (telecomandos o mandos a distancia), computadores con sus periféricos, las fibras ópticas, secado de pinturas o barnices, secado de papel, termofijación de plásticos, precalentamiento de soldaduras, así como curvatura, templado y laminado del vidrio.

*Microondas y radiofrecuencia:* son las radiaciones que más se han incrementado como resultado del desarrollo tecnológico en el campo de las telecomunicaciones. Las microondas son radiaciones de frecuencias comprendidas entre 300 MHz y 300 GHz; las de radiofrecuencia están entre 100 KHz y 300 MHz.

*Radiaciones Láser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation):* los láser fueron descubiertos en los años cincuenta y han ido adquiriendo notoria importancia para aplicaciones en equipos de alineación, soldadura, equilibrado, espectrofotometría, comunicaciones (fibra óptica), sonido, artes gráficas y especialmente en la medicina como instrumento de cirugía.

Se entiende por láser todo aparato capaz de producir radiación electromagnética en el intervalo de la longitud de onda de la radiación óptica, y en las frecuencias inmediatas, principalmente mediante el proceso de emisión estimulada; es decir, es un dispositivo que produce un tipo de luz diferente a la emitida por otras fuentes luminosas, con base en el proceso de emisión estimulada.

*Campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja ELF:* estas radiaciones provienen de todos los aparatos eléctricos que se usan en la vida doméstica, social y laboral, así como de transformadores y redes de transporte, distribución y en general conducción de energía eléctrica en 60 Hz.

## **Efectos de las radiaciones sobre el organismo**

### **Efectos de las radiaciones ionizantes**

Las causas de las radiaciones ionizantes son debidas fundamentalmente al ejercicio de profesiones que requieren el uso de equipo de rayos X, o que manejen radiaciones Alfa, Beta o Gamma.

**TABLA 12.1**

Efectos de las radiaciones ionizantes en la salud.

CANTIDAD DE RADIACIÓN	EFFECTOS	CONSECUENCIA
40 Gy*	Produce un deterioro severo en el sistema vascular humano, que desemboca en un edema (acumulación de fluidos) cerebral.	En este caso el individuo muere aproximadamente en las siguientes 48 horas a la exposición.
10 y 40 Gy	Los trastornos vasculares son menos serios, pero se produce la pérdida de fluidos y electrolitos que pasan a los espacios intercelulares y al tracto gastrointestinal.	El individuo muere hacia los diez días siguientes a consecuencia del desequilibrio osmótico, del deterioro de la médula ósea y de la infección terminal.
Entre 1,5 y 10 Gy	Se destruye la médula ósea provocando infección y hemorragia.	La persona puede morir cuatro o cinco semanas después de la exposición.
De 3 a 3,25 Gy		Perdida de la médula ósea.

\* Gy = Gray / 1 Gy = 100 rem

Los efectos de los Rayos X se manifiestan en múltiples síntomas de acuerdo con la intensidad, el tiempo de exposición, la edad y las características individuales, en manifestaciones como:

1. Afecciones de la piel.
2. Alteraciones del sistema hematopoyético.
3. Cáncer.
4. Lesiones de la médula ósea.
5. Lesiones oculares.
6. Alteraciones del sistema reproductivo.

### **Efectos de las radiaciones no ionizantes**

Puede decirse que absolutamente en todas las actividades laborales, familiares y sociales las personas están expuestas a ellas, pues constantemente se reciben radiaciones solares, lumínicas, por equipos generadores de energía calórica, por aparatos de telecomunicaciones y radio, equipos de cómputo, televisores y muchas otras; sin embargo, para que exista un verdadero riesgo se requiere que su intensidad y tiempo de exposición las hagan presumiblemente nocivas. Sus efectos están determinados por la clase de radiación, así:

*Ultravioleta:* la exposición a este tipo de radiaciones se manifiesta principalmente en los ojos y en la piel, produciendo en los ojos conjuntivitis (fotoqueratoconjuntivitis); y en la piel quemaduras de intensidad acorde al tiempo de exposición y se considera como un factor determinante en la aparición del cáncer de la piel.

*Radiación UV C (100 nm a 290 nm):* estos rayos son los más peligrosos y sus efectos biológicos van desde la acción germicida, que se utiliza en laboratorio, hasta la alteración de proteínas, ácidos nucleicos y otros materiales biológicos complejos, a los que se les ha atribuido el cáncer. Los provenientes del sol y del espacio, son filtrados por las diferentes capas atmosféricas, un aumento mínimo en la proporción de estos rayos en la superficie del planeta bastaría para incrementar el número de casos de cáncer de piel,

alteraciones del sistema inmunológico, cataratas en los ojos y daños graves en otras áreas productivas como la ganadería y la agricultura. Esta radiación no se encuentra normalmente en la superficie de la tierra, solamente se encuentra en fuentes artificiales como lámparas ultravioletas germicidas o en el arco de soldadura eléctrica.

*Radiación UV B (290 nm a 320 nm):* los rayos UV B son causantes de quemaduras de piel con eritema doloroso y ampollas. Si una persona se expone durante mucho tiempo a estos rayos, tendrá mayores posibilidades de adquirir cáncer de piel. En los ojos estos rayos UV B favorecen la opacidad del cristalino dando origen a las cataratas, pterigios y carnosidades.

*Radiación UV A (320 nm a 400 nm):* producen la estimulación de la producción de melanina en la piel, favoreciendo el bronceado de la piel y las reacciones de fotosensibilidad. Esta radiación también es emitida por las llamadas “luces negras” o UVA, usadas en los salones de bronceado. Recientemente la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha desaconsejado el uso de dichas cámaras por asociarlos al cáncer de piel.

*Infrarroja:* es la frecuencia en que más eficientemente se transfiere el calor por radiación. Los efectos físicos de los rayos infrarrojos incluyen la absorción por resonancia y por su gran longitud de onda, mayor penetración, mientras que los efectos biológicos incluyen la dilatación de los vasos sanguíneos y refuerzan el metabolismo. En casos de sobre exposición pueden ocasionar afecciones oculares tales como cataratas y eventualmente ceguera y quemaduras cutáneas.

*Microondas (MO) y radiofrecuencia (RF):* Se dividen sus efectos en térmicos y no térmicos. Por ser generadoras de calor, los órganos más afectados son aquellos que tienen menos irrigación sanguínea, es decir, los menos vascularizados, ya que tienen dificultades para liberar el calor por falta de irrigación, como el caso de los ojos y los testículos. En los ojos favorece la formación de cataratas, opacidades del cristalino y otras similares; en los testículos el aumento de temperatura produce la muerte de los espermatozoides sin que se haya registrado compromiso en la espermatogénesis, los efectos desaparecen cuando cesa la exposición.

A las MO y RF se les han atribuido algunas alteraciones, por sus efectos térmicos, sobre el sistema nervioso y el comportamiento, el sistema cardiovascular, efectos oculares, neuroendocrinos, hematopoyéticos, sobre la audición, genéricos y sobre la reproducción. Como efectos No térmicos se han citado interferencias con membranas biológicas y con fenómenos bioeléctricos y existen indicios no confirmados sobre alteraciones en la transmisión de la información genética.

Debido a que el organismo humano tiene un funcionamiento electromagnético se han atribuido alteraciones de las ondas cerebrales, se han reportado efectos fisiológicos negativos, tales como pérdida de memoria, dificultad en la capacidad de concentración, supresión del umbral emocional; enlentecimiento de los procesos intelectuales, ansiedad y episodios de sueño interrumpido, irritabilidad en un porcentaje estadísticamente mayor de individuos expuestos de manera continuada a los efectos de campos

de emisión de aparatos de microondas, tanto si se trata de aparatos para cocinar o de estaciones de transmisión.

Todos estos efectos son de difícil medición y tampoco son atribuibles a esta única causa.

Láser (*Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación por sus siglas en inglés Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*): la amplia variedad de láseres existentes, en cuanto a potencia, duración de la emisión y longitud de onda, no permite hablar de un grupo homogéneo de riesgo. De acuerdo con la norma UNE-EN 60825-1/A2-2002, La clasificación de productos láser, los efectos están determinados por su clase, así:

1. *Clase 1.* Productos Láser que son seguros en todas las condiciones de utilización razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos en visión directa.
2. *Clase 1M.* Láseres que emitiendo en el intervalo de longitudes de onda ( $\lambda$ ) entre 302.5 y 4000 nm son seguros en condiciones de utilización razonablemente previsibles, pero que pueden ser peligrosos si se emplean instrumentos ópticos para visión directa.
3. *Clase 2.* Láseres que emiten radiación visible en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 y 700 nm.
4. *Clase 2M.* Láseres que emiten radiación visible (400 a 700 nm). La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo palpebral, pero la visión del haz puede ser peligrosa si se usan instrumentos ópticos.
5. *Clase 3R.* Láseres que emiten entre 302.5 y 106 nm, cuya visión directa del haz es potencialmente peligrosa pero su riesgo es menor que para los láseres de clase 3B. Necesitan menos requisitos de fabricación y medidas de control del usuario.
6. *Clase 4.* Láseres que pueden producir reflexiones difusas peligrosas. Pueden causar daños sobre la piel y pueden constituir un peligro de incendio. Su utilización precisa extrema precaución. Incluye láseres capaces de provocar lesiones cuando se les mira directamente. Debe colocarse rótulo de advertencia.

*Frecuencia extremadamente baja ELF:* los campos de frecuencia extremadamente baja ELF (por sus siglas en inglés: *Extreme Low Frequency*), son los de frecuencias inferiores a 300 Hz. A este nivel de frecuencia tan bajo las radiaciones que se propagan en el aire a la velocidad de la luz ( $300 * 10^6$  m/s) y tienen longitudes de onda muy largas (6000 km a 50 Hz, y 5000 km a 60 Hz); en ellos, los campos eléctricos y magnéticos actúan independientemente y se deben medir por separado. El campo eléctrico depende de la diferencia de potencial o tensión y el campo magnético depende de la corriente.

## **Valoración del riesgo por radiaciones**

### **Valoración de las radiaciones ionizantes**

Según la Comisión Internacional de Protección Radiológica ICRP, los límites de exposición ocupacional de todo trabajador deberán controlarse de forma que no se superen los siguientes:

1. Una dosis efectiva de 20 mSv por año como promedio en un período de cinco años consecutivos.
2. Una dosis de efectiva de 50 mSv en cualquier año.
3. Una dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año.
4. Una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o a la piel de 500 mSv en un año<sup>1</sup>.

### **Valoración de las radiaciones no ionizantes**

En campo cercano, es decir, a menos de dos longitudes de onda de distancia de la fuente de emisión, la distribución del campo eléctrico respecto al magnético no obedece a un modelo matemático conocido y obliga a que las mediciones se realicen por separado para cada campo eléctrico en voltios/metro y campo magnético en amperios/metro o sus equivalencias a Gauss o a Teslas.

$$1 \text{ Tesla} = 10.000 \text{ Gauss}; 1 \text{ A/m} = 1,27 \text{ uT}$$

En campo lejano los campos eléctrico y magnético son ortogonales entre sí y también a la dirección de propagación, midiendo uno solo de ellos se puede calcular el otro mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{E^2}{377} ; 377H^2$$

Los campos eléctrico E (V/m) y magnético H (A/m) también se pueden expresar en términos de densidad de potencia mW/cm<sup>2</sup>), que obedece a la suma vectorial de estos dos vectores ortogonales.

---

<sup>1</sup> Tomado de: Commission International on radiological protection. ICRP 60 Annals of the ICRP v.12 n°. 1/3 1990 Oxford, Pergamon, 1990.

**TABLA 12.2**  
Tipo de exposición ocupacional y general.

TIPO DE EXPOSICIÓN	FRECUENCIA (MHZ)	CAMPO ELÉCTRICO RMS (V/M)	CAMPO MAGNÉTICO RMS (A/M)	DENSIDAD DE POTENCIA (W/M <sup>2</sup> )
Ocupacional	0.009 – 0.065	610	24,4	-
	0.065 – 1	610	1,6 / f	-
	1 – 10	610 / f	1,6 / f	-
	10 – 400	61	0,16	10
	400 – 2000	3 f 1/2	0,008 f 1/2	f / 40
	2000 – 300000	137	0,36	50
Público en general	0.009 – 0.15	87	5	-
	0.15 – 1	87	0,73 / f 1/2	-
	1 – 10	87 / f 1/2	0,73 / f 1/2	-
	10 – 400	28	0,073	2
	400 – 2000	1,375 f 1/2	0,0037 f 1/2	f / 200
	2000 – 300000	61	0,16	10

### Valores Límites Permisibles (TLV)

En el establecimiento de valores límites permisibles hay muchos campos por investigar, pero los actuales se han fundamentado en estudios científicos y epidemiológicos que permiten un grado razonable de certeza. Instituciones como el ICNIRP (Comisión Internacional de Radio Protección No Ionizante), emiten conceptos aceptados universalmente.

A manera de información general se dan las siguientes referencias, no obstante, para cualquier clase de valoración se recomienda consultar los respectivos valores límites permisibles TLV; los correspondientes a las tablas de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales de los Estados Unidos, ACGIH, contienen los valores recomendados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT en su norma UIT TK-52; también, es aconsejable consultar los valores límites válidos para cada país.

*Ultravioleta:* estas se basan en las dosis mínimas necesarias para producir eritema y fotoqueratitis, por no disponerse de datos cuantitativos confiables sobre otros efectos. Los

valores TLV de la ACGIH, limitan la cantidad de energía que la piel o los ojos pueden recibir por unidad de tiempo en forma de rayos ultravioleta. Así, para rayos ultravioleta cuya longitud de onda se encuentre comprendida entre 320 y 400 nanómetros, el flujo de energía no debe superar 1 miliwatio por centímetro cuadrado, si la exposición dura más de 1000 segundos. Cuando las exposiciones son de menor duración, lo que se limita es la cantidad total de energía, que no debe pasar de 1 julio por centímetro cuadrado. Cuando la longitud de onda está comprendida entre 200 y 315 nanómetros la evaluación de la exposición es más complicada, pues el TLV requiere medir, por separado, la cantidad de energía que se recibe en cada longitud de onda.

*Infrarroja:* los TLV de la ACGIH se refieren exclusivamente a la luz visible de longitud de onda superior a 400 nanómetros y a los rayos infrarrojos de longitud de onda no superior a 3000 nanómetros y requieren de una metodología similar para la evaluación de los siguientes riesgos:

1. Protección de la retina frente a lesiones térmicas.
2. Protección de la retina frente a lesiones fotoquímicas producidas por la luz azul.
3. Para trabajadores que han tenido cirugía de cataratas.
4. Para proteger la cornea, el cristalino y la retina. En cualquiera de los cuatro casos la evaluación requiere del conocimiento de la “irradiancia espectral”, que es la cantidad de energía recibida en cada rango de frecuencia. Otros parámetros para tener en cuenta son el tamaño de la fuente luminosa y el tiempo de exposición<sup>2</sup>.

*Microondas y radiofrecuencia:* los TLV limitan la cantidad de energía absorbida por el cuerpo o “índice específico de absorción” a 0,4 watos por kilogramo de peso, lo cual conduce a distintos valores de la energía recibida por unidad de tiempo en función de la frecuencia de la radiación. La ACGIH insiste en que dado el conocimiento actual sobre los efectos en el cuerpo humano, se debe evitar toda exposición innecesaria. Los valores de densidad de potencia también están referidos a la frecuencia, siendo su valor mínimo de 1 mW/cm<sup>2</sup>. El índice específico de absorción es de difícil medición, por lo tanto, se siguen utilizando los valores límites permisibles.

*Láser:* los criterios en este sentido han sido dados por el *American National Standards Institute* (ANSI) que los TLV han adoptado. Dichos criterios establecen para láseres continuos, el nivel máximo de exposición radiante en w/cm<sup>2</sup> que puede alcanzar el ojo en función de la longitud de onda láser y de la duración de la exposición.

*ELF:* los valores límites permisibles determinados para 60 Hz por la Comisión Internacional de Radio Protección No Ionizante ICNIRP son 10kV/m para campo eléctrico y 500uT para el campo magnético en ambientes laborales de ocho horas diarias. Y de exposición para el público en general, con tiempos de ocho horas al día, de 5 kV/m y 100 uT para campos eléctrico y magnético, respectivamente.

### **Instrumento de medida de radiaciones ionizantes**

La valoración se hace por cuantificación de radiación espacial y por cuantificación de radiaciones recibidas por el individuo expuesto, utilizando principalmente los siguientes:

1. Contador Geiger-Müller. Debe ser calibrado para la clase de radiación específica que se desee valorar.
2. Cámaras de ionización para determinar radiación en volúmenes de aire.
3. Dosímetro fotográfico. Se debe colocar sobre la ropa, en el lugar de mayor exposición del trabajador. La radiación actúa sobre una placa fotográfica modificando la placa por la exposición, la cual será leída en un laboratorio especializado.

---

<sup>2</sup> Tomado de: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT Ministerio de Trabajo y asuntos sociales, 2001 (edición española). Capítulo 49 Radiaciones ionizantes.

4. Detectores de luminiscencia. También se usan sobre la ropa o como anillos.
5. Dosímetros de bolsillo. Es una unidad portátil de lectura directa, lo cual constituye una considerable ventaja al permitir al personal expuesto regular su propia exposición.

### **Instrumento de medida de las radiaciones no ionizantes**

La valoración o cuantificación de radiaciones electromagnéticas no ionizantes, excepto de luz visible, requiere de equipos de instrumentación y de higienistas calificados, porque los rangos de medición de los equipos son de bandas anchas para identificar magnitudes en amplios rangos y también de bandas cerradas o con analizadores de frecuencia y deben corresponder a las frecuencias de la fuente que se va a medir. Estos equipos están constituidos por los siguientes elementos básicos:

1. Detector o sonda de medición para campo eléctrico E.
2. Detector o sonda de medición para campo magnético H.
3. Conducto no metálico, normalmente de fibra óptica.
4. Unidad de medición.
5. Software de registro, el cual hace los cálculos para expresar en diferentes unidades y magnitudes equivalentes, por ejemplo, en densidad de potencia ( $\text{W/m}^2$ ).

Con los equipos se debe estar en capacidad de medir campos H (magnéticos) y E (eléctricos) por separado cuando estamos ubicados en campo cercano, y para rangos en frecuencias en el espectro completo se requieren diferentes tipos de sondas: onda larga, media y corta, VSW/VHF, TV, UHF, GSM, equipos de telefonía celular, enlaces de microondas, enlaces satelitales, microondas de industria de alimentos, secado, diatermia clínica, soldadura plástica y otras aplicaciones, así como frecuencias de aplicación industrial o domiciliarias de 60 Hz, radiación de monitores o pantallas de visualización de datos en campos eléctricos E y magnéticos H y señales de radar, entre otros.

Para medir la luz visible se utilizan luxómetros o iluminómetros, que son equipos sencillos con expresión en unidades de lux. La radiación ultravioleta se mide con radiómetros con filtros particulares para cada tipo de radiación UV. La radiación infrarroja se mide con el termómetro de globo.

### **Controles para las radiaciones**

Dadas las características de emisión y dispersión de las radiaciones, es recomendable recurrir a varios sistemas de control, por ejemplo: frente a las radiaciones solares se debe laborar bajo cubiertas, utilizar ropa que cubra todo el cuerpo y sombreros con ala ancha, pero sería conveniente complementarlo con la reducción de las horas de exposición, laborar en horarios de menor exposición, seleccionar el personal menos sensible al sol y el uso de bloqueadores solares, entre otros.

Los controles en la fuente desde el diseño de las edificaciones y procesos seguros son los más estructurados.

La intensidad de las radiaciones decrece con el cuadrado de la distancia, motivo por el cual resulta muy conveniente alejarse de las fuentes. Cuando se duplica la distancia a la fuente, la intensidad decae a una cuarta parte y cuando se triplica la distancia, la intensidad se reduce a una novena parte.

$$I \propto \frac{1}{R^2}$$

### **Controles para las radiaciones ionizantes**

1. Control en la fuente
  - a. Revisión de conos y elementos de direccionamiento de la radiación eliminando toda posible radiación de fuga.
  - b. Blindaje adecuado de carcasa.
  - c. Utilización de colimadores para control del haz, ajustándolos a áreas mínimas predeterminadas.
  - d. Controlar las condiciones técnicas del equipo: tensión del tubo, corriente, filtración, temporizador.
  - e. Calibración periódica de los equipos y adaptación de potencia a las necesidades estrictas del proceso.
  - f. Dispositivo de seguridad en el comando de disparo, para evitar puestas en funcionamiento no programadas.
  - g. Local debidamente construido y ubicado respecto a los trabajadores del área y a otras personas vecinas.
2. Control en el medio de transmisión
  - a. Blindaje de la zona de radiación, mirillas o ventanas de observación con vidrio plomado, controles fuera de la zona de radiación.
  - b. Delimitación de zonas. Los lugares en donde se generen radiaciones ionizantes se señalizarán estableciendo los siguientes rangos:
    - Zona vigilada. Es aquel espacio donde es probable que se puedan recibir más de 1/10 de los límites anuales de dosis y es improbable recibir más de 3/10 de los mismos. Se señaliza con un trébol gris azulado sobre fondo blanco.
    - Zona controlada. Es aquella área en donde se puede recibir más del 3/10 de la máxima dosis límite anual. Se señaliza con un trébol verde sobre fondo blanco.
    - Zona de permanencia limitada. Son aquellas áreas en donde se pueden superar las dosis máximas anuales. Se señaliza mediante un trébol amarillo sobre fondo blanco.

- Zona prohibida. Son las áreas en donde se puede superar la dosis máxima anual mediante una sola exposición única. Se señala con un trébol rojo sobre fondo blanco<sup>3</sup>.
- 3. Control en el trabajador o receptor
  - a. Uso de biombo o delantal plomado.
  - b. Operación por control remoto.
  - c. Capacitación y certificación del trabajador. Formación e información.
  - d. Empleo de personal que haya sobrepasado la edad reproductiva y tenga un método definitivo de planificación familiar.
  - e. Señalización de las áreas de riesgo y equipos de protección personal que deban utilizarse.

La vigilancia tendrá énfasis en detectar efectos en ojos (cristalino), piel, así como sistema hematopoyético, y efectos reproductivos y manifestaciones cancerosas.

### **Controles para las radiaciones no ionizantes**

- 1. Control en la fuente
  - a. Ultravioletas:
    - Colocar cubiertas a las superficies de trabajo.
    - Aislar zonas de soldadura.
    - Utilizar electrodo sumergido.
    - Trabajo bajo cubierta.
  - b. Infrarroja y luz visible
    - Colocar difusores a las lámparas situadas a menos de 5 m de altura.
    - Cerramiento de hornos, fuentes de calor y equipos de combustión.
  - c. Microondas y radiofrecuencia: su control debe hacerse en la fuente con prioridad absoluta, ya que su dispersión lo hace poco menos que imposible. Se debe tener en cuenta:
    - Encerramiento total de la fuente emisora.
    - Orientación adecuada de antenas para minimizar los niveles a ras de suelo.
    - Apantallamiento de equipos emisores.
    - Mantenimiento periódico de los equipos emisores.
    - Emitir con la potencia mínima que permite la realización del trabajo.
    - Alejarse de las fuentes.
  - d. Láser
    - Cuando se emplean láseres clases 3R y 4 se debe tener control de acceso con llave.

---

<sup>3</sup> Tomado de la Directiva 96 Euratom./29/ Euratom.

- Control de reflexiones accidentales en clases 3R y 4.
  - Empleo de obturador o atenuador del haz, en clases 3R y 4.
- e. ELF
- Ubicar subestaciones de energía y conducción de cableado alejado de las personas.
  - Respetar las zonas de servidumbre bajo los cables de energía.
  - Disponer los cables de tal forma de los campos electromagnéticos se anulen entre sí.
2. Control en el medio de transmisión
- a. Ultravioleta
- Colocar mamparas alrededor de los lugares de aplicación de soldadura.
  - Utilización de parasoles o toldillos en sitios de trabajo provisionales a cielo abierto.
  - Utilizar cabinas en equipos de trabajo como tractores, volquetas, retroexcavadoras, etc.
- b. Infrarroja y luz visible
- Instalar lámparas a una altura superior a 3 m.
  - En caso de requerimientos altos de niveles lumínicos, usar lámparas de luz localizada, cuyo haz de luz se proyecte hacia el objeto de trabajo por debajo de la visual del trabajador.
  - En fotocopiadoras utilizar siempre la tapa protectora.
- c. Láser
- Iluminar intensamente el local para reducir la apertura de la pupila.
  - Eliminar materiales fácilmente inflamables.
- d. Microondas y radio frecuencia
- Alejar al trabajador de la fuente.
  - Blindar las fuentes.
  - Usar sistemas de enclavamiento.
- e. ELF
- Mantener colocados los blindajes de los equipos.
  - Verificar que las puestas a tierra se encuentren en buen estado.
3. Control en el trabajador o receptor
- a. Ultravioleta
- Por ser la radiación ultravioleta absorbida con facilidad por muchos materiales, su control no ofrece dificultades especiales. En general, filtros, gafas, pantallas de tono y grado adecuado de atenuación, indumentaria de manga larga, guantes y sombreros de colores adecuados pueden ofrecer una protección eficaz.
  - Señalización ordenativa (círculo de fondo azul claro con símbolo blanco) indicando equipos de protección personal que deban utilizarse en el área.

- Señalización de zonas de riesgo y/o sometidas a procesos con ultravioleta.
  - Suministrar a los trabajadores una loción antisolar de amplio espectro y con un factor de protección (SPF) de 30.
  - Asegurar áreas adecuadas bajo la sombra donde los trabajadores puedan tomar su descanso y su almuerzo.
  - De ser posible, hacer que los trabajadores tomen turnos para trabajar bajo la sombra, dentro de la obra o área donde laboren.
  - Instruir a los trabajadores sobre los peligros de la radiación UV.
  - Asegurarse de que los trabajadores usen anteojos de seguridad con absorción certificada de UV.
- b. Infrarroja y luz visible
- Gafas o pantallas faciales certificadas IR son suficientes para su control.
  - Adicionalmente, bloqueadores solares.
  - Señalización ordenativa (círculo de fondo azul claro con símbolo blanco), indicando equipos de protección personal que deban utilizarse en el área.
  - Indumentaria de manga larga y que cubra la piel con materiales tupidos, se debe considerar la inflamabilidad.
- c. Microondas y radiofrecuencia
- Vestidos de protección especiales, previa valoración y estudio sobre su capacidad real de protección.
  - Señalización ordenativa (círculo de fondo azul claro con símbolo blanco), indicando equipos de protección personal que deban utilizarse en el área.
  - Capacitar (formar e informar), para evitar toda exposición innecesaria y alejarse de las fuentes.
- d. Láser
- Gafas de protección de longitud de onda determinada y certificada.
  - Apantallamiento que impida la proyección a los ojos.
  - Señalización indicando la clase de láser a que pertenecen y las precauciones a tomar.
- Nota: los láseres clase 1 y 2 no requieren de protección especial, pero sí de un uso racional y cuidadoso.
- e. ELF
- Respetar distancias de seguridad.
  - Capacitar al personal en los fenómenos eléctricos, en especial en inducción y arco eléctrico, para que sean conscientes de que no hace falta el contacto para que se produzca el riesgo.

La vigilancia tendrá énfasis en detectar efectos en ojos, piel, sistema nervioso, alteraciones del comportamiento, así como neuroendocrinos, hematopoyéticos, audición, genéticos y reproductivos.

## **Normatividad**

OSHA – 29 CFR – 1910.1096: Radiación ionizante.

OSHA – 29 CFR – 1910.97: Radiación no ionizante.

ICNIRP (2002) *General approach to protection against non-ionizing radiation. Health Physics* 82(4), 540-548.

IEEE (2005) (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), C95.1, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 Ghz, International Committee on electromagnetic Safety (ICES)*.



## **Riesgo por contaminantes químicos**

El empleo de sustancias químicas en todas las actividades humanas, se ha incrementado de acuerdo con las exigencias de la productividad que día a día, incorpora este tipo de sustancias, como materia prima o como insumo en sus procesos.

Desafortunadamente, el avance investigativo de sus características y efectos ha quedado rezagado por la necesidad de conocer su comportamiento a través del tiempo, lo que impide dictaminar en forma anticipada sus efectos sobre los trabajadores, y por su responsabilidad ante el sector productivo.

Estas condiciones hacen necesario que se obre con la mayor precaución frente a las sustancias químicas que se manejen y se establezca su similitud con aquellas que han sido estudiadas y tienen valores límites establecidos.

Por todo esto, el riesgo químico es un factor de gran importancia dentro de la higiene industrial, porque puede afectar la salud de los trabajadores a nivel local o sistémico dependiendo de las características de la sustancia química como son su agresividad, concentración, tiempo de exposición y las características individuales del trabajador.

Cuando el empleado está expuesto a diferentes sustancias químicas se debe tener en cuenta si el efecto de estas es entre sí excluyente o aditivo; además, cuando se trata de sustancias inflamables se puede presentar incendio y/o explosión.

Un factor que ha cobrado importancia reciente tiene que ver con el hecho de que toda empresa ha de contribuir a que sus procesos sean sostenibles frente al entorno natural, de modo que en la empresa debe existir conciencia sobre los efectos producidos cuando se manipulan sustancias químicas dentro de los ambientes laborales, y que ellos pueden modificar la atmósfera, el suelo y las aguas, alterando el equilibrio natural e incrementando el riesgo para toda la comunidad.

## **Conceptos básicos sobre el riesgo por contaminantes químicos**

Los contaminantes químicos son sustancias orgánicas e inorgánicas, naturales o sintéticas que, durante su fabricación, manejo, transporte, almacenamiento, uso y desecho, pueden ingresar al organismo en forma de líquido, sólido, aerosol, gas o vapor, y producir efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes, cancerígenos, mutagénicos, teratogénicos, narcóticos, alérgicos o sistémicos, que pueden alterar la salud de las personas expuestas. La cantidad de sustancia absorbida por el organismo se denomina “dosis” y está relacionada con la concentración del contaminante y el tiempo de exposición.

Muchas sustancias químicas son necesarias para el funcionamiento normal del organismo humano, pero en cantidades mínimas. Estas mismas sustancias en cantidades superiores a las requeridas pueden occasionar alteraciones.

Los contaminantes químicos actúan de forma diversa dependiendo de las condiciones y de los individuos expuestos, por tanto, es necesario analizar circunstancias ambientales e individuales determinadas por:

1. Factores que dependen del medio ambiente: presión atmosférica, temperatura, actividad lumínica, humedad relativa, velocidad del aire.
2. Factores que dependen del individuo: género, edad, estado de nutrición, enfermedades, estado de salud, metabolismo, actividad física, susceptibilidad individual, hábitos, antecedentes de salud y laborales.
3. Factores de la propia intoxicación: vía de ingreso, concentración del contaminante, efectos aditivos y potenciadores, tiempo de exposición y períodos de descanso, nivel de toxicidad, órgano diana (se denomina así al órgano al que se proyecta, en forma más directa, la agresión del contaminante).
4. Ciclos biológicos: ciclo circadiano, turnos de trabajo.

El grado de agresión de los contaminantes depende de:

1. La toxicidad.
2. La concentración de la sustancia en un medio (aire, agua, suelo).
3. El tiempo real durante el cual el trabajador está expuesto.
4. El sistema de ingreso al organismo:
  - a. Inhalación (vías respiratorias).
  - b. Contacto (piel y mucosas).
  - c. Ingestión (vías digestivas).
  - d. Parenteral (por heridas abiertas o en forma que traspase la barrera de la piel).
5. Vías de eliminación.
6. Capacidad de acumularse en el organismo.
7. Actividad física del trabajador.
8. Susceptibilidad individual

## **Forma de presentación del contaminante**

En condiciones normales (1 atmósfera de presión, 25 °C de temperatura) se presentan como:

*Líquidos*: son sustancias que tienen la capacidad de fluir y adaptarse a la forma de los recipientes que la contienen y cuya superficie libre se mantiene horizontal.

*Sólidos*: los sólidos se caracterizan por ser sustancias con forma definida, donde las fuerzas de atracción intermolecular son superiores a las de repulsión, presentando una estructura molecular cristalina.

*Aerosoles*: se considera como aerosol a una dispersión de partículas sólidas o líquidas, cuyo tamaño es inferior a 100 micras en un medio gaseoso. Los aerosoles se presentan como: sólidos (polvo, fibra, humo) o líquidos (niebla). Por el tamaño de la partícula se clasifican en:

1. El polvo es una suspensión de partículas sólidas en el aire, con un tamaño entre 0,1 y 60 micras.
2. Las fibras son partículas cuya longitud es tres veces mayor que el diámetro.
3. El humo está conformado por partículas sólidas suspendidas en el aire. Dichas partículas son originadas en procesos de combustión incompleta y su tamaño es inferior a 0,1 micras.
4. Los humos metálicos corresponden a partículas sólidas metálicas suspendidas en el aire, con un tamaño inferior a 0,1 micras.
5. Las nieblas corresponden a gotas de líquido en suspensión en el aire. Su tamaño oscila entre 0,01 a 10 micras. Algunas son apreciables a simple vista.

*Gases*: son fluidos amorfos que ocupan el espacio que los contiene y pueden cambiar de estado físico, mediante una combinación de presión y temperatura. Los átomos o moléculas del gas se encuentran virtualmente libres, dado que la cohesión es mínima.

*Vapores*: corresponde a la fase gaseosa de una sustancia sólida o líquida. El tamaño de las partículas es molecular.

## **Vías de ingreso**

Las vías de ingreso de las sustancias químicas al organismo son básicamente cuatro: dérmica, sistema respiratorio, sistema digestivo y parenteral.

*Dérmica*: la epidermis de la piel presenta una capa superficial protectora que corresponde a una emulsión de lípidos y agua, por tanto, la capacidad de penetración de las sustancias a través de la piel dependerá de la solubilidad del tóxico en agua o en lípidos.

*Sistema respiratorio*: por ser la inhalación de aire fundamental para el funcionamiento normal del organismo, el ingreso de contaminantes por vía respiratoria se convierte en la más importante desde el punto de vista de la higiene industrial. Al estar el contaminante químico suspendido en el ambiente, la facilidad para ingresar al organismo es evidente, posibilitando el contacto del tóxico con áreas vascularizadas o incluso con los alvéolos, en donde se realiza el intercambio gaseoso entre la sangre y el aire.

El tamaño y densidad de las partículas es fundamental, ya que la posibilidad de que el contaminante llegue hasta los alvéolos disminuye al aumentar el tamaño de éstas.

*Sistema digestivo:* el ingreso de contaminantes químicos por esta vía no es de gran importancia para la higiene industrial, salvo en los casos de ingestión accidental de contaminantes o por trabajadores que suelen fumar, ingerir bebidas o alimentos dentro de áreas de trabajo o salir de la empresa sin efectuar un aseo personal adecuado, como baño general, si hay posibilidades altas de contaminación; también, por el cambio de indumentaria de trabajo o lavado de manos utilizando cepillo para uñas. Pero por esta vía sí es posible la ingestión de los contaminantes disueltos en las mucosas del sistema respiratorio, los cuales pasan al sistema digestivo para ser absorbidas por éste. Es decir, los contaminantes químicos que ingresan por vía respiratoria tienen una alta posibilidad de terminar en el sistema digestivo.

*Vía Parenteral:* es la penetración directa del contaminante al organismo por inoculación, cuando la piel es permeada por la sustancia o a través de heridas.

### **Muestreo ambiental laboral**

Los resultados de las mediciones ambientales de contaminantes químicos son un insumo para que el higienista pueda tomar decisiones, con todos los elementos que componen el cuadro del diagnóstico.

El muestreo se hace con el fin de establecer la concentración de un determinado contaminante químico y para evaluar la exposición de los trabajadores, mediante la comparación con los valores límites permisibles (TLV).

Para lograr un buen muestreo ambiental es necesario tener en cuenta:

1. Tiempo para el cual están definidos los valores límites permisibles.
2. Estado químico en que se presenta el contaminante.
3. Técnica de muestreo-análisis: se refiere a la técnica utilizada como puede ser muestreo con tubos colorimétricos, sensores de lectura directa, bomba de muestreo personal, borboteadores, etc., y a la forma de cuantificar las muestras como lo es la lectura directa, gravimetría, espectrofotometría, potenciometría, volumetría, electroquímica, etc.
4. Estrategia de muestreo: se refiere a la representatividad de la muestra, tiempo de duración de la medición, localización de los puntos a medir, horarios de las mediciones, etc.
5. Idoneidad técnica de la persona que realiza las mediciones y acreditación de licencia conferida por las autoridades.

### **Análisis de las muestras**

Una vez se ha tomado la muestra, ésta debe ser analizada en un laboratorio para determinar la concentración de la sustancia química que ha sido objeto del muestreo. Se exceptúan en este caso los muestreos de lectura directa.

Para obtener un análisis adecuado de la muestra, ésta debe ser manipulada todo el tiempo bajo los parámetros establecidos en los protocolos. Los principales métodos para analizar muestras en higiene industrial son:

*Análisis gravimétrico:* este análisis se basa en el peso de la sustancia de la cual se quiere saber su concentración. Para esto se debe pesar previamente un filtro, el cual es montado en un soporte diseñado para acoplarse a la bomba. Posteriormente, se toma la muestra en el sitio de trabajo correspondiente y luego es llevado el filtro para que se realice el segundo pesaje o pesaje final de muestreo. Por diferencia de pesos y por el volumen de aire muestreado, se determina la concentración de la muestra.

*Análisis espectrofotométrico:* se realiza con un espectrofotómetro, el cual permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad de soluto desconocida y una solución de la misma sustancia, la cual contiene una cantidad conocida de soluto

*Espectrofotometría de absorción:* si se ilumina una muestra con una lámpara, por lo general en estado líquido (solución en ácido nítrico o clorhídrico), se emite una radiación específica y la muestra absorbe parte de la radiación, se obtiene entonces un espectro de absorción. Si la absorción de la radiación a una longitud de onda dada la efectúan átomos, se habla de un espectro de absorción atómica, pero si la efectúan moléculas se habla entonces de un espectro de absorción molecular. Se comparan los niveles de absorción de las muestras con patrones de concentración conocida.

*Espectrofotometría de emisión:* en este caso lo que se hace es excitar adecuadamente una muestra para que emita una radiación electromagnética cuya intensidad se registra en función de su longitud de onda. En forma análoga al caso de espectrofotometría de absorción, se puede hablar de espectrofotometría de emisión atómica y molecular. En higiene ocupacional se emplean varios tipos de espectrofotometría:

1. Absorción visible ultravioleta.
2. Infrarrojos.
3. Rayos X.
4. Absorción atómica.
5. Emisión Atómica.
6. Emisión por plasma acoplado.

*Cromatografía:* es un conjunto de técnicas que permite separar los componentes de una mezcla, en medio de dos fases, una móvil y otra estacionaria, dentro de una columna; la fase móvil suele ser gas o líquido.

Consta principalmente de inyector, columna cromatográfica, sistema de circulación de la fase móvil y detector. Las separaciones cromatográficas pueden ser principalmente por:

1. Adsorción basada en la afinidad de los componentes de la muestra con la superficie.

2. Reparto, basada en la diferente solubilidad de los componentes de la muestra con la fase estacionaria.
3. Intercambio iónico basada en la susceptibilidad para intercambiar iones con resinas en columnas capilares.
4. Exclusión basada en la diferencia de tamaño de las moléculas del compuesto.

Los sistemas de detección, una vez separados los compuestos, pueden ser de conductividad térmica, ionización de llama, detector de captura de electrones, detector de nitrógeno-fósforo, de masa por trampa de iones, detector fotométrico de llama, entre otros, y en cromatografía líquida detectores de índice de refracción, detector ultravioleta visible, de fluorescencia, electroquímico y de conductividad electrónica.

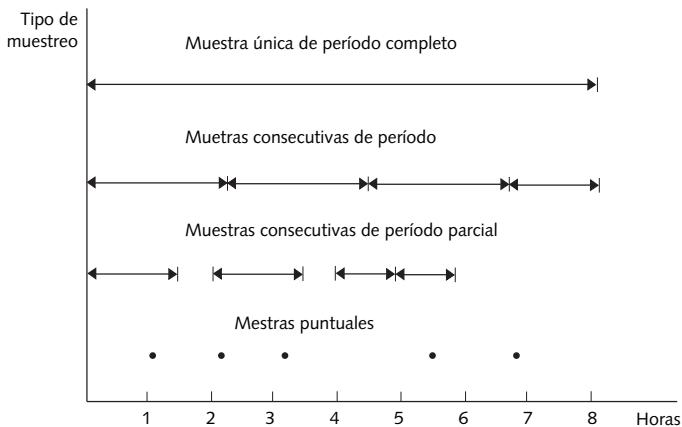
*Microscopía:* es una técnica que se utiliza principalmente para el conteo de fibras que se han retenido en un filtro de membrana; se monta la muestra clarificada y fijada, en una retícula para hacer visualmente o con medios computarizados, el conteo de las fibras captadas en un período de tiempo dado.

### **Estrategias de muestreo**

La aplicación de las diferentes estrategias de muestreo es definida por el higienista de acuerdo con el objetivo que persigue, equipos de medición a utilizar, exposición en el ambiente laboral. Estas estrategias de muestreo se pueden definir como sigue:

1. Muestra única de período completo, la cual corresponde a una sola muestra que se toma durante la totalidad de la jornada de trabajo. Esta toma presenta el problema que si bien proporciona una concentración final total de exposición, no arroja información de lo que sucede en diferentes momentos de la jornada laboral.
2. Muestras consecutivas de período completo, que corresponden a varias muestras que se toman durante la totalidad de la jornada laboral. Estas pueden ser de tiempos iguales o tiempos diferentes de acuerdo a las condiciones y objetivos del estudio. Sin lugar a dudas este sería un muestreo ideal, ya que al final del estudio se tendría la información de la concentración total de la exposición, así como datos intermedios de diferentes momentos de las actividades que realiza el trabajador en la jornada laboral. Es importante definir los momentos en que se reemplazarán los filtros.
3. Muestras consecutivas de período parcial, son muestras de igual o diferente duración y cubren parte del tiempo de exposición. Esta es una estrategia que a veces se utiliza para reducir costos en los casos en que no se puede aplicar el muestreo consecutivo de período completo. Lo importante en este tipo de muestras es determinar los momentos en que se hará cada una de las mediciones de acuerdo con las diferentes actividades y exposiciones.

4. Muestras puntuales, las cuales se realizan con toma de muestra o con medidores de lectura directa donde el período de tiempo es máximo de 15 minutos. En este caso es necesario realizar varias mediciones puntuales en el día buscando obtener una muestra significativa desde el punto de vista estadístico con relación a los niveles de exposición que se puedan presentar en la jornada laboral o en los momentos críticos (ver gráfico 13.2).



**GRÁFICO 13.1**  
Estrategias de muestreo.  
Nota: ver gráfico 13.2 Esquema para toma de muestras

### Sistemas de medición para contaminantes ambientales

Se definen dos sistemas dentro de los instrumentos de medición representados en:

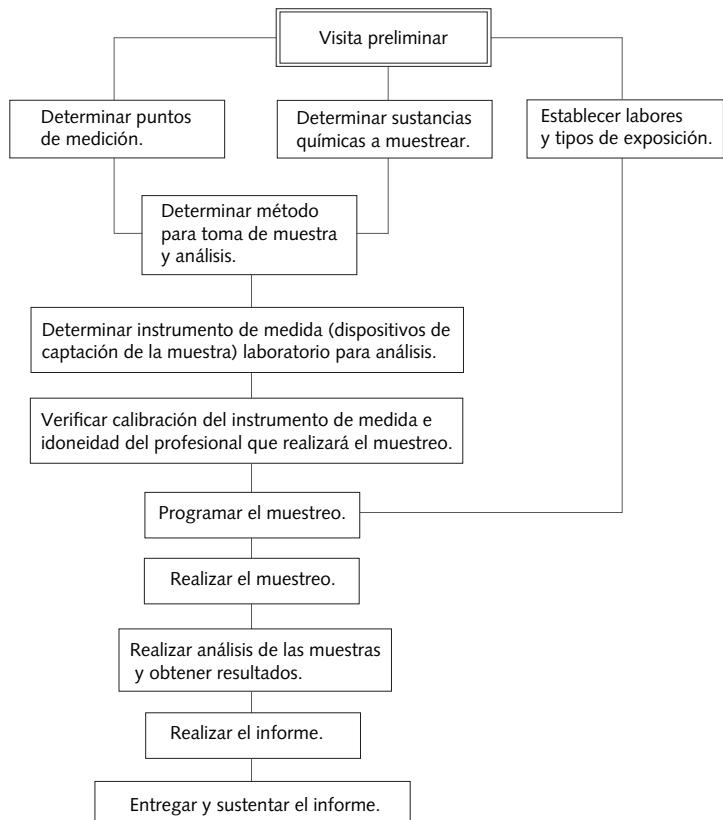
1. *Muestreo activo*: es un sistema que fuerza el paso de aire a través de un dispositivo.
2. *Muestreo pasivo*: corresponde a un sistema mediante el cual, sin forzar el paso de aire, se toma en un captador que permite el paso natural de aire por difusión y permeación.

### Sistemas de muestreo más utilizados

Dentro de los sistemas de muestreo más conocidos están:

1. Para gases y vapores:
  - a. Tubos colorimétricos.
  - b. Tubos de carbón activado.
  - c. Sensores de lectura directa.
2. Para humos metálicos:
  - a. Filtros de éster de celulosa.
3. Para material particulado:
  - a. Filtros de PVC.
  - b. Lectura directa.

- c. Para material particulado el muestreo se realiza para:
  - Masa de partícula inhalable, son aquellas sustancias peligrosas cuando se depositan en cualquier parte del tracto respiratorio.
  - Masa de partícula torácica, son aquellas sustancias peligrosas al depositarse en cualquier parte de las vías pulmonares y la región de intercambio de gas.
  - Masa de partícula respirable, son aquellas sustancias que resultan peligrosas cuando se depositan en la región de intercambio de gases en los alvéolos.
  - Partículas no clasificadas de otra forma (PNCOF), es una muestra que se toma para sustancias de las cuales no se conoce evidencia de efectos tóxicos específicos.
- 4. *Métodos NIOSH*: para muchas de las sustancias químicas existen métodos de toma de muestra de contaminantes químicos en aire, los de mayor influencia en América son los métodos NIOSH, donde se especifica entre otros:
  - a. Objeto y campo de aplicación.
  - b. Captación de la muestra.
  - c. Cadena de custodia.
  - d. Fundamento del método.
  - e. Técnica analítica y reacción.
  - f. Desorción.
  - g. Reactivos y productos.
  - h. Instrumento de medida y filtros, aparatos y material.
  - i. Toma de la muestra.
  - j. Procedimiento de análisis.
  - k. Precisión.
  - l. Calibración.
  - m. Cálculos.
  - n. Observaciones.
- 5. *Muestreo biológico*: el muestreo biológico busca cuantificar el grado de absorción de los agentes químicos por el trabajador, midiendo la concentración de sustancias químicas en aire exhalado, orina y sangre, para ser contrastadas con los valores BEI. Esta evaluación es independiente de la vía de ingreso o de exposiciones extra laborales.



**GRÁFICO 13.2**

Esquema para toma de muestras.

## Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos

De los diferentes sistemas de clasificación y etiquetado para productos químicos que se tienen en el mundo, se puede presentar el problema que una misma sustancia sea clasificada como tóxica y al mismo tiempo como no peligrosa para la salud dependiendo del país en donde se haya efectuado la clasificación; incluso, a nivel local pueden existir diversas regulaciones y criterios, que hacen que el etiquetado sea diferente para las mismas sustancias químicas creando inconsistencias de interpretación al momento de identificar una determinada etiqueta.

Por lo anterior, la Organización de las Naciones Unidas, ofrece una posibilidad para etiquetar los productos químicos en una forma unificada en todo el mundo dentro de lo que se ha llamado Sistema Globalmente Armonizado.

Uno de los principales propósitos del Sistema Global Armonizado, es clasificar y etiquetar los productos químicos de tal forma que se suministre una información relevante para el transportador, el consumidor, el trabajador, los grupos de emergencia y los grupos de protección ambiental.

Este sistema busca clasificar las sustancias de acuerdo con los peligros para la salud humana, peligros físicos y para el medio ambiente. Dentro de los elementos de comunicación de peligros se tienen en cuenta:

1. Clases y categorías de peligros.
2. Pictogramas de peligros.
3. Palabras de advertencia
4. Indicaciones de peligro y Consejos de prudencia.

En las etiquetas algunos de los cambios que se presentan están relacionados con los pictogramas.

**TABLA 13.1**  
Pictogramas de peligro y ejemplos sobre sus correspondientes clases de peligro.

SGA Pictogramas de peligro y ejemplos sobre sus correspondientes clases de peligro				
<b>Peligros físicos</b>				
Explosivos	Líquidos inflamables	Líquidos comburientes	Gases comprimidos	Corrosivo para los metales
<b>Peligros para la salud humana</b>		<b>Peligros para el medio ambiente</b>		
Toxicidad aguda	Corrosión cutánea	Irritación cutánea	CMR <sup>1)</sup> STOT <sup>2)</sup>	Peligro para el medio ambiente acuático

1) carcinogenicidad, mutagenicidad en células germinales, toxicidad para la reproducción (CMR: carcinogenic, mutagenic, toxic to reproduction) / 2) toxicidad específica en determinados órganos (STOT: Specific Target Organ Toxicity).

Dentro del Sistema Global Armonizado se establecen diecisésis datos indispensables que deben contener las hojas de seguridad; estos son:

1. Identificación del producto.
2. Identificación del peligro o peligros.
3. Composición/información sobre los componentes.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental.

7. Manipulación y almacenamiento.
8. Controles de exposición/protección personal.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Información toxicológica.
12. Información ecotoxicológica.
13. Información relativa a la eliminación de los productos.
14. Información relativa al transporte.
15. Información sobre la reglamentación.
16. Otras informaciones.

Se ha establecido un calendario de implementación en varios países para el uso del SGA; a finales del 2008 la Unión Europea adoptó el sistema para todos los países miembros.

Nueva Zelanda está implementando el sistema desde septiembre de 2006, Japón lo hace parcialmente desde diciembre de 2008, Taiwán implementó el sistema a partir del primero de enero de 2009, Corea tiene todas las sustancias etiquetadas y las mezclas las tendrá el 30 de junio de 2013. Estados Unidos y Canadá hasta el momento no han publicado ningún programa de implementación.

#### **Frases de riesgo (R) y consejos de prudencia (S)**

Es habitual que en las etiquetas y empaques se incluyan estas frases y consejos, los cuales a la vez que advierten de los peligros hacen recomendaciones preventivas. Las frases de riesgo se refieren a los efectos perjudiciales que puedan tener las sustancias, mientras que los consejos de prudencia se refieren a medidas preventivas para evitar los efectos perjudiciales de las sustancias. Estas frases se pueden consultar en <<http://www.merck-chemicals.com.co>>.

En el Sistema Global Armonizado, las frases de riesgo (R) se sustituirán por las frases (H) y las frases (S) por las frases (P) de acuerdo con el reglamento CE1229 del Parlamento Europeo y del Consejo del 16 de diciembre de 2008. Las frases de riesgo (R) cambian a indicaciones de peligro y aumentan en número, en tanto, las frases de seguridad (S) cambian a consejos de prudencia y aumentan en número.

#### **Causas del riesgo por contaminantes químicos**

Las principales causas del riesgo químico son las siguientes:

1. No seguir normas y procedimientos seguros en actividades que implican el uso o transporte de sustancias químicas.
2. Clasificación inadecuada de los productos químicos.
3. Almacenamiento inapropiado de las sustancias químicas.
4. Manipulación de sustancias químicas sin el uso de un sistema de extracción adecuado con las sustancias utilizadas.

5. Recipientes inadecuados o deteriorados donde se almacenan productos químicos.
6. Mezclas peligrosas entre sustancias.
7. Envases abiertos.
8. Estanterías no diseñadas para los productos químicos.
9. Ausencia de rodapié en las estanterías.
10. Una vez se ha presentado un accidente con sustancias químicas, algunas de las causas que contribuyen a su agravamiento son:
  - a. Falta de protocolos para controlar fugas o derrames.
  - b. Falta de capacitación y entrenamiento en la prestación de primeros auxilios.
  - c. Ausencia de duchas de emergencia y lava ojos de emergencia.

### **Efectos del riesgo por contaminantes químicos**

Los efectos de las sustancias químicas sobre el organismo son muy variados, dependiendo de su grado de agresión al organismo, así como la concentración, el tiempo de exposición y la vía de ingreso.

Los principales efectos son los siguientes:

*Irritantes:* son aquellas sustancias químicas cuyo efecto en el organismo humano implica la irritación de los tejidos en las áreas con las cuales entra en contacto, principalmente la piel, los ojos y las mucosas del sistema respiratorio. Por ejemplo: formaldehído, acroleína, amoníaco, óxidos de azufre, cloro, ozono, dióxido de nitrógeno, halógenos.

*Corrosivo:* son aquellos que generan quemaduras o corrosión sobre las áreas de contacto.

Por ejemplo, los ácidos y los álcalis.

*Alérgicos:* los alérgicos ejercen su acción bajo dos características específicas: una es que no afecta a la totalidad de los individuos, debido a que se requiere de una predisposición fisiológica; la segunda, que sólo se presenta en individuos previamente sensibilizados. Dentro de este tipo de reacciones se encuentra la dermatitis por contacto con níquel, cobre, mercurio, formaldehído, etc.

*Neumocoñíticos:* corresponden a sustancias químicas sólidas, las cuales se van depositando y acumulando en los pulmones originando reacciones específicas, de acuerdo con el producto; por ejemplo: polvo de sílice (silicosis), fibra de asbesto (asbestosis), polvo de óxido de hierro (siderosis), polvo de óxido de estaño (estañosis), polvo de carbón (antracosis), polvo o humos de berilio (berilirosis), polvo de óxido e hidróxido de aluminio (aluminosis).

*Sistémicos:* se identifican como compuestos químicos que independientemente de su vía de entrada, se distribuyen por el organismo ocasionando alteraciones de los diferentes órganos y sistemas, principalmente en el sistema nervioso (alcohol metílico, mercurio, manganeso, sulfuro de carbono, etc.); riñón (cadmio y compuestos, manganeso y compuestos, plomo y compuestos, entre los más destacados) e hígado (cloroformo, nitrosamidas).

*Anestésicos y narcóticos:* la característica que distingue a los narcóticos es su efecto sobre el sistema nervioso central, impidiendo que éste cumpla su función normal. Los

anestésicos y narcóticos ejercen su acción principal causando una simple anestesia sin efectos sistémicos graves, a menos que la dosis sea masiva. Dentro de los anestésicos y narcóticos se encuentran:tolueno, xilenos, acetona, etanol, propano, isobutanol, tricloro etílico, éter etílico.

*Cancerígenos, mutágenicos, teratógenicos:* son sustancias que pueden generar cáncer, modificaciones hereditarias y malformaciones en la descendencia respectivamente, debido a la inducción de cambios de los cromosomas celulares. Algunos ejemplos son: benceno, cloruro de vinilo, amianto bencidina y derivados, cadmio y compuestos, berilio, entre otros.

*Asfixiantes:* los conforman las sustancias capaces de impedir la llegada de oxígeno a los pulmones o de reducir la cantidad de oxígeno disponible en el aire; los asfixiantes pueden ser simples o químicos. Los asfixiantes simples son sustancias que sin presentar algún efecto específico, reducen la concentración de oxígeno en el aire, por el hecho de sustituir el oxígeno, disminuyendo su concentración, por ejemplo: el dióxido de carbono, gases nobles, nitrógeno, etc. Los asfixiantes químicos son sustancias que impiden la llegada de oxígeno a las células, bloqueando alguno de los mecanismos del organismo. Son ejemplos el monóxido de carbono, ácido cianhídrico, nitritos, nitratos, sulfuro de hidrógeno, plomo.

*Efectos combinados:* los contaminantes químicos pueden actuar, repercutiendo en un solo efecto o desencadenando su efecto en una acción de varios (efecto combinado). Dentro de los efectos combinados se pueden distinguir tres casos:

1. Efecto simple: cuando un contaminante actúa sobre órganos distintos.
2. Efecto aditivo: diferentes contaminantes actúan sobre un mismo órgano o sistema.
3. Efecto potenciador o sinérgico: cuando una o varias sustancias multiplican la acción nociva de otras.

## **Valoración del riesgo por contaminantes químicos**

Los riesgos químicos se pueden valorar fundamentalmente de dos maneras:

1. Realizando una evaluación de la concentración ambiental del contaminante químico para compararla con los Valores Límites Permisible (TLV).
2. Llevando a cabo una evaluación biológica en orina, sangre, aire exhalado, cabello y uñas, para comparar la concentración de la sustancia en estudio con los Índices Biológicos de Exposición (BEI). Se debe aclarar que los BEI están dados únicamente para orina, sangre y aire exhalado. Algunas muestras de orina para los análisis deben estar referidas a la cantidad de creatinina medida en la misma muestra.

### **Valores Límites Permisibles (TLV)**

Son aquellos valores que indican los límites de concentración máxima de un contaminante químico, para una exposición determinada por el TLV; deben ser considerados como valores recomendados y no como una frontera entre condiciones seguras y nocivas.

Los Valores Límites Permisibles (TLV), estiman las concentraciones establecidas después de realizar estudios epidemiológicos, analogía química, experimentación respecto a resultados por exposición humana y la experimentación con animales. Las unidades utilizadas son mg/m<sup>3</sup> y p.p.m. (partes por millón).

En la presente obra se tomarán como Valores Límites Permisibles los establecidos en la tabla de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) de los Estados Unidos.

La ACGIH, anualmente publica una relación de valores límites permisibles (TLV) para contaminantes químicos, donde se han definido tres clases de TLV.

1. *TLV-TWA*: es la concentración límite, ponderada en el tiempo para una jornada laboral normal de 8 horas diarias y 40 horas semanales, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos, día tras día, sin sufrir efectos adversos.
2. *TLV-STEL*: es la concentración límite, la cual puede presentarse durante períodos máximos de 15 minutos, sin que dichos períodos se repitan por más de cuatro veces en el día y existiendo un tiempo mínimo de 60 minutos entre uno y otro período.
3. *TLV-Ceiling*: es la concentración límite que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral.

### **Corrección del TLV**

Los TLV - TWA en forma general están dados para jornadas de trabajo de ocho horas al día o cuarenta horas a la semana, cuando los turnos de trabajo son superiores a estos tiempos, se recomienda realizar la corrección correspondiente al valor dado para el TLV. A este respecto se pueden manejar tres modelos:

1. *Modelo OSHA*: clasifica a los contaminantes por sus efectos tóxicos y recomienda ajustes diferentes para los límites de exposición según estos efectos.
2. *Modelo Farmacocinético de Hickey y Reist*: es el único de los tres que considera la acumulación del tóxico en el organismo, por lo que en caso de utilizarlo se requiere saber el valor de vida media biológica de cada sustancia química a evaluar.
3. *Modelo Brief y Scala*: es el más conservador de los tres, porque reduce el TLV proporcionalmente tanto en el incremento del tiempo de exposición como en la reducción del tiempo de no exposición. Se describirá únicamente el Modelo Brief y Scala.

Para la corrección del TLV de acuerdo con este modelo se pueden aplicar dos fórmulas de acuerdo a una exposición diaria o a una exposición semanal, de la siguiente manera:

Exposición diaria:

$$Fc = \frac{8}{hd} \times \frac{24 - hd}{16}$$

Exposición semanal:

$$Fc = \frac{40}{hs} \times \frac{168 - hs}{128}$$

Donde:

Fc = factor de corrección.

hd = horas al día.

hs = horas a la semana.

Para conocer el TLVC (TLV corregido), se toma el factor de corrección y se multiplica por el TLV dado para cada caso.

$$TLVC = Fc \times TLV$$

#### **Conversión de los valores TLV en ppm a mg/m<sup>3</sup>**

Dado que los resultados de laboratorio, resultados de muestreo de lectura directa y valores límite permisibles entremezclan las unidades de ppm y mg/m<sup>3</sup>, en la siguiente ecuación se indica la conversión de ppm a mg/m<sup>3</sup>

$$TLV \text{ en mg/m}^3 = \frac{(TLV \text{ en ppm}) (\text{peso molecular de la sustancia en gramos})}{24,45}$$

Donde:

24,45 es una constante.

#### **Valoración del grado de riesgo**

Como ya se ha visto, el hecho que un contaminante esté presente dentro de los TLV no garantiza que sea totalmente inocuo para todas las personas, por lo tanto, se aconseja conservar un amplio margen de seguridad como se explica en el siguiente procedimiento.

Cuando la concentración puede medirse, la valoración suele cuantificarse a partir del grado de riesgo:

$$GR = \frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \dots + \frac{C_n}{TLV_n}$$

Donde:

GR = Grado de Riesgo.

C = Concentración de la sustancia analizada.

TLV = Valor límite permisible.

La interpretación del grado de riesgo se realiza según lo observado en la tabla 13.2.

**TABLA 13.2**

Grado de riesgo e interpretación.

GRADO DE RIESGO (G.R)	INTERPRETACIÓN
Menor que 0,5	El trabajador se encuentra dentro de los valores límites permisibles. El nivel de concentración no es perjudicial para el tiempo de exposición.
Mayor o igual a 0,5 y menor o igual que 1	El trabajador se encuentra dentro de los valores límites permisibles, pero se deben tomar medidas preventivas, como exámenes médicos acorde con el contaminante, uso de elementos de protección personal, sistemas de ventilación general, entre otros.
Mayor que 1	El trabajador se encuentra por encima de los valores límites permisibles; por lo tanto, se deben tomar medidas inmediatas conducentes a disminuir la concentración del contaminante, tales como sistemas mecánicos de extracción exhaustiva localizada sobre los focos de emisión, utilización de sistemas húmedos, cambios en la materia prima, modificaciones en los procesos, estudios epidemiológicos, etc.

Cuando se trate de mezclas se deberá tener en cuenta si los efectos de las sustancias son aditivos o independientes. Se entiende por efectos aditivos cuando dos o más sustancias de la mezcla tienen efectos toxicológicos similares y son independientes cuando los efectos son sobre sistemas diferentes. Para el caso de los efectos aditivos, las concentraciones de las sustancias involucradas deberán sumarse y en el de las sustancias independientes se tomarán las concentraciones en forma individual.

### Límites de confiabilidad

Los límites de confiabilidad se refieren a los cálculos que deben realizarse para determinar que tan “confiable” ha sido el método utilizado para el análisis de una determinada sustancia. A manera de ejemplo, se ilustra el método de colorimetría, utilizando los respectivos tubos colorimétricos.

1. Se supondrá que se está muestreando una sustancia “X” donde los tubos colorimétricos respectivos indican una incertidumbre del método de 25%.
2. El muestreo con uno de los tubos marcó 100 ppm.
3. Ahora se procede a calcular el Límite de Confiabilidad Superior (LCS) y el Límite de Confiabilidad Inferior (LCI), de acuerdo con el resultado del muestreo y con el porcentaje de incertidumbre:
  - $LCS = 100 \text{ ppm} \times 1,25 = 125 \text{ ppm}$ .
  - $LCI = 100 \text{ ppm} \times 0,75 = 75 \text{ ppm}$ .

Lo anterior indica que la concentración del contaminante muestreado está entre el rango de 75 a 125 ppm.

4. Se supondrá que el valor límite permisible para la sustancia analizada es de 50 ppm. En este caso, tanto el límite superior como el inferior superan dicho valor por lo cual se puede concluir que hay sobreexposición y que el método es confiable.
5. Ahora se supondrá que el valor límite permisible es de 150 ppm; en este caso, tanto el límite superior como el inferior están por debajo del valor límite permisible, por lo tanto se concluye que no hay sobreexposición y que el método es confiable.
6. Por último, se supondrá que el valor límite permisible es de 90 ppm. En este caso

el LCS supera este valor, pero el LCI está por debajo, por lo cual no se puede concluir y se determina que el método no es confiable. Se determina que no hay conformidad en el muestreo y se deberá utilizar un método más específico.

7. Para el cálculo de los límites de confiabilidad superior e inferior cuando se hace un muestro de muestras consecutivas con un nivel de confianza del 95%, se deben calcular los límites de confiabilidad con las siguientes fórmulas:

$$LCS_{(95\%)} = CR + \frac{1,645 CVt ( t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2 )^{1/2}}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

$$LCI_{(95\%)} = CR - \frac{1,645 CVt ( t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2 )^{1/2}}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Donde:

LCS = Límite de confiabilidad superior.

LCI = Límite de confiabilidad inferior.

CR = Concentración relativa del contaminante, que corresponde a la concentración ponderada en el tiempo (CPT) sobre el estándar (TLV).

$$CPT = \frac{\sum C_i t_i}{\sum t_i}$$

cvt = Coeficiente de variación total del método de muestro y análisis utilizado.

t = tiempo de duración de cada una de las muestras consecutivas.

Para los casos en que se haga un muestreo único de período completo las fórmulas para los límites de confiabilidad se reducen a:

$$LCS_{(95\%)} = CR + 1,645$$

$$LCI_{(95\%)} = CR - 1,645$$

8. Si la concentración relativa (CR) y el límite de confiabilidad inferior (LCI) superan la unidad, se concluye que se supera el valor límite permisible y el método es confiable.
9. Si la concentración relativa (CR) y el límite de confiabilidad superior (LCS) no superan la unidad, se concluye que no hay sobre exposición al contaminante y el método es confiable.
10. En cualquier otro caso, el método no es concluyente, en consecuencia, se debe utilizar un método más preciso y exacto o aumentar el número de muestras para darle peso estadístico al resultado.

Para confiar plenamente en los resultados, se debe tener un estricto seguimiento del medio de captación y del procedimiento de muestreo, sin dejar de observar por ningún

momento el proceso y las muestras, hacer el sellado de los medios de captación personalmente y transportar de inmediato las muestras al laboratorio, para su pronto análisis.

### **Metodología de evaluación simplificada del riesgo químico**

Uno de los problemas que se presenta al elegir los puntos de medición para los contaminantes químicos, consiste en que no se dispone de métodos que racionalicen las mediciones a efecto de reducir sus costos, estableciendo grupos de exposición similar (GES), suficientemente confiables para determinar las áreas a medir y los puntos que se van a realizar en cada una de ellas. Adicionalmente, surge otro problema que es el de determinar cuándo vale la pena medir y cuándo no. Es decir, en una atmósfera evidentemente contaminada, se podría omitir la medición y enfocar los esfuerzos directamente al control.

Basados en lo anterior, han surgido diferentes métodos de evaluación que, además de la valoración cuantitativa tradicional, incluyen análisis cualitativos previos a las mediciones. Para estos análisis cualitativos se incluye en las metodologías la clasificación del agente, en cuanto a su riesgo o agresividad, cantidad utilizada, capacidad de mantenerse en suspensión en el aire, para determinar una clasificación del riesgo que remitirá a las tablas donde se establecerán los parámetros de control.

El método simplificado permite obtener una estimación inicial del riesgo, la cual pude llevar a medidas preventivas en forma directa sin tener que evaluar el riesgo en forma más precisa, lo cual disminuye los costos. Una vez se han implementado las medidas preventivas, debe evaluarse nuevamente el riesgo mediante el método simplificado.

El método permite analizar algunas variables a las cuales se les asignan índices semi-quantitativos. Estas variables son:

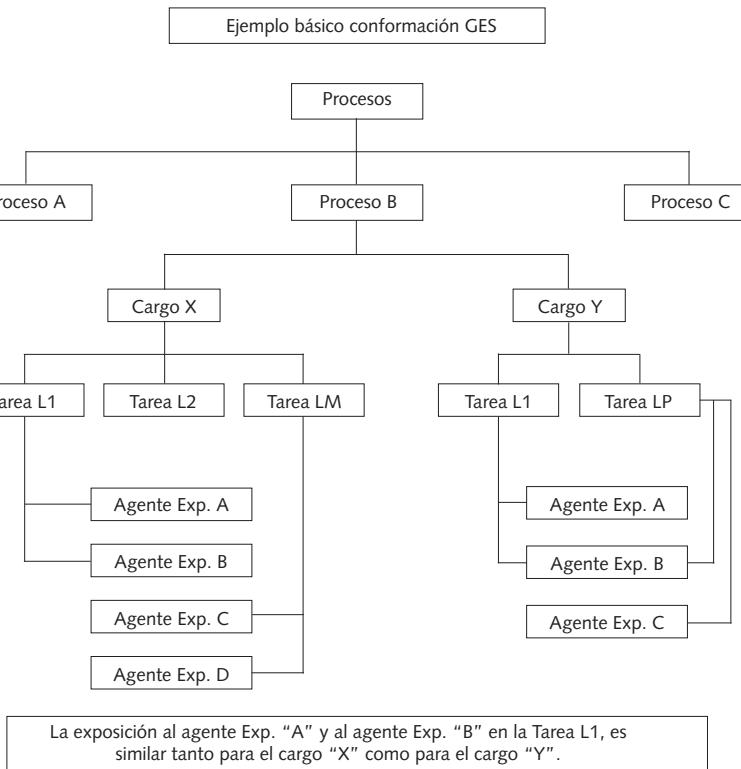
1. Peligrosidad intrínseca de los agentes químicos.
2. Frecuencia de la exposición.
3. Duración de la exposición.
4. Cantidad de agente químico utilizado o presente.
5. Características físicas del agente.
6. Forma de uso.
7. Tipo de medida de control existente.

El resultado es una categorización en diferentes niveles de riesgo, la cual permite determinar si el riesgo es o no aceptable y establecer medidas de control generales.

Cuando se hace referencia a grupos de exposición similar (GES), lo que se trata de hacer es conformar grupos de trabajadores que presenten una exposición similar a un mismo agente o conjunto de agentes químicos. Estos grupos se hacen con base en los materiales utilizados, los procesos involucrados, la similitud y frecuencia de las actividades del trabajo.

En términos generales, lo que busca la evaluación simplificada del riesgo químico mediante la conformación de los grupos de exposición similar que con pequeñas muestras, se logren altos niveles de representatividad y confianza.

A continuación se esquematiza un ejemplo básico para la conformación de los grupos de exposición similar y se debe tener en cuenta que el higienista debe llegar a estos grupos mediante un proceso donde inicialmente hace un análisis como resultado de la observación de los procesos, las tareas realizadas, la exposición; posteriormente, se debe hacer una evaluación cualitativa de las diferentes exposiciones teniendo en cuenta las características y efectos de las sustancias utilizadas, así como los resultados de estudios de higiene de los que se disponga y estudios de vigilancia epidemiológica.



**GRÁFICO 13.3**  
Ejemplo básico  
conformación GES.

Se debe tener en cuenta que no basta con que la exposición implique el uso de sustancias iguales en tareas similares, para que se pueda determinar una exposición similar sino que se debe establecer condiciones de espacio y lugar que sean igualmente similares.

La clasificación se puede realizar así:

1. Clasificación por agentes y tareas.
2. Clasificación por procesos, tareas y agentes.
3. Clasificación por tareas, procesos, descripción del tipo de trabajo (cargos) y agentes.

4. Clasificación por equipos de trabajo
5. Clasificación de trabajo no repetitivo.

Cuando el higienista haya conformado los GES, se determinará una escala de riesgos de los mismos, a fin de que aquel que presente un potencial de riesgo mayor reciba una atención inmediata con su respectivo seguimiento.

La metodología de evaluación simplificada del riesgo químico permite:

1. Aplicar una metodología en forma sistemática.
2. En función de la peligrosidad del agente contaminante, se estima su peligrosidad.
3. Enfocar los recursos hacia las medidas preventivas, más que a los procesos de medición.
4. Aplicarla a cualquier sustancia con o sin valor límite permisible.
5. Establecer la necesidad de hacer o no mediciones higiénicas para el contaminante.

### **Instituciones y modelos de evaluación simplificada**

En la actualidad, instituciones de reconocimiento internacional han desarrollado diferentes modelos encaminados a la evaluación simplificada del riesgo químico; estas son:

1. OIT

*Chemical Control Banding. The International Chemical Control Toolkit (ICCT).*

Esta metodología básicamente hace una clasificación del riesgo en tres niveles de acuerdo con la volatilidad de la sustancia. Posteriormente, evalúa la cantidad de sustancia utilizada, bien ésta sea sólida o líquida determinando otros tres niveles. Seguidamente, se revisan las guías de métodos de control en la fuente y guías de control de tarea específica para determinar las medidas de control a seguir.

2. NIOSH

*Control Banding.* Establece cuatro bandas de control:

Band 1: utilizar prácticas de higiene y ventilación general adecuadas.

Band 2: utilizar ventilación localizada.

Band 3: confinar el proceso.

Band 4: asesorarse de expertos.

Para las cuatro bandas anteriores establecen rangos de concentración del contaminante, determinando rangos para polvo y para vapores, así como los efectos del grupo. Los rangos se encuentran alineados con las bandas para poder determinar los controles.

3. INRS

*Methodologie d'évaluation Simplifiée du Risque Chimique.*

El método francés incluye un análisis para la evaluación simplificada del riesgo químico para la salud, el riesgo de incendio y explosión y el impacto ambiental.

4. HSE

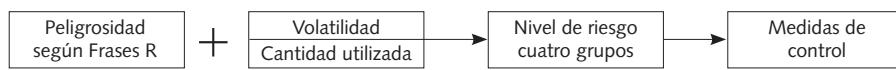
COSHH ESSENTIALS. *Control of Substances Hazardous to Health.*

Esta metodología británica establece:

- a. Categorías de peligrosidad con base en las frases R, estableciendo cinco niveles de A a E.
- b. Tendencia a pasar al ambiente, para lo cual establece tres niveles de volatilidad (bajo, medio y alto) para líquidos de acuerdo con la temperatura y su punto de ebullición y tendencia de sólidos a formar polvo de acuerdo con el tamaño de la sustancia utilizada, en los mismos tres niveles.
- c. Cantidad de la sustancia utilizada, en tres niveles.

Se cuenta con cinco matrices encabezadas por el grado de peligrosidad A, B, C, D y E. Para las matrices A, B, C y D se cruzan la volatilidad y la cantidad de la sustancia utilizada, determinando un grado de riesgo de 1 a 4. Para la matriz E, el grado de riesgo se considera siempre de 4 que es el más alto.

A continuación, y a manera de ejemplo, se explica este método en forma más detallada.



**GRÁFICO 13.4**  
Etapas del Modelo HSE  
– COSHH ESSENTIALS.

#### Peligrosidad de acuerdo con Frases R

La peligrosidad se evalúa en cinco categorías (A, B, C, D y E) y según las Frases R, que deben aparecer en la etiqueta del producto y en las fichas de seguridad. La peligrosidad se evalúa de acuerdo con las tablas 13.3 y 13.4.

A*	R36, R36/38, R38, R65, R67 Cualquier sustancia sin frases R contenidas en los grupos B a E.
B	R20, R20/21, R20/21/22, R20/22, R21, R21/22, R22.
C	R23, R23/24, R23/24/25, R23/25, R24, R24/25, R25, R34, R35, R36/37, R36/37/38, R37, R37/38, R41, R43, R48/20, R48/20/21, R48/20/21/22, R48/20/22, R48/21, R48/21/22, R48/22
D	R26, R26/27, R26/27/28, R26/28, R27, R27/28, R28, Carc. Cat 3 R40, R48/23, R48/23/24, R48/23/24/25, R48/23/25, R48/24, R48/24/25, R48/25, R60, R61, R62, R63, R64.
E	R 42, R42/43, R45, R46, R49, Mut. Cat. 3 R68**

**TABLA 13.3**

Agentes químicos peligrosos por inhalación.

\* El nivel de peligrosidad aumenta de A hasta E.

\*\* Antes del año 2002 la frase R40 se asignaba también a los mutágenos de 3<sup>a</sup> categoría. Sería posible, pues, disponer de un producto así etiquetado si fue comprado antes de tal fecha. En cualquier caso, el nivel de peligrosidad que corresponde a un mutágeno de 3<sup>a</sup> categoría es el E.

**TABLA 13.4**

Agentes químicos peligrosos en contacto con la piel u ojos\*\*\*.

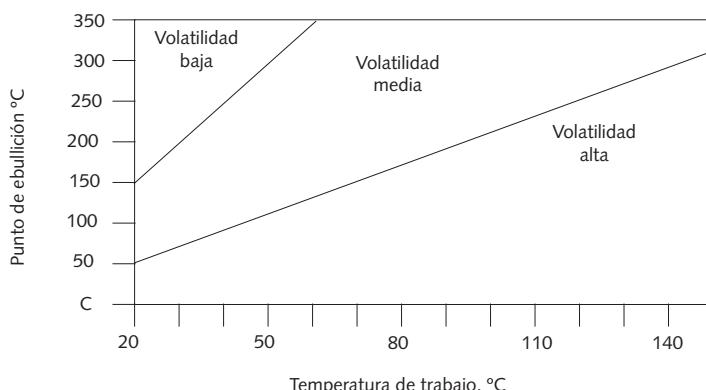
R21	R27	R38	R48/24
R20/21	R27/28	R37/38	R48/23/24
R20/21/22	R26/27/28	R41, R43	R48/23/24/25
R21/22	R26/27	R42/43	R48/24/25
R24	R34, R35	R48/21	R66
R23/24	R36, R36/37	R48/20/21	
R23/24/25	R36/38	R48/20/21/22	
R24/25	R36/37/38	R48/21/22	

\*\*\* Aunque no se establecen explícitamente niveles de peligrosidad, puesto que no se prosigue con la evaluación, las cuatro columnas corresponden a peligrosidad creciente.

*Volatilidad – Pulverulencia:* dentro de la volatilidad se entiende la tendencia de los líquidos a volatilizarse en forma de vapor. Los gases son las sustancias con mayor volatilidad. En el caso de sólidos se mide su tendencia a formar polvos. Esta medición se clasifica en Alta, Media y Baja.

**GRÁFICO 13.5**

Niveles de volatilidad en líquidos.

**TABLA 13.5**

Tendencia de los sólidos a formar polvos\*\*\*\*.

BAJA	MEDIA	ALTA
Sustancias en forma de granza (pellets) que no tienen tendencia a romperse. No se aprecia polvo durante su manipulación. Ejemplos: granza de PVC, escamas, pepitas, etc.	Sólidos granulares o cristalinos. Se produce polvo durante su manipulación, el cual se deposita con rapidez, pudiéndose observar sobre las superficies adyacentes. Ejemplo: polvo de detergente.	Polvos finos y de baja densidad. Al usarlos se observan nubes de polvo que permanecen en suspensión durante varios minutos. Ejemplos: cemento, negro de humo, yeso, etc.

\*\*\*\* En caso de duda, elíjase la categoría superior.

*Cantidad de sustancia utilizada:* se califica de acuerdo con la tabla 13.6.

**TABLA 13.6**

Cantidad de sustancia utilizada.

CANTIDAD DE SUSTANCIA	CANTIDAD EMPLEADA POR OPERACIÓN
Pequeña	Gramos o mililitros
Mediana	Kilogramos o litros
Grande	Toneladas o metros cúbicos

Obtenida la información relacionada con peligrosidad, volatilidad y cantidad de la sustancia, se obtiene el nivel de riesgo (ver tabla 13.7).

GRADO DE PELIGROSIDAD	VOLATILIDAD - PULVERULENCIA				
		Baja Volatilidad o Pulverulencia	Media Volatilidad	Media Pulverulencia	Alta Volatilidad o Pulverulencia
A	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	1	1	2
	Grande	1	1	2	1
B	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	2	2	2
	Grande	1	2	3	3
C	Pequeña	1	2	1	2
	Mediana	2	3	3	3
	Grande	2	4	4	4
D	Pequeña	2	3	2	3
	Mediana	3	4	4	4
	Grande	3	4	4	4
E	Pequeña	4	4	4	4
	Mediana	4	4	4	4
	Grande	4	4	4	4

**TABLA 13.7**

Determinación del nivel de riesgo.

NIVEL DE PELIGROSIDAD		
A	B	C
Irritantes de la piel o los ojos y los que no tengan asignadas frases R de los otros grupos, para: cualquier pulverulencia o volatilidad	Nocivos por inhalación, contacto dérmico o ingestión, para: cualquier pulverulencia o volatilidad	Tóxicos por inhalación, ingestión o contacto con la piel, irritantes de las vías respiratorias, para: volatilidad baja o pulverulencia baja o media

**TABLA 13.8**

Riesgo leve cuando la cantidad de agente es pequeña.

Las acciones a tomar después de categorizar el riesgo se ajustarán en función del nivel del mismo, siguiendo las directrices indicadas para cada uno.

*Nivel de riesgo 1:* normalmente en estas situaciones el control de la exposición podrá lograrse mediante el empleo de ventilación general. Puede asumirse que este nivel de riesgo corresponde al riesgo leve.

*Nivel de riesgo 2:* en las situaciones de este tipo habrá que recurrir a medidas específicas de prevención para el control del riesgo. El tipo de instalación más habitual para controlar la exposición a agentes químicos es la extracción localizada, para cuyo diseño y construcción es necesario, en general, recurrir a proveedores especializados. Es importante elegir el proveedor atendiendo a la experiencia demostrada en este tipo de instalaciones, así como especificar con claridad que el objetivo de la instalación es conseguir que en los puestos de trabajo la concentración de las sustancias químicas se encuentre tan por debajo del valor límite como sea posible.

*Nivel de riesgo 3:* en las situaciones de este tipo habrá que acudir al empleo de confinamiento o de sistemas cerrados, mediante los cuales no exista la posibilidad de que la sustancia química pase a la atmósfera durante las operaciones ordinarias. Siempre que

sea posible, el proceso deberá mantenerse a una presión inferior a la atmosférica a fin de dificultar el escape de las sustancias. En los niveles de riesgo 2 y 3, una vez implantadas las instalaciones de control adecuadas, o corregidas las existentes para adaptarlas al diseño y funcionamiento apropiado, se procederá a la evaluación cuantitativa de la exposición. Cuando se sospeche que las exposiciones son claramente inferiores a los valores límite, la confirmación de este resultado puede abordarse con procedimientos de evaluación cuantitativos, no necesariamente exhaustivos. De los resultados de dicho estudio se deducirá la necesidad o no de medidas preventivas adicionales y de un programa de mediciones periódicas de la exposición. En todo caso, será preceptivo verificar periódicamente los parámetros de funcionamiento de las instalaciones de control, para garantizar la continuidad de su eficacia a lo largo del tiempo.

*Nivel de riesgo 4:* las situaciones de este tipo son aquéllas en las que, o bien se utilizan sustancias extremadamente tóxicas o bien se emplean sustancias de toxicidad moderada en grandes cantidades y éstas pueden ser fácilmente liberadas a la atmósfera. Hay que determinar si se emplean sustancias cancerígenas y/o mutágenas. En estos casos es imprescindible adoptar medidas específicamente diseñadas para el proceso en cuestión recurriendo al asesoramiento de un experto. Este nivel de riesgo requiere la evaluación cuantitativa de la exposición, así como extremar la frecuencia de la verificación periódica de la eficacia de las instalaciones de control.

## **Instrumentos de medida**

### **Instrumentos de muestreo activo**

El dispositivo de los instrumentos de muestreo activo puede realizar alguna de las siguientes funciones: detección directa, específica o inespecífica

Se detectan los contaminantes presentes en el aire, como es el caso de los tubos colorimétricos para los cuales se utiliza una bomba que fuerza el paso de un volumen controlado de aire dentro del mismo. El tubo colorimétrico tiene en su interior un reactivo específico para la sustancia o grupo de sustancias químicas; la concentración del contaminante se indica sobre una escala en ppm, mediante una columna que cambia de color como resultado de la reacción entre el contaminante y el reactivo.

La medición por medio de tubos colorimétricos tiene como ventaja, sobre otros métodos: resultado inmediato, economía, operación sencilla; las desventajas son: la falta de precisión e interferencia por presencia de otras sustancias, por lo tanto es indispensable conocer las sustancias químicas adicionales al contaminante en estudio, para hacer las correcciones del caso o recurrir a otro método.

La bomba de tubos colorimétricos se debe revisar periódicamente para verificar su estanqueidad y que el desplazamiento sea de 100 centímetros cúbicos.

Dentro de la lectura directa están los detectores portátiles de gases específicos mediante sensores ( $\text{NH}_3$ , CO,  $\text{CL}_2$ ,  $\text{H}_2$ , HCl, HCN,  $\text{H}_2\text{S}$ , NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , O<sub>3</sub>,  $\text{SO}_2$ , etc.); los

detectores pueden funcionar mediante principios electroquímicos, catalíticos, de estado sólido, ópticos (por la alteración de la luz al atravesar el aerosol, dispersión de la luz); eléctricos (interacción entre partículas suspendidas en el aire y las cargas que en el mismo se encuentran) y piezoelectricos (miden la masa del aerosol por el cambio de frecuencia de resonancia de un cristal piezoelectrico de cuarzo, debido a la precipitación de las partículas sobre la superficie del cristal).

Las mediciones de lectura directa con sensores o monitores, deben contar con las revisiones y sistemas de control que garanticen el buen funcionamiento de los sensores, los cuales se deben verificar periódicamente en cuanto a su calibración, mediante cilindros con gases normalizados y certificados que se descargan sobre los sensores con una caperuza.

La vida útil de un sensor está calculada entre uno y diez años para sensores de estado sólido y de 1 a 2 años para los sensores electroquímicos y catalíticos, según el fabricante y el buen uso que se haga del mismo; someterlo a concentraciones por encima de su rango de medición lo echarán a perder; tratándose de un instrumento del que depende la vida de las personas, el uso debe ser responsable. Existen sensores de un solo gas o multigases para aproximadamente 150 gases.

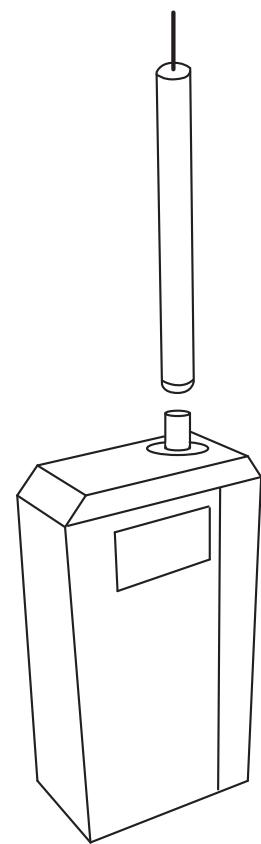
*Recolección del aire en un recipiente, para ser analizado en el laboratorio:* este es el caso del uso de bolsas inertes, las cuales deben cumplir con ciertas características como son: impermeabilidad a los gases, baja pérdida de muestra durante el almacenamiento, ausencia de absorción superficial, flexibilidad y resistencia a la temperatura dentro de un rango amplio, posibilidad de ser usada para muestras líquidas, orificios adecuados para la toma y extracción de la muestra, disponibilidad de diferentes tamaños.

Entre las ventajas que presenta este sistema se pueden citar: útil si se desea recoger una muestra desconocida de gases y poca manipulación de la muestra; los inconvenientes son: relación desfavorable entre costo-duración, los muestreos personales son difíciles, debido a la dificultad que tiene el trabajador para transportar la bolsa durante la jornada.

*Fijación y concentración de los contaminantes sobre soportes:* consiste en un soporte de captación cuyas características deben ser concordantes con el estado físico, naturaleza y comportamiento de los contaminantes químicos. Por lo anterior, el soporte de captación puede corresponder a tubos para la toma de muestras de gases y vapores con diferentes sólidos absorbentes; borboteadores para toma de muestras con soluciones absorbentes; portafiltros para toma de muestras con membrana.

### Dispositivos de muestreo pasivo

Como ya se indicó, el muestreo pasivo consiste en un captador, el cual se fundamenta en los procesos de difusión, permeación y adsorción, por lo cual no es necesario forzar el paso de aire a través del mismo. Como ventaja, este método tiene la facilidad de uso, ya que no requiere de personal experto y sólo exige el posterior análisis de laboratorio. Como limitación, se puede anotar la exclusiva aplicación a gases contaminantes o a productos químicos en fase de vapor.



**GRÁFICO 13.4**

Bomba de muestreo personal.

### **Dispositivos de muestreo biológico**

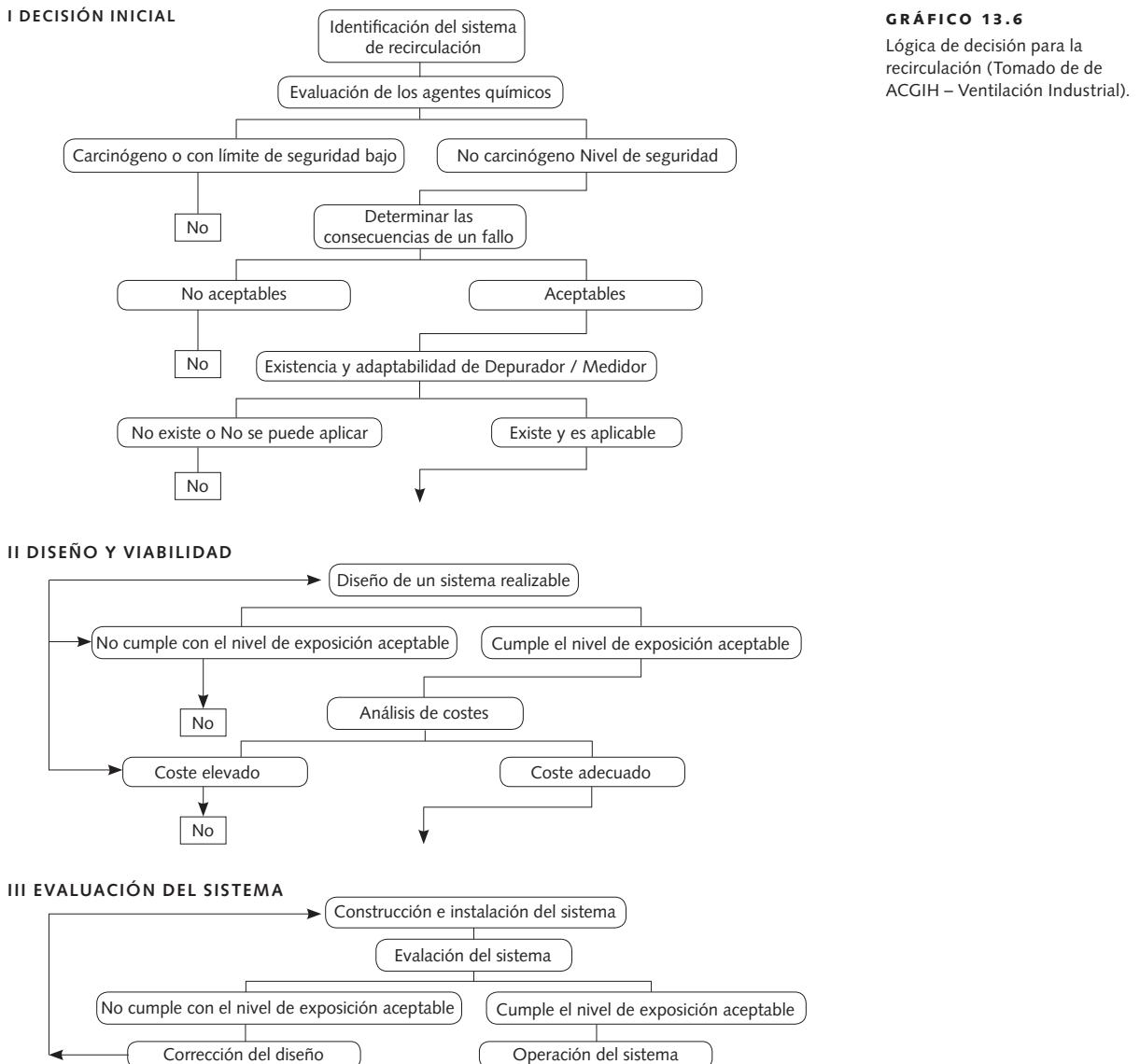
Para realizar estas mediciones se utiliza el muestreador de aire exhalado de lectura directa, o con captación cuya muestra es posteriormente analizada por cromatografía de gases. Las muestras de orina y sangre son analizadas dentro de las técnicas de laboratorio de higiene ocupacional, siendo específicas para los diferentes agentes químicos; las pequeñas cantidades de contaminante a detectar, hacen necesario que se apliquen técnicas analíticas más precisas para bajas concentraciones.

Las muestras de aire, orina y sangre deben tomarse estrictamente en el horario y día como lo indican los BEI de la ACGIH. Por ejemplo, allí se indica *la fase media del aire exhalado*, o en la toma de la muestra de sangre *al final del turno del último día de la semana de trabajo*, u orina *al final del turno*, o en los metales pesados *no es crítico* el momento de tomar la muestra.

### **Controles del riesgo por contaminantes químicos**

1. Controles del riesgo químico en la fuente:
  - a. Cambio de productos de agresividad alta por otros de menor efecto para la salud.
  - b. Proceso dentro de sistemas estanco.
  - c. Extracción localizada exhaustiva.
  - d. Los sistemas de extracción deberán, siempre, tener en cuenta la condición de la sustancia en cuanto a inflamabilidad para determinar si se requiere o no un sistema de extracción a prueba de explosión.
  - e. No utilizar concentraciones altas de productos químicos innecesariamente.  
En los casos en que sea factible se debe solicitar al proveedor el producto en la concentración requerida y no en una más alta.
2. Controles del riesgo químico en el medio:
  - a. Extracción forzada general (ver gráfico 13.6).
  - b. Aislamiento de áreas contaminadas.
  - c. Realizar control de equipos, ductos y empalmes con el fin de garantizar que no existen fugas.
  - d. Los procesos productivos deben calcularse adecuadamente a fin de evitar exceso de producto en bandas transportadoras que ocasionan la caída del producto.
  - e. Establecer normas y procedimientos seguros para la compra, almacenamiento, uso, transporte y manejo de residuos de sustancias químicas.
  - f. Utilizar un método de almacenamiento seguro de químicos (ver Capítulo 4 Almacenamiento).
  - g. Establecer procedimientos seguros que impliquen evacuación por razones de fugas o derrames de sustancias químicas.
  - h. Disponer de un lugar adecuado para realizar las diluciones de los productos químicos, a fin de que el producto sea utilizado en las áreas donde es requerido en la concentración requerida y no en una más alta.

- i. Establecer procedimientos de control de fugas y derrames, así como de eliminación de residuos y envases de conformidad con las normas de cada país y en corcordancia con los criterios de “Responsabilidad total”.



**GRÁFICO 13.6**

Lógica de decisión para la recirculación (Tomado de ACGIH – Ventilación Industrial).

- 3. Controles del riesgo químico en el trabajador:
  - a. Reducir el tiempo de exposición.
  - b. Utilizar elementos de protección personal (consultar Capítulo 17 Equipos de protección personal).

- c. Capacitar y entrenar a los trabajadores sobre el manejo con sustancias químicas, teniendo en cuenta su manipulación, almacenamiento y manejo de residuos.
- d. Mantener los recipientes con productos químicos volátiles adecuadamente envasados, cerrados, almacenados y etiquetados.
- e. Seguir normas y procedimientos seguros para la manipulación de químicos, almacenamiento y limpieza de áreas que los contienen.
- f. Disponer de protocolos y equipos para atender derrames y fugas de sustancias químicas.
- g. En las áreas donde se manipule y almacenen productos químicos se debe contar con duchas y lavaojos de emergencia.
- h. Exámenes clínicos y paraclínicos previos, periódicos y de retiro, de acuerdo a las características de los contaminantes y el concepto de medicina del trabajo.

## **Normatividad**

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España ha establecido entre otras las siguientes normas técnicas de prevención (NTP):

NTP - 19.82: Instrucciones generales para la toma, conservación y envío de muestras.

NTP – 20.82: Toma de muestras de contaminantes con filtro. Norma general.

NTP – 21.82: Toma de muestra de polvo inerte o molesto.

NTP – 22.82: Toma de muestras de contaminantes sobre diluciones absorbentes. Norma general.

NTP – 23.82: Toma de muestras de contaminantes mediante adsorbentes sólidos. Norma general.

NTP – 105.84: Calibración de bombas personales.

NTP – 110.84: Toma de muestras de metales

NTP – 151.85: Toma de muestras de captadores pasivos.

OSHA – *Occupational Safety & Health Administration*, ha establecido entre otras las siguientes normas:

OSHA – 29 CFR – 1926.55: Gases, vapores, humos, polvo y neblinas.

OSHA – 29 CFR – 1926.57: Ventilación.

Otras normatividades:

NOM – 010 – STPS – 1999: Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación al medio ambiente.

NOM – 018 – 2000: Sistemas para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancia químicas peligrosas en los centros de trabajo.

ACGIH American Conference of Government Industrial Hygienist TLV's and BFI's, 2011.

## Riesgo biológico

Los riesgos biológicos afectan a todos los seres vivos y la presencia de contaminantes de este tipo no es detectable con facilidad, ya que pueden estar presentes en el ambiente sin que nadie los vea e ingresar al organismo por vía respiratoria, digestiva, dérmica o parenteral; además, la situación se complica por el hecho de que la persona contaminada se convierte a su vez en agente trasmisor.

De modo que una definición concisa de riesgo biológico sería: todo riesgo producido por contaminantes biológicos, conformados por seres vivos capaces de reproducirse, con un ciclo de vida determinado, que se encuentran en ambientes laborales específicos y pueden inducir una enfermedad infectocontagiosa, provocar reacciones alérgicas o causar intoxicaciones.

La valoración del riesgo biológico es compleja, puesto que no puede hablarse de una concentración que pueda denominarse segura y su influencia en las personas varía, dependiendo de características individuales como su sistema inmunológico, el estado nutricional, las condiciones generales de salud, los hábitos de higiene y la susceptibilidad al contaminante biológico.

Su control debe basarse, fundamentalmente, en hábitos de higiene y limpieza, mediante procedimientos estandarizados y con formación permanente de los trabajadores para crear conciencia del peligro existente, así como en el uso de equipos de protección personal (ver Capítulo 17) y barreras para protección colectiva, vacunación y fomento de condiciones de nutrición y salud óptimas.

Los aspectos que a continuación se tratan, pretenden ser un parámetro dentro del desarrollo de las actividades de salud ocupacional, pero en ningún caso pueden suplir la intervención de los profesionales en ciencias de la salud, quienes serán los encargados, en dichas actividades, de definir y desarrollar los temas relacionados con la salud. Eso sí, el higienista, con la lectura de estas páginas, aprenderá a reconocer los riesgos biológicos en el trabajo y a establecer las medidas preventivas y de control adecuadas.



**GRÁFICO 14.1**  
Signo universal de riesgo biológico.

## Conceptos básicos sobre riesgo biológico

*Microorganismos:* se denominan así por su tamaño, ya que son visibles únicamente a través del microscopio. Pueden ser organismos animales o vegetales. No todos los microorganismos son patógenos, muchos de ellos son inocuos y necesarios para los ciclos biogeoquímicos.

*Virus:* son organismos microscópicos y constituyen la forma de vida más simple, compuestos por material genético rodeado de una capa proteica. Se reproducen y transmiten por intrusión en las células y apropiación de sus mecanismos bioquímicos. En este sentido, los virus son considerados como parásitos que dependen enteramente de sus huéspedes para su propia supervivencia. Pertenecen a este grupo los agentes causantes de la gripe, la rabia, el virus hepatotropos, el sida, entre otros.

*Bacterias:* son microorganismos unicelulares de estructura muy simple, los cuales se encuentran prácticamente en todas partes: en el aire, en el agua, en el polvo, a temperaturas muy altas o muy frías. Pertenecen a este grupo los agentes causantes de témanos, tuberculosis, ántrax, cólera, lepra, peste, gastroenteritis por salmonella e infecciones intrauterinas.

*Protozoos:* son animales microscópicos unicelulares, algunos de los cuales pueden infestar al hombre. En este grupo se encuentran los agentes causantes de la amebiasis y de la toxoplasmosis. La transmisión de un huésped a otro tiene lugar, en algunos casos, mediante insectos.

*Hongos:* formas de vida microscópica, cuyas células se agrupan formando un cuerpo filamentoso muy ramificado. Su hábitat natural es el suelo, pero algunos componentes de este grupo son parásitos de vegetales, animales y, por supuesto, del hombre. Ejemplo de ellos son los agentes causantes de la candidiasis y de la histoplasmosis.

*Helmintos:* son organismos pluricelulares con ciclos vitales complejos y con diversas fases en su desarrollo (huevo→larva→adulto), las cuales, es frecuente que completen el ciclo diferentes huéspedes (animales, seres humanos), y que la transmisión de un huésped a otro sea realizada por diferentes vectores (agua, alimentos, insectos, roedores, entre otros). Están presentes en trabajos en minas, túneles, pozos, etc.

*Zoonosis:* la constituyen las enfermedades transmitidas de los animales a los hombres y viceversa.

## Vías de entrada de los contaminantes biológicos

Los contaminantes biológicos penetran al organismo humano por las siguientes vías:

1. Respiratoria o inhalatoria: en atmósferas con presencia de agentes biológicos patógenos.
2. Digestiva: ocasionada por consumo de alimentos y/o bebidas contaminadas y por malos hábitos higiénicos.
3. Parenteral: pinchazos, heridas abiertas.
4. Piel y mucosas: contacto con aire o materiales portadores de sustancias infecciosas.

**Bioaerosoles:** un bioaerosol está formado por partículas de origen biológico, microscópicas y aerotransportables, con un diámetro aerodinámico comprendido entre 0.5 y 100 micrómetros (Cox y Wathes, 1995). Su viabilidad e influencia en el organismo humano depende de variables intrínsecas como su tamaño, forma y peso; y extrínsecas, tales como la temperatura, la humedad y el viento. Muchos agentes biológicos como virus, bacterias, esporas, algas, protozoos y ácaros, entre otros, pueden ser transportados bajo la forma de un bioaerosol e infectar al trabajador.

### **Circunstancias de activación del riesgo biológico**

Las circunstancias de activación del riesgo biológico son muy variadas. Los organismos o partículas pueden provenir de muy diversas fuentes y la evolución de la contaminación puede ser muy rápida. Si pensamos en la gripe común, podemos darnos cuenta de que la transmisión de esta enfermedad casi se generaliza en la época en que tiene lugar en una zona determinada.

Es claro que existen profesiones y oficios en las cuales tiene mayor incidencia el riesgo biológico como aquellas que tienen que ver con la prestación de servicios de salud, con el manejo de desechos, servicios de aseo, recolección de basuras, y otros.

### **Valoración del riesgo biológico**

En lo concerniente a contaminantes biológicos no existen TLV o valores límites para los agentes de transmisión, debido a su naturaleza y por razones como las que se exponen a continuación:

1. Los microorganismos cultivables no constituyen una sola entidad, ya que son mezclas complejas de muy diversa naturaleza.
2. La respuesta de la persona a los bioaerosoles será muy diferente dependiendo del tipo de germen y de la susceptibilidad individual.
3. No es posible tomar y evaluar todos los componentes de un bioaerosol utilizando un sólo método de muestreo.
4. La información disponible acerca de las concentraciones de los bioaerosoles cultivables y los efectos sobre la salud es insuficiente.

Lo anterior hace que la estrategia de prevención que se utilice sea la investigación y detección de los posibles focos de contaminación, su eliminación, reducción o control y la vigilancia médica de las personas que pudieran estar expuestas.

Para valorar el riesgo hay que considerar dos factores: el tipo de agente (grupo de riesgo) y el grado de exposición.

### **Clasificación del agente**

Los contaminantes biológicos se clasifican en cuatro grupos, según su diferente potencial patógeno para el hombre.

*Grupo 1:* incluye los contaminantes biológicos cuya probabilidad de causar enfermedad en el ser humano es poca.

*Grupo 2:* incluye los contaminantes biológicos patógenos que pueden causar una enfermedad en el ser humano; es poco probable que se propaguen a la colectividad y, generalmente existe una profilaxis o tratamiento eficaz. Pertenecen a este grupo las bacterias causantes de la legionelosis, el tétanos y el virus del herpes, entre otros.

*Grupo 3:* comprende los contaminantes biológicos patógenos que pueden causar una enfermedad grave en el ser humano; existe el riesgo de que se propaguen a la colectividad, pero, generalmente, hay una profilaxis o tratamiento eficaz. Las bacterias causantes de la tuberculosis o el ántrax y el virus de la hepatitis, entre otros, pertenecen a este grupo.

*Grupo 4:* comprende los contaminantes biológicos patógenos que pueden causar enfermedades graves en el ser humano; existen muchas probabilidades de que se propaguen a la colectividad; no existe por lo general profilaxis o tratamiento eficaz. Ejemplos de este grupo son los virus de ébola y de marburg.

### **Grado de exposición**

Sobre el grado de exposición del trabajador al riesgo biológico es fundamental tener en cuenta tres situaciones claramente diferenciadas:

1. La actividad laboral no implica una exposición al riesgo biológico.
2. Puede que la tarea no exija la manipulación de microorganismos, pero es probable que existan en el ambiente laboral, sobre todo en aquellas actividades que implican contacto con animales y trabajos de asistencia sanitaria.
3. El trabajo exige la manipulación deliberada de agentes biológicos.

### **Metodología para la valoración del riesgo biológico**

El estudio de la presencia de agentes biológicos en un ambiente laboral, implica tres fases:

1. Identificación del contaminante: la identificación del contaminante es evidente cuando se manipulan deliberadamente agentes biológicos conocidos. La identificación de los posibles agentes va asociada a las técnicas de medición en los casos en que no existe intención deliberada de manipularlos, pero se sospecha que puedan existir.
2. Medición del contaminante:
  - a. Captación de la muestra: consiste en el paso de un volumen determinado de aire sobre un soporte de retención del contaminante mediante un sistema de aspiración. El soporte de retención está compuesto de una sustancia gelatinosa, a la que se le han añadido elementos nutritivos que favorecen la reproducción de los organismos captados.
  - b. Cultivo de la muestra: el soporte de retención se extrae del captador y se introduce en una estufa de cultivo, para someterse a condiciones especiales de temperatura durante un tiempo establecido, en el cual se reproducirán

los agentes biológicos captados. Cada microorganismo se multiplica miles de veces, lo que facilita su visibilidad en forma de manchas, denominadas “colonias”. Hecho el recuento de las colonias, se relaciona el número con el volumen conocido de aire muestreado y se obtiene la concentración ambiental de contaminante, que se expresa como unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (u.f.c./m<sup>3</sup>). Inicialmente, este dato no es suficiente para conocer a qué contaminante biológico está expuesto el trabajador; para ello se utilizan diversas técnicas microbiológicas que permiten identificar los microorganismos presentes en un ambiente y descubrir si entre ellos existe alguno que sea patógeno para el hombre. Otro sistema de muestreo es la captación de microorganismos en otros medios diferentes al aire, por ejemplo: manos, frotis de garganta, instrumental, suelos, paredes, equipos, ropa, etc. El muestreo consiste en el contacto directo del soporte de retención (agar) con la superficie a muestrear.

### 3. Valoración del contaminante.

## **Efectos y control para el riesgo biológico**

La reducción de accidentes biológicos es una tarea que es preciso abordar mediante el refuerzo e incremento del bagaje formativo, de modo que todos los trabajadores expuestos sean conscientes del riesgo y creen hábitos seguros para protegerse de forma permanente.

La importancia que tiene la concientización del peligro inherente al trabajo es el punto de partida. Para ello debe contarse con la colaboración decidida de todo el personal de trabajadores, usuarios, proveedores y clientes.

Al contar con información oportuna, completa, veraz y permanente, las personas se sienten motivadas y adoptan comportamientos seguros.

Adicionalmente, deben mejorarse las condiciones técnicas bajo las cuales se realiza el trabajo (procedimientos, elementos de protección, normas de adquisición, entrega, uso y reposición, entre otros), de modo que la formación y la práctica refuerzen la cultura del peligro controlado.

Los programas de formación y entrenamiento del personal en todos sus niveles, deben contar con mecanismos de seguimiento, retroalimentación y supervisión con elementos motivacionales específicos, justos y equitativos.

Otro aspecto fundamental es controlar las condiciones ambientales (humedad, temperatura y movimiento del aire), así como la limpieza y la eliminación de los elementos propiciadores (nutrientes) de los microorganismos.

La tabla 14.1 resume las distintas enfermedades que originan el riesgo biológico y la actividad laboral que resulta más amenazada, así como las vías de entrada del contaminante al organismo y las medidas de prevención y control más comunes.

**TABLA 14.1**

Enfermedades contraídas por contaminantes biológicos.

ENFERMEDAD	PRINCIPALES SECTORES DE ACTIVIDAD	VÍAS DE ENTRADA	PREVENCIÓN Y CONTROL
Hepatitis vírica Agente: virus hepatotropos (A, B, C, D, E, F y G).	Trabajadores de la salud, personal técnico y auxiliar de laboratorio, bancos de sangre.	Transmisión oral. Transmisión parenteral.	Vacunación. Utilización de material desechable. Esterilización del instrumental. Adecuado tratamiento de residuos: fluidos biológicos, tejidos y cadáveres, material de desecho. Información y formación al trabajador sobre riesgos potenciales. Utilización de material de laboratorio de bioseguridad. Prendas de protección personal.
Hidrofobia (rabia) Agente: virus de la rabia.	Veterinarios, cuidadores de animales de laboratorio, fabricantes de vacunas, granjeros, pastores, laboratorios en los que se manipule el virus.	Mordedura de animales domésticos y/o salvajes infectados. Inhalación de partículas o aerosoles que contengan el virus. Inoculación accidental con material contaminado.	Vacunación de animales domésticos. Vacunación de trabajadores expuestos. Destrucción de animales y cadáveres infectados. Tratamiento inmediato de mordeduras o heridas producidas por animales infectados o sospechosos de estarlo. Prácticas bioseguras de laboratorio. Medidas físicas de contención del virus (cabinas de seguridad biológica).
Carbunco (ántrax) Agente: Bacteria <i>Bacillus anthracis</i> .	Veterinarios, granjeros, carniceros, fabricantes de textiles, trabajadores de la piel y de la lana, ganaderos.	Contacto directo con animales infectados, piel, lana. Ingestión, inhalación de esporas.	Vacunación de animales y personal expuesto. Destrucción completa de animales y cadáveres infectados. Desinfección de productos animales, lana, pelo, etc. Eliminación de polvo en fábricas. Formación e información sobre posibles riesgos al personal expuesto. Equipos de protección personal.
Leptospirosis (enfermedad de weil) Agente: Bacteria <i>Leptospira interrogans</i> .	Agricultores, recolectores de caña de azúcar, ganaderos, veterinarios, manipuladores de alimentos, trabajadores de la construcción, trabajadores de alcantarillas.	Penetración de las bacterias a través de roturas y lesiones de la piel por contacto con aguas polucionadas con orinas infectadas.	Vacunación de animales y trabajadores expuestos. Control de plagas (roedores). Eliminación de residuos líquidos. Control y depuración de aguas. Equipos de protección personal. Higiene personal.
Amebiasis Agente: protozoos <i>Entamoeba histolytica</i> .	Ganaderos, cuidadores de animales de parques zoológicos, cuidadores de animales de laboratorios de investigación, trabajadores en zonas pantanosas.	Contacto con aguas contaminadas. Ingestión de alimentos contaminados.	Control, depuración, desinfección de aguas. Prácticas higiénicas en la manipulación de los alimentos. Tratamiento de los animales infectados. Equipos de protección personal.
Leishmaniosis Agente: protozoos <i>Leishmania tropica</i> (L. Cutánea). <i>Leishmania donovani</i> (L. Visceral).	Trabajos en zonas pantanosas, arrozales, salinas.	Picadura del insecto portador del parásito.	Eliminación de animales que actúen como reservorio (roedores, perros). Control de plagas: uso de insecticidas. Inmunoprofilaxis con cepas atenuadas.
Histoplasmosis Agente: hongo <i>Histoplasma capsulatum</i> .	Trabajadores de graneros, gallineros, granjeros, empleados en demoliciones y en actividades de urbanización.	Inhalación de los elementos reproductores del hongo.	Control de ambientes pulvígenos. Rociamiento de los suelos con agua y desinfectantes. Equipos de protección personal.
Dermatofitosis Agente: hongo, varias especies de <i>Microsporum</i> y <i>Trichophyton</i> .	Ganaderos, granjeros, mataderos, tratantes y transportadores de ganado.	Contacto con animales infectados. Inhalación de esporas.	Control veterinario de los animales estabulados. Saneamiento y desinfección de establos. Higiene personal.

ENFERMEDAD	PRINCIPALES SECTORES DE ACTIVIDAD	VÍAS DE ENTRADA	PREVENCIÓN Y CONTROL
Esquistosomiasis Agente: helminto: trematodo: <i>Schistosoma mansoni</i> , <i>S. japonicum</i> , <i>S. haematobium</i> .	Tareas agrícolas de irrigación, arrozales, cañaduzales, pescadores.	Contacto con aguas contaminadas.	Control y eliminación de huéspedes intermediarios (caracoles). Saneamiento ambiental: red de aguas. Formación del personal expuesto. Equipos de protección personal.
Anquilostomiasis Agente: Helminto: Nematodo: <i>Ancylostoma duodenale</i> , <i>Necator americanus</i> .	Trabajadores de minas, túneles, cavadores de zanjas, trabajadores de alcantarillado, manipuladores de abonos orgánicos.	Invasión de la piel por las larvas.	Adecuadas instalaciones higiénicas: lavabos, duchas, vestuarios. Equipos de protección personal. Ropa de trabajo diferente a la ropa de calle. Drenaje y ventilación de suelos a fin de evitar desarrollo de larvas.
Miasis Agente: artrópodo: larvas de dipteros (moscas).	Pastores, ganaderos, manipuladores de abonos orgánicos, trabajadores de alcantarillas, granjeros.	Dérmica.	Control de las plagas (moscas) mediante uso de insecticidas. Utilización de repelentes para las moscas parásitarias de diversos animales domésticos que facultativamente pueden atacar al hombre.
"Parálisis de garrapata" Agente: artrópodo: garrapatas.	Todos aquellos en los que estén presentes los animales.	Inoculación de toxinas.	Control y eliminación del agente, que a su vez es un importante vector de otras infecciones víricas, bacterianas, protozoarias y helminticas.
Alergias respiratorias y de contacto. Agente: artrópodos: ácaros.	Todos aquellos en los que estén presentes animales, forrajes y en todas aquellas situaciones en que los ácaros puedan sobrevivir.	Exposición a los agentes.	Extremas condiciones higiénicas de animales y sus instalaciones. Programa de desinsectación.

### Criterios preventivos básicos

1. Uso de recipientes herméticos que impidan la liberación de agentes biológicos que contengan muestras.
2. Utilización de pinzas para manipular recipientes con muestras biológicas.
3. Instructivos de procedimientos seguros para el manejo de contaminantes biológicos patógenos.
4. Plan de contingencia y emergencia para controlar accidentes que involucren agentes biológicos patógenos.
5. Programa de control sanitario permanente, que involucre agua potable y hervida, manejo de residuos y control de vectores.
6. Almacenamiento del material infectado, en armarios de seguridad biológica.
7. Manipulación de los microorganismos en cabinas de seguridad biológica.
8. Métodos de desinfección y esterilización específicos y estrictos.
9. Disposición de lavaojos y duchas de emergencia.
10. Utilización de batas a prueba de fluidos y demás elementos de protección personal (consultar Capítulo 17 Equipos de protección personal).
11. Lavado de ropa contaminada por parte de la entidad autorizada para el lavado de ropa hospitalaria.

12. Programación permanente de capacitación y entrenamiento de trabajadores sobre los riesgos potenciales para su salud.
13. Señalización, identificación y separación de las áreas con riesgo biológico.
14. Programa de vacunación de acuerdo con los riesgos y el lugar de trabajo.
15. Programa de gestión ambiental para el manejo de residuos biológicos.
16. Disposición de lugares especialmente destinados para fumar, comer o beber fuera de los sitios de trabajo.
17. Adopción de medidas higiénicas como, por ejemplo, establecimiento de hábitos para no tocarse las mucosas.
18. Precaución en el trato con los animales.
19. Buen cocimiento de los alimentos.
20. Lavado, con agua potable, de los alimentos que deban consumirse crudos.
21. Verificación de la potabilidad del agua.
22. Protocolos estrictos de seguridad en todas las áreas y en todos los procesos.
23. Acceso restringido a sitios que puedan representar algún riesgo de tipo biológico.
24. No afectar ecosistemas

### **El lavado de las manos<sup>1</sup>**

1. Lavado de manos higiénico o social
  - a. Se usará agua tibia y jabón común (en barra, rallado, líquido, polvo), el sistema de soporte o apoyo debe asegurar que el jabón esté seco, sobre un área con buen drenaje.
  - b. El jabón en barra debe ser pequeño, se debe cambiar con frecuencia o al menos diariamente.
  - c. Mojar las manos con agua, aplicar jabón antimicrobiano, fregar energicamente durante aproximadamente 2 minutos.
  - d. Cubrir todas las superficies de manos y dedos llegando hasta los pliegues de las muñecas.
  - e. Durante el procedimiento, las manos deben estar hacia arriba.
  - f. Enjuagar con abundante agua.
  - g. Para la higiene de las uñas se usará cepillo o palillo de punta redondeada.
  - h. Las manos se secarán con toalla de papel desechable.
  - i. La llave se cerrará con la toalla desechable a fin de evitar la contaminación.
  - j. Situaciones indicadas:
    - Antes de comenzar la tarea diaria.
    - Luego de estornudar, toser o ir al baño.

---

<sup>1</sup> Este texto se basó en la información contenida en: Revista de la maestría en salud pública. Año 2, nº. 4 diciembre 2004. <[http://msp.rec.uba.ar/revista/msp\\_04/piovano1.pdf](http://msp.rec.uba.ar/revista/msp_04/piovano1.pdf)>.

- Antes y después de comer.
  - Antes y después de controlar signos vitales de cada paciente.
  - Antes y después de atender a cada paciente.
  - Antes de abandonar la sala para dirigirse a otro servicio o unidad.
  - Cuando las manos estén visiblemente sucias.
  - Antes de tocar los alimentos.
  - Antes y después del recambio de la ropa de cama.
  - Después de realizar la limpieza del ambiente.
  - Al finalizar la tarea diaria.
2. Antisepsia de manos
- a. Se usará agua tibia y 5 c.c. de jabón antimicrobiano líquido (iodopovidona o clorhexidina).
  - b. Mojarse las manos con agua, aplicar el jabón, refregar energicamente durante aproximadamente 2 minutos.
  - c. Cubrir todas las superficies de manos y dedos llegando hasta los pliegues de las muñecas.
  - d. Durante el procedimiento, las manos deben estar hacia arriba.
  - e. Enjuagar con abundante agua.
  - f. Para la higiene de las uñas usar cepillo o palillo de punta redondeada.
  - g. Las manos se secarán con toallas de papel descartables.
  - h. La llave se cerrará con la toalla.
  - i. Como alternativa, si no hay suciedad visible, se puede utilizar una preparación alcohólica con un emoliente (es una alternativa al procedimiento de lavado antiséptico, pero no elimina la suciedad).
  - j. Situaciones indicadas:
    - Durante la realización de un procedimiento invasivo (colocación de un catéter vascular central, o catéter urinario) o toma de muestras, etc.
    - Antes de vestir ropa quirúrgica.
    - Antes y después de la curación de heridas.
    - Antes y después de la preparación de soluciones parenterales.
    - Antes de administrar medicación parenteral.
    - Antes y después de extracción de sangre.
    - Antes y después de aspirar secreciones de vías respiratorias.
    - Antes y después de preparar, administrar y/o manipular sangre y sus derivados.
    - Antes y después de medir presión venosa central o monitoreo de presión intravascular.
    - Antes y después de manipular equipos de respiración artificial, catéteres intravasculares.

- Antes del contacto con pacientes inmunodeprimidos por alteraciones en la inmunidad humoral o celular o con alteraciones de la integridad de la piel y mucosas (quemados, escarados, heridos), o con edades extremas.
3. Lavado de manos quirúrgico
    - a. Usar agua tibia y 5 c.c. de jabón antimicrobiano líquido (iodopovidona o clorhexidina).
    - b. Accionar la llave con pedal o con el codo o célula fotoeléctrica.
    - c. Mojar las manos con agua, aplicar el jabón, restregar energicamente por un mínimo de 2 minutos.
    - d. Durante el procedimiento, las manos deben estar hacia arriba.
    - e. Cubrir todas las superficies de manos y dedos llegando hasta encima del pliegue de los codos.
    - f. Utilizar esponja o compresa estéril para el lavado de manos, dedos y antebrazo.
    - g. Usar cepillo o palillo estéril de punta redondeada para la higiene de las uñas.
    - h. Enjuagar con abundante agua.
    - i. Secar las manos con toalla de papel o tela estériles.
    - j. Situaciones indicadas:
      - Antes y después de cada cirugía.
      - Antes y después de cada procedimiento invasivo con incisión en piel.

## **Normatividad**

Colombia: Res. 2400/79 Capítulo V Evacuación de residuos o desechos.

Cuba: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Resolución nº. 42 (1999)  
Lista oficial de los agentes biológicos que afectan al hombre, los animales y las plantas.

España: Real Decreto 664/97 Riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales e Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 409: Contaminantes biológicos: Criterios de valoración.

Directiva 90/679 del Consejo de las Comunidades Europeas, de 26 de Noviembre de 1990, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

México: NOM-087-ECOL-SSA1-2002. Establece los requisitos para el manejo de los residuos peligrosos biológico infecciosos.

NOM-052-SEMARNAT-2005. Norma mexicana sobre residuos peligrosos.

ISO 6222: 1999. *Water quality. Enumeration of culturable micro-organisms. Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium.*

ISO 10993-4:2002 .*Biological evaluation of medical devices -- Part 4: Selection of tests for interactions with blood.*

ISO 10993-3:2003. *Biological evaluation of medical devices -- Part 3: Tests for genotoxicity, carcinogenicity and reproductive toxicity.*

ISO 16602:2007. *Protective clothing for protection against chemicals -- Classification, labelling and performance requirements.*

OSHA - 29 CFR - 1910.1027 App F: Protocolo para monitoreo biológico.



## **Riesgo ergonómico**

El criterio ergonómico debe incluirse en todo el proceso productivo de la empresa, desde la selección del trabajador (edad, contextura, género, habilidades y competencias), la adquisición y diseño de muebles, equipos y herramientas, el diseño de estaciones de trabajo y locales, la organización del trabajo (horarios, rotación, trabajo en equipo), los programas de formación y comunicación, entre otros.

El factor ergonómico debe coordinar a los clientes internos y externos y formar parte de la prevención de los riesgos ocupacionales, incluyendo los aspectos que determinan los puestos y estaciones de trabajo, buscando su coherencia entre muebles, equipos, herramientas, movimiento de cargas frente a la biomecánica humana; de este modo podrá hacer del trabajo una actividad apropiada para las características del hombre y en donde pueda desarrollar todo su potencial productivo sin arriesgar su salud y comodidad.

En este capítulo se incluyen los aspectos más relevantes en lo concerniente a la ergonomía como un factor de riesgo que debe controlarse en el sitio de trabajo, pero con la salvedad de que los contenidos tratados, en ningún caso pretenden suplantar la intervención directa de un profesional de la ergonomía para su planificación y desarrollo; de hecho, constituyen un resumen de herramientas aportadas por ergónomos, y profesionales de la salud.

## Conceptos básicos sobre la ergonomía

La ergonomía es la ciencia del trabajo humano y busca adaptar el entorno al hombre, a sus características físicas, psicológicas y sociales, con el fin de generar bienestar y satisfacción e incrementar la calidad y la productividad.

La ergonomía rescata la individualidad. Es multidisciplinaria al considerar al ser humano de forma integral relacionándolo con su entorno laboral, para establecer así un sistema que interactúa hacia el objetivo de crear un producto u ofrecer un servicio óptimo, reduciendo las variables de tiempo y costo y teniendo siempre en cuenta el bienestar del trabajador.

Como la individualidad es compleja, la ergonomía también lo es, de modo que ahora se tratarán algunos aspectos teóricos fundamentales para poder entender luego, los factores de riesgo ergonómico que se generan con mayor frecuencia en el sitio de trabajo y poder aplicar medidas de control adecuadas.

## Antropometría

La antropometría es la rama de las ciencias humanas que estudia las dimensiones corporales, aspecto fundamental a la hora de tomar decisiones ergonómicas.

La antropometría se subdivide a su vez en dos ramas:

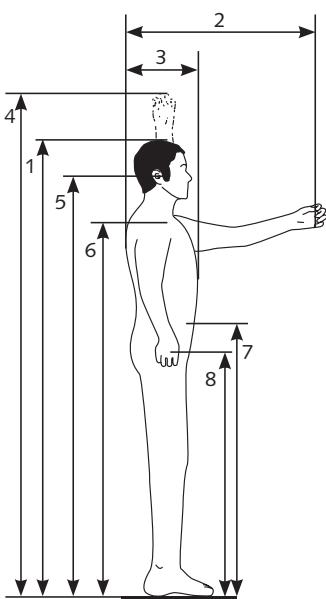
*Antropometría estática:* la cual mide las diferencias estructurales del cuerpo humano en distintas posiciones, en estado de reposo.

*Antropometría dinámica:* considera las posibles resultantes del movimiento y va ligada a la biomecánica.

## Medidas antropométricas

Las medidas antropométricas varían de una persona a otra, las dimensiones son diversas y muchas condiciones influyen en ellas, de modo que un individuo alto no es una “versión alargada” de una persona baja. Entre los principales elementos individualizadores están:

1. Raza.
2. Género.
3. Edad (hasta la madurez).
4. Ocupación.
5. Vestido (de acuerdo con el clima).



**GRÁFICO 15.1**

Medidas antropométricas:

1. Estatura. 2. Alcance horizontal para agarrar. 3. Profundidad del tórax. 4. Alcance vertical para agarrar. 5. Altura a los oídos. 6. Altura a los hombros. 7. Altura a la cintura. 8. Altura del puño.

Hablar de antropometría es hacerlo de mediciones de las diferentes partes del cuerpo, y la hora del día en que se lleve a cabo dicha medición puede afectar el resultado: por la mañana una persona mide más porque los discos de la columna no están comprimidos, y el peso es menor por el agua que se ha perdido durante la noche, debido a procesos como la respiración, la transpiración y la orina.

El factor racial es bastante determinante al hablar de mediciones, y por ello se emplean estudios antropométricos propios de cada país o grupo étnico para estandarizar

las medidas estáticas y dinámicas de los trabajadores en un territorio específico. Sobre los resultados presentados en esos estudios se deben diseñar las estaciones de trabajo, los muebles, la maquinaria, las herramientas, la ropa, los elementos de protección personal, de manera que se adecuen a las medidas de la mayor parte de los trabajadores. Como es lógico suponer, habrá que hacer algunos ajustes especiales para aquellas personas que no están dentro de ese rango.

Entre las medidas básicas que se deben tomar para diseñar puestos de trabajo para personas que laboran sentadas, están:

1. Altura del nivel visual (desde el asiento hasta el vértice interior).
2. Anchura de hombros.
3. Anchura de caderas.
4. Altura de muslo.
5. Altura poplítea.
6. Distancia sacro – rótula.
7. Alcance máximo del brazo.
8. Distancia respaldo – abdomen.
9. Altura de hombros (de la superficie del asiento al punto más alto de cada hombro).
10. Ancho/anchura entre los codos.
11. Altura del codo (del asiento al punto más bajo de cada codo doblado).
12. Altura de rodillas (desde el apoyo de los pies hasta la superficie superior de cada muslo).
13. Distancia nalgo – poplítea.
14. Alcance mínimo del brazo.
15. Distancia respaldo – pecho.
16. Altura persona sentada (desde el asiento hasta la coronilla).

Para diseñar los puestos de trabajo de personas que laboran de pie, las medidas básicas que se deben tomar son:

1. Alcance hacia delante (hasta el/los puños, con el sujeto de pie, erguido, contra una pared).
2. Altura de los hombros (del suelo al punto más alto de cada hombro).
3. Altura del codo (del suelo a la depresión radial de cada codo).
4. Altura de las rodillas.
5. Altura de la punta de los dedos (del suelo al eje de agarre de cada puño).
6. Alcance vertical máximo.
7. Ancho/anchura codo – codo.
8. Ancho/anchura de tórax.
9. Ancho/anchura de cadera.
10. Ancho/anchura máxima brazos plano sagital.
11. Alcance máximo frontal.

12. Profundidad de tórax.
13. Circunferencia de cabeza.
14. Circunferencia de pecho.
15. Estatura (distancia vertical del suelo a la coronilla).
16. Altura visual (del suelo al vértice interior de cada ojo).
17. Altura a las axilas.
18. Altura de los nudillos.
19. Altura de la entrepierna (del suelo al hueso púbico).
20. Anchura de los hombros (biacromial).
21. Alcance vertical funcional.
22. Ancho/anchura máxima codo – codo.
23. Ancho/anchura de cintura.
24. Ancho/anchura de rodilla.
25. Ancho/anchura de hombro a hombro.
26. Alcance funcional frontal.
27. Profundidad abdominal.
28. Circunferencia de hombros.
29. Circunferencia de cintura.

### **Disciplinas de apoyo a la ergonomía**

La ergonomía requiere de otras disciplinas, entre las que se destacan:

*La anatomía:* ciencia encargada del estudio de las estructuras del organismo en su conjunto, conforme a su espacio, ubicación, disposición, composición, relación topográfica y clasificación propia del cuerpo.

*La fisiología:* estudia el funcionamiento de los sistemas fisiológicos y de todo el organismo; el consumo energético es uno de sus objetivos principales.

*La administración:* contribuye a elevar la productividad del trabajo. Incluye los métodos y tiempos, así como las comunicaciones.

*La estadística:* se aplica a los estudios antropométricos para determinar los percentiles, medida de posición muy útil para una característica física por debajo de la cual un cierto porcentaje de la población queda incluido. El total de los datos es dividido entre cien partes iguales.

*La psicología:* estudia las leyes del comportamiento, las actitudes, aptitudes y la carga mental.

*La pedagogía:* contribuye con el proceso de perfeccionamiento de la formación.

*La ingeniería:* apoya la planificación y diseño de las estaciones de trabajo.

*La arquitectura:* se encarga de lograr la armonía en cuanto a los espacios, los accesos y la estructura física.

*Las ciencias ambientales:* contribuyen a observar al trabajador, no como un ser aislado sino como miembro de una comunidad, con proyección hacia el futuro.

*La biomecánica:* disciplina que estudia las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos, particularmente en los seres humanos. Describe el movimiento humano en términos de la física newtoniana y para ello se vale de las tres ramas fundamentales de esa corriente:

1. La estática, que analiza los cuerpos en interacción de fuerzas mientras no hay desplazamientos ni aceleraciones angulares (combinación de fuerza, postura y duración).
2. La dinámica, encargada de las leyes del movimiento de los cuerpos que interactúan.
3. La cinemática, centrada en los cuerpos en movimiento con base en variables fundamentales como longitud, tiempo y masa, y variables derivadas como velocidad y aceleración.

### **El factor humano**

Las personas son diferentes, no obstante, se debe diseñar para el hombre medio. Los estudios antropométricos son fundamentales para ello. En el espacio de trabajo se consideran cuatro aspectos respecto al individuo:

*Posturas:* mantener una postura genera un esfuerzo que aumenta a medida que el cuerpo se aleja de una situación de equilibrio estable. Ninguna postura que deba mantenerse por mucho tiempo es ideal. Lo recomendable es que la estación de trabajo permita cierta movilidad, de modo que los músculos cansados puedan recuperarse.

*Movimientos:* el movimiento es necesario para disminuir el esfuerzo. Debe preferirse a la inmovilidad prolongada. No obstante, movimientos forzados, repetitivos e iguales causan lesiones y generan monotonía.

*Visibilidad:* el conjunto de objetos que debe o puede observar un trabajador desde su lugar de trabajo debe estar dispuesto de forma tal que la postura que adopte la persona no sea nociva. Si debe leer alguna información, ésta debe ser clara, fácil de interpretar y reducirse a la necesaria.

*Ambiente físico:* aspectos como la iluminación, ruido, temperatura, ventilación y vibraciones deben controlarse y adecuarse a las necesidades del trabajador, de modo que lo concentren en su trabajo y contribuyan a aumentar su rendimiento y confort.

### **Factores de riesgo ergonómico**

1. Para la persona que trabaja sentada durante toda o la mayor parte de la jornada y trabajo con computador:
  - a. La silla es fija y no se puede ajustar.
  - b. La silla no permite apoyar la parte baja de la espalda.
  - c. El espacio para las piernas de la persona sentada es muy pequeño y las rodillas o las piernas permanecen en posición incómoda.

- d. Hay menos de cinco centímetros de espacio entre la parte baja de la mesa de trabajo y la parte de arriba de los muslos.
  - e. Es difícil alcanzar los objetos de trabajo porque los brazos de la silla interfieren.
  - f. Los brazos y hombros sufren tensión y los brazos de la silla incomodan.
  - g. Los pies no descansan completamente sobre el piso y no hay accesorios para apoyarlos.
  - h. Los materiales de trabajo y las partes del computador no están frente al trabajador.
  - i. El teclado está más arriba del nivel del codo.
  - j. Cuando se digita o se escribe a mano se siente molestia en las muñecas y en los antebrazos.
  - k. Los codos no descansan a los lados y deben estar estirados hacia el frente.
  - l. Los hombros están tensos y hay que elevarlos cuando se usa la mesa de trabajo.
  - m. La pantalla o monitor emite brillos o reflejos.
  - n. No se puede ajustar la luz del techo o la del puesto de trabajo.
  - o. Hay menos de 40 centímetros entre la pantalla o monitor y los ojos del trabajador.
  - p. La parte alta de la pantalla del computador está por encima o muy por debajo del nivel de los ojos del trabajador sentado.
  - q. Si el trabajador usa lentes bifocales o trifocales, debe inclinar la cabeza para ver la pantalla.
  - r. El trabajador no provee descanso a los ojos (diez segundos cada 15 ó 20 minutos, por ejemplo).
  - s. Los accesorios del computador, como el *mouse* o ratón, están a distinto nivel que el teclado y no tienen suficiente espacio.
  - t. Los brazos de la persona descansan sobre bordes duros, filudos o muy fríos.
  - u. Con frecuencia, el trabajador debe sostener el auricular del teléfono entre su oído y el hombro.
  - v. El trabajador casi nunca cambia la posición de su cuerpo.
  - w. Las actividades que realiza el trabajador únicamente se relacionan con el computador.
  - x. El trabajador no ha recibido entrenamiento adecuado sobre cómo usar el computador.
2. Para trabajadores que realizan movimientos repetitivos:
- a. El trabajador utiliza constantemente un solo grupo de músculos y repite los mismos movimientos todo el día.
  - b. El trabajador está obligado a mantener una parte del cuerpo en posición incómoda que causa tensión en los músculos, en los tendones o en las articulaciones; por ejemplo, permanece con los brazos en alto.

- c. Se trabaja siempre con la muñeca extendida, flexionada, doblada hacia el dedo pulgar (desviación radial) o doblada hacia el dedo meñique (desviación cubital).
  - d. Los dedos se mueven permanentemente como si estuvieran agarrando algo muy pequeño o como si fueran a pellizcar algo.
  - e. La persona trabaja con el cuello torcido o doblado o con la cabeza agachada.
  - f. Al realizar su tarea, el trabajador debe doblar y/o torcer las muñecas o los brazos.
  - g. Los codos se mantienen alejados del cuerpo.
  - h. El trabajador debe extender, repetidas veces, las manos por detrás del cuerpo o hacia adelante.
  - i. El trabajador debe levantar o lanzar cosas sobre los hombros.
  - j. El trabajador debe doblar o girar la cintura con frecuencia.
  - k. La persona debe levantar repetidamente objetos colocados más abajo de las rodillas.
  - l. El trabajador usa la mano como herramienta o martillo.
  - m. Se utiliza con frecuencia la mano para hacer fuerza.
3. Para el trabajo con máquinas, equipos y herramientas:
- a. Hay contacto fuerte y repetido con bordes o superficies duras de un equipo o máquina, por ejemplo, el uso continuo de una cosedora.
  - b. Herramientas como cortadoras y equipos de perforación no están afilados, lo que incrementa la fuerza requerida para usarlas.
  - c. Hay uso frecuente de herramientas vibradoras, situación que se agrava en ambientes fríos o con una posición incómoda.
  - d. Las herramientas eléctricas reciben un mantenimiento deficiente y hay aumento en su vibración.
  - e. Los dispositivos y herramientas que usa el trabajador son pesados y difíciles de manejar, lo que implica un esfuerzo adicional y la posibilidad de que se presenten accidentes.
  - f. Se debe usar siempre el mismo dedo para operar una herramienta.
  - g. El mango, manija o empuñadura de las herramientas es muy grande o demasiado pequeño para la persona que las usa y se desliza, es decir, no tiene agarre suficiente, lo cual incrementa el trabajo y aumenta la probabilidad de un accidente
  - h. Las piezas sobre las que se trabaja no están fijas y el trabajador debe sostenerlas.
  - i. La herramienta causa presión directa sobre la palma de la mano del trabajador.
  - j. Se debe hacer mucha presión al manipular la máquina.
  - k. Es difícil el acceso a los controles o partes de las máquinas.

4. Para el trabajador que labora de pie, persona en bipedestación:
  - a. La mayor parte o todo el trabajo lo hace la persona de pie.
  - b. El trabajador mantiene una postura estática por mucho tiempo.
  - c. El equipo o la superficie del trabajo son muy altos o demasiado bajos para realizar el trabajo.
  - d. La altura de la superficie de trabajo es fija y no se puede graduar.
  - e. El trabajador no cuenta con una silla o taburete para sentarse cada cierto período de tiempo.
  - f. La persona no puede trabajar con los brazos a lo largo del cuerpo, tiene que encorvarse o girar la espalda excesivamente.
  - g. No se cuenta con pedestales que eleven las superficies o con plataformas que eleven a las personas si es necesario.
  - h. No se cuenta con un escabel o taburete para ayudar a reducir la presión sobre la espalda y para que el trabajador pueda cambiar de postura.
  - i. El suelo es muy duro, no permanece limpio y es fácil resbalarse.
  - j. El trabajador usa cualquier tipo de zapato, sin especificaciones técnicas.
  - k. El espacio de trabajo es muy reducido; es difícil mover las rodillas y cambiar de posición.
1. El trabajador debe estirarse para realizar sus tareas; los objetos o la máquina que utiliza está a más de 30 centímetros de su cuerpo.
5. Para el manejo de cargas y levantamiento de objetos:
  - a. Es necesario disponer de mucha fuerza, por ejemplo, empujar o halar algo pesado, martillar o golpear, o levantar más de 50 libras.
  - b. Los trabajadores no reciben entrenamiento ni información sobre técnicas para levantar y/o transportar cargas de manera segura, sobre el peso soportable ni sobre cómo efectuar un levantamiento en compañía de otra persona.
  - c. La persona tiene que girar cuando levanta la carga.
  - d. Los materiales se mueven y son difíciles de agarrar o sostener.
  - e. Se levantan objetos pesados con las manos.
  - f. Se necesita bastante fuerza en los dedos para manipular los objetos.
  - g. El almacenamiento no está bien planificado y retirar alguna carga implica esfuerzos adicionales.
  - h. Son grandes las distancias que hay que recorrer con la carga a cuestas.
6. Durante la jornada laboral y condiciones generales de trabajo:
  - a. Para el diseño de planta o en las reestructuraciones no se emplea ni se efectúa un estudio antropométrico.
  - b. El trabajo se organiza de tal forma que hay fatiga y exposición al riesgo. Los trabajadores no se rotan o cambian de labor

- para descansar los diferentes grupos musculares del cuerpo, disminuir la repetición y las exigencias mentales.
- c. Hay exceso de horas extras o prolongación de la jornada de trabajo, lo que causa fatiga e incrementa el riesgo de una lesión ergonómica.
  - d. Los ciclos de descanso no son suficientes para la recuperación del trabajador; no se programan descansos cortos y frecuentes durante el día para reducir la fatiga.
  - e. Suelos y pisos no reciben el mantenimiento adecuado, están quebrados o presentan salientes que provocan tropiezo o resbalones.
  - f. Las tareas son monótonas y se sigue el ritmo establecido por las máquinas.
  - g. El trabajador no puede cumplir con su carga diaria de trabajo, está bajo mucha presión y no puede regular su propio ritmo de trabajo.
  - h. La ropa de trabajo no es la adecuada; es muy suelta, larga o amplia por lo que resulta peligrosa.
  - i. El vestuario no es térmico, no permite la circulación del aire ni controla el calor generado por el cuerpo.
  - j. Si se usan guantes, estos no son de la talla de la persona y se dificulta la acción de agarrar un objeto.
  - k. El trabajo se efectúa en un ambiente muy caliente o muy frío. El calor aumenta la fatiga, mientras que el frío afecta las sensaciones, el flujo sanguíneo, la fuerza y el balance.
  - l. No se analizan ni se modifican los procedimientos y prácticas de trabajo para asegurar que se usen posturas neutrales y técnicas seguras.
  - m. Es deficiente la inducción de los nuevos empleados o es abrupto el reintegro al trabajo de quienes se han ausentado por algún tiempo.

### **Valoración de los factores de riesgo ergonómico**

Cualquier valoración de tipo ergonómico que se efectúe en una organización se fundamentará, básicamente, en la observación y en la medición.

Se emplean los parámetros que proporciona la antropometría, como los que aparecen en la tabla 15.1, con su utilización respectiva e indicaciones de medición en algunas. Entre otras cosas, estas medidas sirven de referencia para verificar el diseño de los elementos de trabajo.

**TABLA 15.1**  
Medidas para una valoración  
del riesgo ergonómico.

MEDIDA	INDICACIONES PARA LA MEDICIÓN Y SU EMPLEO EN SALUD OCUPACIONAL
<b>Cabeza</b>	
Anchura transversa máxima de la cabeza	Se mide en milímetros, con un compás de varas curvas. Es la distancia entre los planos más laterales de la cabeza. Se usa para diseñar cascos de protección.
Perímetro horizontal máximo de la cabeza	Se establece con una cinta métrica y corresponde al perímetro máximo del cráneo, tomado por arriba de los arcos supraorbitarios. Se usa para diseñar cascos de protección.
Profundidad anteroposterior máxima del cráneo	Se emplea para diseñar cascos y otros equipos de protección.
Profundidad de la cara	Se toma en milímetros, con un compás de varas curvas. Es la distancia entre la parte más posterior de la cabeza y la punta de la nariz. Necesario para diseñar caretas de protección.
<b>Mano y pie</b>	
Ancho máximo del pie	Se mide con un compás de varas rectas y se registra en milímetros. Es el ancho máximo del pie, se mide donde se le encuentre. Sirve para diseñar calzado y como parámetro para el espacio de movimiento lateral de los pies.
Diámetro de empuñadura	Se emplea un cono de medición en el que la persona introduce la mano con el pulgar y el índice unidos. El punto a donde llega con facilidad dará el diámetro. La medida se usa como referencia para determinar un tamaño idóneo para palancas y asas.
Espesor de la mano	Útil para diseñar guantes y otros elementos de protección.
Longitud de la mano	Necesaria para el diseño de guantes. Sirve para determinar el espacio de movimiento de la mano.
Longitud de la palma de la mano	También necesaria para diseñar guantes y otros elementos de protección. Sirve para establecer el diferencial entre el movimiento de los dedos y la palma de la mano y los espacios de movimiento anteroposteriores de la extremidad.
Longitud del pie	Se mide con un compás de varas rectas en milímetros. La medida se toma del plano más posterior del talón al más anterior de los dedos del pie. Se usa para diseñar calzado y como parámetro para espacio de movimiento anteroposterior de los pies.
<b>Posición sedente</b>	
Estatura sentado	Se usa como parámetro de altura de techos o salientes situados por encima de un puesto de trabajo para persona sentada. Un caso típico son los techos de los vehículos. Requiere dejar un margen de comodidad. En algunas labores es prudente tener en cuenta la altura con cascos de seguridad puestos.
Altura de la cresta ilíaca	Necesaria para fijar la altura del borde inferior del respaldo de los asientos.
Altura poplítea (Distancia vertical desde el borde inferior del muslo en el pliegue con la pierna, hasta el nivel del piso).	Es la referencia para la altura del borde anterior del asiento, en relación con el piso. Se sugiere que el borde posterior del asiento sea menos alto que el anterior, para permitir una leve inclinación. La silla se ajusta a diversas estaturas si se deja un espacio libre de uno a dos centímetros entre el borde del asiento y el plano de apoyo del muslo sobre el mismo, cuando la persona tiene los pies sobre el piso. Se debe considerar la altura del calzado.
Anchura entre los extremos de los hombros	Sirve para establecer el espacio lateral que requieren las personas en espacios limitados como en los ascensores o en el transporte público. También es necesaria cuando se trabaja hombro con hombro.

En lo referente a la observación, ésta debe ser directa y efectuarse con la ayuda de videos, fotografías y dibujos de la estación de trabajo para identificar factores de riesgo.

Entre los puntos más importantes que hay que observar están:

1. Los distintos movimientos que hace el personal.
2. La cantidad de personas que laboran: total y por área.
3. Las posiciones en las que las personas trabajan.

4. El tiempo que le toma a una persona realizar una labor específica.
5. El peso de objetos que se manejan o se mueven.
6. Las dimensiones de los puestos de trabajo, herramientas y equipo.
7. La condiciones de temperatura e iluminación del área de trabajo.
8. Las condiciones de las superficies de trabajo.
9. Cualquier otra que se considere fundamental.

La valoración se puede hacer mediante la aplicación de técnicas de perfiles de trabajo dentro de las cuales se pueden citar\*:

1. RNUR –*Régie Nationale des Usines Renault*–.
2. LEST –*Laboratoire de Economie et Sociologie du Travail*–.
3. SAVIEM –Sociedad Anónima de Vehículos Industriales y Equipamientos Mecánicos, 1973–, (Van Deyver).
4. ANACT –*Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail*, Francia–, (NTP 210).
5. ERGOS
6. EWA –*Ergonomics Workplace Analysis*–.
7. Método MAPFRE.

\*Fuente: NTP 451 Evaluación de las condiciones de trabajo: Métodos Generales.

Para la valoración de los Desórdenes Músculo Esqueléticos (DME), se encuentran diversas herramientas, entre ellas\*\*:

1. RULA –*Rapid Upper Limb Assessment*–.
2. REBA –*Rapid Entire Body Assessment*–.
3. ANSI –*American National Standard Institute*.
4. MALCHAIRE, Jaques.
5. OCRA –*Occupational Repetitive Action*–.

\*\*Fuente: NTP 629 Movimientos repetitivos: Métodos de evaluación.

Para la valoración de los riesgos de Dolor Lumbar Inespecífico (DLI) se utilizan los siguientes métodos:

1. Método NIOSH –*National Institute for Occupational Safety and Health*–, USA.
2. Método de la Comunidad Económica Europea.
3. Método OWAS. Ovako Working Posture Analysis Sistem.

La selección y aplicación del método corresponde al profesional competente, con base en los resultados de encuestas a los trabajadores, observación directa o registros visuales que permiten un análisis de las posturas, movimientos, esfuerzos, velocidad y pausas, durante la jornada.

Cada una de las técnicas mencionadas en la valoración tiene su propio instrumento de medida y sus limitaciones. A continuación ilustramos los contenidos de uno de los métodos (RNUR).

### **Uso del método RNUR para la valoración del riesgo ergonómico**

#### **1. Concepción del puesto**

Se estudia la buena adaptación de las características físicas del puesto al trabajador medio. Esta condición es determinada por los siguientes criterios:

*Altura-Distancia:* este criterio verifica el confort postural del trabajador a partir de: 1. Cotas de emplazamiento más frecuente de las manos; y 2. Cotas de emplazamiento de los pies.

*Alimentación-Evacuación:* se verifica si las dimensiones de los dispositivos de alimentación y evacuación son compatibles con las posturas del trabajador. Para trabajo de escritorio el flujo de la información: cómo llega, por qué medios y cómo se entrega: input – output.

*Condiciones de espacio:* se verifica si la concepción, obstáculos, densidad de operarios y las instalaciones permiten la fácil gesticulación motriz del trabajador.

*Mandos-Señales:* se verifica si la ubicación de los elementos que la persona manipula para trabajar y las señales (auditivas, visuales) son adecuadas en cuanto a emplazamiento, acceso, dimensión y alcance.

#### **2. Seguridad**

Este factor trata de evaluar la peligrosidad, probabilidad y consecuencias de las condiciones existentes y de aquellas que pudieran generar un accidente. Se detectarán riesgos de tipo mecánico, eléctrico, locativos, de incendio y/o explosión.

#### **3. Entorno físico**

Se valoran los elementos físicos que pueden influir en el entorno del puesto de trabajo. Comprende los siguientes criterios:

*Ambiente térmico:* se debe valorar teniendo en cuenta la temperatura en OWBGT, la carga laboral, el tiempo de exposición y el tipo de vestuario.

*Ambiente sonoro:* se valora el nivel de ruido en función de la intensidad, clase y tiempo de exposición.

*Iluminación artificial:* se determina el nivel de iluminación en relación a la naturaleza del trabajo.

*Vibraciones:* se analiza en función de su intensidad apreciable, sin instrumentos de medida, ni tiempo de exposición.

*Higiene ambiental:* se trata de determinar la presencia de polvos, humos, gases y nieblas, detectables a través de los sentidos.

*Aspecto del puesto:* se determina el aspecto del puesto en función de: limpieza, estética, espacio, colores e iluminación natural.

#### **4. Carga física**

Determina la carga de trabajo física en función de las cargas parciales estáticas, dinámica y de manutención. Comprende los siguientes aspectos:

*Postura principal:* se valora la postura más sostenida o más repetida y el tiempo durante la que se mantiene.

*Postura más desfavorable:* sólo se tiene en cuenta cuando es más desfavorable que la postura principal.

*Esfuerzo de trabajo:* se valoran los esfuerzos ejercidos para la realización del trabajo que determinan básicamente el componente principal de la carga dinámica.

*Postura de trabajo:* es la postura en que se realizan los esfuerzos para la ejecución del trabajo. Puede coincidir con la principal o con la más desfavorable.

*Esfuerzo de manutención:* es la valoración de los esfuerzos desarrollados en el proceso de alimentación y extracción de las piezas u objetos de trabajo o en la ejecución misma de la labor, teniendo en cuenta si la manipulación se realiza con toda la mano o con los dedos.

*Postura de manutención:* se valoran las posturas en que se efectúan las operaciones de coger y dejar los objetos o piezas, por medio de los indicadores: postura de coger y dejar, frecuencia de repetición.

#### **5. Carga mental**

Se puede decir que es el conjunto de solicitudes experimentadas por el sistema nervioso en el curso de la tarea. Esta se determina por los criterios de:

*Operaciones mentales:* se valora la carga mental de estas operaciones en función de: la densidad de las alternativas y la incidencia de la duración del ciclo.

*Nivel de atención:* para su valoración se tiene en cuenta: la duración de la atención, la precisión del trabajo y la incidencia de la duración del ciclo.

#### **6. Autonomía**

Se entiende por autonomía la facultad que tiene un trabajador o un grupo de trabajadores de modificar, en el tiempo, su ritmo de trabajo sin incidir en la producción. Los criterios que la determinan son:

*Autonomía individual:* determina el grado de libertad del puesto de trabajo y depende en gran parte de la posibilidad de variación de ritmo de trabajo por el propio trabajador. Está limitada por:

- a. La interdependencia de los trabajadores.
- b. La densidad de operaciones en una misma zona de trabajo.
- c. El aprovechamiento y situación de las materias primas.

*Autonomía de grupo:* este criterio valora el tiempo durante el cual, un grupo de trabajadores reducido (3 a 8 personas) puede parar su trabajo, a su elección, sin interferir en la producción o en el flujo del trabajo.

## 7. Relaciones

Las relaciones dependen de las posibilidades de comunicación entre los individuos durante el tiempo de trabajo y tienden a reducir el aislamiento del trabajador en su puesto o permitir la ejecución de un trabajo en grupo. Este factor se evalúa a partir de los criterios:

*Relaciones independientes del trabajo:* se valoran, en este criterio, las relaciones interpersonales posibles durante el trabajo, pero sin una relación directa con él. Depende de la naturaleza del trabajo, de su localización, del ambiente de los puestos.

*Relaciones dependientes del trabajo:* se trata de identificar las relaciones trabajador-trabajador, trabajador-mantenimiento, etc. de carácter jerárquico o funcional, individual o grupal, necesarias para la correcta realización de la tarea.

## 8. Repetitividad

Una actividad cíclica de corta duración, entraña una gran repetición de secuencias gestuales siempre idénticas. Esto supone para el trabajador un automatismo de ejecución de gestos que provoca desinterés y sentimiento de monotonía en el trabajo. La repetitividad es evaluable por un solo criterio:

*Repetitividad del ciclo:* este criterio, no pretende determinar el interés del trabajo por su contenido sino la fatiga producida por la repetición de gestos idénticos. Puede ser modificada por:

- a. La repetitividad interna del ciclo.
- b. La rotación de un trabajador entre varios puestos.

## 9. Contenido del trabajo

El contenido del trabajo indica en qué medida la tarea de un operario hace referencia a sus aptitudes, implica su responsabilidad y suscita su interés. Este factor se evalúa a partir de tres criterios:

- a. Potencial: con dos indicadores:
  - Tiempo de adiestramiento.
  - Conocimientos generales necesarios.
- b. Responsabilidad: con tres indicadores:
  - Probabilidad de errores.
  - Consecuencias de los errores.
  - Grado de iniciativa.
- c. Interés del trabajo: con tres indicadores:
  - Diversificación de las funciones.

- Identificación con el producto.
- Intervención en la elección del procedimiento.

## Efectos del riesgo ergonómico

Además de los accidentes de trabajo que pueden ocurrir por sobreesfuerzos, fatiga, fallas en los equipos, etc., un mal manejo ergonómico hace que sean muy frecuentes las lesiones músculo-tendinosas (LMT) o por trauma acumulativo (LTA). Unas y otras ocurren luego de un período prolongado de esfuerzo inadecuado sobre un segmento corporal específico. Estas lesiones y enfermedades se desarrollan en músculos, nervios, tendones, ligamentos, articulaciones, cartílagos y discos intervertebrales. Las zonas afectadas sufren tensión y esfuerzo, los tendones se inflaman, hay atrapamiento de nervios, o se dificulta el flujo sanguíneo.

POSTURA DE TRABAJO	PARTES DEL CUERPO AFECTADAS
De pie, en el mismo sitio.	Brazos y piernas (exacerba enfermedad por varices).
Sentado, tronco recto sin respaldo.	Músculos extensores de la espalda.
Sentado en un asiento muy alto.	Rodillas, muslos, pies.
Sentado en un asiento muy bajo.	Hombros, cuello.
Tronco inclinado hacia delante, sentado o de pie.	Región lumbar: deterioro de discos intervertebrales.
Cabeza inclinada hacia delante o hacia atrás.	Hombros y brazos.
Malas posiciones al utilizar herramientas.	Inflamación de tendones.

**TABLA 15.2**

Consecuencias corporales de las malas posturas de trabajo.  
Fuente: Manual de prevención de riesgos laborales para no iniciados por Ricardo Fernández García, segunda edición, pag 141.

## Enfermedades más comunes por factores ergonómicos

*Bursitis:* inflamación del saco lleno de líquido que existe entre la piel y el hueso o el hueso y el tendón. Se puede presentar en la rodilla, el codo, el hombro y la cadera. También pueden resultar afectados el tendón de Aquiles y el pie. Cuando la bursitis obedece a sobrecarga crónica o traumatismo, generalmente se debe a una continua presión sobre el codo, la rodilla y/o el tendón de Aquiles, por arrodillarse en exceso o por movimientos repetitivos de hombros o caderas. El especialista puede recomendar descanso o inmovilización temporal de la articulación afectada.

*Celulitis:* es una infección bacteriana de la capa más profunda de la piel. Como las bacterias pueden penetrar al cuerpo a través de una ruptura de la piel, en lo que atañe a salud ocupacional, los casos de celulitis por factores laborales se dan con mayor frecuencia en la palma de la mano, a raíz de roces repetidos y el empleo de herramientas manuales, como martillos y palas, junto con abrasión por polvo y suciedad. La enfermedad puede ser seria e incluso mortal, por lo tanto, actuar rápidamente es importante. El tratamiento, que por lo general incluye antibióticos, busca controlar la infección y prevenir los problemas relacionados con la enfermedad.

*Cuello u hombro tensos:* algunos denominan esta inflamación del cuello y de los músculos y tendones de los hombros “síndrome de tensión de la cervical”. Se caracteriza por un

dolor localizado en la zona, originado por mantener durante mucho tiempo una postura rígida, como ocurre, por ejemplo, al trabajar sentado durante un tiempo prolongado frente a un computador. El tratamiento depende de la causa, pero puede incluir aplicación de hielo, consumo de analgésicos, fisioterapia o uso de un collarín cervical.

*Dedo engatillado (tenosinovitis estenosante):* también se conoce como “dedo en gatillo” o “dedo en resorte”. Se trata de una afección de las poleas y tendones en la mano que flexionan los dedos. Los tendones funcionan como si fueran una cuerda que conecta los músculos del antebrazo con los huesos de los dedos y el pulgar. En los dedos, las poleas forman un túnel, en el cual los tendones se deslizan. Si los tendones se inflaman, se estrecha el espacio del túnel y eso provoca dolor, crujido o sensación de atrapamiento en el dedo o pulgar. En ocasiones el dedo se traba y es difícil extenderlo o flexionarlo. En el campo laboral, la lesión se presenta por movimientos repetitivos o por tener que agarrar objetos durante un tiempo prolongado, con demasiada fuerza o con demasiada frecuencia.

*Enfermedad de De Quervain (torcedura de lavandera):* es la tenosinovitis de la muñeca y se caracteriza porque se afectan los tendones que controlan el pulgar. Las mujeres mayores de 40 años son el grupo poblacional más propenso a padecer la enfermedad de De Quervain (afecta generalmente a mujeres y a personas mayores de edad). Con tratamiento, como el descanso, los medicamentos y una férula, la persona puede reasumir sus actividades diarias normales. La enfermedad de De Quervain es causada, por lo general, por movimientos frecuentes y repetidos del pulgar o la muñeca, como los que se efectúan en labores de costura, mecanografía o digitación, tocar piano y tejer; también puede provenir de un aumento repentino de la carga de trabajo o la implantación de nuevos procedimientos de trabajo. Un golpe directo al pulgar puede dañar el tendón y al cicatrizar, ese tejido puede engrosar el tendón e impedir que el dedo se estire o se mueva correctamente. Cargar niños pequeños y la práctica de algunos deportes puede empeorar la condición. No hay que descartar entre las causas de la enfermedad una artritis inflamatoria, como la reumatoide.

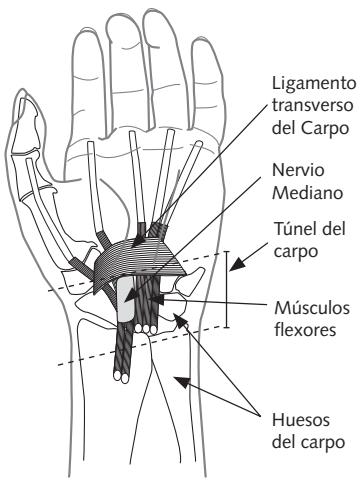
*Epicondilitis:* el epicóndilo es el área donde los músculos del antebrazo se unen al hueso lateral del codo. El uso excesivo de estos músculos, como ocurre con tareas repetitivas, provoca la inflamación de esta zona en donde se unen el hueso y el tendón. Movimientos como la extensión o rotación forzadas de la muñeca o la mano, el uso de determinadas herramientas o empleo de las manos para sujetar las herramientas por períodos prolongados, también pueden causar epicondilitis. Se conoce como “codo de tenista”, cuando la epicondilitis es lateral, o codo de golfista, cuando es media; ésta última se debe al movimiento excesivo de los músculos que se usan para cerrar los puños. Es una enfermedad relativamente común en quienes efectúan labores de ebanistería, enyesado o colocación de ladrillos.

*Ganglio quístico:* un quiste de ganglio es un saco lleno de líquido que, por lo general, está pegado a la cubierta del tendón o al revestimiento de una articulación. Se manifiesta

como una hinchazón dura, pequeña y redonda, que casi nunca produce dolor. Son más comunes en la parte trasera de la muñeca, aunque también pueden estar debajo de la muñeca, en la mano, en los dedos o en los pies. Su aparición se asocia a movimientos repetitivos de la mano y siempre son benignos. El tratamiento va desde el uso de compresas de hielo hasta la cirugía, si el quiste es grande, antiestético o doloroso. Pueden volver a aparecer incluso después del procedimiento. Se utilizan antiinflamatorios y es posible que se requiera una tablilla en la muñeca para inmovilizarla. Otro método para eliminarlos es la aspiración, que consiste en insertar una aguja en el quiste para extraer el líquido; después de drenarlo es posible que sea conveniente inyectar una solución de corticoesteroides. Normalmente, el tamaño de los quistes de ganglio se reduce al disminuir la actividad que lo produce y se agranda cuando ésta aumenta.

*Hernia discal intervertebral:* ocurre cuando parte del disco intervertebral (núcleo pulposo) se desplaza hacia la raíz nerviosa, la presiona y produce lesiones neurológicas. Esta anomalía también se denomina disco roto o desplazado. La parte de la columna que presenta con más frecuencia la lesión es la lumbar, es decir, la ubicada entre las costillas y las caderas. Los discos son los "cojines" suaves entre los huesos de la columna y son los que le permiten el movimiento. Con el paso del tiempo, los discos se vuelven menos "acolchonados" y si se debilitan demasiado, la parte externa se puede rajear. La parte interna del disco empuja a través de la hendedura y los nervios del sector reciben gran presión. El tratamiento depende del lugar donde se presente la lesión. Si es en el cuello, se recomienda el uso de un collarín por varias horas al día. Otra opción es una tracción de estiramiento del cuello, suave y mantenido, con un peso de 10-15 kg durante 30 minutos, 2 ó 3 veces al día. Si la lesión se presenta en la zona lumbar se recomienda descanso total, en cama, en posición boca arriba. El tratamiento puede incluir analgésicos y antiinflamatorios o relajantes musculares. En ambos casos son necesarias tres o cuatro semanas para esperar una recuperación total. Si no hay mejora, debe plantearse la cirugía. El dolor de espalda permanece por 1 ó 2 años, por lo general. Con los ejercicios adecuados, control de peso y otras medidas, la recuperación casi total se logra en tres años. La hernia discal es la causa más común de la ciática y del lumbago.

*Osteoartritis:* esta lesión consiste en que se degrada el cartílago o tejido resbaloso que cubre los extremos de los huesos en una articulación. Es la forma más común de artritis. Causa dolor, inflamación y disminución de los movimientos. Afecta cualquier articulación, pero principalmente dedos, manos, rodillas, caderas y vértebras. Una causa de aparición puede ser la sobrecarga de una determinada articulación durante mucho tiempo, porque el cartílago sano absorbe los impactos de los movimientos y, al desgastarse, los huesos se friccionan entre sí. Con el paso del tiempo esta fricción puede dañar la articulación en forma permanente. La enfermedad provoca rigidez y dolor en la parte afectada. En la columna, puede generar una curvatura anormal que se conoce como escoliosis. Aún no hay un tratamiento definitivo para la cura de la osteoartritis.



**GRÁFICO 15.2**  
Síndrome del túnel carpiano.

Sin embargo, rutinas frecuentes de ejercicios y estiramientos, como los trabajados en yoga, pilates y Tai Chi, además de otros métodos sin medicamentos, pueden ayudar a reducir la necesidad del uso de analgésicos. Existen también algunos tratamientos alternativos, como el uso de glucosamina y el sulfato de condroitina. En todo caso, la mejor ayuda es el control en fase temprana de la enfermedad por parte del especialista.

**Síndrome del túnel carpiano (STC):** la muñeca tiene un túnel por donde pasan los tendones y el nervio central de la mano. Al doblar la mano constantemente se pueden inflamar los tendones que, al engrosarse, presionan el nervio central, lo que produce dolor, hormigueo y entumecimiento. Afecta el antebrazo, la mano y la muñeca. Tienen mayor riesgo de sufrir el síndrome quienes ejercen movimientos repetitivos con la muñeca y los dedos, por ejemplo, individuos en una línea de ensamble, operarios de máquinas de coser, personas que planchan o que colocan etiquetas, digitadores y quienes utilizan instrumentos vibratorios. Las mujeres son tres veces más propensas a tener síndrome del túnel carpiano que los hombres. A menudo los síntomas del STC se confunden con la artritis, por lo que, si el factor de riesgo existe, es mejor acudir a un especialista en salud ocupacional, familiarizado con las enfermedades causadas por el trabajo. El tratamiento a tiempo de los STC puede contemplar descanso, terapia física y uso de antiinflamatorios.

**Síndrome o tendinitis del manguito de los rotadores:** es una inflamación (irritación e hinchazón) de los tendones del hombro. La articulación del hombro es móvil y la parte esférica del húmero encaja en el omóplato (escápula). El manguito de los rotadores precisamente sostiene la cabeza del húmero en la escápula. Se puede presentar inflamación de esa zona cuando el brazo se mueve repetidamente por encima de la cabeza. Si la lesión se vuelve crónica, puede provocar rotura de los tendones del manguito de los rotadores. Entre los síntomas están dolor asociado con el movimiento del brazo, dolor en el brazo en horas de la noche, especialmente al acostarse sobre el hombro afectado y debilidad o dolor al elevar el brazo por encima de la cabeza. Se aconseja descansar el hombro y evitar actividades que causen dolor. Durante el tratamiento se utilizan compresas de hielo y antiinflamatorios no esteroides. Es necesaria la fisioterapia y se requiere cirugía si hay un desgarro completo del manguito de los rotadores o si el tratamiento convencional no surte efecto.

**Tendinitis:** es la inflamación, irritación e hinchazón de un tendón (tejido que une un músculo con el hueso). Se caracteriza por dolor, inflamación, reblandecimiento, enrojecimiento y dificultad para utilizar la articulación afectada. Las partes del cuerpo más propensas a la tendinitis son la mano, la muñeca, el antebrazo y el tendón de Aquiles. Son causados por sobrecarga, al hacer movimientos repetitivos continuos en una postura indebida. El tratamiento busca aliviar el dolor y reducir la inflamación. El reposo o la inmovilización de los tendones afectados ayudan a la recuperación y en ocasiones se recomienda el uso de una férula o un dispositivo ortopédico removible. La aplicación de calor o frío en el área puede ayudar. Pocas veces se necesita cirugía.

*Várices o venas varicosas:* las várices son venas dilatadas que se inflaman y se elevan a la superficie de la piel; su aspecto indica que están hinchadas y torcidas. En las venas varicosas, las válvulas que mantienen la sangre en movimiento hacia el corazón, no funcionan adecuadamente y entonces la sangre permanece en la vena. Este represamiento de la sangre en las venas hace que se agranden. Por lo general, las varices se presentan en la parte posterior de las pantorrillas o en la cara interna de la pierna. Esta dolencia afecta una de cada dos personas mayores de 50 años y es más común entre las mujeres. Aunque las causas son variadas, permanecer de pie por mucho tiempo y el aumento de presión en el abdomen pueden provocar o agravar el problema. Se recomienda usar medias elásticas de descanso y, de ser necesario, perder peso. Las personas que sufren de várices deben usar ropa holgada y evitar estar de pie por períodos prolongados. Si las venas son dolorosas o estéticamente molestas, hay procedimientos quirúrgicos para eliminarlas.

## **Control del riesgo ergonómico**

### **Higiene postural**

El ser humano es activo por naturaleza y su conformación biológica está hecha para producir movimiento. Estar de pie es propio del ser humano, al punto de incidir en su morfología; no obstante, mantener por un buen tiempo esta posición, exige un esfuerzo considerable y los músculos pueden resentirse.

Estar sentado proporciona más estabilidad y supone menos esfuerzo, pero permanecer en ese estado también trae consecuencias negativas. En ese orden de ideas, lo recomendable es combinar ambas posturas.

La realidad indica que cada tarea, usualmente, exige una posición determinada. Entonces, se hace necesario establecer períodos de descanso y procurar que en ellos el trabajador efectúe algún ejercicio que combatá la acción de la postura en la que debe permanecer por mucho tiempo. Otra opción es alternar las tareas, de modo que se alternen posiciones de trabajo diferentes.

Por todo lo anterior, la higiene postural proporciona pautas para realizar los esfuerzos de la vida diaria de la forma más adecuada, y así reducir el riesgo de padecer afecciones óseas y musculares. Saber cómo usar el cuerpo en las actividades cotidianas ayuda a romper las limitaciones que el trabajo impone.

Los trabajos de oficina suelen ser sedentarios y los de planta y de campo desarrollan solamente un grupo de músculos. En ambos, los tiempos de actividad o reposo son prolongados. Sería ideal, casi imprescindible, que quienes laboran en estas condiciones realicen una práctica gimnástica que procure el movimiento de los músculos no utilizados y descansen aquellos utilizados durante la labor. Debe ser una rutina planificada y periódica, diseñada según las capacidades individuales.

Los ejercicios deben adecuarse a cada grupo funcional; buscarán fortalecer los músculos de uso diario y desarrollar aquellos de menor uso. Estiramientos y ejercicios de ca-

lentamiento son fundamentales para evitar lesiones, así como un examen médico previo que establezca si el trabajador tiene inconvenientes o restricciones para realizar la rutina.

En cualquier circunstancia, se recomienda que las personas incorporen a su vida cotidiana las siguientes prácticas, entre otras posibles:

1. Utilizar las escaleras en lugar del ascensor.
2. Caminar un trecho, para desplazarse diariamente.
3. Disfrutar de la naturaleza y eventos al aire libre.
4. Realizar algunos trabajos cotidianos.
5. Adoptar un deporte de acuerdo con la edad y las condiciones físicas.
6. Mantener una alimentación saludable y adecuada.
7. Dormir suficientes horas para que al despertar no se experimente sensación de somnolencia.

La actividad física, combinada con una alimentación saludable, se traduce en una mejor calidad de vida para las personas. Ambas favorecen el mantenimiento y la conservación de la salud.

### **Posición sedente**

*La silla:* la primera recomendación para quien debe mantener la posición sedente es la elección correcta de la silla, la cual debe proporcionar confort en posiciones estáticas y posibilitar el libre movimiento. Al adquirirla, hay que cerciorarse de que tenga un diseño ergonómico y que se adapte al tipo de trabajo que se realice.

En general, una silla para trabajo con computador por ejemplo, cumplirá los siguientes requisitos:

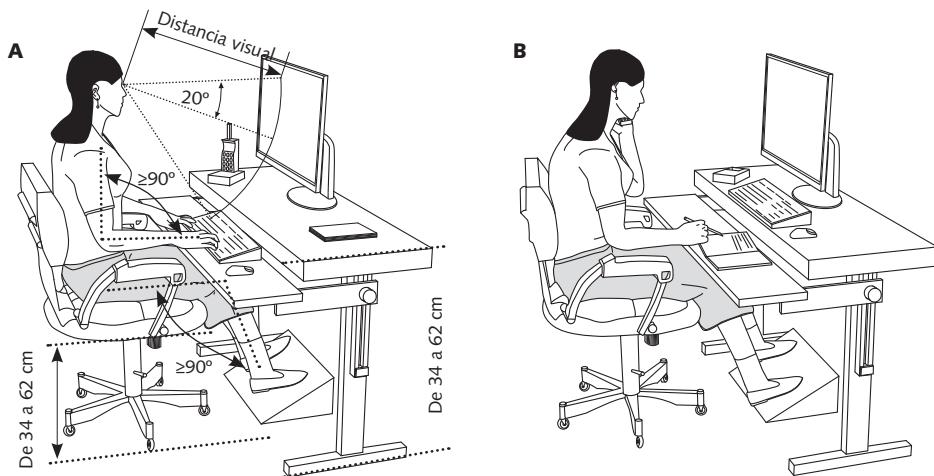
1. La altura del asiento debe ser ajustable para que el usuario pueda poner cómodamente los pies en el piso y apoyarlos completamente. Si la altura poplítea es menor que la altura mínima del asiento, se debe dotar al trabajador de un reposapiés.
2. El respaldo o espaldar también debe ser regulable en altura y ángulo de inclinación. La zona lumbar debe quedar confortablemente soportada sobre una superficie firme, bien mullida, suministrando apoyo lumbar de modo que soporte la curvatura de la columna vertebral. El ancho del espaldar no debe ser excesivo para no restar movilidad a los brazos.
3. El asiento debe tener unas dimensiones entre 40 y 45 cm de ancho y entre 38 y 42 cm de largo. Estará cubierto con un tipo de tejido poroso, flexible, térmico y anti-deslizante. El borde delantero debe ser redondeado y seguir la forma de las piernas sin comprimirlas; debe tener, además, una ligera inclinación hacia abajo.
4. Es recomendable que la silla tenga reposabrazos, para contribuir al descanso y al apoyo; sin embargo, es conveniente que sean removibles, ya que a algunos trabajadores no les resultan cómodos. Son más útiles para los trabajadores que laboran con pantallas de visualización de datos. La dimensión y altura de los reposabra-

zos depende, por supuesto, de la altura del codo con respecto al asiento.

5. La base o pata contará con cinco apoyos para mejorar la estabilidad y cada uno de ellos deberá tener ruedas giratorias para que se faciliten los movimientos y desplazamientos a los sitios cercanos a la mesa de trabajo.
6. Debe ser giratoria para eliminar las torsiones del tronco.

*Cómo sentarse y mantener la postura:* la manera ergonómica de sentarse es, con las piernas separadas, doblar las caderas y rodillas e inclinar el cuerpo hacia adelante, mientras se mantiene la columna recta. El mismo procedimiento se efectúa para ponerse de pie. Cuando se está sentado por mucho tiempo, y más aun si se usa un teclado, algunos músculos y articulaciones se sobrecargan, con efectos indeseados en el cuello y en la espalda. Para evitarlo, es bueno tener siempre presente las siguientes recomendaciones:

1. La cabeza debe permanecer erguida, no inclinada hacia adelante o hacia atrás.
2. Si se usa un computador, la pantalla o monitor y el teclado deben estar frente al trabajador. Con respecto al teclado, al digitar, los codos de la persona deben estar doblados en un ángulo mayor o igual a 90°.
3. La parte superior del monitor debe estar a la altura de los ojos, o un poco más abajo.
4. Las muñecas (articulaciones de la mano con el antebrazo) deben conservar una posición neutral, no inclinadas hacia arriba o hacia abajo. Existen apoyamuñecas para obtener soporte adicional y evitar lesiones como el síndrome del túnel carpiano.
5. Es fundamental tomar descansos con frecuencia y no permanecer sentado durante tiempos prolongados. Es necesario hacer pausas, por ejemplo, cada hora pararse y caminar por uno o dos minutos y cada dos o tres horas descansar de tres a cinco minutos. Los estiramientos de cuello y espalda son indispensables para quienes laboran en posición sedente. Lo ideal es que cada trabajador establezca sus descansos, con base en sus propias necesidades.



**GRÁFICO 15.3**

Medidas ergonómicas para sitios de trabajo sedente.

El uso de la información digital se ha universalizado, reduciendo los costos de archivo, papelería, comunicación (transmisión de datos, correo), e investigación, así como el tiempo; esto, por supuesto, modifica las estaciones de trabajo, simplificándolas, pero reduce la actividad física de los trabajadores de oficina, fundamentalmente, quienes en posición sedente, frente a su pantalla, encuentran todo tipo de material que requieren para realizar su actividad. Como actualmente se afirma: “todo está a un clic de distancia”.

No obstante, aún existen trabajos en los que adicionalmente a la labor en el computador, es necesario leer documentos, organizar papeles y escribir, lo cual es recomendable por el cambio de actividad que evite el permanecer demasiado tiempo en una única posición. Para ello se sugiere un puesto de trabajo con las siguientes características:

La mesa que sostiene el monitor es independiente (lo cual es conveniente para evitar que la pantalla vibre), podría tener graduación de altura y deberá apoyarse en una base fija. La mesa que sostiene el teclado y el mouse, articulada a la primera, será más amplia, de manera que sostenga estos elementos y otros necesarios como documentos, calendario, libros, etc., según se muestra en el gráfico 15.3 A, y además sirva de apoyo al antebrazo del trabajador. La parte sobre la cual se apoya el antebrazo podría ser de un material más blando, pero firme (particularmente cuando el trabajador debe digitar durante un tiempo prolongado). Lo ideal sería que este apoyo fuera un aditivo, para utilizar la mesa también como escritorio para la lectura o la escritura, retirando el teclado y el mouse como se aprecia en el gráfico 15.3 B; esta mesa podría ser graduable en el ángulo y tener la altura y espacio suficiente para permitir estirar las piernas.

Respecto a la posición del trabajador: la cabeza de la persona debe estar recta y nunca inclinada, de estarlo, debería tener apoyo; la espalda tendrá soporte rígido todo el tiempo, particularmente en la zona lumbar. La persona debe sentarse sobre los huesos isquiáticos y formar un ángulo mayor o igual a 90° entre el muslo y la pierna y entre brazos y antebrazos. El apoyapiés debe permitir estirar las piernas para mejorar la circulación y ha de ser de un material menos rígido que el piso.

Lo fundamental es que la postura sea relajada y permita variación durante la jornada, así como un descanso al permitir inclinar la silla, recostándola. De esta forma el cansancio laboral será el exclusivo de la productividad y no a causa de posiciones de trabajo inadecuadas.

### **Postura de pie / bipedestación**

Si el tipo de labor implica estar de pie una gran parte del tiempo, es importante que el trabajador conozca y siga las siguientes recomendaciones:

1. Mientras está trabajando, debe conservar la espalda recta y mantener las curvas normales de la columna. Las manos deben ir por delante del cuerpo; hay que contraer los músculos del abdomen y las nalgas y apoyar un pie por delante del otro. Es importante no encorvarse, inclinarse mucho hacia adelante o girar la espalda excesivamente. Lo óptimo es que la persona cuente con un apoyapié (barra

o escalón) para que coloque uno de sus pies a una altura promedio de 12 cm con respecto al piso. Esto reducirá la presión sobre la columna vertebral.

2. El trabajador debe contar con asiento o banqueta para que pueda sentarse cada cierto tiempo.
3. La superficie, plano o mesa de trabajo debe estar a nivel de la cintura, así que ha de ser ajustable a las distintas personas y tareas que se ejecuten. Si esto no es posible, hay que contar con pedestales para elevar la superficie de trabajo para los individuos de mayor estatura, o con plataformas donde puedan ubicarse los más bajos. Como el trabajador no debe tener que estirarse para hacer su labor, la superficie estará a una distancia de 20 a 30 centímetros de su cuerpo.
4. Los zapatos deben ser fuertes, con buen soporte de arco, empeine reforzado y tacones bajos y suela amortiguadora.
5. El suelo se debe acondicionar para que la superficie no sea excesivamente dura; debe estar limpio, liso y será antideslizante.
6. El espacio donde se ubica el puesto de trabajo debe ser suficientemente amplio para que la persona cambie de postura y mueva las rodillas mientras trabaja.

Es prudente evitar permanecer de pie durante largos períodos de tiempo; hacerlo puede provocar dolores de espalda, inflamación de las piernas, problemas circulatorios, dolencias en los pies y cansancio muscular. Quien trabaja de pie debe hacer ejercicios para fortalecer los músculos de la espalda.

Si el trabajo exige caminar mientras se ejecuta la acción, se mantendrá en lo posible el tronco erguido y la mirada al frente. Los movimientos de cadera y brazos deben ser suaves y acompasados.

### **Empujar objetos**

La primera regla es que nunca deben halarse los objetos, siempre se empujarán. Para hacerlo se coloca un pie delante del otro, se doblan las caderas y rodillas, se inclina el tronco hacia adelante y la fuerza se realiza con los brazos.

### **Alcanzar objetos altos**

Siempre hay que recurrir a un banquillo o escalera que posea firmeza, que no se deslice. Si el objeto es pesado, es necesario que dos o más personas se encarguen de la tarea.

### **Planos de trabajo**

También se denominan mesas de trabajo y, como cualquier otro objeto con diseño ergonómico, deben ser graduables, preferentemente.

La superficie de trabajo es distinta si la tarea, por ejemplo, exige cierto detalle y hay que acercar el objeto a los ojos, o si es un trabajo que requiere aplicación de fuerza, caso en el que será necesario que el plano esté unos centímetros por debajo de la cintura. Si la

labor es de precisión, debe haber un apoyo ajustable para los codos, antebrazos y/o muñecas; así se reduce la tensión que implica la rigidez de la acción.

Cuando se realizan labores de lectura y digitación se sugiere la posibilidad de poder inclinar levemente la superficie. El nivel del plano de trabajo deberá ser el mismo que el de apoyo de los codos en posición erguida y con los hombros relajados.

Si se trabaja con monitor o pantalla, el plano sobre el cual se coloque, ojalá independiente, debe permitir que quede entre  $0^{\circ}$  y  $60^{\circ}$  por debajo del plano visual, estando la persona erguida, es decir, formando un ángulo recto entre el tronco y las piernas. El cuello se mantendrá derecho.

La superficie de la mesa debe permitir colocar los elementos necesarios y el apoyo de, al menos, la mitad del antebrazo. Se deben buscar las posturas neutras. La profundidad permitirá que la pantalla esté a una distancia adecuada para su visualización. Debe procurarse que los planos de trabajo simultáneos tengan la misma distancia visual.

En la medida en que el trabajo es más intenso y continuo, deben mejorarse las condiciones de confort (estirar las piernas y mantenerlas en esa posición, inclinar el respaldo de la silla en el mismo ángulo que la mesa de trabajo, colocar material suave y firme en el punto de contacto del antebrazo con la mesa).

Por banal que parezca, hay que ser muy cuidadosos a la hora de escoger material, color, textura, temperatura y terminados de una superficie de trabajo. Por ejemplo, hay que ser cautos a la hora de elegir acabados granulados y superficies muy lisas, pues tienden a producir brillos y reflejos; los colores claros son más aconsejables.

Si la mesa tiene cajones, estos se deben abrir y cerrar suave y fácilmente; deben contar con asas o pomos a una altura que no obligue al trabajador a agacharse demasiado. Hay que tener cuidado con los bordes y salientes que puedan ocasionar lesiones. Las mesas deben diseñarse con un espacio suficiente para los libres movimientos de las piernas y los pies.

### **Espacio de trabajo**

Las dimensiones de las áreas de trabajo (disposición general, espacio de trabajo, circulación y tráfico) deben ser suficientes, de modo que el trabajador pueda moverse con facilidad.

Debe permitir la disposición de todos los elementos requeridos, los cuales deben organizarse de acuerdo a su utilización, acomodando más cerca los de uso permanente.

Los controles deben estar dentro del alcance funcional de las manos o los pies y el espacio debe ser suficiente para que el trabajador cambie de postura, realice estiramientos y ajuste las partes regulables de sus elementos de trabajo.

### **Manejo de cargas**

Algunos trabajos requieren la manipulación de cargas en las que interviene directamente el esfuerzo humano para alzar, sostener, desplazar y colocar e indirectamente para desplazar (halar, empujar, lanzar).

Estos esfuerzos pueden provocar múltiples lesiones en el trabajador por cansancio, fundamentalmente.

La ergonomía busca reducir el peso de la carga, idear formas para facilitar su manipulación, establecer técnicas adecuadas de almacenamiento y disminuir la distancia que debe recorrer una carga, el número de levantamientos y los giros que debe efectuar el cuerpo con un peso a cuestas.

Toda organización debe procurar utilizar la energía mecánica cuando hay trabajo pesado de por medio; las actividades de resistencia y fuerza continuas deben mecanizarse y dejar al trabajador el control de los equipos.

Otra recomendación importante consiste en alternar trabajo pesado con trabajo ligero a lo largo de la jornada y contemplar períodos de descanso. También se pueden rotar las tareas para no usar siempre los mismos grupos musculares.

La tabla 15.3, basada en la información del *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* de España presenta las recomendaciones de cargas máximas que un trabajador puede manipular.

Planear el almacenamiento, la manipulación y el transporte de carga implica considerar los siguientes aspectos:

1. En cuanto a la carga en sí:
  - a. Peso y forma de la carga.
  - b. Volumen, textura, centro de gravedad y accesibilidad.
  - c. Tipo de carga: estática, inmóvil, o dinámica, la cual podría ofrecer resistencia.
2. En cuanto al espacio y a las condiciones que se usan para manipular la carga:
  - a. Fijación del punto de apoyo para alzar la carga.
  - b. Condiciones del suelo.
  - c. Distancia de desplazamiento.
  - d. Condiciones ambientales: iluminación, temperatura, humedad.
  - e. Tipo de ropa y elementos de protección personal.
  - f. Frecuencia y duración de la operación (repetición).
3. En cuanto al trabajador:
  - a. Estudiar sus condiciones y antecedentes físicos, psicológicos y sociales.
  - b. Proporcionarle información y formación sobre los riesgos, el procedimiento y las precauciones para manipular carga.

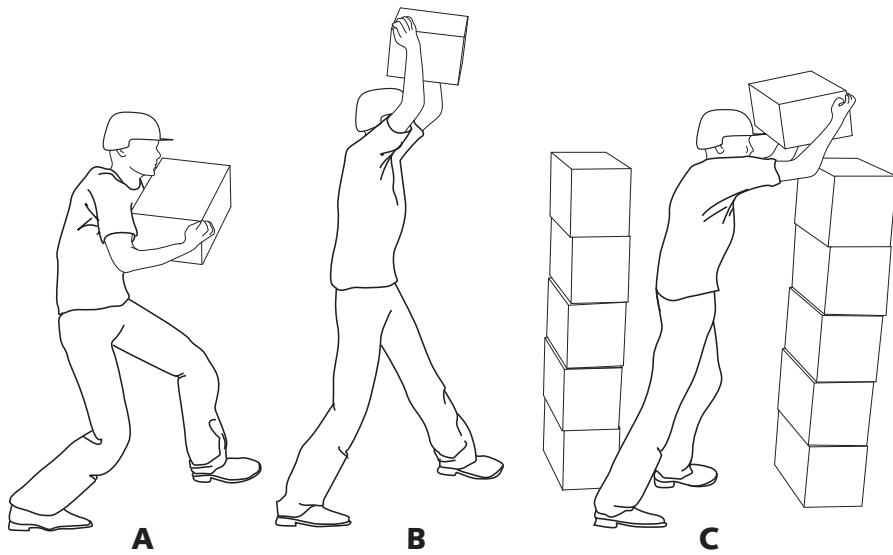
POBLACIÓN	PESO MÁXIMO
Hombres	25 kg
Mujeres	15 kg
Trabajadores entrenados (casos específicos y esporádicos)	40 kg

**TABLA 15.3**

Peso máximo de una carga para que el trabajador la manipule.

Lo ideal es evitar la manipulación manual de cargas, pero si no es posible, hay que asegurarse de usar la técnica apropiada para evitar lesiones.

1. Las reglas básicas son las siguientes:
  - a. Mantener, en cualquier movimiento, la curvatura normal de la espalda.
  - b. Mantener la carga cerca del tronco, a la altura de los codos, para disminuir la tensión en la zona lumbar. Si la carga se encuentran en el suelo, los músculos de las piernas serán los puntos de apoyo para levantarla.
  - c. Evitar giros e inclinaciones.
  - d. Ponerse en cuclillas en vez de doblar la cintura.
  - e. Para levantar cargas correctamente:
    - Pararse con los pies separados, uno más adelante que el otro, y los dedos de los pies apuntando levemente hacia afuera.
    - La espalda no debe girar mientras se levanten pesos. Se gira el cuerpo dando pequeños pasos con los pies.
    - Los objetos muy pesados se empujan o deslizan, no se levantan.
    - La carga debe sujetarse con la palma de las manos y con los dedos. La misma técnica debe usarse en sentido contrario para dejar objetos en el piso.
    - Si la carga es muy pesada, será necesario buscar ayuda. No obstante, es necesario precisar lo siguiente: cuando una, dos o más personas manejan una carga, las capacidades individuales disminuyen, debido al requerimiento de sincronizar movimientos. En general, se considera que en un equipo de dos personas, la capacidad de levantamiento es dos tercios de la suma de las capacidades individuales. Si el equipo es de tres personas, la capacidad se reduce a la mitad de la suma de las capacidades individuales calculadas.
2. Manipulación correcta de cargas
  - a. Antes de iniciar el levantamiento, asegurarse de tener la espalda recta. Meter el mentón ayuda a sostener esa posición.
  - b. Para empezar a mover la carga se utiliza el peso corporal
  - c. La carga se levanta con la fuerza de las piernas flexionadas; los brazos y los codos cerca del cuerpo.
  - d. La mirada debe seguir la misma dirección del desplazamiento.
  - e. Al bajar un objeto se doblan las rodillas. No hay que encorvarse para depositar la carga.
  - f. Si el levantamiento es desde el suelo hasta una altura importante, la carga se apoya a medio camino para cambiar el agarre.
  - g. Los levantamientos deben ser espaciados y no continuos.
  - h. Para empujar una carga se usan los músculos de las piernas con la ayuda del peso corporal.



**GRÁFICO 15.4**

Ejemplo de cómo colocar una carga correctamente sobre una pila de cajas.

## Normatividad

ANSI B11 TR-1-1993: Guías ergonómicas para el diseño, instalación y uso de máquinas y herramientas.

ANSI Z-365: Control del trabajo relacionado con alteraciones de trauma acumulativo.

EN 1005-2:2003: *Safety of machinery – Human physical performance – Part 2: Manual handling of machinery and component parts of machinery.*

EN 13861:2002: *Safety of machinery – Guidance for the application of ergonomics standards in the design of machinery.*

EN 1005-1:2001: *Safety of machinery – Human physical performance – Part a: Terms and definitions.*

EN 614-2:2000: *Safety of machinery. Ergonomic design principles. – Part 2: Interactions between the design of machinery and work tasks.*

EN 547-3:1996: *Safety of machinery – Human body measurements – Part 3: Anthropometric data.*

EN 547-2:1996: *Safety of machinery – Human body measurements – Part 2: Principles for determining the dimensions required for access openings.*

EN 547-1:1996: *Safety of machinery – Human body measurements – Part 1: Principles for determining the dimensions required for openings for whole-body access into machinery.*

EN 614-1:1995: *Safety of machinery – Ergonomic design principles – Part 1: Terminology and general principles.*

ISO/TR 22411:2008: *Ergonomics data and guidelines for the application of ISO/IEC Guide 71 to products and services to address the needs of older persons and persons with disabilities.*

- ISO/TR 9241-100:2010: *Ergonomics of human-system interaction – Part 100: Introduction to standards related to software ergonomics.*
- ISO 9241-410:2008: *Ergonomics of human-system interaction – Part 410: Design criteria for physical input devices.*
- ISO 7250-1:2008: *Basic human body measurements for technological design – Part 1: Body measurement definitions and landmarks.*
- ISO 13732-3:2005: *Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 3: Cold surfaces.*
- ISO 15537:2004: *Principles for selecting and using test persons for testing anthropometric aspects of industrial products and designs.*
- ISO 15265:2004: *Ergonomics of the thermal environment – Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions.*
- ISO 8996:2004: *Ergonomics of the thermal environment – Determination of metabolic rate.*
- ISO 6385:2004: *Ergonomic principles in the design of work systems.*
- ISO 15535:2003: *General requirements for establishing anthropometric databases.*
- ISO 14738:2002: *Safety of machinery – Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery.*
- ISO/TR 16982:2002: *Ergonomics of human-system interaction – Usability methods supporting human-centre design.*
- ISO 9241 Parte 1-14:1992-2001: *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDT).*
- ISO 13731: 2001: *Ergonomics of the thermal environment – Vocabulary and symbols.*
- ISO 13406-2:2001: *Ergonomic requirements for work with visual displays based on flat panels – Part 2: Ergonomic requirements for flat panel displays.*
- OSHA - 29 CFR 1910.900: Programa ergonómico.
- UNE-EN 894-3:2001: Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 3: Mandos.
- UNE-EN 894-2:1997: Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y órganos de accionamiento. Parte 2: Dispositivos de información.
- UNE-EN 894-1:1997: Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 1: Principios generales de la interacción entre el hombre y los dispositivos de información y mandos.
- UNE 81425:1991: Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo.
- UNE-EN ISO 12894:2002. Ergonomía del ambiente térmico. Vigilancia médica de las personas expuestas a ambientes cálidos o fríos extremos (ISO 12894:2001).

## **Gestión en seguridad y salud en el trabajo**

Para desarrollar en forma coherente un programa de gestión en seguridad y salud en el trabajo, se debe seguir un modelo que contenga una estructura sobre la cual se puedan desarrollar las diversas etapas del respectivo programa.

A continuación, el lector encontrará un esquema básico, común a muchos de los sistemas de gestión, a partir del cual podrá determinar los parámetros para establecer un sistema de gestión.

Es importante advertir que su adecuada aplicación debe hacerse siguiendo un plan de gestión debidamente estructurado, el cual facilite la implantación, el desarrollo y la evaluación de las actividades dentro de un proceso de mejora continua que permita, en forma gradual, dar cumplimiento a las normas legales y técnicas de modo que la empresa pueda implementar condiciones de seguridad en el trabajo que garanticen el desarrollo de los procesos, sin interrupciones o retrasos debidos a enfermedades profesionales, accidentes e incidentes de trabajo, los cuales, además de los costos que ocasionan, son un factor de alteración de los procesos.

## Política

La política, en la gestión de salud ocupacional y seguridad industrial, es entendida como una manifestación escrita de la voluntad y del compromiso de la gerencia para proporcionar a sus empleados un ambiente de trabajo seguro. La política debe ser propia de la organización y apropiada para la naturaleza y escala de los riesgos de seguridad y salud ocupacional presentes en la actividad concreta de cada empresa, e incluye el compromiso en cuanto a la prevención de lesiones y enfermedades y en cuanto a la mejora continua en la gestión y desempeño de la seguridad y salud ocupacional; ha de ser liderada por el empleador pero debe ser consultada y difundida a todas las personas relacionadas con la empresa; la política es proyectada en el tiempo y proactiva en cuanto al compromiso institucional y ha de ser actualizada y aplicada permanentemente.

La política es el punto de partida, pero lo verdaderamente relevante es aplicarla y utilizarla como referencia en los programas de salud ocupacional. La política se constituye en un axioma de la empresa, en patrimonio colectivo que orienta su quehacer cotidiano; únicamente concebida así, tiene sentido.

En la práctica, muchas empresas copian políticas ajena, al final esto se convierte en una máscara utilizada para presentarse ante la auditoría, pero, confiere una identidad falsa a la organización y crea un efecto totalmente contrario.

El gráfico 16.1 presenta un resumen de los pasos esenciales que debe tener todo sistema de gestión.

## Estrategia gerencial

Corresponde a la gerencia asumir el liderazgo del sistema de gestión en todas sus fases, las cuales, partiendo de la política, deberán determinar los objetivos y las metas. Es competencia de la gerencia asignar los recursos materiales, económicos y humanos necesarios para el desarrollo del sistema e involucrarlos en un proceso de planeación y de mejora continua.

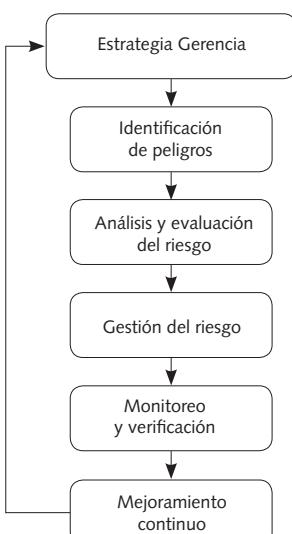
## Identificación de peligros

El primer paso siempre será identificar y evaluar los riesgos; para ello se elabora un diagnóstico de seguridad y salud ocupacional, dirigido a la identificación de los peligros y los riesgos.

El proceso debe incluir la formación de todos los trabajadores para que estén en capacidad de reconocer los peligros, identificar los riesgos y reportarlos inmediatamente.

Para identificar los peligros generados por la operación de la organización, es necesario tener en cuenta:

1. Operaciones y procedimientos rutinarios y no rutinarios, teniendo en cuenta que el trabajo rutinario forma con facilidad hábitos seguros de procedimiento, mientras que los no rutinarios, frecuentemente, omiten medidas de prevención no establecidas por lo esporádico de la actividad.



**GRÁFICO 16.1**  
Estructura del sistema de gestión.

2. Peligros y riesgos que plantean las actividades adelantadas por el personal propio, contratistas, visitantes y cualquier otra persona relacionada con la organización.
3. Instalaciones para el desarrollo de la actividad de la empresa, teniendo en cuenta las áreas comunes.
4. Medios de producción y de transporte.

Las herramientas disponibles para los trabajadores, en este proceso de identificación de peligros, se pueden considerar en una de estas dos categorías:

1. *La identificación proactiva:* prevé los peligros y los riesgos asociados. Para ello, puede valerse de las siguientes herramientas:
  - a. Análisis de puestos de trabajo: identifica los peligros de las estaciones de trabajo.
  - b. Análisis de tareas: identifica los riesgos de las tareas o procesos y determina las actividades críticas.
  - c. Análisis de riesgos por oficios: identifica los riesgos de los oficios.
  - d. Inspección de seguridad: identifica los riesgos de las instalaciones, sistemas y equipos (locativas, eléctricas, hidráulicas, neumáticas, sistemas de emergencia, equipos, maquinaria y procesos).
  - e. Observación de comportamientos: identifica los riesgos derivados del comportamiento del trabajador.
  - f. Reporte de actos y condiciones inseguras: identifica los riesgos derivados de los actos y condiciones inseguras observadas.
2. *La identificación reactiva:* investiga las causas de eventos indeseados; hace parte de este tipo de identificación:
  - a. La investigación y análisis de los casi accidentes y los accidentes, con el fin de identificar sus causas básicas y realizar actividades correctivas posteriores a la ocurrencia del evento.

<b>1. Conocer</b>	Consiste en el reconocimiento pleno del factor de riesgo.
<b>2. Criticar</b>	Considerar los efectos nocivos para la salud, la comodidad y la productividad.
<b>3. Dimensionar</b>	Es la acción de medir y expresar mediante el Grado de peligrosidad o Grado de riesgo, la dimensión del riesgo.
<b>4. Contrastar</b>	Consiste en comparar la condición encontrada con disposiciones legales o técnicas, TLV.
<b>5. Intervenir</b>	Selección de métodos de control cuya eficiencia y costo hagan posible su implementación.
<b>6. Evaluar</b>	La intervención debe ser evaluada posteriormente para calificar sus resultados.

**TABLA 16.1**

Pasos para el reconocimiento de riesgos.

## Inspección de seguridad

Es una metodología proactiva de identificación de peligros mediante un procedimiento que permite identificar los peligros y los riesgos ocupacionales, antes de que puedan con-

vertirse en accidentes, incidentes y enfermedades profesionales. De ahí la importancia de programar actividades que determinen las características, los costos y los tiempos de la producción, cuyo aseguramiento solo es posible si existe un control de los riesgos que pueda alterar la programación de la producción.

Las inspecciones se clasifican según los siguientes aspectos:

1. Por su cobertura
  - a. *Generales*: cubrirán los procesos e instalaciones de una empresa, en su totalidad.
  - b. *Específicas*: enfocadas a dependencias, servicios, equipos, recursos o procesos específicos.
  - c. *Especiales*: dirigidas hacia procesos de alto riesgo, como trabajo en espacios confinados, en caliente, en áreas clasificadas, trabajos en alturas, en instalación y funcionamiento de nuevos equipos, etc.
2. Por su frecuencia
  - a. *Periódicas*: se realizan en fechas previamente acordadas (mensuales, bimestrales, etc.).
  - b. *Intermitentes*: a intervalos regulares y cortos (cada 15, 30, 60 minutos). Tienden a detectar operaciones riesgosas.
  - c. *Continuas*: exclusivas para operaciones de alto riesgo que requieren constante control (soldadura en recipientes a presión o con líquidos inflamables o en lugares confinados).
  - d. *Esporádicas*: sin regularidad en el tiempo. Son efectuadas, generalmente, por entidades gubernamentales, alta dirección de la empresa, asesores temporales, etc.

Para dar un ordenamiento metodológico a la inspección, se recomienda observar las siguientes fases:

1. Fase previa
  - a. Análisis de información documentada de la empresa en materia de seguridad e higiene industrial.
  - b. Indagación sobre aspectos relacionados a los responsables de las áreas de inspección y de salud ocupacional.
  - c. Informarse sobre las características del proceso de producción.

## 2. Fase de actuación

Visita de inspección realizada en el orden del proceso. Las inspecciones pueden ser generales (orientadas a todas las áreas, instalaciones y procesos) o específicas, tales como:

- a. Emergencias (combustibilidad de los materiales de construcción, brigadas, equipos, vías de evacuación, iluminación).
- b. Almacenamiento.
- c. Condiciones de estaciones de trabajo.

- d. Gestión ambiental.
- e. Condiciones de higiene industrial.
- f. Instalaciones (locativas, energéticas).
- g. Máquinas, equipos y herramientas.
- h. Materias primas e insumos.
- i. Medios de transporte.
- j. Procesos.
- k. Saneamiento básico industrial (orden y limpieza, servicios).
- l. Señalización.

Es indispensable que durante la inspección se tomen notas detalladas y registros de las situaciones encontradas, e incluso, se indiquen posibles métodos de control.

### 3. Fase de informe

Consiste en la recopilación escrita de las condiciones subestándar encontradas, indicando:

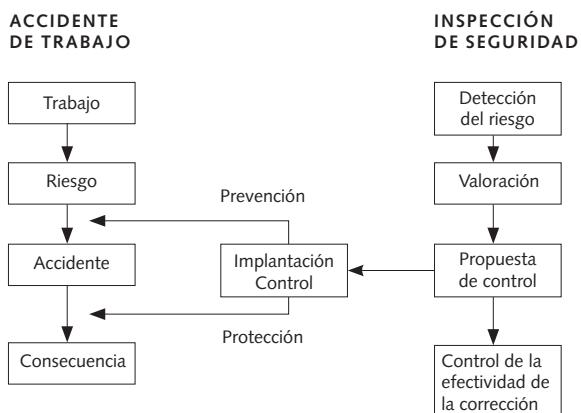
- a. Ubicación del riesgo.
- b. Identificación del riesgo.
- c. Consecuencias posibles.
- d. Número de personas expuestas.
- e. Tiempo de exposición.
- f. Métodos de control existentes.
- g. Métodos de control recomendados.
- h. Relación entre inspección y accidente de trabajo.

**TABLA 16.2**

Factores técnicos de la inspección.

FACTOR TÉCNICO	FACTOR HUMANO
- Condiciones materiales inseguras.	- Prácticas inseguras. - Actos imprudentes.

En el gráfico 16.2 se observa la interrelación que existe entre la inspección de seguridad y la ocurrencia de casi accidentes y accidentes de trabajo.



**GRÁFICO 16.2**

Secuencia del accidente de trabajo y de la inspección de seguridad.

## **Análisis y evaluación del riesgo**

El riesgo se debe analizar teniendo en cuenta si la tarea es o no rutinaria y su evaluación se hace estableciendo el grado de peligrosidad, si es de seguridad; y el grado de riesgo, si es de higiene; para ello se sigue alguna de las múltiples tablas de valoración existentes y que en este libro se han tratado en cada uno de los capítulos enfocados a riesgos y peligros específicos.

### **Valoración de riesgos**

El proceso general parte del desarrollo de una planeación dentro del sistema de gestión, para identificar y tratar los peligros y riesgos inherentes a la operación de la organización y su interacción con la visión, la misión, las políticas, los objetivos y las metas, así como los requerimientos de tipo legal.

El proceso demanda el establecimiento de un método sistemático que permita:

1. *Identificar*: la empresa debe establecer y aplicar procedimientos para la continua identificación de peligros.
2. *Evaluar*: después de tener identificados los peligros se deben analizar y evaluar los riesgos asociados. Para esto, existen metodologías cualitativas, semi-cuantitativas y cuantitativas.
3. *Tratar*: una vez evaluados y priorizados los riesgos, se establecen los mecanismos de tratamiento y las medidas de control necesarias para reducirlos, por orden de importancia y dentro de los márgenes de viabilidad, sin ignorar ningún riesgo significativo ni ninguna mejora posible, teniendo en cuenta factores procedentes de los equipos y de la intervención humana relacionada con la operación del mismo. Este tratamiento debe realizarse mediante programas de gestión que llenen las expectativas del ciclo PHVA.

### **Metodologías para la evaluación de riesgos**

Se pueden agrupar las metodologías existentes en estas tres categorías:

1. Métodos cualitativos

El método cualitativo emplea palabras o escalas para describir la magnitud de las consecuencias potenciales y la posibilidad de que éstas ocurran. Dichas escalas pueden adaptarse o ajustarse a las características particulares de la empresa y se pueden emplear diferentes descripciones de riesgos.

Su objetivo es identificar:

- a. Riesgos.
- b. Efectos.
- c. Causas.

Se emplea como una actividad inicial de preselección, para identificar los riesgos que necesitan un análisis más detallado, cuando el nivel del riesgo no justifica el tiempo y esfuer-

zo requeridos para un análisis más completo; o cuando los datos numéricos disponibles son inadecuados para un análisis cuantitativo.

Algunos métodos cualitativos conocidos son:

- Panorama de factores de Riesgos o identificación de peligro
- *What If...?*
- Análisis de modos de los fallos y sus efectos (FEMA).
- Análisis de causas y consecuencias (ACC).
- Método matriz de riesgos.
- HAZOP.
- Árbol de fallos (FTA).
- Árbol de sucesos (ETA).

## 2. Métodos semi-cuantitativos

En este método, se asignan valores a escalas cualitativas como las descritas anteriormente. No es obligatorio que el número asignado a cada descripción tenga una relación exacta con la magnitud real de las consecuencias o la probabilidad de ocurrencia. Los números se pueden combinar mediante cualquier fórmula, siempre y cuando el sistema usado para priorización sea compatible con el sistema escogido para asignar números y combinarlos. Por ejemplo:

$$\text{Grado de riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencias} \times \text{Exposición}$$

El objetivo es permitir una priorización más detallada de la que se logra en el análisis cualitativo.

Estos métodos son útiles para concluir comparaciones entre:

- a. Distintas plantas existentes.
- b. En una misma planta, antes y después de las modificaciones.
- c. Entre procesos diferentes ligados a un mismo fin.
- d. Entre alternativas de diseño.

## 3. Métodos cuantitativos

Emplea valores numéricos, en lugar de las escalas descriptivas empleadas en los métodos cualitativos y semi-cuantitativos. Tanto para las consecuencias como para la probabilidad se emplean datos de distintas fuentes.

Su objetivo es expresar el grado de riesgo en términos probabilísticos e incluye un análisis crítico con cálculos y estructuras para establecer la probabilidad de sucesos complejos. Algunos de estos métodos son:

- a. Análisis cuantitativo mediante árboles de fallos (FTA).
- b. Análisis cuantitativo mediante árboles de sucesos (ETA).

- c. Análisis cuantitativo de causas y consecuencias (ACC).
- d. Matriz de evaluación de riesgos.

Las valoraciones ambientales y biológicas de los riesgos permiten establecer escalas cuantitativas de Grado de Riesgo (GR) o Dosis.

### **Panorama de factores de riesgo**

El Panorama de factores de riesgo da una visión general de los peligros y los riesgos, los cuales tienen una estrecha relación con la actividad económica, la ubicación geográfica, las condiciones locativas y los procedimientos, entre otros.

El Panorama de factores de riesgo es el diagnóstico resultante de una inspección de seguridad, cuyos resultados son el punto de partida para la gestión de salud ocupacional, ya que de él se desprenden las actividades a realizar y por ello debe darse especial importancia a su ejecución, asignando personal con nivel de formación acorde con el grado de complejidad de la empresa y con buen criterio en esta materia.

Previo a la visita de inspección, debe disponerse de información básica que permita dimensionar la complejidad del trabajo (actividad económica, accidentalidad, proyectos, número de trabajadores y cualquier otra información pertinente), e informar a todos los trabajadores sobre el proceso que se adelanta a fin de motivar su participación y colaboración.

El diagnóstico es un inventario de todos los riesgos detectados tanto para actividades rutinarias como no rutinarias, la ubicación de los mismos, clasificación, descripción, consecuencias, valoración por grado de peligrosidad para riesgos de seguridad y grado de riesgo para los de higiene, cálculo de la repercusión del riesgo acorde con el número total de personas expuestas a un mismo riesgo, determinación de controles existentes y propuesta de medidas de control. Posteriormente, se realiza una priorización de acuerdo con la valoración de los riesgos, a fin de establecer un cronograma de actividades. Es importante que en este diagnóstico se consideren también los riesgos a los que están expuestos los visitantes y los contratistas, que además, pueden ser nuevas fuentes de riesgo para la empresa.

El Panorama de factores de riesgo consta de:

1. Documento teórico en el cual se define su propósito, objetivos, alcance y metodología (clasificación utilizada, sistemas de valoración y de priorización).
2. Cuadros para el registro sistematizado, entre los cuales se destacan:
  - a. Ubicación: localización de peligro o riesgo (estación de trabajo, lugar o proceso).
  - b. Clasificación: con base en la metodología utilizada.
  - c. Identificación: descripción clara y concisa del riesgo, indicando si se trata de una actividad rutinaria o no rutinaria y de sus posibles consecuencias.
  - d. Valoración: de acuerdo con la metodología elegida, teniendo en cuenta: tiempo de exposición, probabilidad de ocurrencia, consecuencias y porcentaje de personas expuestas.
  - e. Priorización del riesgo según el resultado de la valoración.

f. Controles existentes y propuestos:

- En la fuente.
- En el medio.
- En el trabajador.

*Clasificación riesgos:* para que el inventario de factores de riesgo de un panorama, sea manejable y permita establecer relaciones entre la severidad y frecuencia de un determinado riesgo, es necesario, mediante diversos análisis estadísticos, realizar previamente una clasificación. Existen diversas formas de clasificar los riesgos, pero bajo parámetros ya establecidos de lo que son los riesgos de seguridad e higiene, se recomienda aplicar la clasificación que se presenta en la página xv y en la xviii.

### **Grado de peligrosidad**

El grado de peligrosidad se calcula para calificar la agresividad potencial de un riesgo de seguridad; es decir, de un riesgo que al desencadenarse puede generar un accidente de trabajo. La metodología más difundida utiliza el criterio de Grado de Peligrosidad como el producto de tres variables:

1. La Exposición (E), que hace referencia al tiempo en que el trabajador permanece en la situación de riesgo.
2. La consecuencia (C) evalúa subjetiva y/u objetivamente los posibles efectos en las personas, materiales y procesos.
3. La probabilidad (P), indica la posibilidad de que se materialice la condición de riesgo.

Para su valoración se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de Peligrosidad (GP)} = \text{Exposición (E)} \times \text{Consecuencias (C)} \times \text{Probabilidad (P)}$$

*Valores tomados para la formula de peligrosidad:* existen múltiples modelos de tablas cuyos valores y rangos difieren en algunos aspectos dependiendo de la metodología, pero manteniendo los criterios básicos de valoración. A manera de ejemplo se presenta la tabla 16.3.

FACTOR	CLASIFICACIÓN	VALOR
Consecuencias	Muerte y/o daños del 50 al 100% del capital de la empresa.	10
	Lesiones graves, amputaciones y/o daños entre 25 y 49% del capital de la empresa.	8 - 9
	Lesiones moderadas, fracturas y/o daños entre 10 y 24%.	5 - 7
	Lesiones ligeras, golpes, raspaduras y/o daños menores del 10%.	2 - 4
	No pasa de ser un simple casi accidente sin daños materiales.	1
Possible ocurrencia	Es el resultado más probable: entre 50 y 100%.	10
	Es completamente posible: entre 25 y 49%.	8 - 9
	Puede ocurrir: 10 y 24 %.	5 - 7
	Sería una coincidencia rara: menor de 10%.	2 - 4

**TABLA 16.3**

Valores para la fórmula de peligrosidad.

FACTOR	CLASIFICACIÓN	VALOR
	Nunca ha sucedido, pero puede suceder.	1
Exposición	Situación de riesgo continuamente: muchas veces al día.	9 - 10
	Frecuentemente o una vez al día.	7 - 8
	Ocasionalmente o una vez a la semana	5 - 6
	Una vez por mes.	2 - 4
	Situación de riesgo remotamente posible.	1

Para utilizar la fórmula de Grado de Peligrosidad, la valoración asignada a cada una de las condiciones se debe aplicar por parte del responsable, y ha de estar basada en su experiencia y buen juicio.

Para los cálculos de la probabilidad y el grado de peligrosidad, se utilizaron las siguientes matrices:

1. Matriz de Probabilidad.
2. Matriz de Riesgo – Grado de Peligrosidad.

A continuación se muestran dichas matrices, donde la interpretación del grado de peligrosidad es la siguiente:

B = Bajo: el riesgo debe ser eliminado, pero no constituye una prioridad.

M = Medio: corrección urgente, en el menor tiempo posible.

A = Alto: se requiere corrección inmediata.

**TABLA 16.4**  
Matriz de probabilidad

		POSSIBLE OCURRENCIA									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EXPOSICIÓN	1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	2	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	3	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M
	4	B	B	B	B	B	B	B	M	M	M
	5	B	B	B	B	B	M	M	M	M	M
	6	B	B	B	B	M	M	M	M	M	A
	7	B	B	B	B	M	M	M	M	A	A
	8	B	B	B	M	M	M	M	M	A	A
	9	B	B	B	M	M	M	M	A	A	A
	10	B	B	M	M	M	A	A	A	A	A

**TABLA 16.5**  
Matriz del riesgo – Grado de peligrosidad.

		CONSECUENCIAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROBABILIDAD	B	1	8	22	43	71	106	148	197	253	299
	M	300	307	321	342	370	405	447	496	552	599
	A	600	608	624	648	680	720	768	824	888	1000

## **Grado de riesgo (GR)**

El grado de riesgo determina la agresividad potencial de un riesgo de higiene, que con el tiempo puede llegar a generar una enfermedad profesional a los trabajadores expuestos.

Para su valoración se utilizan instrumentos de medición según el riesgo y se contrastan los resultados obtenidos con los valores límites permisibles. El grado de riesgo, cuando existen mediciones previas, se calcula así:

$$\text{Grado de riesgo (GR)} = \text{Dosis real} / \text{Dosis permitida.}$$

GRADO DE RIESGO <sup>1</sup>	INTERPRETACIÓN CUALITATIVA
GR < 0,5	Bajo
0,5 ≤ GR ≤ 1.0	Medio
GR > 1	Alto

**TABLA 16.6**  
Grado de riesgo.

Cuando no se hayan realizado mediciones de higiene, es posible tener una aproximación cualitativa del grado de riesgo, sin que pueda emular en precisión con una medición instrumental, pero en su ausencia, es una forma de suplir su inexistencia, mediante aplicación de los criterios presentados en las tablas 16.7 a 16.11.

ILUMINACIÓN	
Alto	Ausencia de luz natural o deficiencia de luz artificial, con sombras evidentes y dificultad visual para realizar la tarea. Deslumbramiento.
Medio	Percepción de algunas sombras, fatiga visual.
Bajo	Ausencia de sombras, puede realizar la tarea con leve esfuerzo visual.
RUIDO	
Alto	No escuchar una conversación a una intensidad normal a una distancia de 50 cm.
Medio	Escuchar la conversación a la distancia de 1 m en intensidad normal.
Bajo	No hay dificultad para escuchar una conversación a intensidad normal a 2 m ó más.
VIBRACIONES	
Alto	Percibir vibraciones fuertes (martillo percutor, guadañadora).
Medio	Percibir moderadamente vibraciones (caladora manual).
Bajo	Vibraciones apenas percibidas (afeitadora eléctrica).
RADIACIONES IONIZANTES Y NO IONIZANTES	
Es necesario evaluar cada caso de acuerdo con la clase de radiación, parte del cuerpo expuesta y duración de la exposición.	

**TABLA 16.7**  
Aproximación cualitativa para los grados de riesgos físicos<sup>2</sup>.

- 1 Esta tabla se basa en el concepto universal de la higiene industrial: si el grado de riesgo es menor que 0,5 no se requiere medidas de control adicionales a las existentes. Si el grado de riesgo está entre 0,5 y 1, si bien el trabajador se encuentra dentro de los valores límite permisibles, se requiere tomar medidas preventivas y cuando el grado de riesgo es mayor que uno, se supera el valor límite permisible y se requieren medidas de control inmediatas.
- 2 Adaptado por los autores de la Guía Técnica GTC 45, Anexo C (Informativo). Escala de valoración de riesgos que generan enfermedades.

**TABLA 16.8**

Aproximación cualitativa para los grados de riesgos por temperatura.

TEMPERATURAS ALTAS O BAJAS	
Alto	Percepción de calor o frío en forma inmediata al ingresar al lugar que se valora.
Medio	Percepción de calor o frío, luego de permanecer cinco minutos en el lugar que se valora.
Bajo	Sensación de confort térmico.

**TABLA 16.9**

Aproximación cualitativa para los grados de riesgos químicos.

RIESGO QUÍMICO	
Ver metodología para evaluación simplificada de riesgo químico, Capítulo 13.	

**TABLA 16.10**

Aproximación cualitativa para los grados de riesgos biológicos<sup>3</sup>.

BIOLÓGICO	
Alto	Contaminación biológica en: alimentos, bebidas, materiales manipulados, servicios de salud y públicos, entre otros; así como exposición a plagas y vectores sin medidas de control, pudiendo generar enfermedades mortales y graves sin tratamiento eficaz.
Medio	Contaminación biológica en: alimentos, bebidas, materiales manipulados, servicios de salud, y públicos, entre otros; así como exposición a plagas y vectores, pudiendo generar enfermedades incapacitantes con tratamiento eficaz.
Bajo	Condiciones sanitarias que pueden generar enfermedades leves, de fácil tratamiento.

**TABLA 16.11**

Aproximación cualitativa para los grados de riesgos ergonómicos<sup>4</sup>.

SOBRECARGA Y ESFUERZOS	
Alto	Manejo de cargas a brazo mayores a 25 kg para hombres y 12,5 kg para mujeres, así como cargas a hombro mayores a 50 kg para hombres y 20 kg para mujeres.
Medio	Manejo de cargas a brazo entre 15 y 25 kg para hombres y entre 7,5 y 12,5 kg para mujeres, así como cargas a hombro entre 30 y 50 kg para hombres y entre 10 y 20 kg para mujeres.
Bajo	Manejo de cargas a brazo menores a 15 kg para hombres y 7,5 kg para mujeres, así como cargas a hombro menores a 30 kg para hombres y 10 kg para mujeres.
POSTURA HABITUAL	
Alto	Mantenimiento de una postura forzada o invariable.
Medio	Postura única con poca movilidad corporal.
Bajo	De pie o sentado indistintamente, con pocas posibilidades de cambiar de postura.
MOVIMIENTOS - RITMOS DE TRABAJO	
Alto	Actividad a ritmo rápido y continuo.
Medio	Trabajo continuo, a ritmo moderado con posibilidad de hacer pausas.
Bajo	Ritmo discontinuo con ocasionales ritmos rápidos.
DISEÑO DEL PUESTO	
Alto	Puesto de trabajo que tiene varios puntos claramente nocivos que obligan al trabajador a sobrecarga biomecánica.
Medio	Puesto de trabajo con varios puntos deficientes que causan incomodidad y malestar.
Bajo	Puesto de trabajo con aspectos mejorables.

<sup>3</sup> Adaptado por los autores de la Guía Técnica GTC 45, Anexo C (Informativo). Escala de valoración de riesgos que generan enfermedades.

<sup>4</sup> Ídem.

RIESGO PSICOSOCIAL	
Factores de riesgo psicosocial: modalidad de contratación inestable, exigencias superiores a las capacidades, horarios extendidos, falta de comunicación, aislamiento, maltrato, discriminación, acoso laboral, trabajo a turnos, falta de reconocimiento, moobing laboral (violencia oculta en el trabajo).	
<b>Alto</b>	En la medida en que los factores de riesgo puedan ocasionar: síndrome del quemado ( <i>burnout</i> ), trastornos severos de conducta, conflictos laborales y sociales, aislamiento o adicciones, entre otros.
<b>Medio</b>	Estrés, relaciones conflictivas, agresividad, entre otros.
<b>Bajo</b>	Insatisfacción moderada.

**TABLA 16.12**

Aproximación cualitativa para los grados de riesgos psicolaborales.

### Repercusión del riesgo

El objetivo de la repercusión del riesgo es incrementar la valoración al considerar el porcentaje de población expuesta, para lo cual se toma un Factor de Ponderación (FP), que se calcula de acuerdo a la tabla 16.13.

F.P.	PORCENTAJE EMPLEADOS EXPUESTOS
1	1 a 25%
2	26 a 50%
3	51 a 75%
4	76 a 100%

**TABLA 16.13**

Factor de ponderación del riesgo<sup>5</sup>.

La repercusión del riesgo (R.R.) está determinada por las siguientes fórmulas:

Para riesgos de seguridad:

$$\mathbf{R.R. = G.P. \times F.P.}$$

Donde:

**G.P.** = Grado de Peligrosidad

**F.P.** = Factor de ponderación

Para riesgos de higiene:

$$\mathbf{R.R. = G.R. \times F.P.}$$

Donde:

**G.R.** = Grado de Riesgo

**F.P.** = Factor de ponderación

<sup>5</sup> Los factores de ponderación se manejan en forma diferente de 0 a 4,0 a 5,0 a 10, de acuerdo a criterio del evaluador. La GTC 45 lo toma de 0 a 5 y nosotros de 0 a 4.

Las tablas 16.14 y 16.15 muestran la manera en que se presenta la interpretación cuantitativa de los riesgos.

**TABLA 16.14**

Menor que 300	Mayor o igual que 300 y menor 600	Mayor o igual que 600
Bajo	Medio	Alto

**TABLA 16.15**

FACTOR DE PONDERACIÓN	BAJO	MEDIO	ALTO
1	Menor que 300	Mayor o igual que 300 y menor 600	Mayor o igual que 600
2	Menor que 600	Mayor o igual que 600 y menor 1200	Mayor o igual que 1200
3	Menor que 900	Mayor o igual que 900 y menor 1800	Mayor o igual que 1800
4	Menor que 1200	Mayor o igual que 1200 y menor 2400	Mayor o igual que 2400

**TABLA 16.16**

C= Consecuencias. P= Probabilidad. E= Exposición. G.P.= Grado de peligrosidad. G.R.= Grado de riesgo. F.P.= Factor de ponderación. R.R.= Repercusión del riesgo.

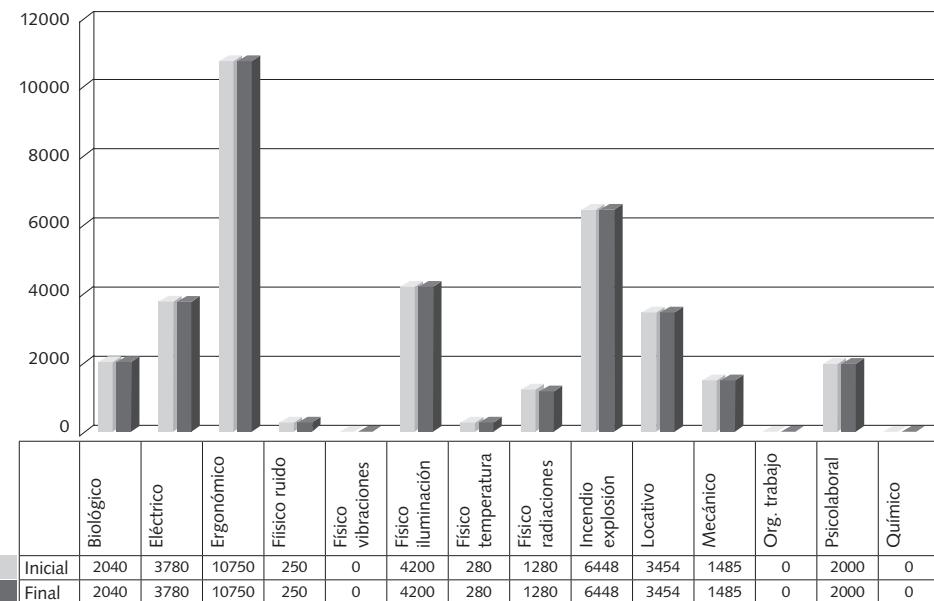
**TABLA 16.17**

%C= Porcentaje de cumplimiento.

Clase de riesgo	Repercusión del riesgo		
	Inicial	Final	% Disminución del riesgo
Biológico	3450	3450	0
Eléctrico	5776	5776	0
Ergonómico	6940	6940	0
Físico ruido	9100	6300	31
Físico vibraciones	350	350	0
Físico iluminación	1000	1000	0
Físico temperatura	4010	4010	0
Físico radiaciones	1780	1780	0
Incendio – Explosión	14838	14838	0
Locativo	6191	6191	0
Mecánico	46222	46222	0
Org. trabajo	47768	38808	19
Psicolaboral	2400	2400	0
Químico	8650	8650	0

**TABLA 16.18**

Ejemplo evaluación de gestión por repercusión del riesgo.



**GRÁFICO 16.3**

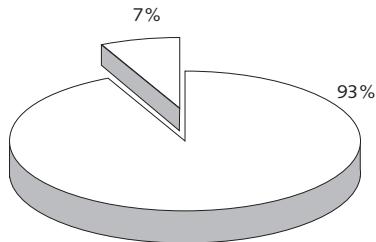
Ejemplo índices de gestión por repercusión del riesgo.

DISMINUCIÓN DE LA REPERCUSIÓN DEL RIESGO EN FORMA GLOBAL			
	Inicial	Final	Porcentaje de disminución
Total todos los riesgos	158475	146715	7

**TABLA 16.19**

Disminución de la repercusión del riesgo en forma global.

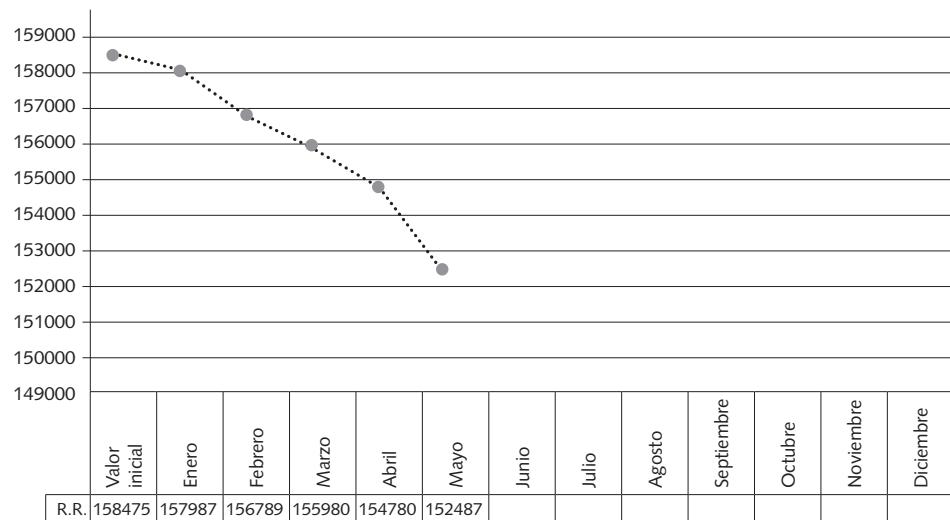
**GRÁFICO 16.4**  
Disminución porcentual de la repercusión del riesgo en forma global.



**TABLA 16.20**  
Repercusión del riesgo mes a mes.

MESES	R.R.
Valor inicial	158475
Enero	157987
Febrero	156789
Marzo	155980
Abril	154780
Mayo	152467
Junio	
Julio	
Agosto	
Septiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

**GRÁFICO 16.5**  
Representación de la repercusión del riesgo mes a mes.



## Gestión del riesgo

Establecido el riesgo y valorado, se procede a seleccionar los métodos de control, eligiendo el que ofrezca una mayor disminución del riesgo, dentro de un criterio de costo/beneficio.

## **Monitoreo y verificación**

Es el seguimiento que se hace sobre la correcta aplicación del método de control y de la eficiencia del mismo frente al peligro que se pretendía controlar.

## **Mejoramiento continuo**

Como quiera que no sea posible solucionar todas las situaciones de riesgo en forma simultánea, se comenzará con las de mayor riesgo, continuando los demás riesgos que puedan existir y se irá optimizando la eficiencia de los controles establecidos, en una permanente búsqueda de la excelencia.

## **Normatividad**

GTC 45 Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.

GTC 34 Guía estructura básica del programa de salud ocupacional.

GTC 3701 Guía para la clasificación, registro y estadística de accidentes de trabajo y enfermedad profesional.

NTC 4114 Seguridad industrial, realización de inspecciones planeadas.

NTC – OHSAS 18001 Sistemas de gestión en seguridad y salud ocupacional.



## **Equipos de protección personal**

Los equipos de protección personal son un importante elemento para evitar lesiones en el trabajo, pero su beneficio dependerá sustancialmente de tener una clara visión sobre su necesidad de uso, de la correcta selección del equipo, de su mantenimiento y recambio oportuno, de la capacitación y la motivación inculcada al personal que lo utilizará y, especialmente, dependerá de haber agotado otras formas de control que proporcionen una protección más eficaz y menos incómoda para el trabajador.

Por tanto, el responsable deberá entender cuál es la protección real que ofrecen los equipos de protección personal para establecer las pautas que faciliten una selección adecuada de los equipos de conformidad con los peligros que deban controlar. Para los elementos de protección personal en los trabajos en alturas, el lector se puede remitir al Capítulo 6 Trabajos de alto riesgo.

## Generalidades

Los equipos de protección personal constituyen un importante recurso para el control de riesgos profesionales. No obstante, deben ser una alternativa considerada después de haber analizado la posibilidad de controlar el riesgo en la fuente o en el medio. Es necesario tener plena información sobre la protección real que ofrecen los equipos ya que su eficacia depende, fundamentalmente, de una buena selección y de su correcto uso.

Los equipos de protección personal deben estar homologados o certificados por una entidad acreditada en emitir este tipo de conceptos y deben cumplir normas y controles de fabricación que garanticen la protección que ofrecen; equipos que no suministren este tipo de información no deben adquirirse porque, aparte de la pérdida económica, llevan a creer que existe una protección que realmente no proporcionan.

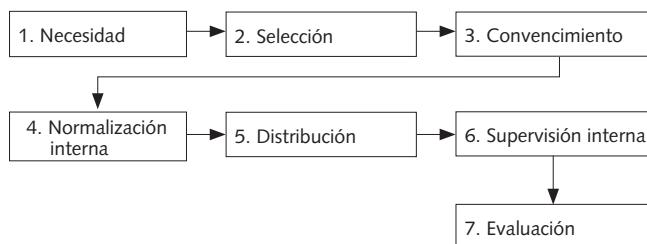
El uso de equipos de protección personal no evita el accidente, pero contribuye a atenuar sus consecuencias en el trabajador. Su uso requiere de una selección adecuada, capacitación al trabajador sobre su forma correcta de uso y toma de conciencia sobre su importancia para la seguridad.

Como parámetros de selección se recomiendan los siguientes:

1. Grado de protección que requiere la situación de riesgo.
2. Grado de protección efectiva que ofrece el equipo frente a dicha situación.
3. Analizar que el equipo de protección personal no interfiera con la producción.
4. Contemplar la posible coexistencia de riesgos simultáneos y los efectos del equipo frente a los demás riesgos.
5. Compatibilidad con el uso de otros elementos de protección personal.
6. Variedad de tallas.
7. Comodidad de uso.

Como esquema del proceso de implantación se requiere el desarrollo de una serie de fases que se ilustran en el gráfico 17.1.

**GRÁFICO 17.1**  
Fases para la implantación del uso de protección personal<sup>1</sup>.



<sup>1</sup> Parcialmente tomado de INSHT. Seguridad en el Trabajo. Guía del Monitor, 1995.

1. *Necesidad*: establecer la necesidad de utilizar protección personal, para lo cual se debió haber descartado cualquier otra forma de control del riesgo en la fuente o en el medio como solución.
2. *Selección*: para seleccionar un elemento de protección personal, el primer requisito consiste en que el elemento esté homologado o que siga una norma certificada por una entidad idónea. El elemento de protección ha de proteger realmente frente al riesgo identificado, lo que implica previamente haber valorado el riesgo y conocer sus características técnicas.
3. *Convencimiento*: consiste en crear conciencia en los trabajadores sobre la conveniencia de usar la protección personal, explicando claramente las consecuencias que para la salud pueda tener la exposición al riesgo por el no uso o uso inadecuado del equipo.
4. *Normalización interna*: corresponde a una directiva empresarial, en la cual se determinan las características de los equipos de protección personal que deben emplearse en determinados trabajos y tareas.
5. *Distribución*: la distribución de los equipos debe hacerse directamente al personal expuesto según lo reglamentado en la normalización interna, asignándolos de acuerdo con las tallas individuales y constatando la asistencia previa a los programas de formación, fundamentados en la motivación y conocimiento sobre las prestaciones y requisitos de mantenimiento del equipo. Los trabajadores deben firmar el recibo de los equipos y manifestar que han comprendido su forma de uso y mantenimiento.
6. *Supervisión interna*: corresponde a una acción permanente dirigida a verificar el buen uso de los equipos de protección personal, de conformidad con la normalización interna existente y los instructivos de uso y mantenimiento del fabricante.
7. *Evaluación*: consiste en una auditoría que los trabajadores hacen a los elementos de protección personal, calificando su comodidad, durabilidad, facilidad de mantenimiento, eficiencia y seguridad subjetivas.

## Protección para la cabeza

### Cascos de seguridad

El casco está compuesto por un cuerpo hecho en policarbonato, polipropileno, polietileno de alto impacto o fibra de vidrio. En su interior tiene un tafilete o cinta que rodea el contorno de la cabeza, y un atalaje que se une en la cima mediante un cordón o una cinta con línea de costura débil cuya función es amortiguar un golpe, de modo que cuando se presente transmita la menor cantidad de energía cinética del impacto a la cabeza y el cuello.

El ala puede ser enteriza, de uso en labores manufactureras, agropecuarias, forestales y de servicios, en donde el trabajador requiere protección en la cabeza, orejas y cuello; o de visera, para la construcción, explotación de minas, perforación de túneles, aserraderos,



**GRÁFICO 17.2**  
Casco de seguridad.

industrias manufactureras, metalmecánicas, servicios públicos y electricistas; o de visera corta para trabajo en alturas.

**Nota:** los valores establecidos en las especificaciones de resistencia al impacto y a la tensión eléctrica deben tomarse sólo como una referencia y no como un indicativo de los valores a los que se puede exponer un trabajador.

Existen numerosos sistemas de clasificación de cascos, uno de ellos es la Norma ANSI Z89.1 2003 que se explica a continuación:

*Clase G (General):* los cascos clase G deben reducir la fuerza de impacto de objetos en caída y reducir el peligro de contacto con conductores energizados a media tensión eléctrica hasta 2200 V (fase a tierra).

*Clase E (Eléctrico):* los cascos clase E deben reducir la fuerza de impacto de objetos en caída y reducir el peligro de contacto con conductores energizados a media tensión eléctrica hasta 20000 v (fase a tierra).

*Clase C (Conductor):* los cascos clase C deben reducir la fuerza de impacto de objetos en caída. Esta clase no provee protección contra el contacto con conductores eléctricos.

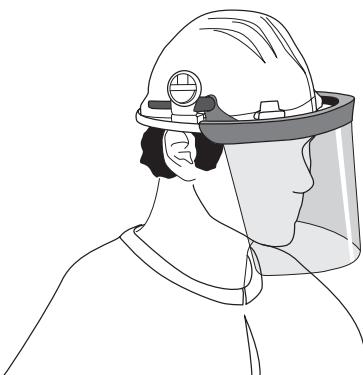
**Nota:** debido a que el casco clase C no provee protección contra riesgo eléctrico, debe emplearse únicamente en sitios donde se tenga la certeza de que dicho riesgo es nulo.

### Protección facial

1. *Caretas (yelmos) para soldadores de arco:* son equipos diseñados para filtrar las radiaciones de soldadura eléctrica, ultravioleta e infrarroja, las cuales pueden afectar los ojos y la piel de los soldadores. El yelmo debe elegirse de acuerdo al trabajo que se vaya a ejecutar, ya que se encuentran en modelos con y sin babero, de filtro abatible o fijo, con atalaje para ajustar al casco, con protectores auditivos de copa, etc.

Los filtros ópticos de las caretas o yelmos de soldador deben estar antecedidos por un cubre filtro que impida que las salpicaduras de soldadura lleguen al filtro; deben reemplazarse cada vez que se observe que las salpicaduras dificulten la visión. El tono del filtro se elige de acuerdo a la clase de soldadura que se aplique, según la tabla 17.1. También es necesario tener instalado un vidrio protector de seguridad contra impactos que impida que las partículas provenientes del martillado o retiro de escorias impacten en los ojos del soldador. El ayudante del soldador debe utilizar la misma protección que el soldador. Los filtros protegen de:

- a. Radiaciones ultravioleta e infrarrojas.
- b. Salpicaduras de soldadura.
- c. Las que tienen filtro abatible, mediante el cristal a prueba de impacto que queda insertado en el yelmo; protegen de proyección de partículas metálicas y de carbón, provenientes de la operación de desbarbado de soldadura.



**GRÁFICO 17.3**

Casco con pantalla de acetato.

CLASE DE OPERACIÓN	NÚMERO DE TONO
Soldadura suave	2
Soldadura con soplete	3 a 4
Corte con oxiacetileno hasta 1"	3 a 4
Corte con oxiacetileno de 1" a 6"	5 a 6
Soldadura autógena hasta 3 mm	4 a 5
Soldadura autógena de 3 a 12 mm	5 a 6
Soldadura autógena para más de 12 mm	6 a 8
Soldadura eléctrica revestida hasta 4 mm	10
Soldadura eléctrica de gas (no ferrosa)	11
Soldadura eléctrica de gas (ferrosa)	12
Soldadura eléctrica revestida, de 4 a 6 mm	12
Soldadura eléctrica revestida, más de 6 mm	14
Soldadura con hidrógeno atómico	10 a 14
Soldadura con arco de carbón	14

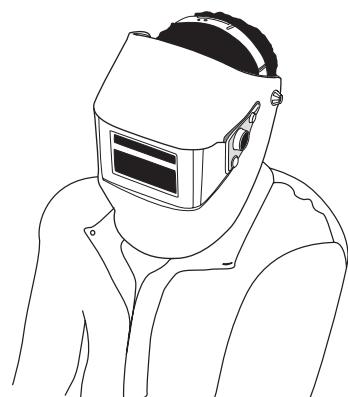
**TABLA 17.1**  
Filtros para soldadura<sup>2</sup>.

PARTE	FUNCIÓN
Ante cristal	Vidrio previsto en la pantalla para asegurar la protección de los ojos contra partículas durante las operaciones en que no se requiere filtro.
Cuerpo de pantalla	Armazón rígido o semirrígido, opaco y de forma semicilíndrica o de caja rectangular, con babero o sin él, y con un cabezal que permite el ajuste sobre la cabeza del soldador.
Cubre filtro	Vidrio de protección sobrepuerto al filtro para prolongar su vida útil, especialmente frente a las salpicaduras de soldadura.
Mirilla	Espacio libre existente en el cuerpo de la pantalla a la altura de los ojos.
Filtro	Ocular de protección que sirve para modificar, por transmisión de flujo, la composición espectral de la radiación que lo atraviesa.

**TABLA 17.2**  
Partes de una pantalla de soldador.

Caretas electrónicas solares para soldar: actualmente existen caretas con filtros de sombra electrónica, ventana panorámica y estándar. La sombra se produce como respuesta al arco voltaico y al suspenderse éste vuelve a ser translúcida, por lo que no requiere ser removida en ningún momento. La careta o yelmo se fabrica con materiales termoestables y provistos de cabezales estándar con ajuste de acuerdo con el tamaño de la cabeza del usuario.

1. *Caretas (pantallas) plásticas, para protección facial:* su utilización es muy amplia, ya que se emplean para evitar salpicaduras de productos químicos, proyección de partículas, entre otras. En forma general, consisten en un cabezal convencional o sencillo, provisto de un visor de acetato, policarbonato u otros materiales de diversos calibres de acuerdo con la fuerza del impacto que se desee controlar. Se usan en labores de laboratorio, odontología y medicina. Protegen de:



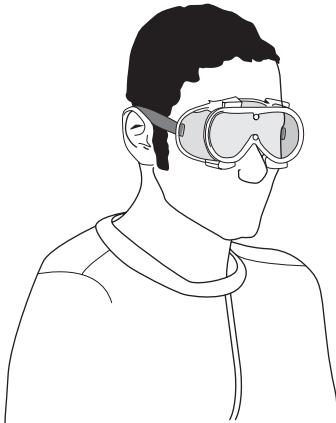
<sup>2</sup> Tomada del Repertorio de riesgos ocupacionales, sectores fundición e industrias metálicas básicas del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Colombia.

**GRÁFICO 17.4**  
Careta de soldador.

- a. Proyección de materiales livianos y de bajo impacto.
  - b. Salpicaduras y proyección de líquidos y partículas con contenido químico y biológico.
2. *Caretas para alto impacto:* se utilizan en operaciones en donde la proyección de materiales pueda romper un visor de acetato, como ocurre en los trabajos de guadañadoras, labor en la cual es posible la proyección de piedras y otros objetos pequeños. El equipo consiste en un cabezal convencional provisto de una pantalla en anexo acerado.
3. *Caretas para trabajos a altas temperaturas:* la careta está conformada por un cabezal convencional, visor de acetato recubierto al oro o aluminizado, para reflejar las radiaciones provenientes de equipos que generan radiaciones calóricas. Entre sus características se encuentran:
- a. Su selección debe tener en cuenta el trabajo a realizar, para determinar el calibre del acetato y el cabezal.
  - b. El cabezal debe ser fabricado en un material que no produzca lesiones cutáneas o del cuero cabelludo; además, debe ser de fácil graduación.
  - c. Todas deben garantizar la neutralidad óptica del acetato.
  - d. La dimensión del acetato debe ser suficiente para que cubra la parte de la cara que puede verse afectada.
  - e. El acetato debe ser termoestable.

### **Protección visual: gafas y monogafas**

Se utilizan sobre todo en los trabajos que ofrecen riesgo de proyección de partículas que por sus características no agreden el rostro, pero sí los ojos por su mayor vulnerabilidad; asimismo, se usan cuando existe riesgo de radiaciones infrarrojas y ultravioleta, y en casos en que los tonos ayudan a resaltar contrastes cuando se realizan trabajos de precisión. Es necesario elegir modelos que tengan variedad de tallas y diseños que se ajusten al rostro del trabajador sin ocasionar molestias. Igualmente, en el caso de las monogafas, se debe comprobar que el sistema de ventilación sean eficientes para que no se empañe durante el trabajo.



**GRÁFICO 17.5**  
Monogafas.

1. *Gafas:* por sus características se clasifican así:
- a. De brazos graduables, muy prácticas para acondicionarlas a cada trabajador.
  - b. Ocular de diseño envolvente, ofrece un amplio campo visual.
  - c. Protectores laterales, los cuales dan mayor cobertura de protección; pueden estar perforados para evitar el empañamiento de los cristales.
  - d. Con puente universal, que mejora el sellamiento contra el material particulado pequeño.
  - e. Modelos especiales para colocar por encima de gafas correctoras, para los trabajadores que utilicen gafas por prescripción.

- f. De acuerdo con las características de cada lente, ofrecen una protección ocular ligera contra:
- Radiaciones ultravioleta.
  - Radiaciones infrarrojas.
  - Material particulado volátil.
  - Proyección de materiales livianos.

*Gafas protectoras para soldaduras blandas:* son utilizadas para soldadura de oxiacetileno y oxicorte, y las hay de diversos modelos, teniendo como condición especial que deben disponer de un adaptador o franja elástica que permita el sellamiento en todo el contorno del ojo; las principales son:

- Con lentes basculantes, es decir, la lente puede levantarse, pero el ojo queda protegido por lentes endurecidos.
- De lentes fijos.
- De copa universal.

Las lentes deben ser ópticamente neutras y filtrantes de rayos IR y UV, provistas de ventilación indirecta y en soldadura su tono dependerá de la llama del consumo de acetileno en litros/hora, de acuerdo con la tabla 17.3.

PARA SOLDADURA A LA LLAMA CONSUMO DE ACETILENO, LITROS/HORA				
Hasta 40 Grado 4-5	40 a 70 Grado 5-6	70 a 200 Grado 6-7	200 a 800 Grado 7-8	800 y más Grado 8
<b>PARA OXICORTE MANUAL</b>				
Litros/hora			Grado protección	
900 a 2000			5	
2000 a 4000			6	
4000 a 8000			7	

**TABLA 17.3**

Guía selectora de oculares redondos para soldar.

1. *Monogafas:* se utilizan principalmente para proteger los ojos del polvo y demás partículas volátiles. Están conformados por una lente integral y un adaptador que se debe ajustar al contorno de la cara y estar provistas de una cinta elástica graduable para asegurarlas. De acuerdo con el sistema de ventilación pueden ser con marco perforado lateralmente o en la parte superior, con ventilación indirecta y con válvulas; se ofrecen con sistemas anti-vaho. De acuerdo con las características de cada visor, ofrecen una protección ocular frente a:
  - a. Radiaciones ultravioleta.
  - b. Radiaciones infrarrojas.
  - c. Material particulado volátil.
  - d. Proyección de materiales livianos.
  - e. Gases y vapores.

### **Protección auditiva**

Son elementos para la protección personal del sistema auditivo, utilizados para reducir el nivel de presión sonora que percibe una persona expuesta a un ambiente ruidoso.

En muchos ambientes ruidosos no resulta práctico, económico o factible reducir el ruido en máquinas, equipos y herramientas hasta un nivel aceptable para el oído humano, por lo cual se hace indispensable su empleo.

Son fundamentales cuando se está sometido a niveles de ruido que superen las intensidades y tiempos de exposición según las tablas 17.4 y 17.5.

**TABLA 17.4**

Niveles permisibles de exposición a ruido continuo o intermitente<sup>3</sup>.

EXPOSICIÓN EN HORAS /DÍA	NIVEL PERMISIBLE EN db(a)
16	82
8	85
4	88
2	91
1	94
0.5 (30 min.)	97
0.25 (15 min.)	100
0.125 (7.5 min.)	103

**TABLA 17.5**

Número de impactos diarios permisibles.

NIVEL MÁXIMO DE RUIDO db(c)	NÚMERO DE IMPACTOS/DÍA
120	10.000
130	1.000
140	100

A continuación se exponen las principales características de los diferentes tipos de protectores auditivos:

1. *Protectores de copa (auriculares):* consisten en dos copas circunaurales, unidas por una diadema que se ajusta a la cabeza. Las copas disponen de empaques de espuma para sellar el contorno de las orejas.
2. *Tapones auditivos de silicona:* estos tapones se fabrican en silicona y se colocan directamente sobre el pabellón auditivo de cada trabajador, ejerciendo el control del ruido en el pabellón auricular, con una pequeña inserción en el conducto del oído externo para disminuir la posibilidad de infecciones. Para su buen mantenimiento deben lavarse con jabón de tocador, secarse y colocar en su respectivo estuche. Es fundamental que quien los elabore sea una persona o entidad reconocida que ejerza un grado de control alto, ya que el nivel de atenuación depende de la calidad de los tapones auditivos utilizados.

---

<sup>3</sup> Tomado de la ACGIH.

3. *Tapones auditivos de espuma autoexpandible*: estos tapones se introducen en el conducto auditivo, donde deben mantenerse con presión del dedo hasta terminar su expansión. Son fabricados en espuma de goma y proporcionan un alto nivel de atenuación. No obstante, tienen cierta tendencia a salirse del canal auditivo por los movimientos de la mandíbula, al reír, conversar, etc. Igualmente, pueden arrastrar el cerumen e irritar el canal auditivo. Por la dificultad para asearlos, se deben utilizar como desechables.
4. *Tapones auditivos de inserción de 2, 3 y 4 rebordes*: estos tapones son premoldeados y se fabrican en varios tamaños normalizados. Por lo general, disponen de uno a cuatro rebordes de ajuste que se adaptan al conducto del oído externo.
5. *Tapones auditivos semi-insertados*: estos tapones son diseñados en un tamaño que se ajusta a la mayoría de los oídos. Para mantenerse presionados contra la apertura del canal auditivo disponen de una banda sujetada a la cabeza, manteniendo la presión del protector sobre la abertura del oído.

¿Cómo elegir los protectores auditivos? Al seleccionar los equipos de protección debe considerarse la opinión del trabajador dentro de la gama de equipos que aseguran una protección suficiente (ver Capítulo 7. Riesgo por ruido), se le pide que elija (sin conocer los precios) y su decisión lo compromete más con la utilización del equipo. La capacitación en la utilización de los equipos, junto con una buena selección, constituye el éxito de una medida preventiva.

### **Protectores respiratorios**

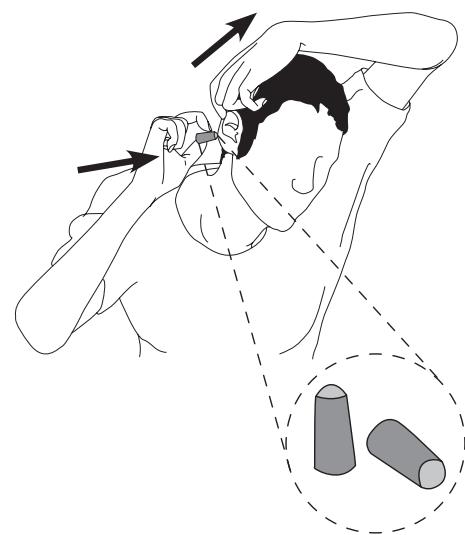
Se apela a los equipos de protección respiratoria cuando no es posible mejorar las condiciones ambientales por ningún otro medio de la Higiene Industrial, y cuando el tiempo de exposición es tan corto que su uso se justifica económica y técnicamente.

Los equipos de protección respiratoria pueden ser muy incómodos, por eso se aconseja limitar su uso a jornadas de cuatro horas como máximo. El aspecto más importante es una capacitación suficiente, tanto al personal que lo utiliza como a sus supervisores y jefes, todos ellos deberán conocer las limitaciones del equipo a utilizar.

Es muy importante que se ofrezcan con tallas diversas y que pasen las pruebas de adaptación facial de vacío y presión ejercida durante la respiración; para estas pruebas se tapan las válvulas de entrada y salida respectivamente.

Los protectores se clasifican en dos grupos, en razón de la función que ejercen para controlar los contaminantes:

1. Dependientes del medio ambiente.
2. Independientes del medio ambiente.



**GRÁFICO 17.6**

Forma de colocar el tapón auditivo.



**GRÁFICO 17.7**

Respirador de cartucho químico.

### 1. Dependientes del medio ambiente

Los dependientes son aquellos que purifican el aire contaminado, dejándolo en condiciones adecuadas para ser inhalado por el trabajador, siempre y cuando el aire contenga el oxígeno necesario (19,5 a 23,5 %) y el contaminante se encuentre en baja concentración (<10 TLV) y no se trate de una atmósfera inflamable o explosiva.

Según el proceso de purificación o filtrado se clasifican en:

*Filtro mecánico:* son aquellos que mediante un filtro de algodón o fibras prensadas atrapan las partículas en suspensión hasta cierto tamaño (determinado en micras), y se utilizan en lugares con concentraciones medias de material particulado (polvos o fibras). Resulta más eficiente utilizar filtros mecánicos con adaptador facial y filtro cambiante. La mascarilla desechable, a la larga, puede resultar de mayor costo y la adaptación facial es deficiente en la mayoría de los casos; si no hay un buen sellado entre la mascarilla y la cara el protector sirve muy poco porque el aire circula por donde tiene menor resistencia al paso de aire. Las mascarillas se recomiendan con válvula de exhalación para evitar que se humedezcan rápidamente con la respiración, porque húmedas no permiten el paso del aire y este se pasa junto a la cara por donde el sellado es menor. Las notaciones N95 y N99 indican que filtran el 95% y 99% de las partículas respectivamente.

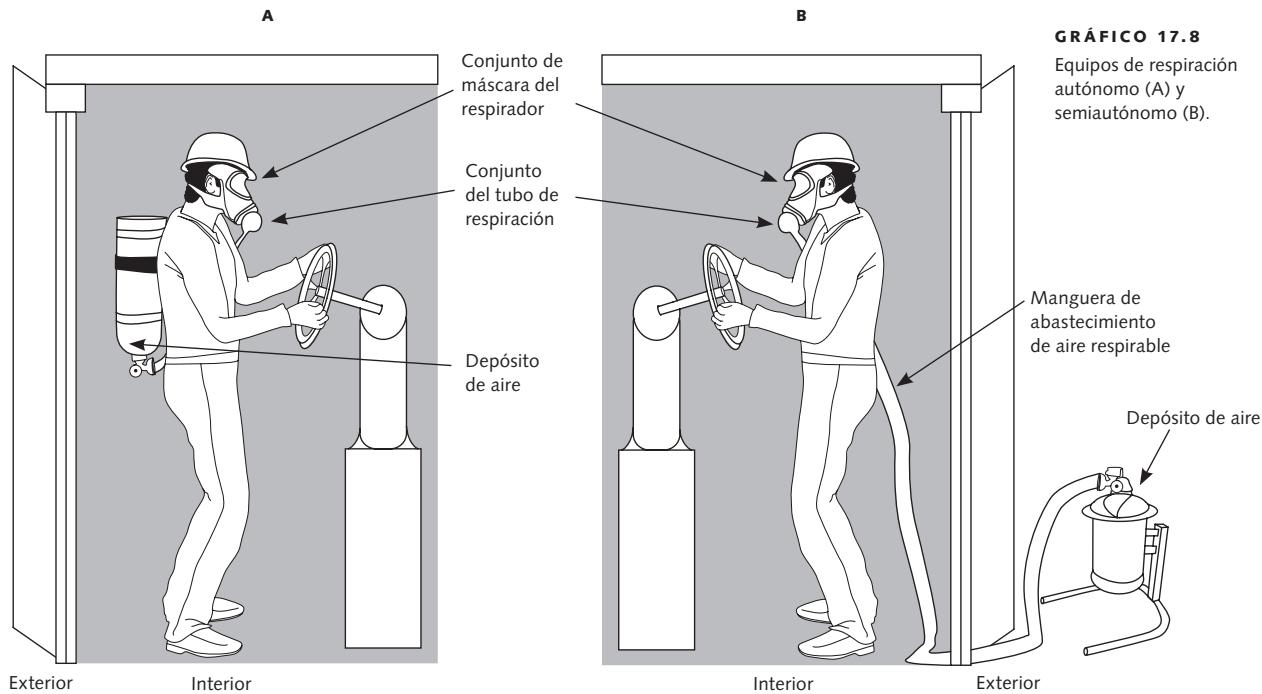
*Cartucho químico:* protegen de contaminantes ambientales químicos específicos al efectuar la transformación física o química en contaminantes de los grupos: gases ácidos, vapores orgánicos, amoníaco, cloro y monóxido de carbono. Existen filtros de cartucho químico específico para cada clase de contaminante. También los hay de retención mixta: mecánica y química. La vida útil de un cartucho químico no se puede determinar con facilidad, porque depende de la concentración del contaminante, el esfuerzo físico, el almacenamiento y los cuidados. Una vez se satura el producto de retención, el contaminante pasa por el filtro hacia las vías respiratorias. Existen diversas tablas, la presentada en este apartado (17.6) ofrece apenas una indicación, pero en cada caso es necesario comprobar para qué clase de contaminante es efectivo.

**TABLA 17.6**

Protectores respiratorios para agentes químicos.

CONTAMINANTES	COLOR ASIGNADO
Fenol	Marrón.
Formaldehído	Verde oliva.
Gases ácidos	Blanco.
Gas ácido cianhídrico	Blanco con una franja verde de 10 mm alrededor del cartucho y cerca de la base.
Gas cloro	Blanco con franja amarilla de 10 mm alrededor del cartucho y cerca de la base.
Vapores orgánicos	Negro.
Gas amoniaco/metilamina	Verde.
Monóxido de carbono	Azul.
Gases ácidos y gas amoníaco	Verde con una franja blanca de 10 mm alrededor del cartucho y cerca de la base.
Gases ácidos y vapores orgánicos	Amarillo.
Gas ácido cianhídrico y vapores cloropíérico	Amarillo con una franja azul de 10 mm alrededor del cartucho y cerca de la base.

CONTAMINANTES	COLOR ASIGNADO
Pintura	Anaranjado.
Humos metálicos	Ladrillo.
Plaguicidas	Verde claro.
Gases ácidos, vapores orgánicos	Café.
Polvos, humos, vapores y nieblas en combinación con cualquiera de los gases o vapores anteriores.	El color del cartucho propio del contaminante con una franja gris de 10 mm.
Todos los contaminantes atmosféricos anteriores.	Rojo con franja gris de 10 mm alrededor del cartucho.



## 2. Independientes del medio ambiente

Estos equipos se utilizan en medios muy contaminados o en atmósferas con deficiencia de oxígeno, siempre y cuando no se trate de una atmósfera explosiva, ya que en este caso, se debe complementar el control con sistemas de ventilación o internización que garanticen una atmósfera no inflamable.

El sistema debe estar provisto de presión positiva, para que en caso de presentarse una falla en los sellamientos, salga el aire a presión al exterior y no pueda ingresar el aire externo contaminado.

**Semiautónomos:** se utilizan en medios con deficiencia de oxígeno o con altos niveles de contaminación. Suministran aire a través de líneas alimentadas por un compresor o soplador, el cual toma el aire de lugares libres de contaminación, llamándose así semiautónomos por limitar la autonomía de movimientos del trabajador por la línea de

aire o manguera con que se une al exterior. Para un control eficiente, deben tenerse en cuenta otras vías de ingreso de los contaminantes (ojos, piel).

*Autónomos:* son equipos que no restringen los desplazamientos del trabajador, puesto que suministran aire a través de tanques de aire comprimido tipo D que pueden proveer a demanda o a presión positiva, según las condiciones de trabajo. Por tratarse de equipos especiales su adquisición, entrenamiento, uso y mantenimiento debe basarse en las recomendaciones dadas por el fabricante y el cumplimiento estricto de la normativa aplicable para el uso de SCBA (*Self Contained Breathing Apparatus*).

## **Protectores corporales**

### **Parciales**

Este tipo de protección hace referencia al mandil (delantal) y a las polainas impermeables. Esta protección debe proporcionarse para operaciones que impliquen la manipulación de sustancias químicas, zonas húmedas o de materiales biológicos patógenos.

Protegen de:

1. Sustancias químicas nocivas.
2. Humedad.
3. Agentes biológicos patógenos.

Trabajos que requieren su uso:

1. Laboratorios clínicos y patológicos.
2. Industrias químicas.
3. Dosificación de sustancias químicas.
4. Lavado de piezas o partes.

*Chaquetón, mangas (cuando no se usa chaquetón), mandil (delantal) y polainas de carnaza:* para una mejor protección, se recomienda que estas piezas hayan sido curtidas y tratadas, para una mayor resistencia a la combustión. Esta protección debe darse a soldadores de equipos de arco voltaico, oxiacetileno, MIG, TIG, etc. Deben contar con las siguientes características:

1. Su diseño debe permitir la movilidad del trabajador.
2. La talla debe ser la correspondiente al trabajador.
3. De color claro, para que reflete las radiaciones.
4. Se puede elegir mandil de soldador largo (aproximadamente 1.1 m), de manera que sobrepase el borde superior de las polainas.
5. También se puede emplear casaca y pantalón.
6. Con polainas o escarpines que impidan que las chispas caigan entre el pantalón y la bota.

## **Protección corporal integral**

Incluye la capucha con visor, sacón o abrigo, pantalón, cubrebotas, guante largo (aproximadamente 14") escarpines y polainas.

Se debe fabricar en material textil resistente al fuego, como rayón aluminizado y debe componerse de pantalón, abrigo o sacón, capucha con visor, cubrebotas y guante de 14" de largo con palma reforzada. Protegen de:

1. Calor radiante.
2. Fuego (aproximación).

*Protección integral para trabajos con plaguicidas:* overoles completos, chaquetón, pantalón, botas mediacaña, capucha, guantes. Deben estar elaborados en materiales impermeables, resistentes a los solventes que se utilicen y flexibles, que cubran la totalidad del cuerpo, protegiéndolo del contacto con los plaguicidas. Es necesario que disponga de orificios de ventilación y la unión de las piezas se haga por termosellado y no por costuras, pues estas últimas dejan perforaciones por donde pueden ingresar los plaguicidas. Protegen de:

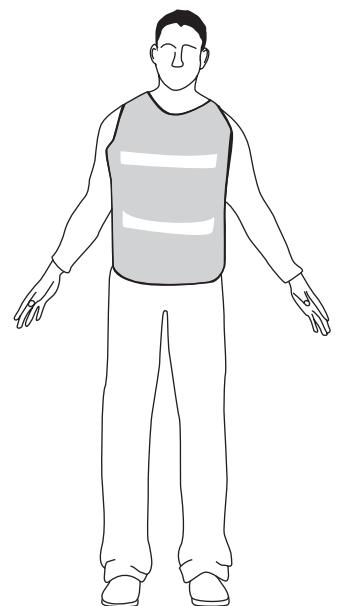
1. Plaguicidas en aspersión.
2. Agua de riego.

Como protección integral también se considera aquella que protege el cuerpo en su totalidad, sin especificar partes como: ropa de señalización en el tránsito, protección en alturas, etc.

## **Protección de manos**

### **Guantes**

Quizá no haya otro elemento de protección que pueda ser tan variado como los guantes, ya que prácticamente existen para todos los usos y necesidades, lo cual se fundamenta en que la parte corporal más integrada al trabajo son las manos, dadas sus características de sensibilidad, versatilidad de operación y de excelente motricidad fina. Sus principales características y prestaciones se describen en la tabla 17.7.



**GRÁFICO 17.9**  
Chaleco reflectivo.

**TABLA 17.7**

Guantes: materiales y características<sup>4</sup>.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
Carnaza	Protege contra raspaduras por manejo de materiales ligeramente ásperos y aislamiento térmico mediano.
Carnaza reforzada con malla de acero	Para manejo de materiales muy abrasivos.
Fibra sintética Terrycloth	Suavizador, resistente a cortadas y raspaduras, moderadamente al calor.
Lona fuerte	Agarre firme en materiales aceitosos, manejo de objetos ásperos o agudos, cortantes, resistente a raspaduras y al uso; buena disposición al calor.
Lona suave	Protege de mugre, cortadas y contusiones leves.
Malla de acero	Protege frente a elementos cortantes manuales como cuchillos (no protege en equipos de corte mecánico).
Kevlar	Resistente al corte.
Rayón aluminizado	Baja transferencia del calor.
<b>REVESTIDOS</b>	
Caucho natural	Mejores para resistencia a cortes y agarre, inferior para aceites y solventes.
Caucho nítrilo	Resistencia superior a cortes, raspaduras y solventes.
Látex (quirúrgicos)	Protección frente a agentes biológicos patógenos y químicos de baja concentración.
Neopreno	Resistente a los ácidos acético, benzoico, carbónico, fluorico, gasolina, aceite, creosotas, alcohol, algunos cáusticos y solventes clorados.
Vinilo	Usos: agarre en húmedo, resistencia a raspaduras; de fabricación especial para hidrocarburos, solventes del petróleo, ácidos inorgánicos y aislamiento térmico.
<b>IMPREGNADOS</b>	
Caucho butilo	Resistencia superior a químicos oxidantes, impermeable a gases y vapores, flexible en temperaturas extremadamente bajas, buena resistencia a la acetona y al metil etil cetona.
Látex de caucho	Para uso con ácidos y sales acetonas.
Buna N	Alta resistencia raspaduras y perforaciones, resistente a gases industriales, aceites, solventes químicos; se usa en limpiezas de chorro de arena.
Cloruro de polivinilo (PVC)	Excelentes para destreza de los dedos y usados para la protección del producto; se utilizan en laboratorios y para el manejo de partes pequeñas.
Neopreno	Alta resistencia a ozonos, calor, aceites vegetales, productos derivados del petróleo, grasas animales.
Plomados	Protegen de radiaciones ionizantes.

¿Cómo elegir el guante apropiado? Un aspecto de suma importancia en la selección de los guantes es determinar las tallas adecuadas de acuerdo con el tamaño de la mano del trabajador, pues cuando se suministra un guante muy grande se aumentan las posibilidades de atrapamiento y se disminuye la precisión de maniobra. Se recomienda como mínimo suministrar al menos tres tallas para que el operario utilice la que mejor se adecue a su mano.

4 Fuente: Colombia, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Manual guía para inspectores de Trabajo.

## **Protección de pies**

Los requerimientos de selección, uso y mantenimiento del calzado se relacionan, por sus características, en forma general de acuerdo con las prestaciones que deban proporcionar.

*Calzado con suela antideslizante:* su función es la de proporcionar una adecuada estabilidad para el tránsito por pisos lisos, húmedos, en declives, etc., por consiguiente, además de su capacidad para no deslizarse sobre el piso se requiere que el material de la suela sea resistente a los agentes químicos que puedan existir en el suelo del lugar de trabajo y mostrarse firmes frente al deslizamiento. El grabado de la suela debe conservarse con una profundidad mínima de 0.001 m en el sitio más gastado. Al presentar un mayor desgaste en cualquier sitio que haga contacto con el piso, debe sustituirse.

*Botas de seguridad con puntera de acero:* indispensables para quienes manipulen o movilicen materiales pesados y rígidos.

*Botas impermeables:* son utilizadas por personal que tenga que transitar por espacios enfangados o húmedos. Su uso debe limitarse al tiempo en que cumpla labores dentro de dichas condiciones; el uso prolongado acalora los pies y puede producir mal olor y hongos. Es recomendable que estén forradas por dentro en tejido de algodón y han de lavarse periódicamente con agua y jabón.

*Botas dieléctricas:* al personal que realiza trabajos en redes o equipos eléctricos se le debe dotar con calzado dieléctrico protegido para tensión de maniobra. Son de material no conductor de la electricidad, cosidas (en ningún caso con clavos), libres de ojaletes o partes metálicas. La dieléctricidad se reduce con el desgaste de la suela y la acumulación de suciedad.

## **Normatividad**

Norma ANSI Z89.1 2003.

NTP 49: Identificación por distintivos de colores de filtros respiratorios.

NTP 180: Los guantes en la prevención de las dermatosis profesionales.

NTP 571: Exposición a agentes biológicos: equipos de protección individual.

NTP 572: Exposición a agentes biológicos. La gestión de equipos de protección individual en centros sanitarios.

NTP 773: Equipos de protección individual de pies y piernas. Calzado. Generalizadas.

NTP 787: Equipos de protección respiratoria: identificación de los filtros según sus tipos y clases.

NTP 813: Calzado para protección individual: especificaciones, clasificación y marcado.

NTP 882: Guantes de protección contra riesgos mecánicos.



## **Mantenimiento**

El mantenimiento es una labor de especial riesgo, por cuanto las labores se desarrollan en diversos lugares y a máquinas y equipos con averías que pueden comprometer sus dispositivos de seguridad. Además, se hace necesario el manejo de energías peligrosas, por lo cual es de especial interés aplicar los métodos de estado de energía "0" y el procedimiento de bloqueo basado en "OSHA" la norma que trata del Control de energía peligrosa, mediante el procedimiento de Candado/Etiqueta (Control de Energía Peligrosa), Título 29 del Código de Reglamentos Federales (*Code of Federal Regulations - CFR*) Parte 1910.147, el cual se refiere a las prácticas y procedimientos requeridos para el bloqueo de los equipos y la desactivación de todos los elementos que puedan mantener o emitir energías peligrosas, sea eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, química o térmica, entre otras.

Igualmente, es necesario determinar dentro de los programas de mantenimiento qué máquinas, equipos y herramientas o partes de éstas, deben estar sujetas a mantenimiento correctivo, preventivo, de mejoras, o predictivo, y a cuáles deben aplicarse los métodos de bloqueo mediante estado de energía "0" y/o "etiqueta y candado", levantando un inventario que facilite su identificación.

Un adecuado mantenimiento, además de mejorar las condiciones de seguridad, reduce al mínimo las paradas de equipos a causa de averías no previstas y aumenta la vida útil de las máquinas y los equipos.

## **Mantenimiento y conservación**

Las actividades de mantenimiento comprometen las condiciones de seguridad, las cuales involucran prácticamente todos los factores de riesgo.

Las constantes discusiones acerca de la competitividad de las empresas han girado en torno a varios elementos, distantes de la producción, salvo contadas excepciones. Por eso se tratará uno de los puntos claves que se pueden considerar como característica de la empresa competitiva: la seguridad industrial y el mantenimiento de los equipos.

En cualquier empresa, un buen mantenimiento y conservación de los locales constituyen los soportes rutinarios básicos de la higiene y la seguridad industrial. Ambas tareas son complementarias y en algunos aspectos, puede resultar difícil trazar una línea divisoria entre ellas, pero se puede hacer una distinción general.

El mantenimiento abarca el trabajo necesario para preservar los edificios, la planta, los equipos y la maquinaria en condiciones de trabajo seguras, eficaces y en buen estado. La conservación comprende la limpieza diaria, el arreglo y orden de todas las partes de la empresa. Es prácticamente imposible realizar una buena labor de conservación sin un buen mantenimiento de la maquinaria y equipos: por ejemplo, resulta difícil conservar limpio un piso muy gastado o conservarlo seco si hay goteras procedentes de un tejado roto u otra zona de la planta en mal estado. Por otra parte, una buena conservación diaria reduce considerablemente la cantidad de trabajo de mantenimiento necesario.

Muchos accidentes pueden atribuirse a un defectuoso mantenimiento: caídas en pisos rotos, en peldaños o escaleras desgastadas, caídas de escalerillas, banquetas o sillas defectuosas; acceso a partes peligrosas de la maquinaria a través de defensas rotas o mal montadas; quemaduras por fugas de tuberías de vapor o por contacto con tuberías calientes sin aislamiento. Los trabajadores pueden quedar atrapados por el fuego si las salidas de emergencia no se abren con rapidez o si las escaleras de salida están deterioradas u obstruidas. Las averías no reparadas en equipos eléctricos, dispositivos de puesta a tierra, clavijas, conductores, etc., pueden entrañar riesgo de choque eléctrico. La falta de mantenimiento puede ser la causa principal de fallas en máquinas de elevación, o de explosión de recipientes a presión. Las herramientas manuales mal mantenidas ocasionan muchas lesiones. Las ventanas o luminarias de alumbrado sucias pueden disminuir en tal medida el nivel de iluminación que originen accidentes porque el empleado no ve los peligros.

El mantenimiento defectuoso de los sistemas de ventilación y de los tubos de escape puede originar graves riesgos para la salud, dando lugar a una contaminación atmosférica por humos o polvos peligrosos. Será muy difícil mantener limpio un banco de ajustador muy desgastado en su superficie de trabajo. Las instalaciones sanitarias defectuosas o las fallas en el suministro de agua potable o agua caliente pueden afectar la salud y el bienestar de los trabajadores.

La experiencia de muchas empresas ha dado como resultado una lista de las principales causas de acciones personales que causan accidentes:

1. Uso de herramientas y equipos defectuosos.

2. Uso de equipo o material en funciones para las que no están indicados.
3. Limpiar y lubricar equipos en movimiento.
4. Usar las manos en lugar de las herramientas.
5. Omitir el uso de ropa de trabajo, llevar el pelo suelto, mangas largas, relojes, anillos, zapatos de tacón alto.
6. Adoptar posturas inseguras.
7. Colocarse debajo de cargas suspendidas.
8. Hacer bromas, chanzas pesadas, promover resbalones o caídas.
9. No enclavar los suministros de fuerza o energía; es necesario inmovilizar los controles cuando una máquina entra en reparación.
10. Hacer inoperantes los dispositivos de seguridad.
11. Trabajar a velocidades inseguras.
12. Soldar, reparar tanques o recipientes sin tener en cuenta la presencia de vapores y sustancias químicas peligrosas.

El mantenimiento puede ser:

1. Correctivo.
2. Preventivo.
3. De mejoras.
4. Predictivo.

### **Conservación correcta**

Son muchos y de diverso tipo los accidentes que, al menos en parte, pueden resultar de una conservación incorrecta; así, por ejemplo: caídas sobre pisos resbaladizos, gradiéntos o mojados; golpes o caídas contra maquinaria, materiales u otros obstáculos depositados en los pasillos; cortes con objetos salientes de los bancos de trabajo y, especialmente en obras de construcción, pinchazos con clavos salientes de la madera.

Los riesgos derivados del transporte interno se intensifican si los corredores no están libres o si el apilamiento de materiales dificulta la visibilidad. Los materiales mal apilados pueden caer y provocar graves lesiones. La falta de eliminación periódica de los residuos de combustibles o la acumulación de cantidades excesivas de materiales inflamables en los talleres puede provocar incendios. Se producen accidentes en las oficinas por dejar abiertos los muebles de archivo. Los riesgos para la salud derivados de los polvos o sustancias químicas peligrosas se potencian en gran medida cuando las superficies de trabajo no se conservan rigurosamente limpias.

La conservación correcta no debe dejarse a las actividades no planificadas de los empleados sino que es, en sus líneas generales, responsabilidad de la dirección. La distribución de la empresa debe facilitar la observancia del orden y la limpieza:

1. Los pasillos, los corredores, las zonas de tráfico y las salidas deben estar correctamente señaladas y definidas con claridad.

2. Deben habilitarse zonas especiales para el almacenamiento de las materias primas, insumos, producto terminado, herramientas y accesorios.
3. La colocación de tableros para herramientas de mano o accesorios por encima de los bancos de trabajo, espacios debajo del banco u otras fórmulas sencillas para guardar pequeños elementos, mantendrán limpias las zonas de trabajo.
4. Deben ubicarse recipientes para desechos y residuos.
5. Los pisos y bancos de trabajo deben construirse en materiales apropiados y fáciles de limpiar.
6. La combinación de superficies antideslizantes con métodos de encerado en los cuales se utilicen ceras antideslizantes, evitará el riesgo de caídas en las oficinas administrativas.
7. Muchas máquinas pueden despedir aceite, agua, vapores u otros materiales, pero la utilización de pantallas y dispositivos físicos sencillos para evitar que se depositen en el suelo circundante son de gran utilidad.
8. Los procesos o plantas en mojado deben estar provistos de canales de desagüe y, en ocasiones, deben estar aislados por medio de brocales.
9. Cualquiera que sea el tamaño del establecimiento, la limpieza diaria no debe limitarse a los últimos minutos de la jornada de trabajo. Puede resultar razonable que una persona deje su puesto de trabajo limpio y ordenado, pero la limpieza general de los talleres, instalaciones sanitarias y salas sólo pueden realizarla con eficacia equipos de limpieza especiales, empleados o contratados específicamente para ello y preferentemente fuera de la jornada de trabajo.

### **Jornadas de limpieza**

En muchas empresas, la limpieza tiene lugar una vez acabada la jornada de trabajo, junto con una limpieza semanal intensiva durante el fin de semana; pero puede ser necesario recurrir a esquemas especiales cuando existan turnos continuos, o cuando sea fundamental que la limpieza se haga durante la jornada laboral. También puede resultar imprescindible la limpieza continua mediante métodos de vacío o aspiradoras, cuando puedan liberarse al aire polvos y fibras peligrosas, como los que contienen silice libre, asbestos, microorganismos patógenos, etc.

En las empresas en las que existe una producción continua que genera residuos, resulta especialmente difícil mantener la limpieza y el orden durante toda la jornada de trabajo. Los productos acabados deben retirarse a las zonas de almacenamiento y hay que disponer la eliminación periódica de los residuos y el vaciado de los recipientes de residuos.

La supervisión y limpieza de las instalaciones sanitarias, zonas de aseo, vestuarios y comedores son tan importantes como la de las áreas de trabajo.

El riesgo más grave para las personas encargadas del mantenimiento es que el deseo por una mejor limpieza las lleva a limpiar en la proximidad de máquinas en movimiento, habitualmente seguras. La limpieza nunca debe realizarse cuando haya riesgo de atrapamiento.

miento. La eliminación de residuos y desechos puede entrañar un serio riesgo de cortes por metales cortantes o vidrios rotos. Los detergentes y productos de limpieza pueden ocasionar dermatitis y afecciones cutáneas.

Con frecuencia es necesario recurrir a ropa de protección personal y protección de las manos y pies. Cuando existan polvos peligrosos debe utilizarse protección respiratoria. Los encargados de la limpieza que laboran fuera del horario de trabajo deben ser instruidos sobre los riesgos de la planta, dejar bloqueado el funcionamiento de las máquinas, tableros de control y equipos. En el horario de mantenimiento se debe disponer de instalaciones de aseo, de primeros auxilios, control de incendios y en general de todos los servicios regulares.

### **Mantenimiento de maquinaria y equipos**

El mantenimiento y la seguridad son materias que están íntimamente relacionadas por dos motivos diferentes: en primer lugar, el personal de mantenimiento, por la misma naturaleza de su trabajo, se encuentra con mayor frecuencia en situaciones de peligro; en segundo lugar, la seguridad de las personas que integran una industria depende en gran parte de adecuadas prácticas de mantenimiento.

Existen muchas y variadas definiciones de la palabra "mantenimiento". Para algunas personas es sinónimo de "reparaciones", la acción de poner en funcionamiento algo que se ha averiado. Esto puede ser parte de la definición, pero no es todo lo que significa, hay escuelas que consideran que el mantenimiento correctivo, no es un mantenimiento sino una reparación. En la actualidad, está sobradamente probado que algunas averías mecánicas pueden evitarse con el desarrollo de mantenimiento predictivo o preventivo aplicado a su debido tiempo.

La prevención de averías es verdaderamente valiosa, y debe formar parte de las actividades del mantenimiento; sin embargo, debe existir un equilibrio económico entre la prevención y la corrección. Una definición cada vez más aceptada fue publicada por la British Standard Intitute, establece que el mantenimiento es un trabajo que se lleva a cabo con objeto de conservar o reparar todas las instalaciones, es decir: todas las partes de una planta, edificios y contenidos, dentro de una calidad aceptable.

En esta definición se aprecian dos puntos de vital importancia: la palabra mantenimiento que incluye tanto la acción preventiva "conservar" como la correctiva "reparar". Con el desarrollo tecnológico y la dependencia cada vez mayor de los equipos, el concepto de mantenimiento predictivo se aplica más, puesto que el fallo de un equipo puede tener consecuencias muy graves para la organización. El mantenimiento es fundamentalmente preventivo. No puede haber una calidad empírica de mantenimiento, el uso de la frase "calidad aceptable" claramente sugiere que debe adoptarse una calidad apropiada a las circunstancias. Debe tenerse en cuenta que cuando existan requerimientos establecidos por la ley para el mantenimiento, la "calidad aceptable" no debe ser inferior a la necesaria para cumplir tales requisitos.

Es aconsejable seguir una recomendación fundamental:

Al comprar un equipo lea cuidadosamente las instrucciones y conserve los catálogos. Es indispensable llevar una hoja de vida de la máquina donde se registre el nombre, la serie, fecha de compra, costo, localización y cambios; así como los detalles mecánicos de mantenimiento y reparación.

### **Programa de mantenimiento preventivo**

Esta clase de programas es aplicable a máquinas, equipos y partes, cuya avería representa un grave daño a las personas, a los equipos, instalaciones y en general a todo el sistema productivo y está dirigido a programar la sustitución de equipos y partes de acuerdo con el cálculo de vida útil de los mismos, independientemente del estado en que se encuentren. Es una forma de aproximación al control total de daños y averías repentinas.

Cada área de producción necesitará un tratamiento de mantenimiento ideado específicamente para sus necesidades. Sólo es posible generalizar en ciertas actividades de mantenimiento previamente consideradas.

Cada elemento de la máquina debe examinarse por completo, desde el punto de vista de seguridad, por lo menos una vez al año, aunque en muchos casos se necesita un reconocimiento más frecuente.

Es esencial la lubricación y refrigeración de las piezas móviles y la responsabilidad de esta lubricación debe definirse y conocerse con claridad. En algunos casos será conveniente y oportuno para el operario aplicar el lubricante, pero en otros, el área de mantenimiento deberá realizar la tarea. La falta de lubricación puede ocasionar fricciones, sobrecalentamiento e incendios.

La mayor parte de la maquinaria resulta menos peligrosa potencialmente si se mantiene limpia. Además, para asegurar la limpieza general de la máquina, será necesario limpiar los filtros de aire de entrada, los filtros de aceite y los de agua de refrigeración. La omisión de estas limpiezas puede ocasionar sobrecalentamientos e incendios. Igualmente, puede originarse un mal funcionamiento de las piezas mecánicas por desgaste de las superficies de contacto. La lubricación correcta puede, en algunos casos, ser suficiente, pero a veces, será necesario medir la cuantía del desgaste en los componentes para hacer sustituciones antes de que se origine el daño consiguiente.

Muchas máquinas funcionan actualmente a través de mecanismos de embrague y estos, a menos que se mantengan en buen estado, pueden transmitir movimientos inesperados y ocasionar lesiones al operario. La lubricación, limpieza, ajuste y comprobación del desgaste son operaciones de gran importancia. Un freno es frecuentemente una pieza esencial de una máquina que trabaja en forma intermitente. Si la máquina tiene que parar en una posición específica y falla, pueden producirse lesiones y daños de importancia.

### **Mantenimiento de seguridad especial**

La prevención de accidentes para las personas que accionan la maquinaria ha sido, en la mayor parte de los países, objeto de legislación, especialmente en relación con las defensas de la maquinaria. Desde luego, no es únicamente la provisión de defensas adecuadas lo que determina la seguridad del operario; las defensas deben mantenerse en buen estado. El mal funcionamiento de una defensa con enclavamiento en una prensa mecánica puede originar riesgos considerables. Por esto, siempre que la precisión del ajuste sea importante, se recomienda una inspección periódica de la defensa por una persona competente en mantenimiento. En algunos países es obligatorio realizar un reconocimiento de las defensas y dispositivos de seguridad en prensas mecánicas y registrarlo durante cada turno.

La inspección periódica de toda la maquinaria debe incluir la comprobación de los resguardos y dispositivos de seguridad montados sobre accionamientos y que otras piezas móviles estén en posición segura. Existe la tendencia, por parte del operario, de retirar estas defensas para un mejor acceso a la pieza de trabajo y agilizar las maniobras. Por eso es necesario que las áreas de mantenimiento y supervisión trabajen en estrecha colaboración.

### **Mantenimiento y factores económicos**

Al considerar la importancia del mantenimiento para la maquinaria y el equipo, la “calidad aceptable” de mantenimiento no dependerá solamente de la economía, porque donde existen riesgos de seguridad e higiene, las normas de mantenimiento necesitan ser tales que los trabajadores no puedan verse en peligro por falla de los equipos o la planta y este criterio está por encima del económico.

Al establecer la política de mantenimiento de la maquinaria debe concederse atención a la importancia de los diferentes conceptos en la rentabilidad total de la empresa. Cuando la falla de una máquina origina pérdidas costosas de producción, normalmente será correcto gastar tiempo y dinero en procedimientos preventivos de mantenimiento. Entre estos se podrían incluir la lubricación y limpieza periódicas; reconocimientos cuando la inspección revela incorrección de funcionamiento o la posibilidad de fallas próximas.

Inversamente, cualquier fábrica tendrá máquinas que no son completamente utilizadas o no están directamente relacionadas con su producción. Puede entonces resultar que el método más económico con estas máquinas sea esperar hasta que se averíen y entonces repararlas. El equilibrio entre las acciones preventivas y correctivas depende mucho del juicio concreto en cada caso y de la cultura de organización. La maquinaria compleja, de un alto costo inicial, necesitará más mantenimiento preventivo que la maquinaria más simple. Igualmente, la maquinaria que está continuamente en funcionamiento necesitará mantenimiento preventivo en un grado que no sería correcto para una maquinaria que trabaje solamente unas horas a la semana.

### **Riesgos específicos de las máquinas**

El movimiento de las piezas de una máquina rotativa o alternativa, puede originar vibraciones. A su vez, esto puede ocasionar que los pernos y otros elementos de fijación rosados se aflojen y eventualmente puedan desunir partes de la máquina. Riesgos como éste serán minimizados si la inspección de mantenimiento periódica incluye la comprobación de tales elementos. La velocidad de giro de ejes en ciertas máquinas es extremadamente alta; la de una fresa de ranurar de alta velocidad puede ser hasta de 24.000 RPM y los dientes de una sierra circular pueden girar a una velocidad tangencial de 4.000 m/min. En estos casos, es esencial aplicar las más altas calidades de mantenimiento para ejes, cojinetes y montajes.

Existen también especiales necesidades de mantenimiento para las muelas utilizadas para rectificado, pulido y corte. Los cojinetes y los ejes deben mantenerse en buenas condiciones, pero, además, debe prestarse atención a la muela y sus bridas de montaje. Es importante que las tuercas de las bridas no estén demasiado apretadas, ya que puede causar daño a la muela y se puede romper cuando está girando. También es esencial comprobar el giro correcto de la muela. Existe un riesgo especial que puede surgir con rectificadoras de doble cabezal. Estas máquinas tienen un extremo del husillo con una rosca derecha y el otro con rosca izquierda, para que las tuercas de sujeción de la muela tiendan a apretarse en funcionamiento. Si, después del desmontaje de reconocimiento el eje se monta incorrectamente, puede resultar que las tuercas se aflojen en lugar de apretarse.

### **Organización del mantenimiento**

Es esencial utilizar algún sencillo pero eficaz procedimiento de organización para asegurar que se realiza una lubricación, inspección, limpieza y ajuste adecuados. La cantidad de detalles en las instrucciones de trabajo dadas al personal de mantenimiento variará con el entrenamiento del personal y la experiencia, así como por la complejidad de la máquina. Puede ser necesario proporcionar instrucciones escritas o dibujadas, cubriendo en detalle todas las tareas para cada máquina. A veces es útil que estas instrucciones las guarde la persona encargada de cumplirlas; entonces, sólo será necesario que su supervisor diga “realice la tarea 4 en la barrena número A67”. El supervisor necesitará un panel de programación o alguna forma de diario o un juego de tarjetas de programación semanal. Estas formas de recordatorio deben ser tan sencillas como sea posible.

En el caso de maquinaria que requiera lubricación periódica manual debe aplicarse el lubricante correcto en los puntos apropiados de lubricación y con la frecuencia necesaria. Un modo de simplificar la tarea es adoptar señales de lubricación tales como colores, símbolos o códigos que indiquen los lugares, clase y frecuencia de lubricación.

### **Mantenimiento correctivo con motivo de averías**

La implantación correcta de una política de mantenimiento preventivo bien equilibrada, reducirá en gran parte el número de fallas en la planta; sin embargo, aún será necesario proporcionar un servicio de mantenimiento para reparar las averías. Normalmente

no es satisfactorio que un operario de máquina informe de un defecto al personal de mantenimiento directamente. Tanto el personal de supervisión de la producción como de mantenimiento necesita saber qué ha ocurrido. Es importante averiguar la causa de una falla inesperada en una máquina, de modo que puedan darse los pasos para evitar que se repita. Durante el mantenimiento puede revelarse una falla en el diseño, esto apunta a la necesidad de disponer de sencillos registros de todas las averías para corroborarlo.

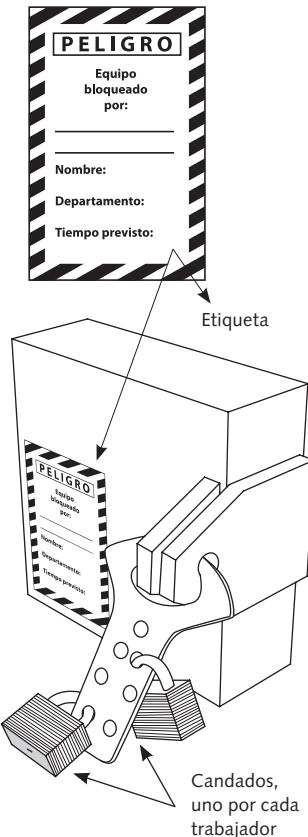
### **Prevención durante el mantenimiento (Etiqueta y candado)**

La Agencia de Salud y Seguridad Ocupacional de EE.UU., ampliamente conocida por su sigla “OSHA”, dictó en 1980 una de las normas que mayor impacto ha causado a las actividades de mantenimiento, al convertirse en factor determinante para la prevención de accidentes. Esta norma está enfocada al bloqueo de equipos que vayan a someterse a mantenimiento y es conocida universalmente por procedimiento de “Etiqueta y candado”, mediante el cual se neutralizan las energías peligrosas, representadas en:

1. Eléctrica.
2. Mecánica.
3. Hidráulica.
4. Neumática.
5. Química.
6. Térmica.
7. Nuclear.

La norma especifica las siguientes obligaciones de los empleadores, cuando éstos deben desarrollar actividades de revisión o mantenimiento:

1. Desarrollo, implementación y aplicación de un programa de control de energía.
2. Uso de equipo de candado que se puede cerrar. Equipos de etiqueta pueden utilizarse en vez de equipo de candado, únicamente si el programa de etiqueta brinda protección al empleado, equivalente al que brinda el programa de candado.
3. Cerciorarse que el equipo nuevo o revisado pueda quedar cerrado.
4. Desarrollo, implementación y aplicación de un programa de etiqueta eficaz si las máquinas o el equipo no pueden cerrarse.
5. Desarrollo, documentación, implementación y aplicación de procedimientos de control de energía.
6. Uso único de candado y etiqueta autorizados para un equipo o una maquinaria particular y cerciorarse de que son durables, normalizados e importantes.
7. Cerciorarse de que los equipos de candado y etiqueta identifican a los usuarios individuales.
8. Establecimiento de una política en la que se permita únicamente al empleado que aplicó el candado y etiqueta, el poder desmontarlo.
9. Inspeccionar como mínimo una vez al año los procedimientos de control de energía.

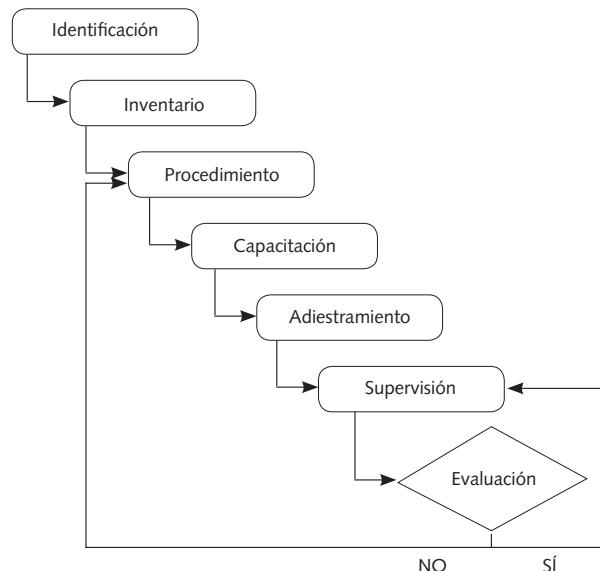


**GRÁFICO 18.1**  
Sistema de bloqueo y etiqueta.  
Cada trabajador retira su  
candado al terminar su labor  
y el último obrero, retira su  
candado junto con la etiqueta.

10. Proveer adiestramiento eficaz para todos los empleados cubiertos por la norma.
11. Cumplir con las disposiciones adicionales de control de energía en las normas de OSHA cuando se deba comprobar el funcionamiento o desplazar máquinas o equipo, así como cuando los contratistas trabajan en el sitio, en situaciones de candado de grupo y durante cambios de turno o de personal.
12. Como quiera que muchos equipos pueden acumular energía residual, se procederá a establecer un grado de energía “0”, mediante los siguientes procedimientos:
  - a. *Planificación del trabajo:*
    - Determinar el mantenimiento a realizar.
    - Disponer del fluograma de producción del área o equipo al que se le va a realizar el mantenimiento, así como los planos respectivos.
    - Determinar quiénes serán las personas involucradas en el mantenimiento: jefe de producción, jefe de mantenimiento mecánico, eléctrico, instrumentista, jefe de salud ocupacional, entre otros.
    - Realizar una reunión con las personas involucradas en el mantenimiento, a fin de establecer a quiénes se les debe informar sobre las energías peligrosas y los puntos donde se deben realizar bloqueos y/o purgas.
    - Sobre el fluograma, establecer los puntos de bloqueo y purgas.
    - Determinar el sitio de la cajilla donde irán las llaves de los candados, así como los seguros necesarios para los bloqueos.
    - Establecer el equipo de trabajo, responsabilidades y secuencia para los bloqueos y colocación de candados.
    - De acuerdo a las operaciones de mantenimiento que se vayan a realizar establecer incompatibilidades, a fin de planificar estas actividades para que no se realicen al mismo tiempo.
    - Establecer las fuentes de energía necesarias para los equipos que dentro del mantenimiento deban operar con estas energías, las cuales deberán ser independientes del sistema bloqueado.
  - b. *Ejecución del trabajo:*
    - Informar a las áreas involucradas con el suficiente tiempo de anticipación, a fin que se puedan hacer los ajustes por cortes en la energía, corte en suministro de combustibles, restricción de accesos, etc.
    - Verificar que las personas informadas han comprendido la instrucción y guardar los registros del caso.
    - Proceder a realizar los cortes de energías peligrosas, las purgas y colocar las tarjetas de bloqueo, los candados con sus respectivos dispositivos de bloqueo de acuerdo al caso.
  - c. *Probando equipo durante el cierre con candado y etiqueta:* en muchas operaciones de mantenimiento y reparación, tal vez sea necesario que la maquinaria sea probada. Por lo tanto, se le debe dar energía al equipo o maquinaria, antes

de proveer mantenimiento adicional. Para ello se deben seguir los siguientes procedimientos:

- Aleje y lleve a todo el personal a un lugar seguro.
  - Remueva toda herramienta y materiales del equipo.
  - Remueva aparatos de cierre con candado y etiqueta y sistemas que restauran la energía, siguiendo los procedimientos establecidos para la seguridad de todos.
  - Proceda con pruebas o exámenes del equipo.
  - De nuevo, neutralice todas las fuentes de energía, disipe todos los sistemas y cierre con candado los sistemas antes de continuar el trabajo.
- d. *Restaurando equipo para servicio:* después que el trabajo se ha terminado y el equipo esté listo para ser regresado a su operación normal, deberá seguirse este procedimiento:
- Remueva todos los artículos que no sean indispensables.
  - Vea que todos los componentes del equipo estén intactos, incluyendo resguardos o dispositivos de seguridad antes de remover el cierre con candado/bloque.
  - Repare o reponga resguardos o cubiertas defectuosas antes de remover el cierre con candado/bloque.
  - Quite cada aparato de cierre con candado/bloque usando la forma correcta de removerlo.
  - Haga un chequeo visual antes de restaurar la energía para asegurar que todos los trabajadores estén físicamente alejados del equipo.



**GRÁFICO 18.2**  
Estado de energía "0".

- e. *Regresando el equipo a su servicio:*
- Cuando el trabajo esté completo y el equipo esté listo para probarse o para su servicio normal, revise el área del equipo para ver que nadie esté expuesto.
  - Cuando el equipo esté listo, remueva todos los candados. Los aparatos de energía aislados pueden ser operados para restaurar la energía al equipo.
  - El procedimiento para obtener el grado de energía “0”, puede resumirse en el gráfico 18.2.

Las paradas de planta para mantenimiento general, implican la afluencia de varios contratistas que adelantan servicios simultáneos generando tareas concurrentes en las que se originan nuevos riesgos; al control de los riesgos particulares de cada contratista deben sumarse los controles acordados en las actas de las reuniones de planificación de los trabajos entre la autoridad de área o contratante con el conjunto de contratistas.

### **Normatividad**

- EN 1050: Descripción de riesgos y procedimientos de control en máquinas.
- EN ISO 12100-1.: Terminología. Principios y especificaciones técnicas.
- OSHA 29 CFR 1910.212: Requisitos generales de seguridad en máquinas.
- OSHA 29 CFR 1910.147: Control de energías peligrosas. Bloqueo y etiquetado.
- ANSI/NFPA 79: Norma eléctrica para maquinaria industrial.
- ANSI Z5355: Etiquetas y prevención.

## **Accidentalidad e investigación de accidentes**

La accidentalidad es uno de los aspectos de mayor importancia, ya que es un indicador de la gestión en la prevención de riesgos. De una adecuada investigación de accidentes, el encargado de seguridad e higiene puede determinar las causas básicas o las causas raíz del accidente y sobre ellas dirigir las medidas de control, a efecto de evitar la repetición de un accidente similar.

En este capítulo, el lector dispondrá de los elementos necesarios para establecer parámetros que contribuyan a seguir una metodología para realizar una investigación de accidentes; la *espina de pescado* y el árbol causal de fallos son algunas de las metodologías de investigación de accidentes utilizadas.

## **Accidentes de trabajo**

Se debe tener claridad sobre la definición de incidente y de accidente de trabajo:

“Incidente es un evento indeseado relacionado con el trabajo, en el cual pudo haber ocurrido una lesión, enfermedad o presentarse una víctima mortal”.

“El accidente es todo evento indeseado que da lugar a muerte, enfermedad, lesión, daño u otra pérdida”.

Es necesario advertir que la interpretación de incidente por parte de algunos sectores, se entiende como sucesos que sin ocasionar lesión o pérdidas, tienen potencial lesivo. Esto es que, cambiada alguna de las circunstancias en que ocurrió, hubieran ocasionado un accidente; no obstante, frecuentemente se denomina incidente toda alteración de un proceso de trabajo, ocasione o no consecuencias lesivas o pérdidas económicas. Este último concepto lo acoge la norma OHSAS 18001 en sus definiciones.

Dentro de un concepto más amplio, que incluye el aspecto legal, el accidente de trabajo se podría definir así: es accidente de trabajo todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, aun fuera del lugar y horas de trabajo.

Un accidente acontecido indica la existencia real de un riesgo no detectado oportunamente, o detectado pero no corregido en forma adecuada; es en últimas, el resultado de un programa de seguridad deficiente o mal desarrollado: cada accidente es un fracaso en la gestión de seguridad y afecta directamente a todo el sistema productivo, pues además de los gastos médicos y pago de salarios durante el período de incapacidad, la empresa o el empleador debe asumir una gran cantidad de costos indirectos representados en:

1. Tiempo perdido por el obrero accidentado.
2. Tiempo perdido por otros trabajadores que presencian el accidente o ayudan al accidentado.
3. Tiempo perdido por superiores en:
  - a. Asistir al accidentado.
  - b. Investigar causas.
  - c. Organizar la ejecución del trabajo por parte de otro obrero.
  - d. Selección y adiestramiento del nuevo trabajador.
  - e. Elaboración del informe del accidente.
  - f. Atención de visitas o citaciones de las autoridades a causa del accidente.
4. Tiempo y medicamentos utilizados para prestar primeros auxilios.
5. Daños ocasionados a los locales, maquinaria, herramientas, materia prima y en proceso.
6. Costo incidental debido a:
  - a. Interrupciones en el sistema de producción.

- b. Incumplimiento o atraso en las entregas.
- c. Eventuales pérdidas de contratos.
- 7. Costos por descenso de la productividad o por máquinas o frentes de trabajo paralizados.
- 8. Costo de los accidentes que ocurren a consecuencia del nerviosismo generado por el accidente inicial.
- 9. Descenso de la producción por la desmoralización y temor que en los demás trabajadores produce un accidente.
- 10. Costos debidos a los gastos generales unitarios por trabajador, tales como administración, combustibles, energía, etc., que continúan, mientras el trabajador accidentado no produce.

## **Investigación de accidentes**

Para tener un concepto sobre la investigación de incidentes y accidentes, es conveniente analizar la pirámide de Frank E. Bird, donde se muestra que antes de presentarse un accidente grave, se presentan incidentes y casi accidentes en una cantidad considerable, los cuales deben ser una advertencia, indicando que, si la situación de inseguridad persiste tarde o temprano se producirán accidentes con lesiones incapacitantes, por lo tanto, es válido aceptar que si se investigan, no sólo los accidentes de trabajo sino también los incidentes, se estarán evitando accidentes mayores hacia el futuro.

La investigación de accidentes es un proceso interdisciplinario que exige la competencia de todos sus integrantes.



**GRÁFICO 19.1**  
Pirámide consecuencias  
de los accidentes.

## **Propósito**

El propósito de una investigación de accidentes es encontrar las causas que ocasionaron el desencadenamiento del accidente, a fin de proponer medidas de control que eviten que un accidente similar vuelva a presentarse.

El objeto de la investigación no es encontrar culpables sino descubrir las causas básicas de los incidentes y accidentes para evitar su recurrencia.

## **Reporte**

Dependiendo de la legislación de cada país existen parámetros y formatos para reportar los accidentes de trabajo. Es necesario conocer, a través de la entidad competente autorizada, el procedimiento que la empresa debe seguir a fin de realizar el reporte del accidente dentro de los plazos establecidos y conociendo los contenidos y las exigencias de la investigación.

## **Definiciones**

Es posible que en cada país se determinen definiciones muy precisas para tener en cuenta en la investigación de accidentes e incluso que la interpretación de unas y otras sea

diferente en cada nación. A continuación se presentan, de forma general, una serie de definiciones al respecto:

*Incidente de trabajo:* sucesos que sin ocasionar lesión o pérdidas, tienen potencial lesivo; esto es, que cambiada alguna de las circunstancias en que ocurrió hubieran ocasionado un accidente.

*Investigación de incidente o accidente:* sistema que busca, mediante la recolección de datos relacionados con el accidente en forma directa e indirecta, determinar las causas que de una manera secuencial favorecieron la ocurrencia del incidente o accidente, a fin de establecer controles encaminados a evitar la repetición de los mismos.

*Causas inmediatas:* son las causas “visibles” de los incidentes y accidentes y están relacionadas con los actos o comportamientos inseguros o subestándar y con las condiciones inseguras o subestándar. Tanto los actos inseguros como las condiciones inseguras pueden presentarse o repetirse antes que se presenten los incidentes o accidentes como tal; de ahí la importancia de reportar y atender estas causas con la seriedad suficiente, ya que son advertencias que generalmente suceden antes de los incidentes y accidentes. Algunos ejemplos de condiciones inseguras o peligrosas pueden ser niveles de iluminación insuficiente en un área, obstáculos en los pasos peatonales, falta de señalización, equipos, máquinas y herramientas en mal estado, entre otras. Dentro de los actos inseguros se podrían nombrar como ejemplos: no seguir un procedimiento establecido, no utilizar los elementos de protección personal, operar equipos sin autorización, etc.

*Causas básicas:* se refiere a las causas origen de los incidentes o accidentes y por lo tanto, una vez detectadas, requieren controles administrativos. Son las causas básicas las que explican las causas inmediatas, evidenciando el por qué se cometen actos inseguros y condiciones peligrosas. Dentro de las causas básicas se determinan los factores humanos y los factores de trabajo. Los factores humanos hacen referencia a las características o condiciones de los trabajadores frente a su trabajo y dentro de estos se pueden mencionar la edad, nivel de escolaridad, nivel de capacitación y entrenamiento frente al trabajo, problemas de adicción, enfermedades, etc. Los factores de trabajo llevan a la forma como la empresa ha concebido todo el tema de seguridad en los diferentes procesos y pueden ser ejemplos de estos factores la falta de procedimientos y normas de seguridad, programas de inducción y capacitación deficientes o inexistentes, sistemas de ingeniería inapropiados, entre otros.

*Accidente grave:* este puede ser definido de acuerdo con la legislación de cada país y una forma de concebirlo de manera general es como lo define la resolución colombiana 1401 de 2007: aquel que trae consecuencia de amputación de cualquier segmento corporal; fractura de huesos largos (fémur, tibia, peroné, humero, radio y cúbito); trauma craneoencefálico; quemaduras de segundo y tercer grado; lesiones severas de mano, tales como, aplastamiento o quemaduras; lesiones severas de columna vertebral con compromiso de médula espinal; lesiones oculares que comprometan la agudeza o el campo visual o lesiones que comprometan la capacidad auditiva.

## **Selección de los accidentes a investigar**

Dentro de lo deseable deberían ser investigados todos los incidentes y accidentes de trabajo, pero teniendo en cuenta la dificultad que existe de investigar la totalidad de los accidentes que se producen en el entorno laboral por falta de recursos necesarios, conviene definir qué clase de accidentes deben ser investigados. En términos generales se aconseja investigar los siguientes:

1. Todos los accidentes mortales.
2. Todos los accidentes graves.
3. Accidentes leves en los que se dé alguna de las características siguientes:
  - a. Notable frecuencia repetitiva.
  - b. Riesgo potencial de originar lesiones graves.
  - c. Que presentan causas que no se conocen bien.

## **Equipo investigador**

Es necesario conformar un grupo interdisciplinario y competente de acuerdo con el accidente a investigar, integrado como mínimo por el jefe de producción, el jefe inmediato o supervisor del trabajador accidentado o del área donde ocurrió el incidente, un representante del Comité de seguridad o su equivalente en la empresa y el encargado del desarrollo del programa de salud ocupacional.

Cuando el personal interno de la empresa no tiene las competencias necesarias para la realización de la investigación, será necesario conformar el grupo con la intervención de participantes externos con la competencia y experiencia necesaria para comandar la investigación.

Una persona dentro del grupo debe ser quien dirija la investigación. Adicionalmente, de acuerdo con la legislación de cada país, es necesaria la participación de una persona con licencia para realizar investigación de accidentes y de un representante de los trabajadores.

## **Metodología para la investigación de accidentes de trabajo**

Existen diversas metodologías para realizar la investigación de accidentes, y sin que se deba entrar a evaluarlas, se puede decir en forma general que todas son aplicables, pero que sus características particulares harán que una u otra metodología sea más viable para una u otra empresa. Lo importante es que la metodología utilizada sea conocida a fondo por todo el equipo investigador.

La investigación debe concentrarse en el accidente, no en los efectos, y debe ser profunda, detallada, sin prisa pero sin pausa, ya que las personas olvidan y la actividad de la empresa continúa manteniendo la situación de riesgo que lo originó.

En la investigación se debe evitar buscar responsables, lo que se busca son las causas. Sólo se deben aceptar hechos probados o hechos que después de un análisis puedan llegar a probarse; asimismo, se debe realizar la investigación lo más inmediatamente posible al

momento de sucedido el hecho recoger evidencia, tomar las versiones del accidentado y testigos y reconstruir el accidente *in situ* para tener mayor claridad de lo ocurrido.

Se debe hacer la toma de datos teniendo en cuenta el lugar, la hora, experiencia del trabajador, formación, materia prima, máquinas, equipos, herramientas, elementos de protección personal, verificar existencia de procedimientos y si estos han sido o no divulgados a los trabajadores, etc.

### Árbol causal de fallos

El árbol de causas o diagrama de factores del accidente, persigue evidencias que muestren las relaciones entre los hechos que han contribuido al accidente.

El árbol se acostumbra a construir de arriba hacia abajo, partiendo del suceso último: el daño o la lesión.

A partir del último suceso se delimitan sus antecedentes inmediatos y se prosigue con la conformación del árbol remontando sistemáticamente, de hecho en hecho, respondiendo a la siguiente pregunta: ¿qué tuvo que ocurrir para que este hecho se produjera?

Dentro de la presentación de incidentes se pueden presentar diversas situaciones así:

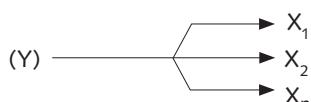
1. El incidente (X), se presenta por un único antecedente (Y) y no se hubiera presentado si dicho antecedente no hubiera ocurrido. (X) e (Y) se dice que constituyen una “cadena” y esta relación se representa gráficamente del siguiente modo:



2. El incidente X, se presenta como resultado de dos hechos (Z) e (Y), y no con la sola presencia de uno de dichos hechos. Estos hechos no están relacionados entre sí, es decir, cada uno se presenta en forma independiente. Se dice que hay una *conjunction* de (Z) e (Y) para ocasionar (X).



3. Un único hecho (Y) da lugar a varios incidentes ( $X_1$ ), ( $X_2$ ), ..., ( $X_n$ ). Se dice que los hechos (X) no se presentarían si el hecho (Y) no se presenta previamente. En este caso se produce una disyunción que gráficamente se representa así:



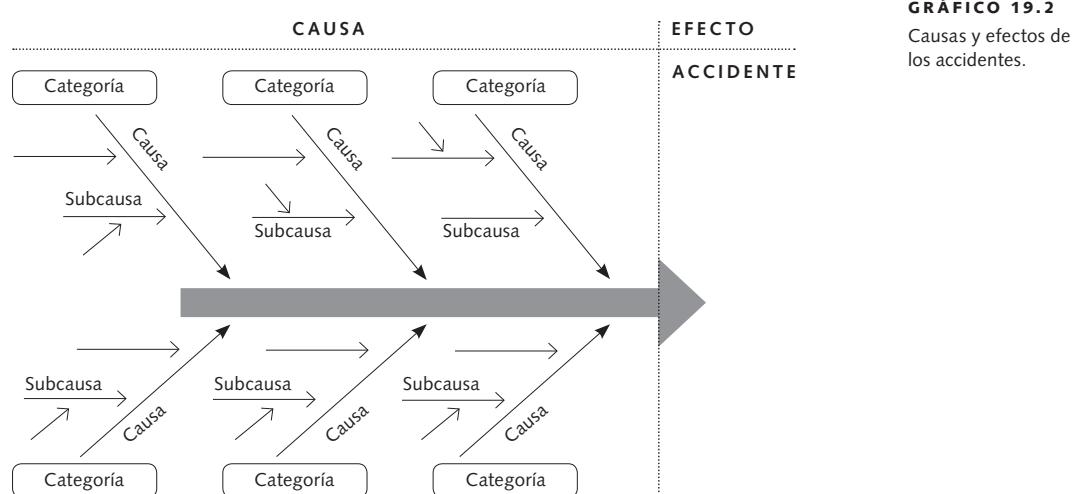
4. Se produce un incidente que no está relacionado con un hecho determinado. Se dice que los hechos (X) e (Y) son independientes:

(Y) (X)

Al final de este capítulo se muestra un ejemplo práctico del árbol causas de fallos.

## Espina de pescado

La espina de pescado es un método gráfico o diagrama de causa–efecto, desarrollado por el ingeniero japonés Kaoru Ishikawa con el fin de resolver problemas y encontrar las soluciones en el ámbito de la industria y los servicios. Dado que es un método de análisis de problemas, éste ha sido llevado a diferentes escenarios y se constituye en una herramienta dentro de la investigación de accidentes. El diagrama original ha sido adaptado a la investigación de accidentes y se puede apreciar en el gráfico 19.2.



Antes de iniciar el diagrama se debe recolectar toda la información asociada al accidente, como son las versiones de los hechos, las evidencias, etc.

En “Accidente” se escribe el suceso que se haya presentado, por ejemplo: caída del trabajador por las escaleras del área administrativa.

En “Categoría” se escriben los aspectos que se van a analizar dentro de la investigación del accidente como pueden ser: *trabajador, máquina, herramientas, condiciones ambientales, materia prima*, etc. Es importante que estas categorías sean establecidas por el grupo investigador. Para el ejemplo del accidente por caída del trabajador en las escaleras las categorías podrían ser: *trabajador, entorno, escalera*.

En "causa", se escriben para cada categoría las que se hayan encontrado mediante una lluvia de ideas del grupo investigador basados en las versiones del accidente y en las evi-

dencias que se hayan establecido como son: *inspección al sitio de los hechos, fotos, videos, etc.* Por ejemplo, las causas para la categoría “Trabajador” pueden ser: *el trabajador se desplazaba sin apoyarse del pasamanos y corría*. Para la categoría “Entorno”, la causa podría ser *la iluminación era deficiente por daño en las luminarias*. Para la categoría “Escalera”, las causas podría ser: *superficie del paso de la escalera resbaloso*.

Posteriormente, se analiza la “Subcausa” que puede ser una cadena de subcausas hasta llegar al origen de causalidad en cada una de las categorías. Por ejemplo, las subcausas siguientes a las dadas en el párrafo anterior podrían ser: para *el trabajador se desplazaba sin apoyarse en el pasamanos* y para *corría* podría ser *falta de conocimiento del procedimiento para desplazamiento dentro de las áreas de oficina*. Para *iluminación deficiente por daño en las luminarias*, podría ser *mantenimiento deficiente*. Para *superficie del paso de la escalera resbaloso*, podría ser *cintas antideslizantes deterioradas por falta de mantenimiento*.

Partiendo de las subcausas escritas en el párrafo anterior, se continúa hasta llegar a una causa administrativa en cada una de las categorías.

Una vez se ha llegado a la causa raíz en cada una de las categorías se procede a establecer medidas de control que se deben cubrir, desde la planificación administrativa, con todos sus pasos, hasta llegar a realizar las correcciones para el caso del ejemplo en el “Trabajador”, “Entorno” y “Escalera”.

### **Procedimiento para una investigación de accidente**

El procedimiento de investigación consta de una serie de pasos que en general deben seguirse en su orden:

1. Obtener una visión general del accidente.
  2. Versiones individuales.
  3. Recopilar y conservar evidencias.
  4. Establecer cómo ocurrieron los hechos.
  5. Identificar causas inmediatas.
  6. Identificar causas básicas.
  7. Análisis de los hechos.
  8. Proponer recomendaciones.
  9. Elaborar informe.
  10. Establecer sistema de seguimiento.
- 
1. *Obtener una visión general del accidente:* con base en la primera información que se tenga del accidente, se debe obtener una idea general de los hechos que dieron lugar a su ocurrencia.
  2. *Versiones individuales:* las personas a entrevistar generalmente son: la persona accidentada, testigos oculares, trabajadores del mismo turno, jefes, supervisores, técnicos e incluso proveedores. Su propósito es indagar sobre el accidente y sus posibles causas, así como identificar otras personas a entrevistar. Las entrevistas

deben hacerse inmediatamente después del accidente en forma individual y privada para evitar que el entrevistado sea influenciado o intimidado por la presencia de otras personas. Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a. De ser posible es conveniente realizarla *in situ*, lo cual permite al entrevistado señalar objetos y le facilita la recordación de los hechos.
  - b. Debe utilizarse un lenguaje respetuoso y hacer sentir cómodo al entrevistado para obtener su máxima colaboración.
  - c. Dejar claro el objetivo de la misma: evitar que nuevos accidentes ocurran.
  - d. Las preguntas serán sencillas y directas: ¿qué pasó?, o ¿qué sabe acerca de las posibles causas del accidente?
  - e. No hacer preguntas que sugieran la respuesta y tampoco interrumpir; esperar y solicitar aclaración una vez termine.
  - f. Evitar preguntas que lleven a contestar “si” o “no”.
  - g. Tomar apuntes en forma rigurosa durante la entrevista.
  - h. Si es necesario, hacer que el entrevistado repita la respuesta para asegurar la exactitud.
  - i. Al final de la entrevista, revisar los puntos claves y confirmar su exactitud.
3. *Recopilar y conservar evidencias:* el equipo investigador debe:
    - a. Examinar los objetos presentes, identificarlos y revisarlos.
    - b. Hacer una lista de las personas que presenciaron el accidente, quienes deberán ser entrevistados.
    - c. Es el momento para hacer mediciones y registrar las causas inmediatas.
    - d. Recoger las pruebas de evidencia, tales como elementos o equipos deteriorados, rotos, materiales quemados, rasgados, señales y signos de impacto, fricción, rozamiento, etc.
    - e. Tomar fotografías o filmar los detalles significativos.
    - f. Realizar diagramas.
    - g. Evaluar el ambiente de trabajo: temperatura, ruido, iluminación, exposición a sustancias peligrosas.
    - h. Revisar los procedimientos de trabajo, turnos, especificaciones de los equipos, programas de mantenimiento.
  4. *Establecer cómo ocurrieron los hechos:* con base en la visión general del accidente, las posteriores entrevistas y la visita al lugar de los hechos, el investigador deberá establecer, de una manera clara, concisa y ordenada, cómo ocurrieron los hechos.
  5. *Identificar causas inmediatas:* se debe determinar cuáles fueron las causas inmediatas, recordando que corresponden a los actos inseguros y condiciones peligrosas. Las condiciones peligrosas son todos aquellos aspectos del medio que han podido favorecer el accidente como por ejemplo: la falta de resguardos, ilumi-

nación inadecuada, superficie del piso resbalosa, atmósfera contaminada, entre otros. Los actos inseguros son acciones realizadas en forma inadecuada por el trabajador como por ejemplo: no seguir el procedimiento establecido, operar un equipo sin autorización, realizar bromas en las actividades laborales, entre otros.

**TABLA 19.1**

Causas inmediatas del accidente.

CAUSAS INMEDIATAS	
ACTOS INSEGUROS	CONDICIONES PELIGROSAS
No seguir el procedimiento establecido para el trabajo. Pararse sobre silla con rodachines para cambiar un bombillo. Lubricar mecanismos en movimiento. No colocar los resguardos a la máquina una vez finalizado el mantenimiento. Bloquear los sistemas de seguridad de la máquina para facilitar su operación. Cerrar un circuito eléctrico sin autorización.	Superficie del piso húmeda y resbalosa. Fuga de gas. Área de trabajo poco iluminada. Máquina sin resguardos de seguridad. Se abrieron los circuitos eléctricos pero no fueron asegurados para evitar que fueran operados. Nivel de ruido muy alto, evitando la adecuada comunicación. Láminas a alta temperatura. Herramienta en mal estado.

6. *Identificar causas básicas:* es importante determinar cuáles fueron las causas básicas, recordando que corresponden a los factores de trabajo y los factores humanos. De los factores humanos son ejemplos, la falta de conocimiento, enfermedades, habilidades personales, etc. En los factores de trabajo se pueden nombrar: no implementar los programas de inducción, reinducción, capacitación, no disponer de las normas y los procedimientos seguros para realizar las actividades, presiones de tiempos, presión de productividad, etc.

**TABLA 19.2**

Causas básicas de los accidentes.

CAUSAS BÁSICAS	
FACTORES HUMANOS	FACTORES DE TRABAJO
El trabajador sufre de vértigo al estar en altura. Falta de conocimiento para la labor realizada. Trabajador con problemas de adicción a drogas.	Falta de supervisión en los procesos de mantenimiento. Falta de normas y procedimientos para operar el equipo. Presiones para cumplir con un nivel de producción en un tiempo muy corto.

7. *Análisis de los hechos:* el análisis se refiere a la descomposición de un todo en sus distintos elementos constituyentes con el fin de estudiar estos de manera separada, para luego, en un proceso de síntesis, llegar a un cabal conocimiento integral. Se aplica este método de forma sistemática para encontrar todos los factores que contribuyeron al accidente o casi accidente: causas inmediatas y causas básicas. Identificados los factores, se clasifican; posteriormente, se revisa cada factor individualmente para determinar su importancia en el proceso. Cuando todos los factores que pudieron haber contribuido al accidente han sido identificados, la secuencia de eventos puede ser reconstruida. En cada paso, la causa sospechosa puede contrastarse con los hechos.
8. *Determinar recomendaciones:* probablemente esta es la parte más importante del informe, ya que las recomendaciones adecuadamente establecidas e implementa-

das, son las que van a evitar que el incidente o el accidente vuelva a repetirse. Por supuesto que para llegar a determinar buenas recomendaciones, todo el análisis de la investigación debe ser óptimo. Es fundamental que las recomendaciones sean:

- a. Efectivas: controlen las causas básicas.
  - b. Razonables: puedan implantarse dentro de un tiempo prudente y con base en la relación costo/beneficio.
  - c. Proyectadas: a corto, mediano y largo plazo, con la intención de adecuarse a un programa de mejoramiento continuo.
9. *Elaboración del informe:* los contenidos básicos del informe de investigación de accidentes son:
- a. Título.
  - b. Objetivos.
  - c. Datos de la empresa y del equipo investigador.
  - d. Datos del accidente.
  - e. Datos de la persona accidentada.
  - f. Información analizada en la investigación.
  - g. Descripción del accidente.
  - h. Descripción de causas y efectos.
  - i. Recomendaciones.
  - j. Anexos:
    - Licencias del grupo investigador, si aplica.
    - Evidencias.
    - Versiones sobre el accidente.
    - Registros médicos, si aplica.
    - Otros registros (inspección, mantenimiento, etc.)
10. *Establecer sistema de seguimiento:* las recomendaciones incluidas en el informe de accidente serán sometidas a consideración de las directivas de la empresa, para asegurar los recursos requeridos para su implantación. Una vez implementadas serán objeto de seguimiento para comprobar su efectividad y realizar los correctivos del caso, dentro de un cronograma con responsables y presupuesto para su ejecución.

### **Estadísticas de los accidentes**

El disponer de estadísticas de los accidentes no tiene sentido si no se utilizan estos datos para establecer tendencias y obtener información significativa que contribuya a la reducción de la accidentalidad.

Los informes de investigación pueden clasificarse de acuerdo a los factores de riesgo, con el fin de detectar patrones o tendencias en cierto tipo de accidentes. Su utilidad depende de lo acertada que sea la clasificación. Este procedimiento de evaluación se cons-

tituye en una investigación continuada sobre documentos que permite un mejor aprovechamiento de los reportes y un análisis de grupos de accidentes o casi accidentes que por supuesto, ofrecen mayores luces en la determinación de sus causas más profundas.

Los índices de accidentalidad más utilizados son los índices de frecuencia (I.F), severidad (I.S) y lesión incapacitante (I.L.I) bajo las siguientes fórmulas:

$$I.F = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{T.H.H.T.}} * K$$

$$I.S = \frac{\text{Número de días con incapacidad}}{\text{T.H.H.T.}} * K$$

$$I.L.I = \frac{I.F \times I.S}{1000}$$

"K": corresponde a una constante que varía de acuerdo a la metodología , algunos utilizan 1.000.000, otros 240.000 ó 200.000. Esta constante se determina por el total de horas trabajadas (THHT) en una empresa en un año. El valor de K= 240.000 es para empresas de 100 trabajadores que laboran 48 horas semanales durante un año.

*Índice de Frecuencia (I.F):* es un indicativo de la cantidad de accidentes registrados dentro del período evaluado. Proyecta el número de accidentes a K horas de trabajo.

*Índice de Severidad (I.S):* indica los efectos que tuvieron los accidentes registrados; es decir, su gravedad o severidad. Se debe aclarar que dentro de estos efectos se tiene en cuenta el número de días de incapacidad, así como los días cargados legalmente, por pérdidas funcionales, amputaciones, discapacidades en general y muerte. Este indicativo da una proyección del total de días perdidos que habría, si el total de horas hombre trabajadas fuera el valor de K.

*Índice de Lesión Incapacitante (I.L.I.):* es un indicativo que relaciona el índice de frecuencia con el índice de severidad, mediante el producto de los dos, proyectando de esta manera el efecto combinado del número de accidentes con su respectiva severidad, si se laborara un total de horas al año de 240.000. La división por 1000, se realiza para que el manejo de dicho índice se facilite al obtener números pequeños.

Las estadísticas de los accidentes pueden realizarse de diversas formas, de acuerdo a los intereses que se busquen en los análisis. En general, se listan algunas de las estadísticas de accidentalidad más utilizadas:

1. Cargo.
2. Área.
3. Experiencia en el cargo.
4. Antigüedad en la empresa.
5. Tiempo de trabajo durante la jornada laboral.

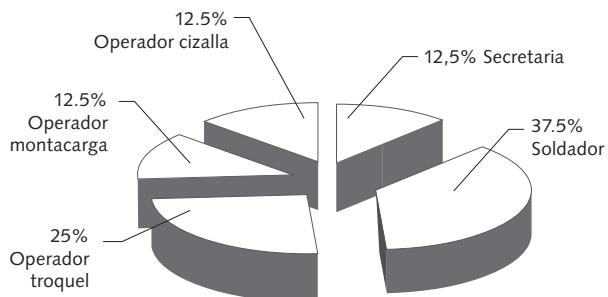
6. Condición peligrosa.
7. Actos inseguros.
8. Factores humanos.
9. Factores de trabajo.
10. Parte del cuerpo afectada.
11. Agente de la lesión.

Como ejemplo, en la tabla 19.3 se muestra la distribución de accidentalidad por “cargo” en una empresa.

Nº.	CARGO	CASOS	%
1	Secretaria	1	12.5
2	Soldador	3	37.5
3	Operador Troquel	2	25.0
4	Operador Cizalla	1	12.5
5	Operador Montacargas	1	12.5
Total general		8	100.0

**TABLA 19.3**

Accidentalidad por “cargo” en un período determinado.



**GRÁFICO 19.3**

Accidentalidad por “cargo” en un período determinado.

### Ejemplo práctico: Árbol causal de fallos

*Descripción del accidente:* el accidente se presentó en un salón de conferencias, cuando el accidentado estaba cambiando las luminarias del techo, para lo cual utilizaba una plataforma elevadiza. Dado que las luminarias que tenía que cambiar eran cuatro y estaban relativamente cerca una de otra, para no bajar y subir la plataforma cada vez que cambiaba una de las luminarias, entre los tres trabajadores que realizaban la actividad, resolvieron que uno de ellos subía a la plataforma con las luminarias, elevaban la plataforma hasta la altura requerida que era de aproximadamente seis metros, y una vez cambiada la luminaria sus dos compañeros empujaban la plataforma a la siguiente y así sucesivamente hasta completar el trabajo, luego sí bajarían la plataforma normalmente. Realizaron la operación de esta manera y cuando se desplazaban a la luminaria número cuatro (la úl-

tima que debían cambiar), la plataforma se golpeó con un videobeam utilizado para las presentaciones en el salón de conferencias que colgaba del techo mediante una estructura y que ninguno de los trabajadores vio. La plataforma se desestabilizó y cayó con el trabajador, que si bien no se salió de la plataforma, se golpeó sufriendo paraplejia. Se debe tener en cuenta que:

1. A los trabajadores no se les dio inducción, ni capacitación sobre la forma adecuada de utilizar la plataforma levadiza (tipo *sky jack*).
2. No disponen de procedimientos seguros para el trabajo con la plataforma levadiza tipo.
3. No se supervisó la actividad.

*Se parte del accidente:* caída de altura al voltearse la plataforma levadiza (tipo *sky jack*), en donde se encontraba el trabajador, ocasionándole paraplejia. A partir de este hecho se procede a determinar los antecedentes inmediatos, respondiendo a la pregunta:

¿Qué tuvo que ocurrir para que el operario sufriera paraplejia?

Respuesta: que el operario cayera con la plataforma levadiza.

¿Tuvo que ocurrir alguna otra cosa?

Respuesta: que la plataforma estuviera a una altura de 6 metros.

*Se forma una conjunción:*

La plataforma levadiza se cae con el trabajador.  
La plataforma estaba a seis metros de altura.

El trabajador sufre paraplejia.

¿Qué tuvo que ocurrir para que la plataforma cayera con el trabajador?

Respuesta: que los compañeros de trabajo movieran la plataforma, estando subido un trabajador.

¿Tuvo que ocurrir alguna otra cosa?

Respuesta: que se frenara la plataforma en su parte superior con el videobeam.

¿Ocurrió algo más?

Respuesta: la plataforma perdió estabilidad.

*Se forma una conjunción:*

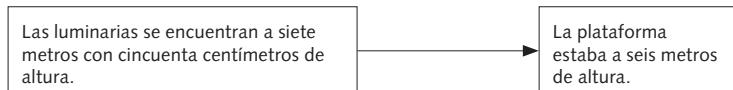
Los compañeros de trabajo mueven la plataforma con el trabajador subido.  
La plataforma se frena en su parte superior con el video beam.  
La plataforma pierde estabilidad.

La plataforma levadiza se cae con el trabajador.

¿Qué tuvo que suceder para que la plataforma estuviera a seis metros de altura?

Respuesta: que las luminarias se encontraran a siete metros y medio de altura.

*Se forma una cadena:*



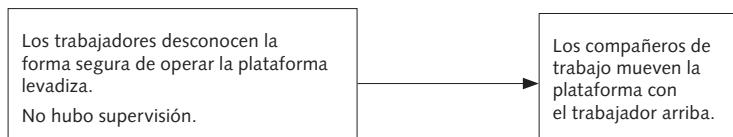
¿Qué tuvo que ocurrir para que los compañeros movieran la plataforma con el trabajador subido?

Respuesta: que los trabajadores desconocieran los procedimientos de seguridad para movilizarla.

¿Tuvo que ocurrir algo más?

Respuesta: que no hubiera supervisión durante la ejecución del trabajo.

*Se forma una conjunción:*



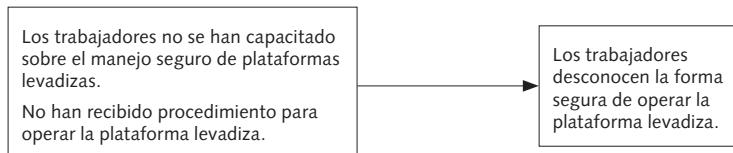
¿Por qué los trabajadores desconocen la forma segura de operar la plataforma levadiza?

Respuesta: no los han capacitado sobre el manejo seguro de plataformas levadizas.

¿Qué más tuvo que ocurrir?

Respuesta: que no hubieran recibido los procedimientos para operar la plataforma levadiza.

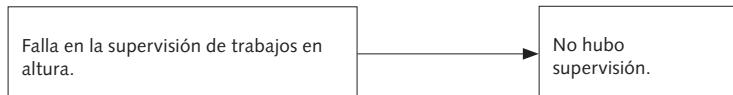
*Se forma una conjunción:*



¿Por qué no hubo supervisión?

Respuesta: porque se presentan fallas en cuanto a la supervisión de trabajos en altura.

*Se forma una cadena:*



¿Por qué no hay procedimientos para utilizar la plataforma?

Respuesta: fallas en el programa de seguridad, por falta de procedimientos.

*Se forma una cadena:*



¿Qué tuvo que pasar para que la plataforma levadiza se frene con el video beam?

Respuesta: que no se realizara inspección de seguridad previamente.

*Se forma una cadena:*



¿Qué tuvo que pasar para que no se realizara inspección de seguridad previamente a la labor?

Respuesta: fallas en el programa de seguridad industrial referente a deficiencias en el programa de inspecciones.

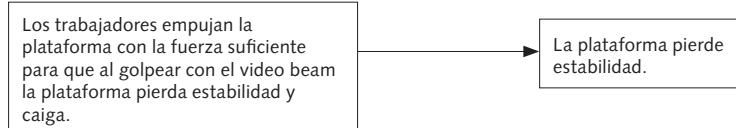
*Se forma una cadena:*



¿Qué tuvo que ocurrir para que la plataforma se desestabilizara?

Respuesta: que los trabajadores empujaran la plataforma con la fuerza suficiente para que al golpearse con el video beam, perdiera la estabilidad y cayera.

*Se forma una cadena:*

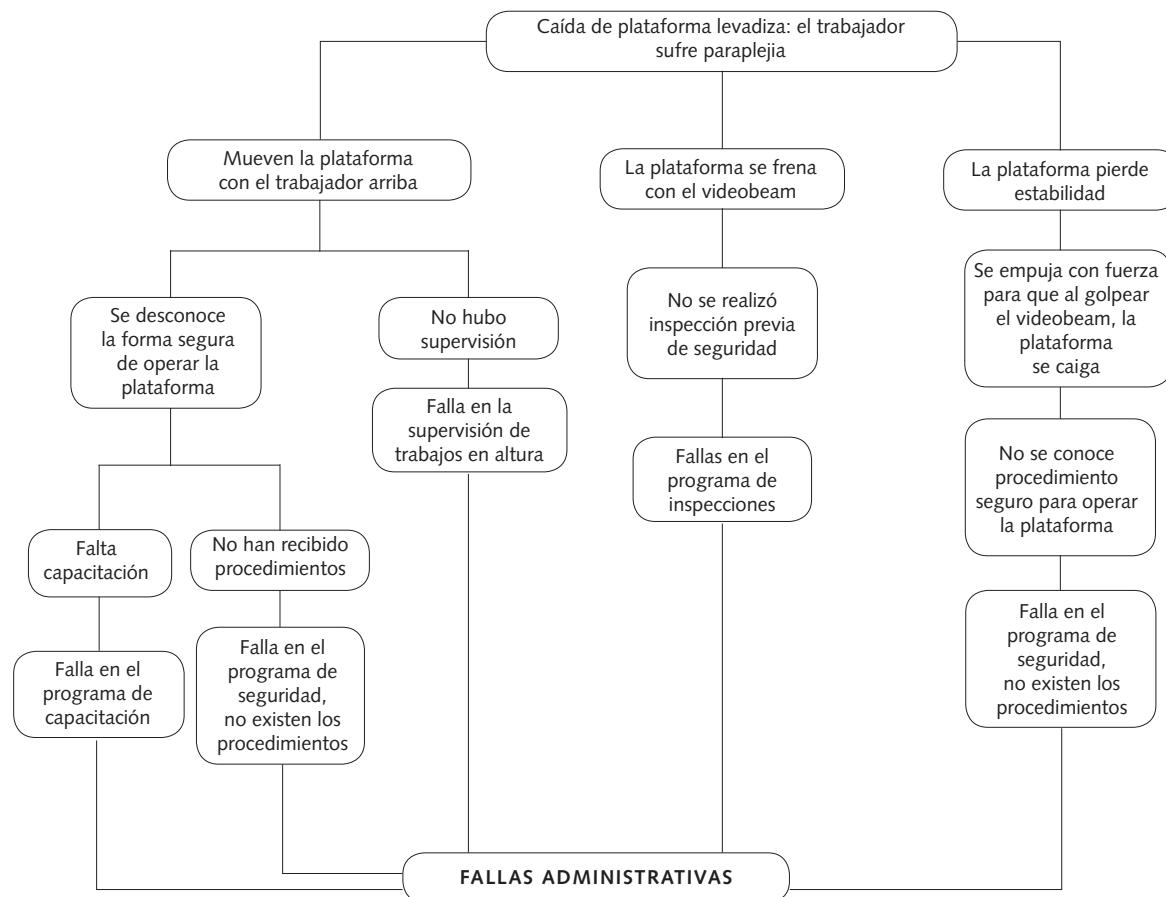


El procedimiento de análisis de causas de accidente por medio de esta metodología se continúa hasta que se llegue a la causa raíz del problema que debe ser administrativa. Para el caso del presente ejemplo, las causas son:

1. Deficiencia en el programa de capacitación y entrenamiento, específicamente para trabajo en altura con plataformas levadizas.
2. No se cuenta con procedimientos seguros para laborar con la plataforma levadiza.
3. No se realiza una supervisión de las actividades de alto riesgo como es el trabajo en alturas.
4. Fallas en el programa de inspecciones.

A continuación, el gráfico 19.4 presenta un cuadro general del árbol causal de fallos con el fin de tener una visión clara y general de lo sucedido.

**GRÁFICO 19.4**  
Árbol causal de fallos del ejemplo práctico.





## **Prevención, preparación y respuesta ante emergencias**

En cualquier momento se puede presentar una situación de emergencia, cuyas consecuencias podrían afectar gravemente a toda la empresa y poner en peligro la seguridad y salud de los trabajadores; esto hace necesario crear estrategias de respuesta, acordes con la vulnerabilidad y la magnitud de las amenazas externas e internas. Estas estrategias reciben el nombre de "plan de emergencias", y mediante ellas es posible determinar y cuantificar la vulnerabilidad de una organización frente a las posibles amenazas naturales, antrópicas y sociales, estableciendo acciones que mitiguen estas amenazas y permitan la continuidad del negocio, enmarcadas dentro de una secuencia de prevención, preparación y respuesta ante emergencias, teniendo en cuenta los recursos de ayuda mutua a efecto de potenciar los recursos individuales.

No obstante, ninguna medida puede compararse a acciones de prevención y preparación, como:

- Ubicación geográfica segura ante sismos, inundaciones, vendavales, remoción en masa, entre otras amenazas naturales; así como amenazas tecnológicas de la región: fugas y derrames químicos, explosiones, entre otros. Sociales por alteraciones del orden público, conflictos sociales y zonas de violencia.
- Uso de materiales de combustión lenta.
- Construcción sismo resistente
- Sistemas automáticos de control de emergencias
- Compartimentación de espacios
- Protección contra descargas atmosféricas

## **Las emergencias**

Dentro de las emergencias se destacan: incendio, explosión, descargas atmosféricas, inundaciones, fallas estructurales, atentados, sismos, fuga de gases, contaminación biológica, derrames químicos, huracanes, erupciones volcánicas y avalanchas, entre otras muchas.

El plan de emergencias es la respuesta lógica e inmediata ante la ocurrencia de este tipo de situación y se estructura bajo los conceptos de compromiso gerencial, identificación de amenazas, análisis de vulnerabilidad, estructura organizacional en emergencias con sus respectivas funciones y responsabilidades: brigada de emergencias, formación a todo nivel de la organización, disponibilidad de recursos internos y externos, procedimientos de actuación en emergencias, plan de evacuación, plan de continuidad de las operaciones, y mejora continua del nivel de preparación de respuesta a las emergencias.

Para que el plan de respuesta a emergencias se mantenga vigente, actualizado y conocido por todos, debe formar parte de los elementos que la gerencia debe gestionar. La empresa debe designar un funcionario del más alto nivel de la organización con la autoridad y responsabilidad suficientes para establecer los objetivos y metas globales, y aprobar el presupuesto, con relación a la gestión del plan de emergencia:

1. La empresa debe designar un funcionario con la responsabilidad de la coordinación de todas las actividades relacionadas con la gestión del plan de emergencias.
2. La implementación de las acciones es responsabilidad de la línea administrativa de la organización de acuerdo con las actividades que le correspondan.
3. La gerencia debe revisar el plan de emergencias con el fin de asegurar su adecuación y efectividad permanente y evaluar su implementación y concordancia con los objetivos y la política.
4. La gerencia debe tener un compromiso visible con el plan de emergencias mediante:
  - a. Visitas de inspección a los sitios de trabajo y alrededores.
  - b. Participación en los simulacros.
  - c. Vigilancia y control de los recursos.
  - d. Asistencia a reuniones y sesiones de formación.
  - e. Emisión de mensajes de apoyo
5. Se tomarán las medidas correctivas para manejar las desviaciones.

La empresa debe identificar, establecer y priorizar objetivos y metas para cada función a nivel individual, dentro de la organización, que tenga responsabilidades con relación a la preparación para emergencias e integrarlos a la planeación general de la organización.

## **Clasificación de las amenazas**

*Naturales:* son todas aquellas producidas en forma directa o indirecta por fenómenos naturales, entre otros: sismos, inundaciones, huracanes, maremotos, tormentas, incendios forestales, erupciones, tsunamis, etc.

*Antrópica-tecnológica:* están determinadas por condiciones inherentes a los procesos, equipos, materias primas e insumos, desarrollados y utilizados por las empresas, de acuerdo con su actividad económica. Entre otras tenemos: incendios, explosiones, derrames, intoxicaciones, vertimientos.

*Antrópica-social:* se generan en alteraciones sociales producidas por desordenes de tipo social, como: amenazas, atentados, robos, secuestros, asonadas, entre otros.

### **Las emergencias y la empresa**

La empresa debe tener un procedimiento para identificar, analizar y cumplir con los requisitos legales o de otra índole con relación a la atención de emergencias que aplican a su organización. Es fundamental que establezca una organización para la preparación y respuesta a emergencia con funciones y responsabilidades asignadas.

Una emergencia solo se puede controlar si se tienen los recursos necesarios y adecuados que incluyan equipos, recursos humanos, experiencia y capacitación. Por lo tanto, se debe conformar la brigada de emergencias estableciendo un perfil y un sistema de selección. La brigada deberá estar formada por un número suficiente de personas que permita conformar los grupos de control de la emergencia y alarma, primeros auxilios, evacuación y salvamento y vigilancia como grupos básicos. El rescate solo será viable en brigadas con alto grado de entrenamiento y en donde no existan organismos especializados.

Dependiendo de la complejidad de la empresa y de los riesgos existentes, la cantidad de brigadistas se aumentará, y de existir riesgos específicos que requieran una formación especializada, se dispondrá de un grupo para contingencias que sería el caso de una empresa que maneje, por ejemplo, cloro; este grupo de contingencias será un equipo especializado para controlar las emergencias en caso de fugas de cloro.

Conformada la brigada de emergencias, se procede a la formación y entrenamiento de la misma. Este proceso debe ser gradual, por niveles y proyectado en el tiempo en forma continua.

Adicional a la brigada se debe disponer de recurso humano con las herramientas administrativas y operativas necesarias para el control de las posibles emergencias, de modo que la capacitación y el entrenamiento debe extenderse a todos los trabajadores, ya que todos participan directa o indirectamente, y quienes no pertenecen a la brigada, deben tener total confianza en ésta para seguir sus indicaciones, independientemente de que haya variaciones respecto al plan vigente.

*Plan de evacuación:* de forma paralela, se desarrolla el plan de evacuación, que no es más que las acciones necesarias para detectar la presencia de un evento que amenace la integridad de los ocupantes, comunicarles la decisión de abandonar las instalaciones, llevarlos hasta un lugar que se considere seguro y por una vía que no presente riesgos. Para el plan de evacuación se requiere la realización de cálculos para determinar los tiempos de salida, con base en las dimensiones de puertas, pasillos, escaleras, rampas, número de trabajadores, distancias máximas de recorrido y velocidad de desplaza-

miento de las personas. Se determinan las rutas de evacuación principales y secundarias o alternas, así como un punto de reunión final.

Adicional al plan de evacuación se requiere tener:

1. Procedimientos Operativos Normalizados (PON), que son la base para la realización de tareas específicas y determinantes durante la emergencia. Están orientados por actividades operativas específicas en emergencia y define el objetivo particular de cada uno, quiénes participan y los responsables de su ejecución.
2. Un programa de capacitación para lograr que toda la estructura organizacional para atención de emergencias adquiera los conocimientos y habilidades necesarias para desempeñar sus funciones y responsabilidades.
3. Un programa de simulacros de práctica y aplicación de los PON, evaluación de los resultados y definición de las acciones correctivas para manejar las desviaciones.

Las empresas vecinas se deben reunir para ponerse de acuerdo alrededor de un plan de ayuda mutua para optimizar recursos y apoyarse en caso de presentarse una emergencia; “es mejor atender un conato de incendio en el predio vecino que esperarse a que legue a su empresa”.

### **Análisis de vulnerabilidad**

La vulnerabilidad es el grado de sensibilidad de un sistema ante una amenaza y consta de los siguientes pasos:

1. Identificación de las amenazas a las que está expuesta la empresa, mediante un análisis detallado de los procesos, materiales y entorno, determinando las situaciones que podrían generar una emergencia.
2. Análisis de ocurrencia o probabilidad, a través de estadísticas, estudios anteriores y antecedentes de emergencias.
3. Gravedad. Se califican las consecuencias adversas a las personas, a los bienes y al ambiente. En este punto deben considerarse aquellos factores de la empresa que afectan el riesgo, positiva o negativamente, atenuándolo o agravándolo.

Frente a cada emergencia posible, la probabilidad y las consecuencias se cuantifican mediante una matriz. Matemáticamente, la vulnerabilidad puede expresarse como el valor relativo de un riesgo sobre el valor máximo posible de ese riesgo dentro del sistema, por 100. De tal forma que la valoración de un riesgo será el producto de la probabilidad por las consecuencias para dicho riesgo. Con base en el resultado del producto anterior se determinan, de acuerdo a una matriz que califica por niveles los rangos de vulnerabilidad, tres alternativas:

1. No requiere plan.
2. Requiere un plan general.
3. Requiere un plan detallado.

El análisis de vulnerabilidad puede realizarse mediante diversas metodologías y en éstas se pueden evaluar los efectos hacia las personas, hacia la propiedad, el medio ambiente, la imagen de la empresa, etc. Las tablas de valoración y los rangos de valoración son propios de cada sistema de vulnerabilidad.

### **Identificación de amenazas**

Se realiza con el fin de establecer las amenazas, cuyo desencadenamiento pudiera llegar a generar emergencias. La Tabla 20.1 muestra algunos de ellos.

Nº.	AMENAZA	SÍ	NO
1	Incendio		
2	Explosión		
3	Contaminación Biológica		
4	Fuga de gases y vapores		
5	Derrames químicos		
6	Reacciones químicas		
7	Fallas estructurales		
8	Atentados		
9	Sismos		
10	Inundaciones		
11	Huracanes, vendavales		
12	Eruziones volcánicas		
13	Descargas atmosféricas		
14	Avalanchas		

**TABLA 20.1**

Identificación de amenazas.

### **Valoración de la vulnerabilidad**

Matemáticamente, la vulnerabilidad puede expresarse como el valor relativo de un riesgo, sobre el valor máximo posible de ese riesgo dentro del sistema por 100.

$$V\% = (Vr_x / Vr_{max}) \times 100$$

*La valoración del riesgo ( $Vr_x$ ):* es el producto de la probabilidad de que ocurra el siniestro por la gravedad de las consecuencias.

*La valoración del riesgo máximo:* es el producto de la máxima probabilidad (6) y la máxima consecuencia (4). Por lo tanto, este producto será siempre 24.

VALOR	DESCRIPCIÓN	CASOS AL AÑO
1	Imposible	$1 \times 10^{-4}$
2	Improbable	$1 \times 10^{-3}$
3	Remoto	$1 \times 10^{-2}$
4	Ocasional	$1 \times 10^{-1}$
5	Moderado	$1 \times 10^0$
6	Frecuente	$1 \times 10^1$

**TABLA 20.2**

Probabilidad.

**TABLA 20.3**

Gravedad.

VALOR	GRAVEDAD	DESCRIPCIÓN
1	Insignificante	Sin lesiones o lesiones sin incapacidad.
2	Marginal	Lesiones leves e incapacitantes.
3	Crítica	Lesiones graves.
4	Catastrófica	Muertes.

**TABLA 20.4**

Interpretación del porcentaje de vulnerabilidad.

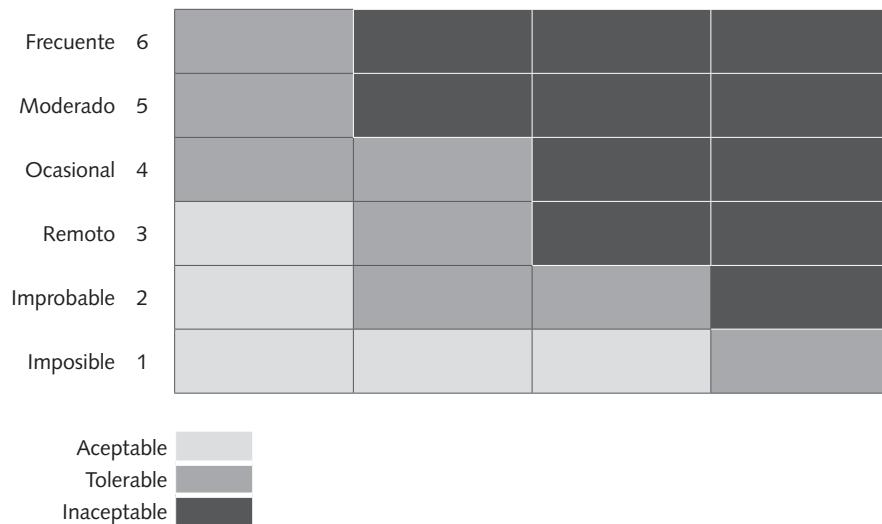
NIVEL	RANGO VULNERABILIDAD %	PLAN
Aceptable	Menor al 15	No plan (N)
Tolerable	Entre 15 y 30	General (G)
Inaceptable	Mayor al 30	Detallado (D)

### Matriz de riesgos

La matriz de riesgos es una forma fácil de visualizar la vulnerabilidad de un riesgo. Los escenarios se colocan mediante códigos dentro de la matriz. Cualquier escenario en el área gris clara indica que no se requiere plan para dicho riesgo; sobre el área gris oscura indica que se requiere un plan general y sobre el área negra, un plan detallado.

**TABLA 20.5**

Matriz de riesgo.



Nota: es aconsejable realizar una matriz por cada riesgo analizado.

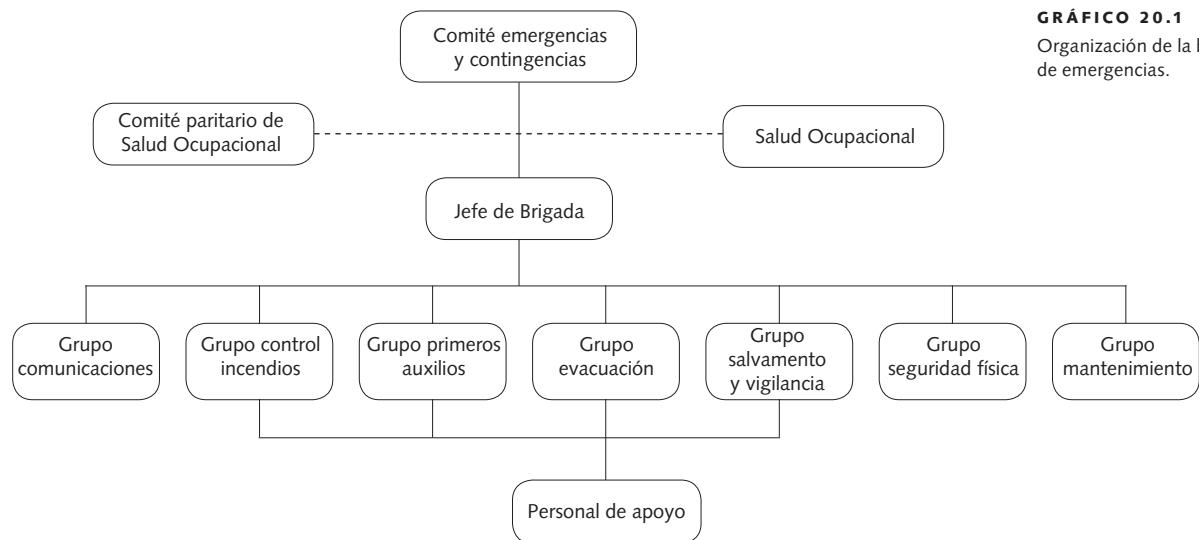
### Brigada de emergencias

La respuesta a las emergencias requiere de una organización que utilice los recursos disponibles en forma eficiente, con el fin de minimizar las lesiones, los daños o pérdidas y eliminar las confusiones o dudas de los empleados con respecto a quién tiene autoridad para la toma de decisiones.

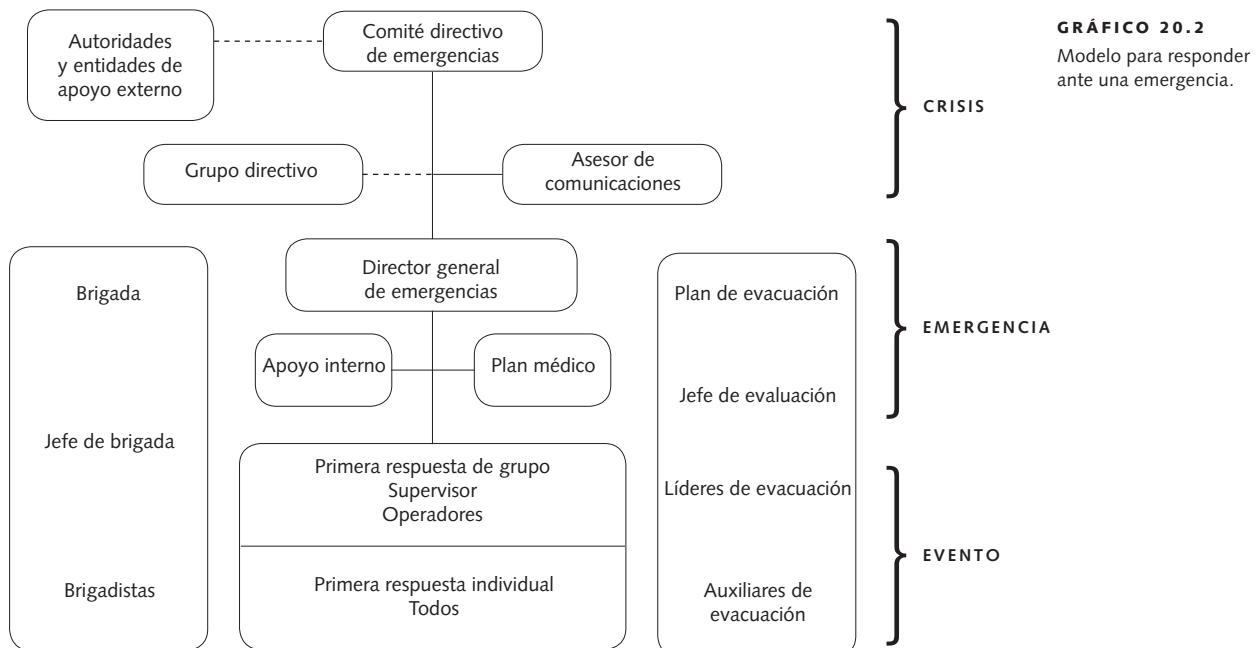
A manera de ejemplo se presenta el siguiente modelo:

**GRÁFICO 20.1**

Organización de la brigada de emergencias.



Otro modelo de organización para respuesta a emergencias es el que se muestra a continuación, en el cual se incluyen funciones y responsabilidades en la administración de la emergencia a funcionarios de niveles superiores de la compañía y operacionales en emergencias a cargos diferentes a la brigada.



El propósito de la organización para emergencias se fundamenta en tres aspectos hacia los cuales deben dirigirse las actuaciones de prevención y control de emergencias y contingencias:

1. Proteger la integridad de las personas:
  - a. Sistemas de detección.
  - b. Planes de evacuación.
  - c. Defender en el sitio.
  - d. Buscar refugio.
  - e. Rescate.
  - f. Atención médica.
2. Minimizar daños y pérdidas económicas:
  - a. Sistemas de detección y protección.
  - b. Salvamento.
3. Garantizar la continuidad de la operación:
  - a. Inspección y control post-siniestro.
  - b. Sistemas de seguridad provisionales.
  - c. Recuperación de instalaciones y equipos.

### **Código de seguridad humana**

El Código de seguridad humana propuesto por la *National Fire Protection Association (NFPA 101)* establece que se debe:

1. Proveer de salidas adecuadas, independientemente de cualquier otra protección.
2. Confirmar que la construcción garantice la seguridad estructural mientras se realiza la evacuación.
3. Proveer de salidas diseñadas de acuerdo con el tamaño, forma y naturaleza del tipo de ocupación.
4. Verificar que las salidas permanezcan despejadas y sin llave.
5. Velar porque las salidas y vías de evacuación estén claramente señalizadas de forma que no se presente confusión en alcanzar la salida.
6. Suministrar una adecuada iluminación.
7. Asegurar la detección temprana del fuego.
8. Proveer salidas adicionales alternas o redundantes.
9. Asegurar el adecuado encerramiento de las conducciones verticales.
10. Dar cabida a criterios de diseño que vayan más allá del alcance del Código y ajustados al uso normal y a las necesidades propias de cada tipo de ocupación.

## **Integración de la brigada**

Es recomendable seguir gradualmente los siguientes procedimientos:

1. Sensibilización previa del personal.
2. Inscripción de candidatos.
  - a. Requisitos:
    - Voluntario.
    - Poseer espíritu de cooperación.
    - Observar buena conducta general.
    - Aptitudes físicas y mentales.
  - b. *Capacitación de los miembros de la brigada:* se establece un cronograma de actividades de capacitación de acuerdo con las posibles emergencias específicas que se puedan presentar en la empresa según el análisis de vulnerabilidad, y considerando el nivel de respuesta que la administración defina va a proporcionar al recurso humano interno, basándose en la disponibilidad de los organismos oficiales de atención de emergencias de la comunidad, instrucción sobre los siguientes temas, entre otros:
    - Relaciones humanas.
    - Primeros auxilios.
    - Transporte de heridos.
    - Manejo de equipos de emergencias.
    - Manejo de escaleras.
    - Trabajo en altura.
    - Manejo de equipos autónomos.
    - Trabajo en espacios confinados.
  - c. *Actividades de la brigada:* inspecciones periódicas a:
    - Instalaciones en general.
    - Equipos contra incendios.
    - Alarmas.
    - Salidas de emergencia.
    - Moto-bombas de agua.
    - Mangueras.
    - Botiquines.
    - Iluminación de emergencia.

## **Organización, desarrollo y evaluación de simulacros y simulaciones**

El objetivo de los simulacros es evaluar si lo que se tiene establecido para el control de las emergencias realmente funciona y evaluar la reacción de las personas. Por lo tanto,

se deben realizar lo más cerca posible a la realidad en que ocurriría la emergencia que se pretende simular, sin poner en riesgo la integridad de los participantes.

Los simulacros se deben planear previamente, considerando los parámetros que se van a desarrollar, los Procedimientos Operativos Normalizados (PON) a utilizar, tiempos y una serie de aspectos que permitirán medir la respuesta del personal y la preparación ante la eventual ocurrencia de un suceso con potencialidad de alterar el normal funcionamiento de la empresa.

*Simulacros de evacuación:* se deben organizar simulacros progresivos de evacuación, donde se incluyan actividades de interpretación de la alarma, control de la emergencia, primeros auxilios, transporte de heridos, desplazamiento del personal a los puntos de reunión preestablecidos. Dicha organización supone unas actividades básicas previas, tales como establecer una alarma codificada verificando que el radio de influencia sea suficiente, difundir el plan de emergencia a todo el personal, establecer procedimientos a seguir para el personal que no pertenece a la brigada si suenan las alarmas y capacitar a la brigada de emergencias en los diferentes grupos de respuesta.

*Primer simulacro:* el carácter progresivo del plan de emergencias, se refiere a que el primer simulacro debe ser avisado y parcial.

*Segundos simulacros:* se efectúan otros simulacros avisados para todo el personal, hasta lograr seis eventos consecutivos sin incidentes

*Simulacro sorpresa:* luego se efectúa un simulacro en forma sorpresiva, es decir, que solo las personas encargadas de organizarlo estén enteradas de la fecha de su realización.

Cada vez que se concluya un simulacro, se levantará un acta donde se determine la fecha, hora, nombre de los brigadistas y los coordinadores de evacuación, descripción del proceso de evacuación, estableciendo acciones positivas y negativas, conclusiones y recomendaciones.

Los simulacros deben realizarse con una periodicidad que permita que, las observaciones dadas en cada uno de ellos, puedan ser corregidas en el siguiente. Una vez se hayan realizado los simulacros necesarios para obtener una respuesta aceptable de todo el personal ante los diferentes eventos de simulacros se pueden realizar en forma parcial cada seis meses y en forma total, anualmente.

La simulación de emergencia es un ejercicio práctico de escritorio, donde la alta gerencia se entrena sobre un supuesto de emergencia, en tomar decisiones vitales para la continuidad del negocio.

### **Comité de contingencias y emergencias**

El Comité de contingencias y emergencias es la cabeza administrativa de la brigada de emergencias. El equipo responsable estará integrado por personal directivo que conozca el funcionamiento de la empresa y sus instalaciones, además que tenga autoridad para:

1. Planear y organizar las diversas acciones a desarrollar dentro del plan de emergencias o avalar el plan que se haya determinado.
  2. Destinar los recursos necesarios para el plan de emergencias.
  3. Relacionarse con organizaciones externas y medios de comunicación.
  4. Emitir boletines de prensa.
- 
1. Funciones antes de la emergencia:
    - a. Dar soporte y solidez a la estructura orgánica del plan de emergencia, asumiendo el liderazgo y la responsabilidad desde el más alto nivel jerárquico de la empresa.
    - b. Proponer y emitir la política de prevención y control de emergencias.
    - c. Garantizar el cumplimiento de los diferentes procedimientos, programas y actividades propias del plan, en las fases de preplaneamiento, entrenamiento y control de las emergencias.
    - d. Ejercer el control y seguimiento sobre el desarrollo y continuidad del programa de preparación para emergencias, velando porque se realicen los simulacros que sean necesarios cada año con la participación de todos los niveles de la organización para mejorar continuamente el nivel de respuesta a las diferentes emergencias posibles en la empresa.
    - e. Decidir y comunicar la información que debe suministrarse a los medios de comunicación en caso de emergencia.
    - f. Nombrar al Director General de Emergencias o al Jefe de Emergencias, (J.E.).
    - g. Asistir y participar activamente en las reuniones de actualización y seguimiento del plan, organizadas por el coordinador del comité.
    - h. Asegurar que el plan se mantenga actualizado, vigente y correctamente implementado en cuanto a su divulgación entre los ocupantes habituales de las instalaciones.
    - i. Tener previsto el Puesto de Mando Unificado (P.M.U.), desde el cual se dirige la atención de la emergencia.
  2. Funciones durante la emergencia:
    - a. Coordinar la administración de la respuesta a la emergencia.
    - b. Dar el apoyo y soporte al Director General de la emergencia o al Jefe de la Brigada en las actividades de respuesta a la emergencia.
    - c. Activar la cadena de llamadas de los integrantes del Comité Administrativo en caso de emergencia.
    - d. Recoger y procesar toda la información relacionada con la emergencia.
    - e. Dar la información a los medios de comunicación sobre lo sucedido.
    - f. Mantenerse informado permanentemente sobre el desarrollo de la emergencia.
    - g. Acudir al puesto de mando unificado para coordinar las acciones.

3. Funciones después de la emergencia:
  - a. Proporcionar los medios necesarios para restablecer las condiciones normales de la empresa.
  - b. Asegurar la continuidad de las operaciones.
  - c. Coordinar para que las personas claves en el plan de emergencias (jefe de cada uno de los grupos) suministren los informes sobre los resultados del siniestro, en cuanto a las víctimas registradas, su atención y estado.
  - d. Si los bienes afectados estaban asegurados, gestionar y avisar a las compañías aseguradoras para que se cumpla con todas las normas establecidas por ellas para estos casos, (remoción de escombros, presencia del representante de la compañía aseguradora, etc.).
  - e. Evaluar el desarrollo de las diferentes actividades contempladas en el plan, después de cada emergencia o simulacro desarrollado.
  - f. Establecer los correctivos pertinentes del plan de emergencias, luego de una evaluación en la cual deben participar tanto las brigadas internas y testigos del evento como grupos de apoyo externo.

#### **Funciones de la brigada de emergencias**

1. *Director General de Emergencia o Jefe de brigada:* es el máximo responsable de la implementación del plan de emergencias y de coordinar la ejecución de las acciones operativas del mismo en caso de emergencia. Es quien toma las decisiones críticas en las acciones de control.

*Si es el Jefe de la brigada:* es el máximo responsable de implementar y mantener vigente la brigada de emergencia de la empresa. Toma decisiones y coordina la ejecución de las acciones operativas de la brigada en caso de una emergencia.

Requisitos:

- Tener buen conocimiento sobre las posibles emergencias en las instalaciones.
  - Conocer los recursos internos y externos con que cuenta la empresa.
  - Buen conocimiento de los procesos (actividades y productos que se realizan en la empresa).
  - Excelente conocimiento del plan de emergencias.
  - Máxima permanencia física en las instalaciones.
- a. Antes de la emergencia:
    - Establecer las acciones administrativas y operativas necesarias tendientes al control o disminución del impacto de una emergencia sobre las personas, el medio ambiente o la propiedad, utilizando los recursos propios o externos y acorde con el plan de emergencias avalado por la empresa.

- b. Durante la emergencia:
  - Toma el mando operativo de la emergencia.
  - Se comunica con los jefes de los diferentes grupos de la brigada a fin de recibir los reportes correspondientes.
  - De acuerdo a los reportes determina si se debe o no evacuar.
  - Autoriza el ingreso de grupos de apoyo externo.
  - Recibe reportes de los coordinadores de evacuación en el punto de reencuentro, a fin de establecer si todas las personas tuvieron éxito al evacuar.
  - Declara la situación de crisis cuando la emergencia supera la capacidad de respuesta de la organización y solicita ayuda externa.
- c. Despues de la emergencia:
  - Evalúa en conjunto con el Comité de Contingencias y Emergencias el proceso de atención de emergencias y evacuación.
  - Acorde con los reportes recibidos por los diferentes grupos de la brigada, se establece las operaciones de mantenimiento de equipos utilizados y/o afectados con motivo de la emergencia.
  - Reprogramar actividades de capacitación, entrenamiento y modificaciones al plan de emergencias.
  - Autoriza el reingreso a las instalaciones, de acuerdo con los reportes y evaluaciones realizadas.

2. *Grupo de control de emergencias y alarma*

- a. Antes de la emergencia:
  - Evaluación de riesgos y determinación de equipos necesarios para atender las emergencias, en cuanto a cantidad, características y ubicación.
  - Inspecciones periódicas a instalaciones y procesos para detectar riesgos de incendio, evaluarlos y proponer métodos de control.
  - Capacitarse en el manejo de los equipos de extinción y emergencia en general.
  - Coordinación con grupos de apoyo: Policía, Defensa Civil, etc.
- b. Durante la emergencia:
  - Organización de acciones para control de emergencias.
  - Alarma, según código establecido.
  - Aviso a unidades de apoyo.
- c. Despues de la emergencia:
  - Reportar al jefe de brigada sobre los equipos utilizados y que requieren mantenimiento.

- Reunirse con la brigada de emergencias a fin de realizar retroalimentación del plan.

3. *Grupo de evacuación*

a. Antes de la emergencia:

- Organización de métodos para evacuación, cálculo de tiempos de salida.
- Planos con rutas de evacuación y señalización de la empresa.
- Capacitarse en planes de evacuación.
- Listado del personal por áreas, con observaciones sobre características o limitaciones y determinación de los coordinadores de evacuación.
- Vigilancia sobre el libre acceso a las posibles vías de evacuación, las cuales se mantendrán despejadas.
- Definición del lugar de reencuentro, acordado a una distancia razonable, pero suficiente para no ser alcanzados por los efectos de la emergencia.

b. Durante la emergencia:

- Guiar ordenadamente la salida.
- Verificar, en el lugar de reencuentro, la lista del personal.
- Avisar a los cuerpos de apoyo especializado, sobre posibles atrapados en el lugar de la emergencia.

c. Despues de la emergencia:

- Reunirse con la brigada de emergencias a fin de realizar retroalimentación del plan.

4. *Grupo de primeros auxilios*

a. Antes de la emergencia:

- Determinar los elementos necesarios, tales como camillas, botiquines y medicamentos apropiados.
- Capacitarse en la prestación de primeros auxilios.

b. Durante la emergencia:

- Atender heridos, caídos, quemados, etc., en orden de importancia, así: víctimas de paro cardio-respiratorio, hemorragias, quemados, fracturas con lesión medular, fracturas de miembros superiores e inferiores, lesiones externas graves y lesiones externas leves.
- Ubicar a los heridos en lugares en donde puedan recibir atención especializada o ser transportados hacia ella.
- Conducir, en su orden, a niños, mujeres embarazadas ancianos y limitados a sitios seguros.

- c. Despues de la emergencia:
  - Reunirse con la brigada de emergencias a fin de realizar retroalimentación del plan.
  - Reportar al Jefe de Brigada, sobre el inventario de botiquines y elementos de emergencia que se hayan utilizado y/o requieran mantenimiento.
  - Hacer listado de heridos con ubicación y estado.

5. *Grupo de salvamento y vigilancia*

- a. Antes de la emergencia:
  - Determinar, de acuerdo con la gerencia de la empresa, los elementos y documentos irrecuperables.
  - Coordinar con las autoridades competentes las acciones de control que sea necesario implantar durante la emergencia y durante las etapas posteriores.
  - Establecer procedimientos de inspección post-siniestro para restablecer condiciones de seguridad.
- b. Durante la emergencia:
  - Salvar documentos y elementos irrecuperables.
  - Controlar el acceso de intrusos y curiosos a la zona de emergencia.
  - Desarrollar plan de recuperación de instalaciones y procesos.
- c. Despues de la emergencia:
  - Reunirse con la brigada de emergencias a fin de realizar retroalimentación del plan.
  - Programar plan de recuperación de instalaciones y procesos.

6. *Grupo de seguridad física*

- a. Antes de la emergencia:
  - Conocer los fundamentos básicos del plan de emergencias.
  - Identificar a los integrantes de la brigada de emergencias.
  - Conocer las actividades a seguir dentro del desarrollo de una emergencia.
  - Coordinar con las autoridades competentes las acciones de control que sea necesario implantar durante la emergencia y durante las etapas posteriores.
- b. Durante la emergencia:
  - Al establecerse la alarma de evacuación, dependiendo de su ubicación, abrirán las puertas que dentro del plan se hayan definido.
  - Llamar y bloquear los ascensores en el primer piso.
  - Permitir la salida del personal, sin realizar requisas (se entiende que el personal debe salir con las manos libres).

- Evitar que se muevan vehículos en los parqueaderos durante el desarrollo de la emergencia.
  - No permitir la entrada de personal, excepto los grupos de apoyo externo como bomberos, grupos anti explosivos, etc., cuando éstos hayan sido autorizados por el Jefe de Brigada.
  - Evacuar con el coordinador general de evacuación.
  - Mantener vigilancia externa de la edificación, si las condiciones de la emergencia lo permiten.
- c. Despues de la emergencia:
- Reunirse con la brigada de emergencias a fin de realizar retroalimentación del plan.
7. *Grupo de mantenimiento*
- a. Antes de la emergencia:
- Conocer los fundamentos básicos del plan de emergencias.
  - Identificar a los integrantes de la brigada de emergencias.
  - Conocer las actividades a seguir dentro del desarrollo de una emergencia.
  - Según su ubicación y función laboral, establecer las actividades a seguir como corte del flujo eléctrico, cierre de válvulas, apagar equipos.
- b. Durante la emergencia:
- Según el caso, realizar cortes de energía eléctrica, cerrar válvulas, apagar equipos, etc.
- c. Despues de la emergencia:
- Reunirse con la brigada de emergencias a fin de realizar retro-alimentación del plan.

Nota: las actividades operativas se empiezan a realizar después de haberse activado el sistema de alarmas y acorde con el código.

8. *Comunicaciones*

- a. Antes de la emergencia:
- Conocer los fundamentos básicos del plan de emergencias.
  - Identificar a los integrantes de la brigada de emergencias.
  - Establecer el número de radios necesarios y los sistemas de recarga de las respectivas baterías.
  - Establecer un plan de mantenimiento de los equipos de comunicaciones
  - Mantener equipos de repuesto.

- b. Durante la emergencia:
    - Verificar que los radios estén operando adecuadamente.
    - Dentro de lo posible hacer llegar el repuesto de batería al brigadista.
    - Comunicarse con el Jefe de Brigada, para reportarle el estado de las comunicaciones.
  - c. Después de la emergencia:
    - Reunirse con la brigada a fin de realizar retroalimentación del plan.
9. *Trabajadores que no pertenecen a la brigada o no tienen funciones específicas en el control de la emergencia*
- a. Antes de la emergencia:
    - Conocer los fundamentos básicos del plan de emergencias.
    - Identificar a los integrantes de la brigada de emergencias.
    - Conocer los códigos de alarma establecidos.
    - Conocer las actividades a seguir dentro del desarrollo de una emergencia.
  - b. Durante la emergencia:
    - Al establecerse la alarma de alerta, se procederá a suspender cualquier actividad que se esté realizando.
    - Apagar equipos y desenchufarlos.
    - Dirigirse hacia la salida del piso y esperar la orden de evacuación que dará el coordinador de evacuación del piso.
    - Al escucharse la alarma de evacuación, se procederá de forma similar a la de alerta, pero los equipos se apagaran desenchufándolos directamente.
    - No se llamarán los ascensores.
    - Se dirigirán según lo establecido hacia el punto de reunión, en fila y en silencio. En el punto de reunión contestarán el llamado a lista y esperarán la orden de reingreso a las instalaciones.
    - No se realizarán actividades diferentes a las programadas en el plan.
  - c. Después de la emergencia:
    - Reingresar ordenadamente a las instalaciones, dirigiéndose directamente a los respectivos puestos de trabajo.
10. *Centro de comando de emergencias:* el comité de emergencias se reunirá en un área administrativa, cuyo lugar se determinará según el desarrollo de la emergencia, este será el P.M.U.

*Elementos de identificación:* con el objeto de que en el evento de una emergencia la tarea de los brigadistas y coordinadores se facilite, se debe establecer un mecanismo que les permita diferenciarse dentro del grupo, para lo cual se establecerán gorras o chalecos de color identificativo.

## Plan de evacuación

Se conoce como instinto de conservación a los diferentes tipos de respuesta ante las amenazas, siendo uno de los más típicos la huida del sitio de peligro. No basta con poseer dicho instinto, ya que aún en los casos de huir se debe saber para donde.

El comportamiento humano ante las emergencias, representa una condición variable muchas veces imprevisible, influida entre otros aspectos, por la personalidad, la educación, la experiencia, la reacción de las otras personas ante el siniestro y el nivel de entrenamiento que se tenga para enfrentar los riesgos.

Es claro entonces, que buscar un mecanismo mediante el cual se logre canalizar los diferentes comportamientos representará, en el evento de un siniestro, un factor positivo para el enfrentamiento del mismo.

La realización de un plan de evacuación encaminado a adoptar actitudes positivas ante los diferentes siniestros, hará que cuando uno de éstos tenga lugar, las posibilidades de éxito para salvaguardar la integridad de las personas aumenten.

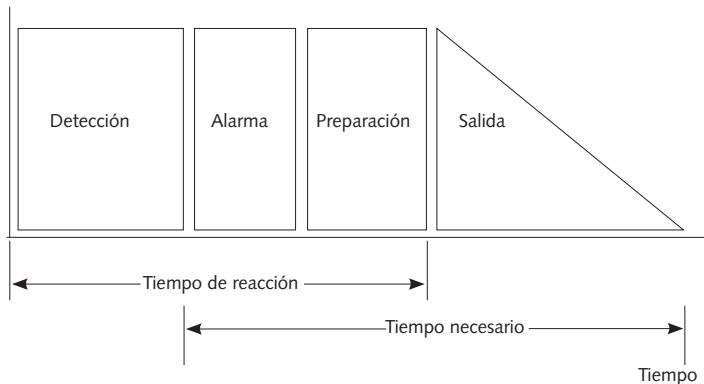
*Proceso de evacuación:* el proceso de evacuación se lleva a cabo a través de cuatro fases, las cuales tienen una duración cuya sumatoria determinará el tiempo total de salida. Estas fases son:

1. Detección.
2. Alarma.
3. Preparación.
4. El tiempo de salida: empieza a disminuir el número de personas en la edificación.

*El tiempo de reacción:* donde no se presenta disminución en el número de personas en la edificación.

*EL Tiempo de salida:* es la duración entre el momento en que se genera la alarma y la salida de la última persona de la edificación.

Número de personas

**GRÁFICO 20.3**

Tiempos para la evacuación.

### Cálculos sobre carga ocupacional y tiempos de evacuación

Los cálculos sobre el proceso de evacuación presentan los siguientes datos:

1. Datos para cálculos de salidas verticales (escaleras).
2. Datos para cálculos de salidas horizontales.
3. Carga ocupacional.
4. Tiempos de salida horizontal.
5. Tiempos de salida vertical.

Antes de presentar los cuadros sobre cálculos dentro del proceso de evacuación, se definirán algunos términos.

*Carga Fija:* corresponde al número de personas que normalmente asisten a cada uno de los pisos, se puede decir que corresponde a la nómina.

*Carga Flotante:* es el número de personas que asiste en forma no permanente (visitantes, asistentes a capacitación, clientes, auditores, etc.).

*Carga Esperada:* es la suma de la carga fija más la flotante. Corresponde al máximo número de personas que podrían permanecer en un momento determinado en el piso o edificio.

*Carga Máxima:* corresponde al número máximo de personas que para efectos de evacuación pueden estar en una determinada área (es un valor teórico). Se obtiene dividiendo el área en m<sup>2</sup> (neta o bruta según el caso), entre un factor determinado según el uso del local.

*Índice ocupacional:* corresponde al porcentaje de personas que habitan una determinada área con respecto al máximo teórico.

*Área bruta:* corresponde al área en metros cuadrados donde hay un determinado número de personas.

*Capacidad de puertas, escaleras y pasillos:* corresponde a la capacidad de pasillos, puertas o escaleras con relación al ancho de las mismas. El cálculo para oficinas se realiza mediante el cociente del ancho (en cm), entre un factor que para el caso de pasillos y puertas es de 0,508; para las escaleras 0,762 y para rampas subiendo es de 0,558.

## Cálculo teórico del tiempo de salida

Este cálculo se realizó mediante la fórmula desarrollada por K. Togawa:

$$TS = \frac{N}{A \times K} + \frac{D}{V}$$

Donde:

- TS = tiempo de salida en segundos.  
N = número de personas.  
A = ancho de salida en metros.  
K = constante experimental: 1,3 personas/metro-segundo.  
D = distancia total de recorrido en metros.  
V = velocidad de desplazamiento: horizontal: 0,6 metros/segundo; escaleras: 0,4 metros/segundo.

## Descripción rutas de evacuación

*Ruta principal:* se establece una ruta principal, la cual se describe en palabras y se simboliza en un plano de evacuación.

*Ruta alterna:* es una ruta que se describe y simboliza en forma similar a la ruta principal, cuando la edificación dispone de otras alternativas de salida. No obstante, en el momento de la evacuación se seguirán las rutas establecidas por la brigada de emergencias.

*Punto de reunión final:* se establece un lugar donde las personas puedan estar alejadas del peligro a fin que no represente riesgo dicha ubicación.

La verdadera preparación contra emergencias consiste en tener edificaciones e instalaciones seguras desde su ubicación en zonas con pocas amenazas de inundación, remoción en masa, erupciones, huracanes, riesgos de las actividades de los vecinos, etc.; hasta la construcción sismo resistente, con materiales de combustión lenta, sistemas de detención temprana y sistemas fijos de protección contra incendios y compartimentación de áreas, circuitos cerrados de televisión internos y perimetrales, vías amplias, alternas y protegidas para el flujo de personas. De esta manera se disminuye la necesidad de evacuar la edificación y tampoco se requiere una brigada de emergencias muy especializada.

## **Medicina del trabajo**

La Organización Mundial de la Salud y la Organización Internacional del Trabajo, la definen así:

"La medicina del trabajo busca promover y mantener el más alto nivel de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones, prevenir todo daño causado a la salud de los trabajadores por las condiciones de su trabajo, protegerlos en su empleo contra riesgos resultantes de la presencia de agentes perjudiciales a su salud, colocar y mantener al trabajador en un empleo conveniente a sus aptitudes fisiológicas y psicológicas, en suma, adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su tarea".

Dentro de este orden de ideas, la medicina del trabajo se propone dar una dimensión más humana y social, consagrando la supremacía del hombre, preservando el capital salud, único bien del trabajador que le da capacidad de ganancia.

A continuación se ofrece un enfoque sobre la medicina y su aplicación en los lugares de trabajo, de modo que el lector disponga de los conceptos básicos sobre los exámenes médicos ocupacionales, las actividades de prevención y promoción de la salud en los lugares de trabajo, la vigilancia epidemiológica y las partes de un informe de estudios de higiene industrial.

## **Medicina preventiva**

La medicina preventiva, dentro de la salud ocupacional, cumple un importantísimo papel dirigido a adaptar al trabajador, mental, emocional y físicamente, para desempeñar su trabajo sin peligros para su salud.

Entre sus funciones básicas se cuentan:

1. Capacitación en temas de educación para la salud, como:
  - a. Nutrición.
  - b. Prevención de drogadicción, alcoholismo y tabaquismo.
  - c. Control de natalidad no deseada.
  - d. Enfermedades de transmisión sexual.
  - e. Enfermedades ocupacionales, acordes con las condiciones de trabajo específicas.
  - f. Factores de riesgo inherentes al cargo.
  - g. Ergonomía
2. Actividades de prevención:
  - a. Vacunación, de conformidad con las labores que se adelanten y de enfermedades endémicas en las zonas a donde deban desplazarse.
  - b. Hipertensión arterial.
  - c. Enfermedades ácido péptica
  - d. Hábitos de higiene y vida sana.
  - e. Obesidad.
  - f. Manejo del estrés.
  - g. Enfermedades ácido-pépticas.
3. Recreación y deporte:
  - a. Utilización del tiempo libre.
  - b. Deportes y sus exigencias físicas.
  - c. Gimnasia y entrenamiento.
  - d. Acondicionamiento físico, acorde a las actividades que se desarrollen.
  - e. Nociones básicas de anatomía y fisiología.

## **El médico del trabajo**

La prevención debe ir encaminada a evitar las consecuencias de los riesgos profesionales que siempre son graves para el trabajador, físicamente disminuido, discapacitado en su actividad laboral; también, la sociedad soporta cargas sociales y la economía laboral con su potencial desvalorizado. Un trabajador discapacitado cuesta más a la sociedad, porque no retribuye; por el contrario, un trabajador sano aporta a la producción, disminuye cargas sociales, estimula la producción, enriquece el capital humano, baja el costo de vida.

Indica lo anterior que el médico del trabajo debe asumir una actitud más activa en relación a su posición dentro de la empresa. Si bien el control tecnológico de los lugares de

trabajo corresponde específicamente al ingeniero, el médico del trabajo debe conocer los riesgos reales del ambiente laboral para evaluar las incidencias nocivas sobre el trabajador, y actuar en forma preventiva. Se enfatiza la labor prevencionista del médico del trabajo porque “las enfermedades profesionales no se curan, se evitan”.

El médico del trabajo debe cumplir con las siguientes funciones:

1. Exámenes de salud, preocupacionales, periódicos ocupacionales y de egreso.
2. Evaluaciones para reintegro laboral o reubicación. Estas evaluaciones buscan los siguientes objetivos:
  - a. Relacionar el perfil del trabajador con las necesidades del cargo dentro de las exigencias laborales existentes.
  - b. Valorar los riesgos ocupacionales detectados, contando con los factores inherentes al cargo a desempeñar.
  - c. Relacionar la conformación ergonómica de los candidatos con la estación de trabajo.

Se puede decir que el éxito en la conservación de la integridad funcional del trabajador con preservación máxima de capacidad laboral, está en razón directa de la buena calidad y efectividad del servicio médico.

## **Exámenes médicos**

Aunque los exámenes médicos ocupacionales deben ser ordenados por el médico de la empresa, de conformidad con las condiciones de riesgo específicas, es importante tener en cuenta cierta periodicidad mínima con que deben realizarse.

La periodicidad depende de las siguientes variables: susceptibilidad del trabajador, tiempo de exposición, valores límites permisibles máximos a los que puede exponerse un trabajador, sin que dicha exposición pueda desencadenar enfermedades profesionales.

La labor del médico ocupacional comienza seleccionando al trabajador, verificando desde el punto de vista médico la capacidad del aspirante para realizar la labor para la cual se le contrata. Este examen de pre-empleo busca colocar al hombre apropiado en el puesto adecuado a sus capacidades y condiciones (susceptibilidades) constituyéndose en un examen de aptitud. La evaluación se orienta a los factores de riesgo del cargo.

Debe ser un examen racional, consistente y ordenado que permita obtener de él los objetivos predeterminados. Se deben tener en cuenta las demandas físicas, fisiológicas, mentales y emocionales del trabajo o tarea que desempeñará el candidato.

En el caso de trabajos especiales se pueden realizar exámenes complementarios.

La realización de exámenes médicos periódicos, busca investigar la aparición de lesiones patológicas incipientes, de origen profesional o no profesional, pero que su descubrimiento temprano da margen para esperar un tratamiento más oportuno, que a la vez se hace menos largo, más efectivo, con mejores posibilidades de éxito, sin secuelas graves permanentes.

Los controles médicos deben realizarse de conformidad con el concepto del médico de la empresa, pero como ejemplo se indican los siguientes:

1. Todo trabajador expuesto a esfuerzo físico, constante o súbito, será remitido a exámenes médicos para determinar condiciones músculo esqueléticas, que hagan al trabajador especialmente vulnerable.
2. Trabajadores expuestos a ruido, se someterán a audiometrías periódicas.
3. Cromo y sus compuestos: se harán evaluaciones de afecciones nasofaríngeas y control de mucosa nasal.
4. Al personal expuesto a radiaciones ionizantes, se le hará seguimiento mediante dosímetros y se realizará control médico y exámenes complementarios para evitar la aparición del cáncer del sistema hematopoyético y alteraciones genéticas.
5. Radiaciones no ionizantes: se realizará control médico para prevenir la aparición de dermatitis, cáncer de piel, conjuntivitis, degeneración de la retina, opacidad en el cristalino.
6. Operarios sometidos a presiones anormales, se les hará control médico periódico que incluya como mínimo: valoración ocular, cardiopulmonar, auditivo y de los sistemas muscular y nervioso.
7. Berilio y sus compuestos: control periódico de peso corporal.
8. Flúor y sus compuestos: evaluación adecuada de afecciones de piel. Radiografías de pelvis y columna lumbar, para investigar aparición de osteoesclerosis.
9. Plomo y sus compuestos: examen clínico y de laboratorio para determinar como mínimo protoporfirina, zinc eritrocítica, plumbemia o plumburia.
10. Manganeso y sus compuestos: controlar alteraciones del sistema nervioso central, tales como alteraciones de la escritura.
11. Mercurio y sus amalgamas y compuestos: controlar mucosa gingival, temblores intencionales o espontáneos.
12. Fósforo y sus compuestos organofosforados: medir niveles de colinesterasa.
13. Hidrocarburos alifáticos: determinar posibles lesiones de la médula ósea, lesiones hepatorrenales, realizar cuadro hemático, parcial de orina, creatinina.
14. Hidrocarburos aromáticos: control mediante cuadro hemático para determinar anemia aplástica y pruebas de orina.
15. Material particulado orgánico y sustancias químicas alergizantes: espirometrías; polvos inorgánicos: control radiográfico.

El informe de las evaluaciones periódicas sirve para orientar programas específicos de vigilancia epidemiológica y actividades globales de salud de la empresa.

Existen además los exámenes ocasionales, los cuales se realizan en situaciones especiales, para evaluar la capacidad laboral en un momento determinado, reajustar tareas por cualquier motivo, comprobar el estado de salud y documentar posibles acciones judiciales.

Los exámenes de retiro se realizan para establecer en qué condiciones de salud sale el trabajador. Estos exámenes son necesarios desde el punto de vista de la salud ocupacional por las posibles reclamaciones o indemnizaciones que pudieran presentarse.

Finalmente, se transcriben algunos conceptos, contenidos en la Recomendación 112 de la OIT, relacionada con servicios de medicina del trabajo:

1. La vigilancia en la empresa de todos los factores que puedan afectar a la salud de los trabajadores y el asesoramiento a la dirección y a los trabajadores en esta materia.
2. El estudio de los puestos de trabajo o la participación en este estudio desde los puntos de vista: higiénico, fisiológico y psicológico y el asesoramiento a la dirección y a los trabajadores que se refieren a la mejor disposición posible de los puestos de trabajo desde estos puntos de vista.
3. La participación, con los organismos interesados de la empresa, en la prevención de accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales y en la vigilancia de los medios de protección personal y de su utilización, así como el asesoramiento a la dirección y a los trabajadores en esta materia.
4. La vigilancia de la higiene de las instalaciones sanitarias, así como de todas las instalaciones de la empresa previstas para el bienestar de los trabajadores.
5. Los exámenes médicos de admisión al empleo y los exámenes periódicos y especiales (incluyen, en caso necesario, los exámenes biológicos y radiológicos), prescritos por la legislación nacional o por acuerdo entre las partes u organizaciones interesadas o que el médico del trabajo estime conveniente desde el punto de vista preventivo: dichos exámenes deberán preverse para asegurar una vigilancia particular de determinadas categorías de trabajadores, tales como las mujeres, los adolescentes, los trabajadores expuestos a riesgos especiales y las personas de capacidad física disminuida.
6. La vigilancia de la adecuación del trabajo a los trabajadores, y en especial a los trabajadores discapacitados, de acuerdo con sus aptitudes físicas y la participación en su readaptación y en su reeducación, así como el asesoramiento en esta materia.
7. El asesoramiento a la dirección y a los trabajadores para el destino y reclasificación de los trabajadores.
8. Los consejos individuales a los trabajadores, cuando los soliciten, sobre los trastornos que se manifiestan o se agraven durante el trabajo.
9. Los primeros auxilios a las víctimas de accidentes o de indisposiciones, así como en ciertas circunstancias y de acuerdo con las partes interesadas (incluyendo al médico que trata al trabajador), los tratamientos médicos ambulatorios a los trabajadores que no hayan interrumpido su trabajo o que lo hayan reanudado.

10. La formación de las personas encargadas de los primeros auxilios y su instrucción periódica, así como la vigilancia y la conservación del material de primeros auxilios, en colaboración con los servicios y organismos interesados.
11. La instrucción del personal de la empresa con respecto a la salud y a la higiene.
12. El establecimiento y análisis periódico de estadísticas sobre el estado sanitario de la empresa.
13. Los trabajos de investigación sobre medicina del trabajo o la participación en tales trabajos en colaboración con los servicios de institutos especializados.

Siguiendo la Recomendación 112, para poder ejercer eficazmente sus funciones, los servicios de medicina del trabajo deberán:

1. Tener libre acceso a todos los lugares de trabajo y a las instalaciones auxiliares de la empresa.
2. Visitar los lugares de trabajo a intervalos adecuados, en colaboración, si fuere necesario, con otros servicios de la empresa.
3. Poder informarse acerca de los procedimientos empleados, las normas de trabajo y las sustancias utilizadas, o cuya utilización se haya previsto.

### **Programas de vigilancia epidemiológica**

Los programas de prevención y control incluyen la realización de actividades de vigilancia epidemiológica.

La vigilancia epidemiológica es considerada como un sistema dinámico de observación, utilizado en forma permanente para ver la ocurrencia, distribución de la enfermedad, de los factores de riesgo y de las condiciones que incrementan en una población el riesgo de enfermar o morir. La vigilancia epidemiológica parte de una activa consecución de datos e información sobre los eventos, los cuales deben ser analizados para constituirse en información o insumo útil para la toma de decisiones, ejecución y evaluación de intervenciones orientadas a la promoción, prevención, curación y recuperación del estado de salud.

Diversos autores han señalado la necesidad de plantear la vigilancia epidemiológica en términos de “un sistema generador de conocimiento que tiene como objetivo primario la protección del trabajador”<sup>1</sup>.

El enfoque epidemiológico deberá estar orientado a alcanzar los siguientes objetivos:

1. Identificar, en forma precoz, las alteraciones en la salud de la población trabajadora sujeta a factores de riesgo específicos, definidos en los mapas de riesgo.

---

<sup>1</sup> Organización Panamericana de la Salud. Enfoques metodológicos para la investigación de los sistemas de vigilancia epidemiológica en salud ocupacional. Documento de trabajo. Diciembre, 1986.

2. Proporcionar conocimientos que permitan administrar, definir, planificar, determinar prioridades, elegir alternativas y evaluar el impacto del resultado del programa de salud ocupacional en la población trabajadora.
3. Proporcionar conocimientos sobre los factores de riesgo y de peligro para la salud, ocasionados o presentes en los ambientes de trabajo.
4. Ofrecer fuentes de hipótesis para investigaciones que permitan utilizar las actividades de salud ocupacional.

Objetivos de la vigilancia epidemiológica:

1. Conocimiento de las enfermedades y de sus interrelaciones con las condiciones del ambiente de trabajo.
2. Identificación de las causas y definición de la población susceptible a un determinado riesgo laboral.
3. Establecimiento de prioridades, mediante la selección de grupos de alto riesgo y la conformación de grupos de exposición similar.
4. Evaluación de las intervenciones, orientadas a la protección y control del riesgo de la población laboral expuesta.
5. Valoración epidemiológica del umbral límite de las exposiciones a que están sometidos los trabajadores.
6. Conocimiento de la manera en que las condiciones de trabajo determinan ciertas características de los perfiles de salud en la población.
7. Identificación y monitoreo de los riesgos ambientales presentes en los sitios de trabajo, basados en un programa de vigilancia epidemiológica; este trabajo es la base que permite establecer parámetros de control de los efectos sobre la salud de los trabajadores, orientando la puesta en práctica de medidas de prevención secundaria, como pueden ser: modificación en las técnicas de producción y de los límites de control de las exposiciones a factores de riesgo en el ambiente laboral.

Cumplir estos objetivos ayudará a realizar una eficiente labor, con el fin último de lograr los beneficios de la salud ocupacional, disminuir los accidentes de trabajo y la aparición de enfermedades profesionales, como medio de obtener un importante y armónico desarrollo económico y social.

### **Informes de estudios de higiene industrial**

El informe puede diseñarse dentro de una gran cantidad de modelos existentes, no obstante es importante que contenga algunos elementos básicos, como aparece referenciado en la tabla 21.1.

**TABLA 21.1**  
Partes del informe de estudios de higiene industrial.

Introducción	
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generales</li> <li>2. Específicos</li> </ol>
Descripción de instalaciones locativas	<p>Se hará una descripción de la clase de construcción, los materiales y las características que intervengan en el objeto de medición.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En caso de estudios de ruido es importante indicar dimensiones del lugar de medición, materiales de paredes, puertas, techo y demás elementos que puedan influir en la reverberación del sonido.</li> <li>2. En estudios de iluminación se hará referencia a los colores y tonos, ubicación y clases de iluminación natural y artificial, entre otros.</li> <li>3. En mediciones de temperatura, es necesario indicar fuentes de ventilación, altura de techos, dimensiones, fuentes de calor, cantidad de personal entre trabajadores y usuarios.</li> <li>4. En estudios de agentes químicos se debe hacer mención a la ventilación, duchas y lavaojos de emergencias.</li> </ol>
Tipo y número de los instrumentos de medida	<p>Se debe mencionar marca, modelo, rangos de detección, fecha y entidad que realizó la calibración y, en los casos que se requiera análisis de laboratorio, se precisará la razón social y método de análisis.</p>
Estrategia de muestreo	Indicar metodología de muestreo aplicada.
Contaminantes en estudio	<p>Se hará referencia al contaminante materia del estudio, sus características y sus efectos.</p>
Valores de referencia y legislación aplicable	<p>Valores límite permisibles TLV y mención de los decretos, ordenanzas, normas oficiales, resoluciones, circulares y demás requisitos legales.</p>
Tiempos de exposición	Se tendrán en cuenta los tiempos reales de exposición al riesgo.
Resultados de las mediciones	Registros de mediciones.
Interpretación de resultados	Análisis de los resultados.
Conclusiones y recomendaciones	<p>Conclusiones a que lleva el resultado de las mediciones. Recomendaciones de medidas de control.</p>
Anexos	<p>Reportes de software de equipos y de resultados de laboratorio. Esquemas de los sitios de muestreo. Certificados de calibración de equipos. Licencia del higienista. Licencia del laboratorio.</p>

## **Señalización**

Si bien la señalización no puede considerarse una solución a los riesgos, sí se constituye en un importante aporte que sirve para abstenerse de realizar procedimientos peligrosos. Una señalización adecuada contribuye a la seguridad de los trabajadores mediante advertencias sobre conductas y comportamientos frente a procedimientos de evacuación y prevención de riesgos; y además, ayuda a mantener normas de seguridad en forma llamativa y de fácil decodificación que hace asumir una conducta preventiva a los empleados en caso de emergencias.

## **Señalización de seguridad**

Las normas de seguridad van dirigidas a prevenir directamente los riesgos que puedan provocar accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, interpretando y adaptando a cada necesidad las disposiciones y medidas que contiene la reglamentación oficial y técnica.

Es indudable la importancia de la señalización para una mejor interpretación de las normas de seguridad y se observa cómo en nuestros días, se ha constituido en un elemento indispensable para la reglamentación de normas tal y como se aprecia en la vida urbana y en la circulación terrestre, marítima, aérea, así como la de las personas.

En el ambiente laboral se dan situaciones de peligro en las que conviene que el trabajador reciba una determinada información, en forma oportuna y provista de códigos de fácil interpretación.

Por señalización de seguridad se entiende entonces el conjunto de estímulos que condicionan la actuación de aquel que los recibe frente a unas circunstancias que se pretenden resaltar; en consecuencia, señalización de seguridad es aquella que suministra indicaciones relativas a la seguridad de las personas y/o bienes.

## **Señalización de seguridad en instalaciones, equipos de control de emergencias y vías de evacuación**

Las normas no deben sustituir otras medidas preventivas prioritarias para eliminar riesgos en las instalaciones, debiendo tener siempre un sentido de carácter complementario.

**TABLA 22.1**

Principios básicos de una norma.

<b>PRINCIPIOS BÁSICOS DE UNA NORMA</b>
Necesaria
Posible
Clara – concreta – breve
Aceptable – exigible
Actual

El contenido de una norma debe tener:

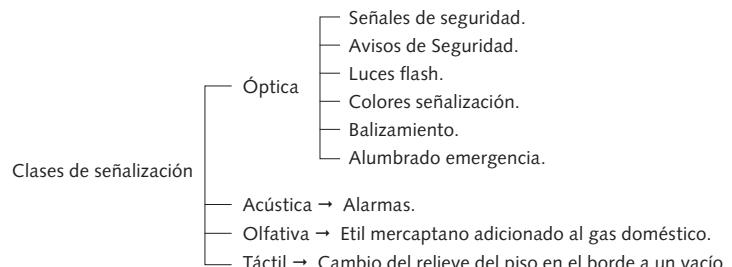
1. Un objetivo, con una descripción breve del problema esencial que se pretende normalizar.
2. Una redacción en capítulos de los distintos apartados.
3. Un campo de aplicación, con una especificación clara del lugar, zona, trabajo y operaciones a la que debe aplicarse.
4. Un grado de exigencia, es decir, especificación sobre su obligatoriedad o mera recomendación, indicando, si interesa, la gravedad de la falta.
5. Un refuerzo a normas legales o particulares que amplíen, mediante su cita, el contenido de la norma y a las que debe estar supeditada.

*Señalización y codificación:* su empleo es complementario de las medidas de seguridad adoptadas, tales como prohibición de determinadas conductas en lugares de riesgo, dispositivos de seguridad, uso requerido de protecciones personales, equipos de con-

trol, salidas de emergencia, etc. Y su puesta en práctica no dispensará, en ningún caso, de la adopción de las medidas de prevención que correspondan.

## Clases de señalización

La señalización empleada como técnica de seguridad puede clasificarse en función del sentido por el que se percibe en: óptica, acústica, olfativa y táctil.



**GRÁFICO 22.1**  
Clases de señalización.

SEÑAL	FIGURA GEOMÉTRICA, COLOR Y SÍMBOLOS	SIGNIFICADO
Prohibición 	Círculo, color rojo sobre blanco, símbolo negro. Prohibido fumar	Prohíbe un comportamiento susceptible de provocar un peligro.
Obligación 	Círculo, símbolo blanco, de seguridad azul, de contraste blanco. Uso gafas de protección	Obliga a un comportamiento determinado.
Advertencia 	Triángulo, colores: de contraste negro de seguridad amarillo, símbolo negro. Tránsito de ciclistas	Advierte de un peligro.
Información 	Rectángulo o cuadrado, símbolo blanco, color de seguridad verde. Zona de carga	Proporciona una indicación de seguridad o salvamento.
Indicativa 	Rectángulo o cuadrado, símbolo blanco, color fondo azul claro. Hospital	Proporciona información relativa a la seguridad, pero distinta a las descritas.

**TABLA 22.2**  
Clases de señales según su significado<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> El cuadro se elaboró para claridad del lector, partiendo de la información teórica existente en la norma Real Decreto 1403 – 86 de España, modificado por el Real Decreto 485 – 1997.

*Tamaño de las señales:* el tamaño debe ser proporcional a la distancia desde la cual se espera que sea vista, pero para tener un indicador más concreto se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$S \geq \frac{L^2}{2000}$$

Donde:

S = Superficie de la señal en m<sup>2</sup>

≥ = Igual o mayor que.

L= Distancia entre el observador y la señal en metros.

*Codificación de tuberías y ductos:* existen gran cantidad de codificaciones, de acuerdo con el país de origen, por lo cual se recomienda que siempre se utilicen tableros indicando la decodificación, instalados en varios sitios de la planta. Es aconsejable que la codificación se complemente con una flecha indicando el sentido del fluido cerca de cada válvula, unión, acople o control y medición.

*Demarcación:* se utiliza para demarcar zonas de tránsito, almacenamiento y trabajo, utilizando franjas amarillas de 10 cm de ancho<sup>2</sup>, pintadas en el piso.

*Cintas de balizamiento:* son usadas para restringir el paso o advertir de un área de peligro<sup>3</sup>. Toda señalización sobre seguridad y salud en el trabajo debe estar en el idioma castellano y, en lo posible, acompañada de un pictograma normalizado.

## Normatividad

DIN-2403.

NTP 3: Señalizaciones de conducciones.

NTP 4: Señalización de vías de evacuación.

NTP 35: Señalización de equipos de lucha contra incendios.

NTP 53: Equipo eléctrico de máquinas-herramientas. Órganos de servicio. Colores.

NTP 181: Alumbrados especiales.

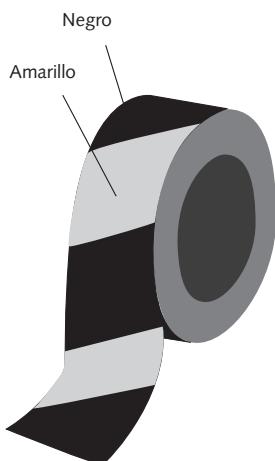
NTP 188: Señales de seguridad para centros y locales de trabajo.

NTP 198: Gases comprimidos: identificación de botellas.

NTP 511: Señales visuales de seguridad: aplicación práctica.

NTP 566: Señalización de recipientes y tuberías: aplicaciones prácticas.

Real Decreto 485 – 1997.



**GRÁFICO 22.3**

Cintas de balizamiento según  
UNESA – 02002 – A.

<sup>2</sup> Tomado del Manual de Seguridad en el Trabajo de la Fundación MAPFRE.

<sup>3</sup> Ídem.

COLOR IDENTIFICATIVO DE TUBERÍAS SEGÚN DIN – 2403				
Fluido	Color básico	Estado fluido	Color complementario	Ejemplo
Aceites	Marrón	Gas – oil	Amarillo	
		De alquitrán	Negro	
		Bencina	Rojo	
		Benzol	Blanco	
Ácido	Naranja	Concentrado	Rojo	
Aire	Azul	Caliente	Blanco	
		Comprimido	Rojo	
		Polvo carbón	Negro	
Agua	Verde	Potable	Verde	
		Caliente	Blanco	
		Condensada	Amarillo	
		A presión	Rojo	
		Salada	Naranja	
		Uso industrial	Negro	
		Residual	Negro + Negro	
Alquitrán	Negro			
Bases	Violeta	Concentrado	Rojo	
Gas	Amarillo	Depurado	Amarillo	
		Bruto	Negro	
		Pobre	Azul	
		Alumbrado	Rojo	
		De agua	Verde	
		De aceite	Marrón	
		Acetileno	Blanco + Blanco	
		Ácido carbónico	Negro + Negro	
		Oxígeno	Azul + Azul	
		Hidrógeno	Rojo + Rojo	
		Nitrógeno	Verde + Verde	
		Amoniaco	Violeta + Violeta	
Vacío	Gris			
Vapor	Rojo	De alta	Blanco	
		De escape	Verde	



**TABLA 22.3**

Color identificativo de tuberías según DIN-2403<sup>4</sup>.

Nota: la nomenclatura de color en este cuadro se maneja en tonos de grises y rayados, y corresponde únicamente a criterios de diseño para poder mostrar en blanco y negro una realidad que es en color.

4 Esta norma es original de Alemania.



## **Ejemplos de identificación y control de peligros**

En este capítulo se indican, a manera de ejemplo, dos actividades de uso muy frecuentes en la industria, así como las condiciones que deben reunir para garantizar la seguridad en su empleo. La primera actividad es la de uso de montacargas, explicando los elementos básicos de seguridad a tener en cuenta durante su operación. La segunda son los procesos de soldadura, muy variados, y cada uno de ellos diseñado teniendo en cuenta las especificaciones de los materiales que se pretende unir, así como los requerimientos de resistencia a las diferentes fuerzas y condiciones a que vayan a ser sometidas las piezas finales y que por ello, precisan de unas condiciones de seguridad específicas para cada tipo de soldadura.

## Montacargas (carretillas elevadoras)

Se denominan montacargas o carretillas elevadoras a los equipos automotores diseñados para movilizar, levantar y ubicar cargas en puntos de almacenamiento.

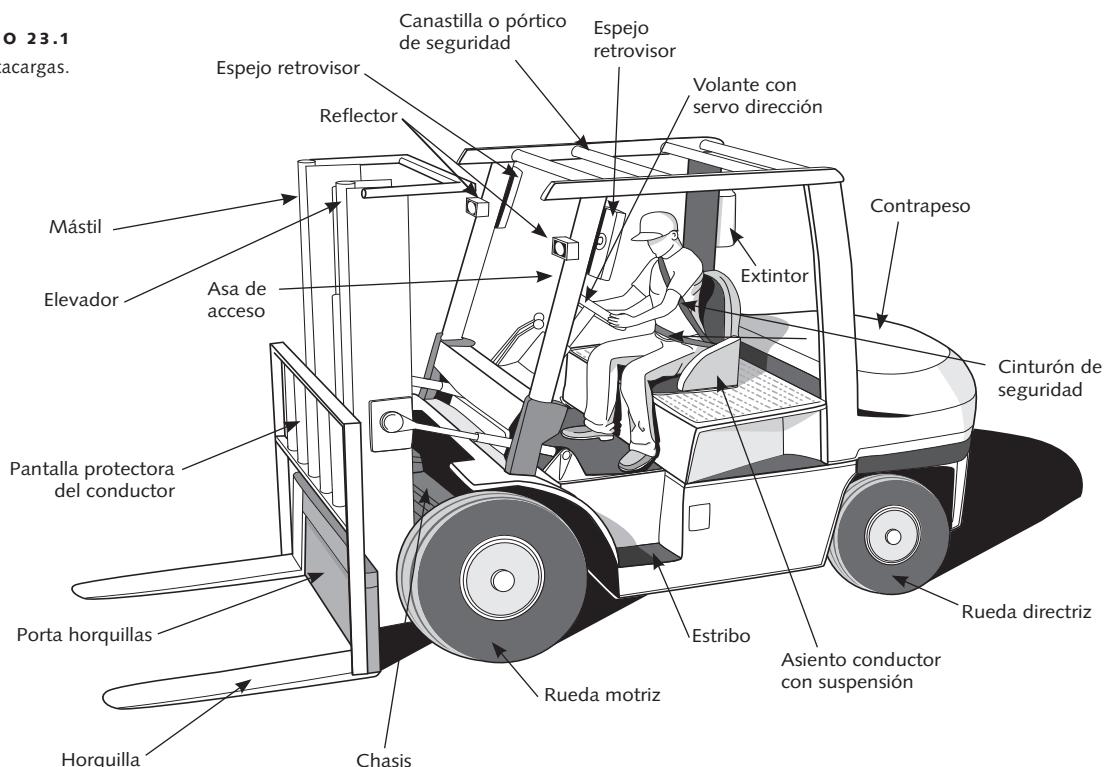
El montacargas o carretilla elevadora es un equipo apto para llevar cargas en voladizo. Se soporta sobre dos ejes: motriz, el delantero y directriz, el trasero.

### Diseño del montacargas

El diseño de un montacargas se basa en el principio de un balancín, es decir, equilibra la carga soportada en las horquillas mediante un contrapeso colocado en la parte posterior.

El levantamiento de la carga se hace sobre las horquillas, que a la vez están sujetas a un portahorquillas y éste al mástil, localizado en la parte frontal del montacargas. Este puede inclinarse hacia delante y hacia atrás para facilitar el apilamiento y mejorar la estabilidad de la carga. Las horquillas siempre estarán situadas a distancias equidistantes, respecto al portahorquillas, de lo contrario, se alterará su estabilidad lateral.

**GRÁFICO 23.1**  
Partes de un montacargas.



## **Clases de montacargas**

La Asociación Industrial de Montacargas de E.E.U.U. clasificó los montacargas en 7 tipos:

1. Clase I - Motor eléctrico / conductor sentado.
2. Clase II - Motor eléctrico / conductor parado.
3. Clase III - Motor eléctrico / manual (Tipo *palet jack*).
4. Clase IV - Motor de combustión interna (llantas sólidas).
5. Clase V - Motor de combustión interna (llantas neumáticas).
6. Clase VI - Tractores eléctricos y de combustión interna.
7. Clase VII - Montacargas para terreno escabroso.

Las llantas pueden ser:

1. Macizas: para interiores y pisos de superficie regular; permiten una mayor maniobrabilidad y estabilidad del equipo.
2. Neumáticas: para trabajos sobre superficies irregulares; brindan mayor agarre y amortiguación, pero dan menor estabilidad al equipo.

La dirección del montacargas acciona el eje trasero, lo cual permite mayor maniobrabilidad y la realización de giros en espacios reducidos.

## **Características básicas de seguridad**

*Canastilla o pórtico de seguridad:* debe cubrir la parte superior de toda el área que ocupa el conductor para protegerlo de materiales que caigan o de vuelcos. Es necesario que cumplan normas específicas de resistencia como ANSI, FEM (Federación Europea de la Manutención), ISO, entre otras.

*Placa porta horquillas:* está situada en la parte anterior del mástil, amplía la superficie de apoyo de las cargas e impide que éstas puedan caer sobre el conductor.

*Asiento amortiguado y ergonómico:* debe estar provisto de un sistema de amortiguación con capacidad para absorber las vibraciones del suelo y disponer de un diseño ergonómico y funcional.

*Silenciador con apaga chispas y purificador de gases:* son sistemas diseñados para evitar que salgan al ambiente chispas de la combustión y, a la vez, purifican los gases generados por los motores.

*Placas indicadoras:* tendrá, como mínimo, los siguientes datos:

1. Placa de identificación con los datos del fabricante.
2. Placa de identificación de equipos móviles (accesorios y aparejos).
3. Capacidad nominal de carga.
4. Presiones hidráulicas de servicio accionados por dicho sistema.
5. Advertencia: Respete la capacidad del conjunto carretilla-equipo.
6. Presión de neumáticos.

*Inmovilización, protección contra maniobras involuntarias y los empleos no autorizados:* todos los montacargas o carretillas elevadoras deben tener un freno que permita mantenerlo inmóvil con su carga máxima admisible y sin ayuda del conductor en la pendiente máxima admisible. Debe disponer de un dispositivo de enclavamiento, por ejemplo, una llave que impida la utilización por parte de personal no autorizado.

*Avisador acústico y señalización luminosa de marcha atrás (reverso):* para anunciar su presencia en puntos conflictivos de intersecciones con poca visibilidad. La intensidad acústica debe ser adecuada al nivel sonoro de las instalaciones de influencia del equipo.

### **Requerimientos que debe cumplir el conductor de carretillas elevadoras**

La conducción de carretillas elevadoras, aunque parece sencilla, requiere un desempeño seguro por parte de operadores hábiles, responsables, con conocimientos suficientes y que sean, ante todo, profesionales en el trabajo que realizan, por lo cual deben contar con licencia interna de la respectiva empresa, otorgada teniendo en cuenta las condiciones físicas y psicológicas, su capacitación y adiestramiento. Es conveniente que la licencia se expida a manera de carné que pueda llevar el conductor para su fácil identificación.

### **Medidas de prevención en operación de montacargas**

1. Antes de utilizarlo: comprender la importancia de la inspección de modo que el operario verifique el buen funcionamiento del montacargas, lo que garantiza su operación segura; para ello debe:
  - a. Seguir, al pie de la letra, las instrucciones y recomendaciones del fabricante.
  - b. Antes de encender el montacargas revisarlo o cerciorarse que ha sido revisado por personal autorizado, en mínimo los siguientes aspectos:
    - Presencia de fugas de algún líquido.
    - Nivel de combustible.
    - Nivel de electrolito en la batería.
    - Nivel de aceite del motor.
    - Nivel de líquido en el tanque hidráulico.
    - Nivel de refrigerante.
    - Estado y tensión de las correas del motor.
    - Condición de las horquillas y cadenas.
    - Presencia de escapes en cilindros hidráulicos.
    - Estado y presión de las llantas.
    - Silla y cinturón de seguridad.
    - Eficiencia de los frenos.
    - Registro del kilometraje y datos del odómetro.
    - Condiciones del extintor de incendios.

2. Durante la operación del montacargas:
  - a. Los montacargas deben ser operados “únicamente” por personal entrenado y autorizado, el cual observará los reglamentos sobre equipo de protección personal de acuerdo con las condiciones de los lugares en que deba desplazarse o permanecer en razón del trabajo.
  - b. Respetar los límites de velocidad. Por lo general, el límite máximo es de 10 kilómetros por hora dentro de bodegas, y de 20 kilómetros por hora en vías externas.
  - c. Disminuir la velocidad al transitar por pisos húmedos o irregulares, lugares de poca visibilidad o de intenso tráfico peatonal o vehicular.
  - d. La altura de las horquillas, estando en movimiento, deberá ser de 15 a 10 centímetros por encima del piso, lleve o no carga.
  - e. “Nunca” transitar con el mástil elevado, ya que la estabilidad del montacargas es menor y la carga puede volcarse.
  - f. Observar las medidas de seguridad en cuanto prelación de vías de tránsito y peatonales.
  - g. Jamás usar un montacargas para empujar o remolcar otro.
  - h. Si la carga obstruye la visibilidad, transitar en reversa.
  - i. Subir las rampas “siempre” de frente, sea que lleve carga o no.
  - j. Al bajar rampas con el equipo cargado, hacerlo en reversa. Si está descargado, hacerlo de frente.
  - k. Observar cuidadosamente la existencia de líneas de energía eléctrica, para evitar que al acercar las horquillas se pueda hacer contacto con las líneas electrificadas.
  - l. Para el levantamiento de cargas:
    - Verificar que el equipo esté diseñado para levantar el peso de la carga que va a movilizar.
    - Revisar la estabilidad de la carga. Graduar las horquillas al ancho de la carga de forma que queden centradas y cada una de las horquillas lo más cercanas posibles al borde exterior lateral de la carga y ambas horquillas distribuidas a igual distancia en el portahorquillas.
    - Inclininar el mástil hacia atrás, manteniendo la carga contra el carro elevador.
    - “Nunca” sobrecargar el montacargas.
    - No bajar ni subir el mástil con el equipo en movimiento.
    - Inclininar el mástil hacia delante sólo frente al lugar donde va a dejar la carga.
  - m. Para el apilamiento de cargas:
    - Apilar las cargas únicamente en las zonas destinadas para tal fin.
    - Respetar las áreas de almacenamiento.
    - Respetar la altura máxima de apilamiento para cada carga.
    - No dejar arrumes mal estibados o inestables.

3. Después de utilizar el montacargas
  - a. Al estacionar el equipo, así sea por corto tiempo, se debe apagar el motor, dejando el equipo engranado, las horquillas descansando en el piso el freno de parqueo activado y sin las llaves.
  - b. Al abastecer de combustible el montacargas:
    - Hacerlo en sitios abiertos y bien ventilados.
    - Apagar el motor.
    - No fumar ni permitir llamas abiertas.
    - Mantener un extintor a mano.
    - Limpiar inmediatamente cualquier derrame.
  - c. Si se trata de un montacargas eléctrico, verificar el nivel de carga del banco de baterías, si requiere carga proceder así:
    - Retirar el banco de baterías utilizando deslizadores que faciliten su desplazamiento.
    - Conectar las pinzas del cargador a los bornes verificando antes que los niveles del electrolito de los vasos de las baterías sean los adecuados.
    - Realizar la operación de recarga de baterías en sitio abierto y muy bien ventilado.

## Soldaduras

Es uno de los procedimientos más utilizados en fábricas y talleres. Básicamente, consiste en un procedimiento de fundición para unir piezas de metales compatibles. Los peligros comunes a todas las clases de soldadura son los humos metálicos y gases de combustión por lo cual no se deben aplicar soldaduras en sitios confinados o que presenten deficiencias de ventilación.

En lugares en donde haya aplicación permanente de soldadura, se deben instalar sistemas de extracción que controlen la emisión de contaminantes. Jamás se debe soldar en ambientes inflamables, ni en proximidad de sustancias inflamables o combustibles.

Entre los principales factores de riesgo durante las operaciones de soldadura se encuentran:

1. Radiaciones no ionizantes: UV, Visible, IR y ELF.
2. Químicos, por vapores y humos metálicos.
3. Mecánicos, por manipulación de piezas.
4. Ergonómico, por condiciones posturales y esfuerzos en la movilización de piezas.
5. Incendio, por trabajos en atmósferas inflamables o cerca de materiales combustibles.
6. Iluminación, por contrastes entre intensidad del arco e iluminación habitual.
7. Eléctricos, por instalaciones y elementos con energía activa.
8. Ruido, por pulido de cordones de soldadura y golpeteo para desbarbado.
9. Altas temperaturas. Quemaduras.

## **Soldadura oxiacetilénica y oxicorte**

*Procedimiento:* este procedimiento se ejecuta utilizando un soplete al cual se le conecta un cilindro de gas acetileno y otro de oxígeno, para producir una llama con la cual se alcanza la temperatura que permite la fundición del metal de aporte. Para cortar se realiza una oxidación del material, separando una pieza en dos partes.

*Peligros:* los principales peligros son la explosión del gas acetileno o la explosión del oxígeno por reacción ante sustancias como grasas derivadas del petróleo, entre otras; también pueden explotar por caída la de los cilindros y la ruptura de las válvulas. La radiación de la llama puede producir afecciones en los ojos e inhalación de humos y gases.

*Control:* los cilindros deben almacenarse separados y según si están llenos y vacíos, con los protectores de válvulas colocados y en lugares bien ventilados y provistos de cadenas que los sujeten para evitar eventuales caídas; es importante verificar que las válvulas permanezcan cerradas cuando no estén en uso y su movilización se debe hacer preferentemente utilizando carretillas o, en su defecto, girando la base por el suelo.

*Equipo de protección individual:* está compuesto por gafas de protección para soldadura autógena, guantes de cuero de manga larga con las costuras al interior, delantal de cuero, polainas, respirador de cartucho químico para humos metálicos si no existe un sistema de extracción eficiente, calzado de seguridad tipo bota, preferiblemente aislante.

## **Soldadura eléctrica con electrodo revestido**

*Procedimiento:* es una de las clases de soldadura más utilizadas y el sistema consiste en un equipo de transformación y acondicionamiento de la energía a las exigencias de los materiales para soldar. Como partes principales debe disponer de una pinza para colocar a tierra y una pinza portaelectrodo, en la cual se coloca el electrodo revestido cuyo material se aporta para la unión de las piezas, mediante el calor generado por un arco voltaico.

*Peligros:* contacto eléctrico, golpes por caída de piezas, quemaduras de cualquier parte del cuerpo expuesta, con énfasis en los ojos, ya que la retina puede sufrir graves quemaduras; inhalación de humos metálicos y gases entre los cuales se destacan: cromo, níquel, arsénico, asbesto, manganeso, sílice, berilio, cadmio, óxidos de nitrógeno, fosgeno, acroleína, compuestos de flúor, monóxido de carbono, cobalto, cobre, plomo, ozono, selenio, y cinc. Formación de fosgeno por reacción de solventes de hidrocarbonos clorados a radiaciones ultravioleta.

*Control:* buen estado de los aislamientos de la pinza portaelectrodos y no acercársela al cuerpo, especialmente en partes que puedan estar húmedas. Verificar periódicamente el estado de aislamiento de cables y tomas corrientes, pinza y cables de puesta a tierra.

*Equipo de protección individual:* utilizar ropa de protección como guantes de soldador con costuras protegidas, chaquetón o mangas, peto, polainas y botas de seguridad. Yelmo o careta de soldador con filtro de número adecuado de acuerdo con la clase de

soldadura que se esté trabajando. Cuando no exista un sistema confiable de extracción utilizar respirador de cartucho químico para humos metálicos. Nunca debe realizarse la soldadura en un radio de 200 pies cerca a donde se encuentren inflamables.

### **Soldadura arco de plasma**

*Procedimiento:* método de soldadura por arco de plasma y gas inerte. El arco debe atravesar un orificio minúsculo antes de alcanzar la pieza de trabajo. El plasma es una corriente ionizada de gas que sirve de soporte al arco. Esta técnica forma un arco más caliente y concentrado produciendo una soldadura o corte muy rápidos.

*Peligros y control:* similares a los utilizados para soldadura eléctrica de electrodo revestido.

### **Soldadura MAG**

*Procedimiento:* este método, conocido también como soldadura MIG/MAG, consiste en mantener un arco entre un electrodo de hilo sólido continuo y la pieza a soldar. Tanto el arco como el baño de soldadura se protegen mediante un gas que puede ser activo o inerte. El procedimiento es adecuado para unir la mayoría de metales, disponiéndose de una amplia variedad de metales de aportación.

*Peligros y control:* similares a los utilizados para soldadura eléctrica de electrodo revestido.

### **Soldadura MIG**

*Procedimiento:* este sistema está definido por la AWS como un proceso de soldadura al arco, donde la fusión se produce por calentamiento con un arco entre un electrodo de metal de aporte continuo y la pieza, donde la protección del arco se obtiene de un gas suministrado en forma externa, el cual protege de la contaminación atmosférica y ayuda a estabilizar el arco. El electrodo, por lo general, es un hilo enrollado en una bobina, se va consumiendo a medida que avanza la operación. Ésta se lleva a cabo en una atmósfera de gas inerte (dióxido de carbono, argón o mezclas de estos gases), para evitar oxidaciones y formación de las llamadas “perlas de soldadura”.

*Peligros y control:* similares a los utilizados para soldadura eléctrica de electrodo revestido.

### **Soldadura TIG (Tungsten Inert Gas)**

*Procedimiento:* es similar al tipo de soldadura anterior, sólo que en ésta, el electrodo no es un hilo continuo sino una barra de tungsteno que no se consume y forma el arco para fundir los materiales, el proceso es discontinuo. Al igual que en el caso anterior, la operación se lleva a cabo bajo una atmósfera de gas inerte.

*Peligros y control:* similares a los utilizados para soldadura eléctrica de electrodo revestido.

### **Soldadura de arco sumergido**

*Procedimiento:* es una variante de la soldadura por arco eléctrico. La técnica consiste en depositar una capa de material fundente granulado sobre la pieza, procediendo a soldar con un electrodo consumible de alambre metálico, sin revestir. El fundente se licua aislando la zona soldada.

*Peligros y control:* similares a los utilizados para soldadura eléctrica de electrodo revestido.

### **Soldadura de punto**

*Procedimiento:* en la soldadura por puntos la corriente eléctrica pasa por dos electrodos con punta. Debido a la resistencia del material a unir se logra el calentamiento y con la aplicación de presión sobre las piezas se genera un punto de soldadura. Las máquinas soldadoras de puntos pueden ser fijas o móviles o bien estar acopladas a un robot o brazo mecánico.

*Peligros:* su principal peligro radica en el contacto con partes eléctricas activas y en la presencia moderada de humos metálicos.

*Prevención:* verificar el buen estado de los aislamientos y utilizar guantes no conductores.

En caso de aplicación permanente de soldadura instalar sistema de extracción o, en su defecto, proporcionar respiradores químicos para humos metálicos.

### **Soldadura de estaño**

*Procedimiento:* se aplica calentando un cautín con un soplete o mediante una resistencia eléctrica. El estaño se utiliza como metal de aporte que se funde entre las piezas, uniéndolas entre sí.

*Peligros:* contacto eléctrico, quemaduras, presencia de humos y limaduras de metales pesados como estaño y plomo, el cual se adiciona a los hilos de soldadura.

*Control:* mantener en buen estado la manija del soplete y del cautín. Verificar el aislamiento de cables y partes eléctricas en general. Instalar un sistema de extracción eficiente, en caso de no disponer de este sistema, utilizar respirador de cartucho químico para metales pesados y lavar las manos cada vez que se termine la labor y también cuando se ingieran alimentos o bebidas.

### **Normatividad**

NTP 7: Soldadura. Prevención de Riesgos Higiénicos.

NTP 132: Válvulas antirretroceso de llama.

NTP 494: Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad.

NTP 713: Carretillas elevadoras automotoras (I): conocimientos básicos para la prevención de riesgos

NTP 714: Carretillas elevadoras automotoras (II): principales peligros y medidas preventivas.

NTP 715: Carretillas elevadoras automotoras (III): mantenimiento y utilización.



## Índice de palabras clave

- Accidentalidad 142, 240, 338, 377, 387-389  
Accidente 1, 16, 20, 27, 31, 40, 55, 149, 153, 157, 240, 274, 309, 314, 335, 339, 350, 377-387, 389-390, 392  
ACGIH 178, 197-198, 210-212, 254-255, 276, 288, 290, 356  
Agentes extintores 103-104, 111-116, 121, 124  
Almacenamiento 19, 34-35, 39, 48-49, 57, 79-95, 98-101, 110, 113, 115-116, 162, 244, 264, 273, 287-289, 297-298, 310, 327, 334, 358, 368, 426, 430, 433  
Amperio 3  
Análisis de vulnerabilidad 110, 122, 396, 398-399, 403  
Análisis y evaluación del riesgo 336  
Anclajes 20, 25, 39, 63, 65, 86, 150, 152-153, 183, 194  
Andamios 20, 63-70, 73-74, 77-78, 158-160  
Andamios colgantes 74  
Antropometría 304, 311  
Áreas clasificadas 14, 128, 136, 165-166, 169, 334  
Argollas 50, 150-151  
Armarios a prueba de explosión 88-89  
Arnés 140, 142, 144, 147, 150-157  
Auditivo 140, 173, 175-176, 181-182, 188-191, 356-357  
Biológico 270, 288, 291-295, 298, 300-301, 354  
Biomecánica 303-304, 307  
Boca 53, 120, 319  
Bombas 119-120, 123, 289  
Botas 17, 361, 363, 435  
Brigada de emergencias 18, 110, 122, 396-397, 400-401, 404, 406, 408-411, 414  
Bulbo húmedo 209, 211  
Bulbo seco 209, 211  
Cables 1, 9, 15, 30, 59-62, 71, 74, 144, 154, 259, 435, 437  
Caída 25, 28, 31, 56, 63, 70-71, 87-88, 92, 98, 141-145, 148-154, 157, 159, 288, 352, 383, 390, 435  
Calzado 14, 16, 22, 50, 201, 363, 435  
Campana 273  
Cantoneras 59  
Caretas 352-354  
Carga ocupacional 413  
Cartucho químico 358, 435-437  
Casco 16-17, 149, 155, 176, 351-352  
Causas de accidentes 53, 55  
Causas del riesgo 176, 207, 232, 273  
Cilindros 63, 79, 91-94, 100-101, 125, 165, 248, 287, 432, 435  
Clases de fuego 109  
Comandos 42-44, 49, 249  
Conector 147, 151-153, 161  
Confort térmico 203-204, 209-211, 213-214  
Contacto eléctrico 2-7, 9, 11, 435, 437  
Contaminantes químicos 90, 93, 127, 263-264, 266, 270, 273-276, 280, 287-288  
Control 1, 7, 14-15, 18-19, 24-25, 27, 31, 37, 41-43, 47-48, 74, 78-79, 81, 85, 88, 90, 93, 95, 98-99, 101, 103-104, 106, 110-117, 120-123, 125, 127-129, 131-133, 135-136, 138, 140, 142, 149, 156, 160-161, 169, 176, 180, 182-183, 185-187, 189, 193, 199-200, 203, 213, 215, 221, 223, 232, 240-241, 245, 248, 252, 256-260, 280, 282-283, 285-289, 291, 293, 295, 297, 304, 319-321, 327, 329, 334-336, 338, 341, 347, 349-351, 356, 359-360, 365, 369-370, 373-374, 376-377, 379, 384, 396-397, 402-407, 409, 411, 416, 418, 420-421, 424, 426, 429, 435-437  
Controles para el riesgo 135, 182, 199, 218  
cubierta 9, 11, 20, 39, 43, 62, 81, 83, 142, 237, 258, 318  
Cuerdas 30, 59-62, 74, 144, 151, 154  
Demarcación 39, 87, 426  
Deslumbramiento 155, 223, 238-239  
Detectores de humo 111-112  
Dique 90-91  
Efecto estroboscópico 232, 238

- Efectos 4-5, 7, 12-15, 47, 75, 103, 115, 128, 131, 133, 142, 148, 162, 166, 173, 176-177, 194-195, 203, 205, 207, 211, 213, 216-217, 229, 238-239, 241, 245, 249-252, 254-255, 258, 260, 263-264, 270, 273-276, 278, 281-282, 293, 295, 317, 323, 336-337, 339, 350, 381, 383, 387-388, 399, 408, 413, 421
- Efectos del riesgo 162, 195, 274, 317
- Eléctrico 1-9, 11, 13-15, 17-18, 27, 40, 50, 106, 110-111, 120, 123-124, 145, 161, 167, 170, 246, 252-253, 255-256, 260, 314, 352, 366, 374, 410, 426, 431, 434-435, 437
- Enclavamiento 9, 38, 41-42, 50, 259, 371, 432
- Enfermedad 196, 217, 219-220, 291, 293-294, 317-320, 341, 347, 378, 420
- Equipos de protección personal 47, 136, 140, 186-187, 201, 258-260, 291, 297, 349-351
- Ergonomía 53, 234, 244, 303-304, 306, 327, 330, 416
- Ergonómico 32, 40, 51, 56, 84, 150, 199, 303-304, 307, 311-312, 314, 317, 321-322, 325, 330, 431, 434
- Escaleras 16, 20-22, 24-28, 30, 35, 68-69, 74-79, 120-121, 154, 158-160, 322, 366, 383, 397, 403, 413-414
- Escaleras de mano 75, 77, 79
- Escaleras de tijera 76, 79
- Escaleras portátiles 74, 76-78
- Esfuerzo 33, 37, 213, 217, 219, 223-224, 243, 307, 309, 315, 317, 321, 326, 336, 358, 418
- Eslinga 60-61, 148
- Espacios confinados 127-128, 130-137, 141, 145, 160, 162, 164, 334, 403
- Estadísticas 6, 52, 387-388, 398, 420
- Estrategia gerencial 332
- Estrés térmico 203-204, 211
- Evaluación simplificada 280-282
- Exámenes médicos 415, 417-419
- Explosión 7, 88-89, 91, 93-94, 98-99, 120-121, 128, 130, 133, 136, 162, 164-166, 170, 263, 282, 288, 314, 366, 396, 435
- Ficha 156, 158, 188
- Filtro mecánico 358
- Frecuencia 4-5, 13, 15, 33-34, 111, 138, 173-174, 176-177, 181-182, 184-185, 189-190, 194, 196-197, 199-200, 225, 231, 246, 249, 251-252, 255-256, 259, 280, 286-287, 298, 304, 308-309, 315, 317-319, 323, 327, 334, 339, 369, 372, 381, 388
- Freno 48, 73, 78, 151, 155, 370, 432, 434
- Fuego 90, 94-95, 103-104, 106-118, 121-125, 165, 229, 361, 366, 402
- Funciones 13, 34, 41, 67, 81, 131-133, 140, 187, 200, 286, 316, 367, 396-398, 401, 405-406, 411, 416-417, 420
- Ganchos 27, 50, 53, 59, 61, 75-76, 147
- Gases a presión 79, 91-92, 101
- Gases y vapores 47, 107, 115, 269, 287, 355
- Gestión 130, 132, 241, 298, 331-332, 335-336, 338, 345-347, 363, 377-378, 396
- Gestión del riesgo 347
- Golpe 92, 208, 318, 351
- Grado de peligrosidad 25, 37, 283, 336, 338-340, 344-345
- Grúas 42, 58, 78, 158, 164, 196
- Guantes 16-17, 47, 50, 56, 88, 155, 201, 259, 311, 361-363, 435, 437
- Guarda 223
- Guardacabos 61
- Guardapedal 43
- Herida 40
- Herramienta manual 197
- Higiene postural 321
- Identificación de peligros 79, 87, 100-101, 332-333, 336
- Iluminación 5, 26-27, 29, 38, 79, 81-82, 89, 98, 103, 121, 136, 223-234, 237-244, 307, 313-315, 327, 334, 366, 380, 384-385, 402-403, 434
- Incendio 79, 82, 85, 93, 98-99, 103-107, 110-111, 113-116, 118-125, 128, 133, 145, 165, 167, 252, 263, 282, 314, 396, 398, 407, 434

- Índices de gestión 345-346  
Índice WBGT 204, 208-211  
Inerte 115, 170, 289, 436  
Inflamabilidad 107-108, 128, 130, 164, 166, 168, 260, 288  
Informes de estudios de higiene industrial 421  
Inspección de seguridad 29, 333, 335, 338, 392  
Instructivo de operación segura 48  
Instrumento de medida 211, 218, 255-256, 270, 314  
Investigación de accidentes 130, 377, 379, 381, 383, 387  
Ionizantes 245-250, 253, 255-258, 418, 434  
Izaje de cargas 56-57, 142  
Lesión 37, 40, 177, 311, 318-320, 378, 380, 382, 388-389, 408  
Límites de inflamabilidad 107-108, 130  
Límites permisibles 130, 134-135, 173, 177-178, 182, 188, 197, 201, 204, 210-212, 217, 233, 254-255, 266, 275-276, 341, 417  
Locativo 19, 25, 36, 74, 79, 81, 110-111  
Longitudes de onda 185, 206, 225-226, 246, 248-249, 252-253  
Mandil 360  
Mandos a dos manos 41-42  
Manejo de cargas 78, 310, 326  
Mantenimiento 1, 18, 20, 23, 25, 27-31, 38-39, 41, 49, 51, 53, 55, 57, 60, 63, 66, 69-70, 77, 85, 87, 90, 98, 104, 117, 124-125, 139, 142-144, 149, 158, 160-161, 167, 176, 183, 185, 216, 230, 232, 240, 242, 244, 258, 309, 311, 316, 322, 349, 351, 356, 360, 363, 365-376, 384-385, 387, 407, 409-410, 437  
Mantenimiento preventivo 53, 57, 98, 183, 370-372  
Máquinas herramientas 78  
Máquinas y equipos 21, 38, 176, 179, 194, 365  
Material particulado 47, 269-270, 354-355, 358, 418  
Mecánico 37, 40, 49, 59, 84, 307, 314, 358, 374, 437  
Medicina 142, 249, 289, 353, 415-416, 419-420  
Medicina del trabajo 289, 415, 419-420  
Medicina preventiva 416  
Medidas de prevención 78, 127-128, 142, 144-145, 182, 295, 332, 421, 425, 432  
Medidas de protección 11, 144-147, 150, 153-154, 157, 163, 193  
Mejoramiento continuo 132, 347, 387  
Monitoreo 128, 136, 139, 162-163, 191, 299, 301, 347, 421  
Monogafas 354-355  
Montacargas 73, 79, 81, 84, 87, 98, 196, 429-434  
Mosquetón 151, 155  
NFPA 8, 18, 90, 95, 97, 108, 122-123, 166, 170-171, 376, 402  
Niveles de presión sonora 180  
No ionizantes 245-246, 248, 250, 253, 256, 258, 418, 434  
Oído 173-175, 182, 197, 217, 308, 356-357  
Ojos 7, 99, 155, 225, 239, 241-243, 250-251, 254, 258, 260, 274, 284, 308, 323, 325, 352, 354-355, 360, 418, 435  
Onda sonora 175  
Orden y limpieza 28-29, 31-33, 35-36, 335  
Oxicorte 128, 164, 355, 435  
Panorama de factores de riesgo 338  
Parada de emergencia 38, 41, 43-44  
Perfiles de trabajo 313  
Permisos de trabajo 67, 129, 134, 163-164  
Plan de emergencias 28, 110, 113, 122, 130, 136, 395-396, 404-407, 409-411  
Plan de evacuación 396-398, 412  
Plataformas 62, 64, 66-69, 71-74, 77, 82, 128, 158, 160-161, 200, 310, 325, 391-392  
Política 128, 131-132, 332, 371-373, 396, 405  
Postura 196, 307, 310, 315, 318, 320-321, 323-326  
Presión 25, 40, 43, 48, 50, 55, 78-79, 89, 91-94, 101, 105, 117-121, 125, 154, 167-168, 170, 173-181, 189, 215-220, 231, 248, 264-265,

- 286, 299, 309-311, 317, 319, 321, 325, 334, 356-357, 359-360, 366, 386, 431-432, 437
- Presiones anormales 215-216, 221, 418
- Primeros auxilios 16, 136, 140-141, 155, 157, 165, 272, 274, 369, 378, 397, 403-404, 408, 419
- Protección auditiva 155, 178, 188-190, 356
- Protección corporal 361
- Protección de manos 361
- Protección facial 352-353
- Protección para la cabeza 351
- Protección visual 56, 354
- Protectores corporales 360
- Protectores respiratorios 357-358
- Puertas 22, 24-26, 28, 75, 93, 120-121, 123-124, 144, 214, 397, 409, 413
- Puesta a tierra 12-17, 56, 366, 435
- Pulidora 181
- Químicos 81, 88, 90, 93, 95, 97-99, 101, 107, 114-115, 117, 123-124, 127, 133, 139, 263-264, 266, 270-271, 273-276, 280, 283-285, 287-290, 342, 353, 358, 363, 396, 434, 437
- Radiaciones 7, 20, 120, 221, 224-225, 231, 245-250, 252-253, 255-258, 352, 354-355, 360, 418, 434-435
- Reacción en cadena 104, 106-107, 113-114, 116
- Resguardos 9, 38, 41, 45, 47, 49, 371, 375, 385
- Riesgos físicos 341
- Ruido 39, 173-191, 199-200, 307, 314, 356-357, 385, 417-418, 434
- Seguridad intrínseca 38, 132, 169
- Seguridad positiva 9, 38, 41-42
- Señalización 15-16, 28-31, 34, 79, 87, 90, 95, 99-100, 117, 135, 225, 259-260, 298, 335, 361, 380, 408, 423-426, 432
- Sistemas de alarma 85, 112
- Sistemas de detección 111-112, 124, 268, 402
- Soldadura 91, 110, 120, 125, 128, 136, 139, 161-164, 184, 249, 251, 256, 258-259, 334, 352-353, 355, 429, 434-437
- Soldadura de arco 120, 437
- Soldadura de oxiacetileno 162, 355
- Soldadura MIG 436
- Soldadura TIG 436
- Sonómetro 180-181
- Tanques 23, 79, 88-91, 100, 113-114, 116, 119, 123, 125, 135, 142, 162, 248, 360, 367
- Temperatura 25, 39, 81, 89, 105-108, 112-113, 115-116, 119, 125, 138, 145, 164, 170, 185, 203-213, 216, 218, 224, 230, 249, 251, 264-265, 283-284, 287, 293, 295, 307, 313-314, 326-327, 385, 435
- Termómetro 204, 209, 211, 256
- Tetraedro del fuego 104, 107, 113-114
- Tiempo exposición 180, 191, 341
- Tipos de visión 225
- TLV 178, 182, 197-198, 211-212, 254-255, 266, 275-277, 293, 358
- Tóxico 115, 265, 276
- Trabajo en altura 20, 141, 143-144, 392, 403
- Trabajo en caliente 127-128, 161-164, 184
- Trabajos de alto riesgo 127-129, 143, 349
- Transmisión de calor 206
- Trauma 317, 329, 380
- Tubería 64, 118-119, 138, 168
- Tubo 71-73, 91, 218, 248, 257, 286, 359
- Valoración del riesgo 37, 134, 143, 162, 177, 186, 197, 208, 217, 233, 253, 275, 291, 293-294, 312, 314, 399
- Valoración de riesgos 336, 341
- Valores 4, 12, 61, 130, 134, 173-175, 177-179, 182, 187, 189, 193, 197, 201, 204, 209-212, 217, 225, 233, 237, 244, 254-255, 263, 266, 270, 275-277, 286, 293, 337, 339, 341, 352, 417
- Valores límites permisibles 130, 134, 173, 178, 182, 197, 201, 204, 210-212, 217, 233, 254-255, 266, 275-276, 341, 417
- Vibraciones 39, 176, 183, 193-197, 199-201, 307, 314, 372, 431

Vigilancia epidemiológica 187, 201,  
218, 281, 415, 418, 420-421

Voltio 2-3

Vulnerabilidad 110, 122, 176, 354,  
395-396, 398-400, 403

Zorras estibadoras 84



## Bibliografía

- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS "ACGIGAL Y CIENCIAS FORENSES (2011). *Lesiones de causa externa*. En: Revista Forensis, Vol. 12, nº. 1, junio. Bogotá: Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses.
- INSTITUTO PERUANO DE SEGURIDAD SOCIAL (1994). *Estudio de legislación comparada sobre salud del trabajador*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Reunión Andina de Salud de los Trabajadores.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY CAMPUS MORELOS (s.f.). *Antropometría. Laboratorio de Producción*.
- MANCERA, M. y otros (s.f.). *Repertorio de factores de riesgo ocupacional. Medidas de control sector industrias metálicas básicas*. Bogotá: Impresión Editolaser Ltda.
- MARCOS SÁNCHEZ, MANUEL (1984). *Manual de higiene y seguridad minera*. Lima: Cied.
- MÉNDEZ, RÁULYN (2002). *Manual de primeros auxilios*. México: Servicio de prevención de riesgos laborales U.R.
- MÉXICO (2003). *Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Seguridad e Higiene -Stps-*. México: Servince.
- MOLINA, G. (1977). *Introducción a la salud pública: fomento y promoción de la salud ocupacional*. Medellín: Escuela Nacional de Salud Pública.
- NACIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION – NFPA- (1993). *Manual de protección contra incendios*. Madrid: Editorial Mapfre.
- NEFTA, J.C. (1988). *¿Qué son las condiciones y medio ambiente de trabajo? Propuesta de una nueva perspectiva*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Humanitas.
- NOVAU, J.M. (1982). *Señalización de seguridad*. Barcelona: INSHT.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO –OIT– (2001). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Edición española. Madrid: OIT.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO –OIT– (1999). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Tomos I, II, III y IV. Madrid: Imprenta Fareso.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO –OIT– (1990). *Control de riesgos de accidentes mayores*. Ginebra: OIT.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (1989). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Tomos I, II y III. Madrid: Imprenta Fareso.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – OPS– (1992). *La seguridad social en los países del área andina*. Washington: OPS.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – OPS– (1986). *Enfoques metodológicos para la investigación de los sistemas de vigilancia epidemiológica en salud ocupacional*. Documentos de trabajo. Washington: OPS.
- PERÚ. Ministerio De Salud/ops (1990). *Informe de Perú a la reunión andina de salud de los trabajadores*. Lima: el Ministerio.
- PROVEA (1996). *La salud como derecho. Marco nacional e internacional de protección del derecho humano a la salud*. Serie Aportes nº. 3, Provea, Venezuela.
- SANDOVAL, H. (1994). *Tercer informe de avance proyecto fortalecimiento del sistema de salud ocupacional en chile*. Santiago: Banco Mundial– Ministerio de Salud.
- SIKICH, G.W. (1997). *La administración de emergencias*. México: Litográfica Ingramex.
- Tennasse, Maritza (1995). *Situación actual y*

*perspectivas de la salud ocupacional en América Latina.* En: Salud de los Trabajadores, Vol. 3, nº.1, enero de 1995, p. 5-10. Maracay, Venezuela.

VALLS, R. Y MESTRE, J. (1982). Prevención y protección del riesgo de electrocución. Edición interna.

### **Referencias bibliográficas en la Web**

Para profundizar sobre el contacto con elementos generadores de energía estática: <<http://www.electrostatica.net>>.

En la siguiente dirección web el lector podrá consultar las normas NFPA en español: <<http://www.catalogonfpa.org>>.

Puede consultar las siguientes tablas de descompresión: PADI –Professional Association of Diving Instructors– (Asociación Profesional de Instructores de Buceo), <[www.padi.se](http://www.padi.se)>; naui – Nacional Association of Underwater Instructors– (Asociación Nacional de Instructores Bajo el Agua), <[www.naui.org](http://www.naui.org)>; y fedas –Federación Española de Actividades Subacuáticas–, <[www.fedas.es](http://www.fedas.es)>.

Para mayor información sobre los modelos encaminados a la evaluación simplificada del riesgo químico consultar: HSE –Coshh Essentials, Control of Substances Hazardous to Health–, <<http://www.coshh-essentials.org.uk>>; inrs –Methodologie d’evaluation Simplifiee du Risque Chimique–, <[http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParIntranetID/OM:Document:oB4611E044B5A30AC125708800421904/\\$FILE/Visu.html](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParIntranetID/OM:Document:oB4611E044B5A30AC125708800421904/$FILE/Visu.html)>

*consultado marzo de 2012.*

niosh –Control Banding–, <<http://198.246.98.21/niosh/topics/ctrlbanding/>>; oit –Chemical Control Banding, The International Chemical

Control Toolkit (icct)–, <[http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl\\_banding/](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/)>

*consultado marzo de 2012.*

En la página web del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, se pueden consultar algunos métodos en español de toma de muestras contaminantes químicos: <<http://www.mtas.es/insht/>>

*consultado marzo de 2012.*

### **Otras páginas web consultadas (en marzo de 2012):**

<<http://www.manceras.com.co>>.

<<http://www.manceras.com.co/artaltura.pdf>>.

<[http://www.saludalia.com/Saludalia/servlets/contenido/jsp/parserurl.jsp?url=web\\_saludalia/urgencias/doc/accidentesq/doc/doc\\_lesiones\\_electricidad.xml](http://www.saludalia.com/Saludalia/servlets/contenido/jsp/parserurl.jsp?url=web_saludalia/urgencias/doc/accidentesq/doc/doc_lesiones_electricidad.xml)>.

<[http://www.prevention-world.com/foros\\_de\\_prevencion/get.asp?M=176619&T=175875&F=11](http://www.prevention-world.com/foros_de_prevencion/get.asp?M=176619&T=175875&F=11)>.

<<http://msp.rec.uba.AR/REVISTA/>>.



*Seguridad e Higiene Industrial, Gestión  
de Riesgos se terminó de  
imprimir en marzo  
de 2012 en los talleres  
de gente nueva.  
Pertenece al Fondo  
Editorial de Alfaomega  
Colombiana.*

# Seguridad e Higiene industrial

## Gestión de riesgos

El campo de la seguridad y la salud en el trabajo crece diariamente, no solo en popularidad sino también en exigencias, tanto desde el punto de vista legal como del administrativo y social.

¿Qué decir de la higiene industrial? Si no se cuida el ambiente en el cual se realiza la tarea, no solo se afecta la salud del trabajador sino que, además, se deja a un lado la calidad y la productividad.

El cuidado del ambiente dentro y fuera de la fábrica mediante el buen manejo de los desechos industriales es hoy día un dogma a seguir.

Los autores, inmersos en el oficio de alcanzar la seguridad y salud en el trabajo mediante la labor del día a día, han querido, mediante de este libro, transmitir experiencias y conocimientos propios y ajenos; los unos, fruto de las vivencias propias; los otros, provenientes de la generosidad de todos aquellos que están dispuestos a compartir sus conocimientos en forma verbal, escrita o mediante sus ejemplos, para servir de guía en el transcurrir de esta labor profesional.



ÁREA	SUBÁREA
INGENIERÍA	INGENIERÍA INDUSTRIAL

