



OHTA

Occupational
Hygiene Training
Association

Promoviendo la higiene ocupacional en todo el mundo

MANUAL DEL ESTUDIANTE

Principios Básicos en Higiene Ocupacional

Febrero de 2017

Este curso lo ofrece la Asociación de Capacitación en Higiene Ocupacional y está disponible libre de cargos a través del sitio web OHTA Ohtatraining.org.

Información de derechos de autor

Este manual del estudiante se proporciona bajo el acuerdo de licencia de Creative Commons Attribution – NoDerivs. Solamente se puede reproducir en su totalidad sin cambios, a menos que cuente con el permiso previo por escrito de OHTA.

Traducción al español patrocinada por Goldcorp y revisada por Rafael Echavarría, CIH.

Asociación de Capacitación en Higiene Ocupacional, 5/6 Melbourne Business Court
Millennium Way, Pride Park, Derby, DE24 8LZ
Correo electrónico: team@ohtatraining.org

TABLA DE CONTENIDO

RECONOCIMIENTOS	i
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 HISTORIA	3
1.2 LA IMPORTANCIA DE LA HIGIENE OCUPACIONAL	6
2 FISIOLÓGÍA HUMANA Y ENFERMEDADES INDUSTRIALES	8
2.1 PIEL	8
2.1.1 Dermatitis	9
2.1.2 Daños físicos	10
2.1.3 Agentes biológicos	10
2.1.4 Cáncer	11
2.1.5 Otros efectos	11
2.2 SISTEMA MUSCULO ESQUELÉTICO	11
2.3 SISTEMA NERVIOSO	12
2.4 SISTEMA ENDOCRINO	14
2.4.1 El sistema circulatorio	15
2.5 LA SANGRE	17
2.6 SISTEMA RESPIRATORIO	18
2.7 EL TRACTO GASTROINTESTINAL	21
2.8 EL HÍGADO	22
2.9 SISTEMA URINARIO	23
2.10 EL OJO	23
3 FUNDAMENTOS DE TOXICOLOGÍA	25
3.1 INTRODUCCIÓN	25
3.2 TÉRMINOS	25
3.3 CONCEPTOS BÁSICOS	26
3.3.1 Forma Física	27
3.3.2 Dosis	27
3.3.3 Vía de entrada / absorción	28
3.3.4 Metabolismo	29
3.3.5 Excreción	29
3.3.6 Respuesta a las toxinas	30
3.4 ETAPAS DE EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA	30
3.4.1 ¿Qué efectos adversos puede ocasionar un químico?	30
3.4.2 ¿Son los efectos que se ven en animales relevantes para el hombre?	31

3.5	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD.....	31
4	EJEMPLOS DE SUSTANCIAS/PROCESOS PELIGROSOS.....	33
4.1	SÍLICE CRISTALINA.....	33
4.2	MÁQUINA FABRICADA DE FIBRA MINERAL (MMMF).....	34
4.3	HUMOS DE LA SOLDADURA.....	35
4.4	ISOCIANATOS	36
4.5	POLVO DE MADERA	36
4.6	FARMACÉUTICOS.....	36
4.7	PRODUCTOS DE PETRÓLEO.....	37
4.8	MINERÍA – EXTRACCIÓN DE MINERALES Y METALES	39
4.9	USO DE METAL Y REFINADO.....	39
4.10	ESCAPE DE DIESEL.....	40
4.11	NANO PARTÍCULAS	42
5	EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD	43
5.1	INTRODUCCIÓN.....	43
5.2	PELIGROS Y RIESGOS.....	43
5.3	EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD	43
5.3.1	Definir la extensión de la evaluación	44
5.3.2	Reunir Información.....	44
5.3.3	Evaluación de Riesgo(s) a la Salud.....	45
5.3.4	Especificar Cualquier Acción Requerida	46
5.3.5	Registrar la Evaluación de Riesgos.....	47
5.3.6	Llevar a cabo las Acciones.....	47
5.3.7	Revisar la Evaluación de Riesgos	47
5.3.8	Comunicación/Consulta	48
5.4	SISTEMAS EXPERTOS Y BANDAS DE CONTROL	48
6	MEDICIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AIRE.....	49
6.1	PRINCIPIOS GENERALES	49
6.1.1	Técnicas de Muestreo	50
6.1.2	Tipos de Muestreo	50
6.2	EQUIPO DE MUESTREO	53
6.3	REGISTROS DE MUESTREO	54
6.4	MUESTREO DE PARTÍCULAS EN EL AIRE	54
6.4.1	Tamaño de la partícula.....	54
6.4.2	Elementos de un sistema de muestreo	55

6.5	MUESTREO PARA GASES Y VAPORES	57
6.5.1	Equipo de Muestreo	57
6.5.2	Métodos de Muestreo.....	61
6.5.3	Muestro de Posición Fija	62
6.6	ESTRATEGIAS DE MUESTREO	63
6.6.1	Identificación de los Contaminantes en el Aire	63
6.6.2	Fugas y Derrames.....	63
6.6.3	Evaluación de Efectividad de las Medidas de Control	63
6.7	MÉTODOS DE ANÁLISIS	63
6.7.1	Vapores Orgánicos	64
6.7.2	Gases Inorgánicos	64
6.7.3	Materia de Partículas Orgánicas	64
6.7.4	Metales y sus Compuestos	64
6.7.5	Polvos Minerales.....	64
6.7.6	Materia de Partículas de Diesel (medidas como carbón Elemental)	65
6.8	CALIBRACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD	65
7	ESTÁNDARES DE HIGIENE Y LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL	66
7.1	INTRODUCCIÓN.....	66
7.2	CONFIGURACIÓN DE ESTÁNDARES DE HIGIENE Y LÍMITES DE EXPOSICIÓN.....	66
7.3	ESTÁNDARES DE HIGIENE DE AGENTES QUÍMICOS	67
7.3.1	Cuantificar las Concentraciones en el Aire de Agentes Químicos	68
7.3.2	Categorías de Límites de Exposición	68
7.3.3	Notación de “Piel”.....	69
7.3.4	Efectos de Exposiciones Mezcladas	69
7.3.5	Cálculo de exposición con relación a los periodos de referencia especificados.....	70
7.4	VALORES GUÍA DE MONITOREO BIOLÓGICO	72
8	MONITOREO BIOLÓGICO Y VIGILANCIA A LA SALUD	73
8.1	ORINA	75
8.2	SANGRE.....	76
8.3	PIEL	76
8.4	ALIENTO	76
8.5	RAYOS-X	77
8.6	PRUEBAS NEUROLÓGICAS.....	77
8.7	AUDIOMETRÍA.....	77
8.8	PRUEBA DE FUNCIÓN PULMONAR.....	77
8.8.1	Volumen pulmonar y Volumen Expiratorio Forzado (FEV1)	77

8.8.2	Resistencia de las vías respiratorias	77
9	ENFOQUES GENERALES PARA EL CONTROL DE RIESGOS A LA SALUD	79
9.1	TIPOS DE MEDIDAS DE CONTROL.....	79
9.1.1	Eliminación/Sustitución	80
9.1.2	Aislamiento	80
9.1.3	Segregación.....	81
9.1.4	Controles de Ingeniería.....	81
9.1.5	Controles Administrativos.....	82
9.1.6	Información, Instrucción y Capacitación	83
9.1.7	Equipo de Protección Personal (PPE).....	84
10	VENTILACIÓN	85
10.1	TIPOS DE CONTROL	85
10.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UN SISTEMA LEV.....	85
10.2.1	Consideraciones Generales	86
10.2.2	Entradas/Campanas	87
10.2.3	Conducto.....	91
10.2.4	Limpiadores de Aire	92
10.2.5	Motores de Aire.....	93
10.2.6	Descarga a la Atmósfera.....	93
10.3	MANTENIMIENTO, EXAMEN Y PRUEBA DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN.....	94
10.3.1	Requerimientos Legales.....	94
10.3.2	Mantenimiento Regular	94
10.3.3	Examen y Prueba Completa.....	95
11	ASBESTO	96
11.1	ANTECEDENTES	96
11.1.1	Tipos de Asbesto	96
11.1.2	Propiedades del Asbesto	97
11.1.3	Uso del Asbesto	98
11.1.4	Fibras de Asbesto en el Aire	99
11.1.5	Exposición a las Fibras de Asbesto.....	99
11.2	PELIGROS A LA SALUD DEL ASBESTO.....	99
11.3	REGISTRO DEL ASBESTO	100
11.3.1	Función del Registro del Asbesto.....	100
11.4	TRATAMIENTO CORRECTIVO DE MATERIALES QUE CONTIENEN ASBESTO	101
11.4.1	Eliminación del Asbesto	101

11.4.2 Reparación/Encapsulación de asbesto	101
11.5 PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DE ASBESTO	102
12 PELIGROSOS BIOLÓGICOS	103
12.1 INTRODUCCIÓN A LOS PELIGROS BIOLÓGICOS	103
12.2 LEGIONELLA Y FIEBRE DEL HUMIDIFICADOR.....	105
12.2.1 Legionella.....	105
12.2.2 Fiebre del humidificador	107
12.3 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LA SANGRE	107
12.3.1 Hepatitis B.....	108
12.3.2 Hepatitis C	109
12.3.3 VIH - (Virus de Inmuno-Deficiencia Humana).....	109
12.4 ZONOSIS.....	110
12.4.1 Ántrax (Grupo 3 ACDP).....	111
12.4.2 Leptospirosis (Grupo de peligro 2)	112
12.4.3 Salmonelosis.....	112
12.4.4 Fiebre Q.....	112
12.5 MOHOS.....	113
12.6 PANDEMIAS.....	113
12.7 MODIFICACIÓN GENÉTICA.....	114
13 RUIDO.....	116
13.1 ANTECEDENTES	116
13.2 EL OÍDO	116
13.3 SONIDO AUDIBLE.....	117
13.4 EFECTOS A LA SALUD DE RUIDO EXCESIVO.....	118
13.5 ADICIÓN DE LOS NIVELES DE SONIDO	120
13.6 ANÁLISIS DE FRECUENCIA	120
13.7 PONDERACIONES DE DECIBELES	121
13.8 NIVEL DE SONIDO CONTINUO EQUIVALENTE (LEQ).....	122
13.9 DOSIS DE RUIDO	122
13.9.1 Calcular Lep,d.....	123
13.10 LÍMITES DE RUIDO	123
13.10.1 Otros Límites	124
13.11 CONSERVACIÓN AUDITIVA.....	124
13.11.1 Evaluación de Ruido en el Lugar de Trabajo	124
13.11.2 Control de Ruido en el Lugar de Trabajo	126
13.11.3 Protección de Personal en Riesgo.....	126

13.11.4 Información de Instrucción y Capacitación.....	127
14 VIBRACIÓN	128
14.1 INTRODUCCIÓN.....	128
14.1.1 Frecuencia	129
14.1.2 Amplitud.....	129
14.1.3 Aceleración (medición de la intensidad de vibración)	129
14.2 EXPOSICIÓN A LA VIBRACIÓN.....	129
14.3 EFECTOS A LA SALUD DE LA VIBRACIÓN	130
14.4 MEDICIÓN DE VIBRACIÓN	131
15 MEDIO AMBIENTE TÉRMICO: PRINCIPIOS, EVALUACIÓN Y CONTROL	132
15.1 RESPUESTA HUMANA AL MEDIO AMBIENTE TÉRMICO	132
15.1.1 Respuestas fisiológicas al calor	132
15.1.2 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS AL FRÍO.....	133
15.1.3 Respuestas psicológicas al medio ambiente térmico	133
15.2 TRANSFERENCIA DE CALOR DESDE EL CUERPO.....	133
15.3 EVALUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE TÉRMICO	134
15.3.1 Tasa metabólica.....	134
15.3.2 Aislamiento Personal.....	135
15.3.3 Duración de la Exposición.....	136
15.3.4 Temperatura de Bulbo Seco.....	136
15.3.5 Temperatura del Globo	137
15.3.6 Temperatura Radiante de la Media	137
15.3.7 Velocidad del Aire	138
15.3.8 Contenido de Humedad	138
15.3.9 Monitoreo personal	139
15.4 ÍNDICES DE ESTRÉS POR CALOR	140
15.5 COMODIDAD TÉRMICA.....	141
15.6 ESTRÉS POR FRÍO	142
15.7 CONTROLAR EL AMBIENTE TÉRMICO.....	142
15.7.1 Modificar las condiciones de comodidad	142
15.7.2 Modificar los ambientes calientes.....	143
15.7.3 Modificar los ambientes fríos.....	143
15.8 PROBLEMAS AMBIENTALES ESPECÍFICOS.....	144
15.8.1 Componentes radiantes altos.....	144
15.8.2 Condiciones de alta humedad	145

15.8.3 Condiciones secas calientes	146
16 INTRODUCCIÓN A LA ILUMINACIÓN Y RADIACIÓN SIN IONIZACIÓN	147
16.1 INTRODUCCIÓN.....	147
16.2 TIPOS DE RADIACIÓN SIN IONIZACIÓN	148
16.2.1 Radiación Ultravioleta (UV)	148
16.2.2 Radiación Infrarroja (IR)	150
16.2.3 Radiación Láser	150
16.2.4 Radiación de Microondas	151
16.2.5 Otros Efectos de la Radiación Sin Ionización	152
16.3 EVALUACIÓN DE RADIACIÓN SIN IONIZACIÓN	152
16.4 ILUMINACIÓN	152
16.4.1 Reconocimiento	152
16.4.2 Evaluación de Iluminación.....	153
16.4.3 Brillo.....	154
16.4.4 Buena Iluminación.....	154
17 RADIACIÓN POR IONIZACIÓN.....	155
17.1 NATURALEZA.....	155
17.2 RADIONÚCLIDOS	156
17.2.1 Unidades de Radiación por Ionización	156
17.3 RADIACIÓN INTERNA Y EXTERNA	157
17.4 NIVELES DE RADIACIÓN	158
17.5 EFECTOS BIOLÓGICOS DE RADIACIÓN POR IONIZACIÓN.....	158
17.6 USOS DE LA RADIACIÓN	160
17.7 MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN.....	160
17.8 PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	161
17.9 VIGILANCIA DE LA SALUD.....	162
18 INTRODUCCIÓN A LA ERGONOMÍA	163
18.1 INTRODUCCIÓN.....	163
18.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL LUGAR DE TRABAJO	164
18.3 MANEJO MANUAL	164
18.3.1 La Espalda.....	165
18.3.2 Realizar una Evaluación de Manejo Manual.....	167
18.3.3 Métodos de Reducir Riesgos	168
18.3.4 Información, Instrucción y Capacitación	169
18.4 TAREAS REPETITIVAS	170

18.5 EQUIPO DE PANTALLA (DSE).....	171
18.5.1 Posibles Efectos de Utilizar DSE.....	172
18.6 REALIZAR UNA EVALUACIÓN.....	173
18.7 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO	173
18.8 CONTROLES ADMINISTRATIVOS	175
19 COMPORTAMIENTO Y CULTURA	176
19.1 IMPACTOS DEL COMPORTAMIENTO EN LA HIGIENE OCUPACIONAL.....	176
19.2 MOTIVACIÓN Y MODIFICACIÓN DE COMPORTAMIENTO	177
19.3 CULTURA DE SALUD Y SEGURIDAD	179
20 ESTRÉS RELACIONADO CON EL TRABAJO	182
20.1 SÍNTOMAS DE ESTRÉS	182
20.2 EVALUACIÓN DE ESTRÉS.....	183
20.3 MANEJO DEL ESTRÉS	184
21 CARRERAS EN HIGIENE OCUPACIONAL	187
21.1 PRÁCTICAS DE HIGIENE OCUPACIONAL.....	187
21.1.1 Servicios dentro de la compañía	187
21.1.2 Consultoría.....	190
21.1.3 Agencias Estatales.....	191
21.1.4 Investigación y Enseñanza.....	191
21.2 IMPLICACIONES DE LOS HIGIENISTAS	192
21.3 EL HIGIENISTA COMO UN GERENTE.....	192
21.4 DESARROLLO DEL PERSONAL.....	194
21.4.1 Unirse a una sociedad.....	195
21.4.2 Involucrarse	195
21.4.3 Construya su red.....	196
21.5 ÉTICA	196
REFERENCIAS.....	198

RECONOCIMIENTOS

Este manual fue desarrollado originalmente por Hirst Consulting Limited, UK y GlaxoSmithKline. A la “*Occupational Hygiene Training Association Ltd.*” (OHTA) le gustaría reconocer la contribución de estas organizaciones en el financiamiento y desarrollo del material y agradece su permiso para usarlo y modificarlo.

OHTA también le gustaría expresar su aprecio a los siguientes individuos por su soporte o contribución.

- Steve Bailey
- Roger Alesbury
- Phil Johns
- Brian Davies
- BP International Limited
- GSK

Este manual se actualizó el 07/2016 y la contribución de las siguientes personas es muy apreciada.

- Kerrie Burton
- Brian Davies
- John Dobbie
- Jen Hines
- Terry McDonald

Versión	Fecha de Liberación	Comentarios
1.0	Octubre de 2010	Versión inicial
2.0	Mayo de 2016 y febrero de 2017	Actualización de información técnica y cambios editoriales menores



Soportado por



Este trabajo está licenciado bajo la Atribución de
Comunes Creativa – No Derivativo

1 INTRODUCCIÓN

La Asociación Internacional de Higiene Ocupacional (IOHA) define la Higiene Ocupacional como:

'La disciplina de **anticipar, reconocer, evaluar y controlar** los riesgos a la salud en el medio ambiente de trabajo, con el objetivo de proteger la salud y bienestar del trabajador y salvaguardar a la comunidad en general.'

ANTICIPACIÓN – esto implica identificar peligros potenciales en el lugar de trabajo antes de que sean introducidos.

RECONOCIMIENTO – esto implica identificar el peligro potencial que un agente químico, físico o biológico – o una situación ergonómica adversa – representa para la salud.

Agentes químicos	Gases, vapores, sólidos, fibras, líquidos, polvos, nieblas, humos, etc.
Agentes físicos	Ruido y vibración. Calor y frío. Campos electromagnéticos, iluminación etc.
Agentes biológicos	Bacterias , hongos, etc.
Factores ergonómicos	Levantamiento, estiramiento y movimiento repetitivo.
Factores psicosociales	Estrés, carga de trabajo y organización del trabajo.

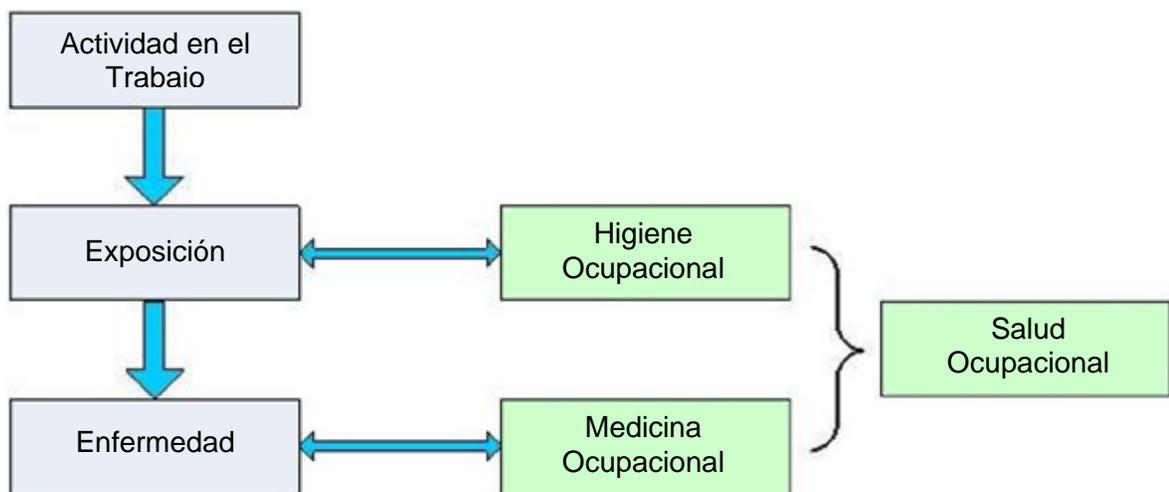
EVALUACIÓN del grado de exposición a peligros químicos, agentes físicos o biológicos (o una situación ergonómica adversa) en el lugar de trabajo. Esto frecuentemente implica la medición de la exposición personal de un trabajador al peligro/agente en el lugar de trabajo, particularmente en la interfaz pertinente entre el medio ambiente y el cuerpo (por ejemplo, zona de respiración, zona de escucha) y evaluación de los datos en términos de límites de exposición ocupacional (LEO) recomendados, donde existen dichos criterios.

CONTROL de un agente químico, físico o biológico – o situación ergonómica adversa, mediante medios procedimentales, de ingeniería u otros medios, donde la evaluación indica que es necesario.

Por lo tanto, la higiene ocupacional se enfoca esencialmente en un enfoque preventivo a través de la minimización de la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos en el entorno de trabajo y a la adopción de buenas prácticas ergonómicas.

En el campo de la salud ocupacional existen varias disciplinas especializadas en protección de la salud, distintas de la higiene ocupacional, que juegan un papel importante en el esfuerzo de proteger la salud de los empleados, clientes, contratistas y el público, quienes pudieran verse afectados por las actividades de trabajo.

Medicina Ocupacional – esto cubre tanto la práctica clínica (doctores), como la enfermería, y está relacionada con el efecto del **trabajo sobre la salud** y **la salud en el trabajo**. Esto implica la prevención de problemas de salud, la promoción de las condiciones de vida y trabajo saludables, así como el diagnóstico y tratamiento de enfermedades relacionadas con el trabajo.



Epidemiología – se refiere al estudio estadístico de patrones de enfermedad en grupos de individuos.

Toxicología – se refiere a la predicción y la evaluación de los efectos de sustancias químicas sobre los organismos vivos, especialmente el humano.

Las áreas principales de actividad de un higienista ocupacional incluyen:

- La anticipación de peligros a la salud en situaciones de trabajo nuevas y propuestas.
- El reconocimiento de peligros a la salud en lugares de trabajo ya existentes.
- La evaluación de riesgos a la salud en el lugar de trabajo; a través de evaluaciones cualitativas, así como estudios de medición cuantitativa de la exposición.
- La selección de medidas de control adecuadas para riesgos de salud; esto requiere un conocimiento de trabajo profundo de las medidas, como la eliminación, sustitución y ventilación por extracción localizada.
- El desarrollo de soluciones de control personalizadas para actividades de trabajo únicas; muchos lugares de trabajo requieren la modificación y desarrollo de medidas de control ya que medidas “en paquete” no funcionarán adecuadamente.
- La investigación sobre las causas de enfermedades relacionadas con el trabajo.
- Asistencia con actividades relacionada con la salud ocupacional, como vigilancia de la salud/monitoreo biológico.
- Capacitación y educación; como informar a los trabajadores de los peligros asociados con su trabajo y capacitarlos en el uso correcto de medidas de control.
- Actividades de investigación en métodos mejorados para el reconocimiento, evaluación y control de exposición.

El higienista ocupacional puede trabajar regularmente muy de cerca con los ambientalistas, personal de seguridad industrial, personal médico, gerentes de proyecto, ingenieros de todas las disciplinas, higienistas de alimentos, funcionarios gubernamentales locales, etc., para ayudar a reducir y controlar la exposición a los peligros de salud en el lugar de trabajo.

1.1 Historia

Las enfermedades industriales se conocen desde Hipócrates (antigua Grecia. 400 AC). Aún hay evidencia que muestra que las enfermedades ocupacionales fueron reconocidas por los antiguos egipcios. A través del tiempo, el reconocimiento de enlaces entre la ocupación y la enfermedad ha aumentado y se han fortalecido las asociaciones. En paralelo con esto, se han desarrollado técnicas para evaluar y controlar los riesgos. La siguiente tabla representa una selección de algunos de los eventos interesantes y notables en el desarrollo de higiene ocupacional.

Ca 400 AC	Hipócrates en la antigua Grecia notó por primera vez las enfermedades en trabajadores con sulfuro de mercurio.
Ca 100 DC	El romano Plutarco notó que: “ <i>No es justo exponer a personas que no son criminales a los venenos de las minas</i> ”. También documentó el uso de piel de vejiga animal como una forma de equipo de protección respiratoria para controlar la exposición al polvo en las minas.
Ca 1540	Paracelso en Austria describió las enfermedades de pulmón en trabajadores mineros.
1556	Agrícola (ca 1556) en Bohemia escribió “ <i>De Re Metallica</i> ”, que describe las enfermedades asociadas con mineros, así como el uso de equipo de protección respiratoria y ventilación para controlar las exposiciones a gases y polvos.
1700	Ramazzini, el padre de la medicina industrial, y Profesor de Medicina en Padua, escribió “ <i>De Morbis Artificum Diatriba</i> ”, el primer estudio formal de enfermedades industriales. Él fue quien agregó a la lista de preguntas de Hipócrates a los pacientes, al tomarles un historial médico, una adición a saber, “¿cuál es su ocupación?”.
1750 en adelante	La revolución Industrial, desde finales de los 1700s, y hasta finales de los 1800s, llevó a una mayor urbanización e industrialización. Esto a su vez llevó a que más trabajadores estuvieran expuestos a niveles mayores de riesgo a la salud.
1815	Sir Humphrey Davy desarrolló la Lámpara Davy que es una lámpara de seguridad que se utiliza en las minas. La lámpara también fue utilizada para detectar la presencia de gases combustibles en las minas. De forma interesante, se culpó a la lámpara más tarde por un aumento en el número de accidentes, ya que permitió a los trabajadores a seguir trabajando en atmósferas más peligrosas.
1833	Primeros (cuatro) inspectores de fábrica nombrados en el Reino Unido.
1840	Las novelas de Charles Dickens y los políticos de campaña como Lord Shatesbury, aumentan la conciencia de las personas de malas condiciones de trabajo.
1855	En el Reino Unido, los cirujanos certificadores (que anteriormente certificaban la edad) recibieron instrucciones de “certificar que los jóvenes no estaban incapacitados para trabajar por enfermedad o enfermedad física, y para investigar accidentes industriales””. (Schilling).
1858	John Stenhouse introduce una máscara impregnada de carbón para controlar la exposición a gases y vapores.
1889	Se establecen límites de exposición para humedad y dióxido de carbono en las fábricas de algodón en el Reino Unido. Esto a su vez llevó al desarrollo de la ventilación por extracción localizada, en lugar de ventilación general. También llevó al desarrollo de dispositivos de monitoreo en la forma de tubos indicadores para dióxido de carbono.
1898	Thomas Legge fue nombrado para ser el primer “Inspector Médico de Fábricas”. Él hizo el primer trabajo en la industria sobre el envenenamiento por plomo, que se convirtió en una enfermedad de declaración obligatoria en 1899.

1890	Haldane lleva a cabo trabajo sobre la toxicidad del monóxido de carbono, al exponer ratas, ratones, y aun él mismo, a concentraciones variantes dentro de una "cámara de exposición". Él utilizó estos resultados para desarrollar gráficas "dosis contra tiempo" para la severidad e incomodidad de los efectos a la salud. Él introdujo el uso de pequeños animales, y en particular canarios, como la primera forma de monitoreo para dar una indicación de los niveles de gas tóxico.
1910	Alice Hamilton trabajó en los Estados Unidos como la primera Toxicóloga Industrial, siendo pionera en el campo de la toxicología e higiene ocupacional.
1917	Durante la Primera Guerra Mundial, la urgencia de trabajo en las fábricas de municiones, llevó a malas condiciones de trabajo. Se reconoció que las malas condiciones de trabajo tuvieron un efecto importante en la productividad así como en la salud. El trabajo del "Comité de la Salud de Trabajadores de las Municiones" sentó las bases para muchas prácticas posteriores en ergonomía, psicología, bienestar y regímenes de trabajo por turnos.
1920-30	La higiene industrial se desarrolló y creció en los Estados Unidos, tanto en el Servicio de Salud Pública (PHS), como en grandes compañías privadas. Estos avances sentaron las bases para la creación de dos organizaciones profesionales.
1938/9	Se formaron la <i>Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales</i> (ACGIH) y la <i>Asociación Americana de Higiene Industrial</i> (AIHA). Las primeras organizaciones profesionales independientes para higienistas industriales/ocupacionales. El número higienistas industriales en Estados Unidos creció rápidamente durante la Segunda Guerra Mundial para ayudar al esfuerzo de la guerra.
1953	Se fundó la <i>Sociedad Británica de Higiene Ocupacional</i> (BOHS). La Sociedad comenzó a publicar <i>Anales de Higiene Ocupacional</i> en 1958.
1960	Sherwood y Greenhalgh documentaron el desarrollo de la primera bomba de muestreo personal y el primer cabezal de muestro; la primera comparación entre el muestreo personal y el muestreo estático; y la primera observación del posible efecto del muestreo personal en el individuo que se estaba muestreando.
1970	La <i>Ley de Seguridad y Salud Ocupacional</i> en los Estados Unidos y la <i>Ley de Salud y Seguridad en el Trabajo</i> en el Reino Unido sentaron las bases para una legislación basada en evaluación de riesgos/en el desempeño.
1980	Se fundó el <i>Instituto Australiano de Higienistas Ocupacionales</i> (AIOH).
1980/90	La práctica de higiene ocupacional creció ampliamente en los Estados Unidos, el Reino Unido, Los Países Bajos y Australia con legislación en estos países que se introdujo específicamente para enfocarse en los peligros químicos y físicos.
2000	Las sociedades de 25 países diferentes son miembros de la <i>Asociación Internacional de Higiene Ocupacional</i> (IOHA). La industrialización en países como China y la India aumentó la necesidad de higiene ocupacional. Desarrollo de técnicas de modelado para evaluar la exposición.

1.2 La Importancia de la Higiene Ocupacional

Mientras un breve examen de la historia y tendencias de higiene ocupacional muestran una mejora general, tanto en nuestra comprensión, como en control de riesgos de la salud, todavía hay muchos problemas que tienen que ser abordados. El aumento en la actividad industrial en países en desarrollo significa que hay más personas expuestas en todo el mundo. Los avances tecnológicos también significan que se están introduciendo nuevos peligros en el lugar de trabajo. Se estima que son:

- **2.3 millones de muertes relacionadas con el trabajo por año**, siendo las enfermedades responsables de 2.0 millones y 0.3 millones ligadas a lesiones ocupacionales (Takala, Hämäläinen, Saarela, Yun, Manickam, Jin, Heng, Tjong, Kheng & Lim 2014).
- **386,000 muertes cada año por la exposición a partículas en el aire** (asma: 38,000; COPD*: 318,000; neumoconiosis: 30,000). Esto equivale a casi 6.6 millones DALYs** (asma: 1,621,000; COPD: 3,733,000; neumoconiosis: 1,288,000) debido a la exposición a partículas en el aire ocupacionales (Prüss-Üstün & Corvalán 2006).
- **107,000 – 194,000 muertes cada año son atribuibles a la exposición ocupacional a asbesto** (Forouzanfar, Alexander, Anderson, Bachman, Biryukov, Brauer, Burnett, Casey, Coates & Cohen 2015).
- **152,000 muertes por año debidas a carcinógenos en el lugar de trabajo**, (cáncer de pulmón: 102,000; leucemia: 7,000; mesotelioma maligno: 43,000) y casi 1.6 millones DALYs (cáncer de pulmón: 969,000; leucemia: 101,000; mesotelioma maligno: 564,000) debido a la exposición a carcinógenos ocupacionales (Prüss-Üstün & Corvalán 2006).
- **37% de Dolores en la Espalda Baja se atribuye a la ocupación**, con una variación de dos niveles en las regiones. Se estima que el dolor en la espalda baja relacionada con el trabajo ocasionó 818,000 DALYs perdidos anualmente (Punnett, Prüss-Üstün, Nelson, Fingerhut, Leigh, Tak & Phillips 2005).

*COPD (Chronic obstructive pulmonary disease) = Enfermedad pulmonar obstructiva crónica, como los son bronquitis y enfisema crónica, un par de enfermedades comúnmente coexistentes en los pulmones, en las cuales las vías respiratorias se estrechan.

****DALYs (Disability Adjusted Life Years) = Años de vida ajustados por discapacidad – La suma de años de pérdida de vida potencial debido a una mortalidad prematura y los años de vida productiva debido a una discapacidad.**

Se puede ilustrar la importancia relativa de higiene ocupacional comparando las estadísticas sobre la incidencia de accidentes con las de la mala salud. En el Reino Unido, el número de muertes debido a actividades relacionadas con el trabajo es de aproximadamente 250. Esto puede compararse al número de muertes por accidentes de tráfico en carretera que es de aproximadamente 2,500. Sin embargo, el número de muertes cada año debido a enfermedades respiratorias y cáncer relacionado con el trabajo se estima en 12,000. Esto da una proporción de 1:10:48.

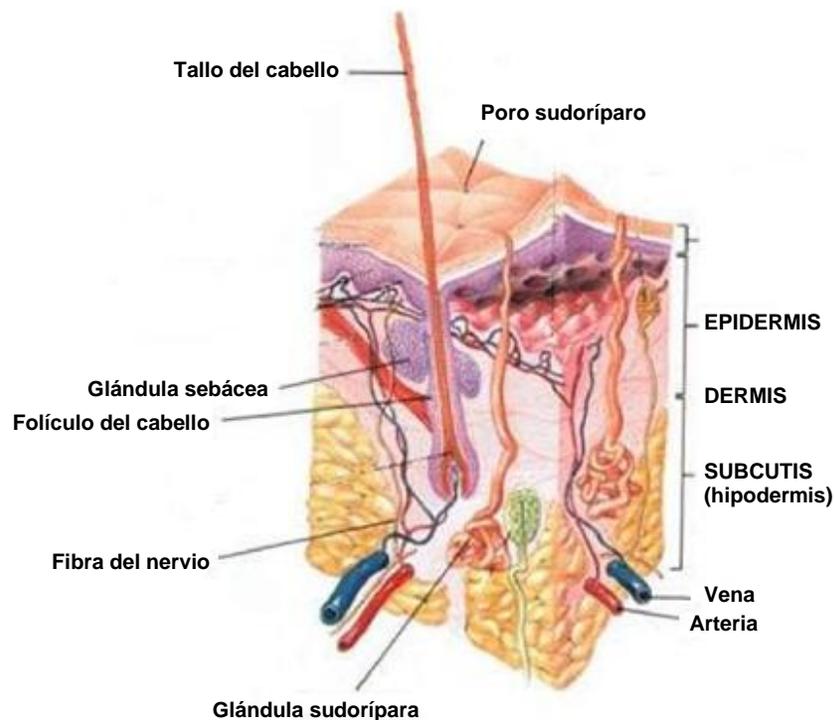
2 FISIOLÓGÍA HUMANA Y ENFERMEDADES INDUSTRIALES

El cuerpo humano es un organismo complejo que puede verse muy afectado por los peligros químicos y físicos; el cuerpo también tiene muchas maneras de regularse cuando se expone a peligros. Para poder controlar los riesgos al cuerpo es necesario tener una comprensión de cómo funciona y los tipos de daños que pueden ocurrir como resultado de la exposición.

2.1 Piel

La piel es la cubierta externa del cuerpo, también conocida como la epidermis. Es el órgano más grande del cuerpo y está conformada de múltiples capas de tejidos epiteliales, y protege los músculos, huesos y órganos internos subyacentes.

La piel, al ser la interface con el medio ambiente, juega un papel importante en la protección del cuerpo contra patógenos.



Fuente: Gobierno Federal de EUA a través de *Wikimedia Commons*

Figura 2.1 – Diagrama de la Piel

La piel realiza múltiples funciones incluyendo:

- Protección: una barrera anatómica contra patógenos y daño, y entre el medio ambiente interno y externo. Algunas sustancias (ej., acetona), remueven la grasa de la piel y por lo tanto disminuyen la protección (desengrasar).
- Sensación: contiene una variedad de terminaciones nerviosas que reaccionan al calor, frío, tacto, presión, vibración y lesiones del tejido.
- Regulación del calor: la piel contiene un suministro de sangre mucho mayor que sus requerimientos que permiten un control preciso de pérdida de energía mediante radiación, convección y conducción. Los vasos sanguíneos dilatados aumentan la perfusión y pérdida de calor, mientras los vasos constreñidos reducen grandemente el flujo sanguíneo cutáneo y conservan el calor.
- Control de evaporación: la piel proporciona una barrera impermeable y relativamente seca para la pérdida de fluidos. La pérdida de esta función contribuye a la pérdida masiva de fluidos en quemaduras.
- Almacenamiento y síntesis: actúa como un centro de almacenamiento para lípidos y agua, así como un medio de síntesis de la vitamina D.
- Excreción: el sudor contiene urea; sin embargo, su concentración es de 1/130 veces la de la orina, por lo tanto la excreción mediante el sudor es, cuando mucho, una función secundaria para la regulación de la temperatura.
- Absorción: aunque la piel actúa como una barrera, algunos químicos se absorben inmediatamente a través de ésta.
- Resistencia al agua: la piel actúa como una barrera resistente al agua, por lo que los nutrientes esenciales no salen fuera del cuerpo.

La piel puede verse afectada por agentes químicos, físicos y biológicos; los trastornos de la piel representan una proporción importante de enfermedades industriales. Los tipos de efecto se pueden clasificar en: dermatitis, daño físico, cáncer, biológico y otros efectos.

2.1.1 Dermatitis

El trastorno más común de la piel es la dermatitis por contacto y 70% de los casos se debe a una irritación primaria; es decir, acción directa sobre la piel, más frecuentemente en manos y antebrazos. Un irritante es un agente que daña directamente las células si se aplica a la piel en una concentración suficiente y durante el tiempo suficiente (es decir, todos los efectos están relacionados con la dosis), y que lleva a una dermatitis por contacto irritante. Los álcalis disuelven la queratina y algunos solventes remueven el sebo.

Cualesquier efecto directo sobre la piel puede hacer que su superficie sea más vulnerable a otros agentes y reduzcan las defensas de entrada a la piel.

La otra forma de dermatitis por contacto es una dermatitis por contacto alérgica. Esto resulta de la sensibilización de la piel mediante un contacto inicial con una sustancia y un contacto nuevo posterior. Un sensibilizador (alérgeno) es una sustancia que puede inducir una sensibilidad inmunológica específica a sí misma. La dosis de activación puede requerirse que sea bastante alta y que lleve a una respuesta retrasada de hipersensibilidad, mediada por linfocitos e involucrando la producción de anticuerpos. Esta dosis puede no producir efectos visibles pero, posteriormente, frecuentemente en un minuto, las exposiciones pueden llevar a la dermatitis.

Los irritantes comunes incluyen detergentes, jabones, solventes orgánicos, ácidos y álcalis. Los sensibilizadores comunes son plantas (jardinería), antibióticos (industria farmacéutica), tintes (industria de pintura y cosméticos), metales (níquel, generalmente no industrial), cromatos (industria del cemento), gomas y resinas.

Las personas que trabajan con aceites de corte pueden tener dermatitis de contacto, tanto irritante como alérgicas, con la irritante causada por el propio aceite y la alérgica por los biocidas dentro del aceite.

2.1.2 Daños físicos

Los agentes físicos, incluyendo el clima, la fricción y lesiones, pueden dañar la piel. El frío, el viento y la lluvia pueden producir una piel seca agrietada, y la luz del sol puede quemar u ocasionar tumores en la piel, de manera que las ocupaciones expuestas a esos elementos (pesca, agricultura) están en riesgo. Las lesiones por fricción son comunes en el trabajo manual pesado (construcción y minería), y el equipo afiliado utilizado en muchas ocupaciones puede llevar a abrasiones y laceraciones.

2.1.3 Agentes biológicos

La piel puede estar propensa a los efectos de agentes biológicos, como inyecciones virales de animales, infecciones de levadura/hongos cuando ocurre un contacto prolongado con agua y las infecciones por ántrax donde se manejan productos animales.

2.1.4 Cáncer

Los tumores malignos y cánceres de la piel pueden resultar del contacto con creosota y aceites minerales, radiación ionizante (trabajo con radioisótopos, radiólogos). La exposición a la radiación ultravioleta, mientras se trabaja en exteriores, también es una causa común de cáncer de piel.

2.1.5 Otros efectos

El trabajo que involucra aceites minerales puede conducir al acné de aceite, particularmente en los antebrazos y muslos. Los poros tapados que se infectan producen espinillas y pústulas. Cloro acné, con espinillas y quistes en la cara y el cuello resultan de los efectos de algunos hidrocarburos aromáticos policlorados sobre las glándulas sebáceas.

Alteraciones en la pigmentación de la piel pueden resultar del contacto químico.

Las soluciones alcalinas y ácidas fuertes ocasionan quemaduras.

2.2 Sistema Musculo-esquelético

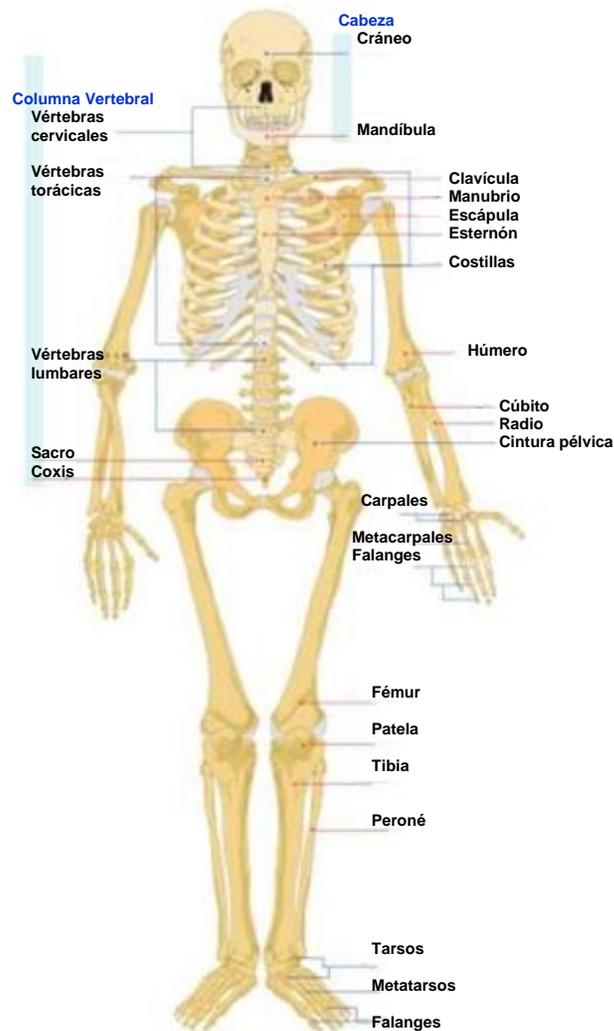
El sistema musculo-esquelético proporciona forma, estabilidad y movimiento al cuerpo humano. Está compuesto de los huesos del cuerpo, el esqueleto, músculos, cartílagos, tendones, ligamentos y articulaciones. Las funciones principales del sistema musculo-esquelético incluyen: soportar el cuerpo, permitir el movimiento y proteger los órganos vitales. La porción esquelética del sistema sirve como el sistema principal de almacenamiento de calcio y fósforo y contiene los componentes críticos implicados en la producción de sangre.

Sin embargo, hay enfermedades y trastornos que pueden afectar negativamente la función y efectividad general del sistema. Estas enfermedades pueden ser difíciles de diagnosticar debido a la estrecha relación del sistema musculo-esquelético con otros sistemas internos.

El sistema esquelético cumple muchas funciones importantes; proporciona la figura y forma de nuestro cuerpo, además de soportar, proteger, permitir movimientos corporales, producir sangre para el cuerpo y almacenar minerales.

Otra función de los huesos es el almacenamiento de ciertos minerales. El calcio y el fósforo están entre los minerales principales que se almacenan. Este “dispositivo” de

almacenamiento ayuda a regular el balance mineral en el flujo sanguíneo. Esta capacidad de almacenamiento puede ser importante cuando se trata de la exposición a sustancias peligrosas. Por ejemplo, el plomo se almacena en la sangre durante periodos prolongados después de la exposición, el cual se puede liberar selectivamente en una fecha posterior y dar pie a problemas de envenenamiento por plomo en el cuerpo (ej, durante el embarazo).



Fuente: Wikimedia Commons

Figura 2.2 – Sistema Esquelético

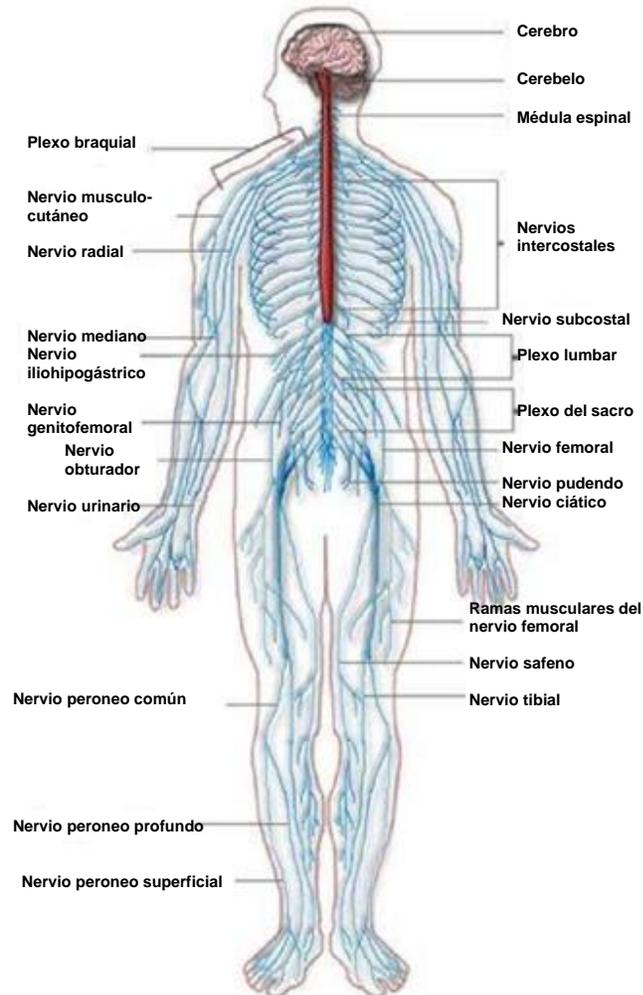
2.3 Sistema Nervioso

El sistema nervioso es una red de células especializadas que comunican información sobre el entorno de nuestro cuerpo y de nosotros mismos. Procesa esta información y

ocasiona reacciones en otras partes del cuerpo. El sistema nervioso se divide de forma amplia en dos categorías: el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico.

El **sistema nervioso central** (SNC) es la parte más grande del sistema nervioso, e incluye el cerebro y la médula espinal.

El **sistema nervioso periférico** es un término para las estructuras nerviosas colectivas que no se encuentran en el SNC.



Fuente: Wikimedia Commons

Figura 2-3 – Sistema Nervioso

Las toxinas industriales pueden afectar el sistema nervioso central (cerebro y médula espinal) o el sistema nervioso periférico (nervios motores y sensoriales) o ambos y las condiciones resultantes dependen del sitio de ataque. El sistema nervioso es similar al

hígado en que ambos pueden ser más probablemente dañados por agentes solubles en grasa. También pueden cruzar la barrera de la sangre-cerebro.

Los daños al sistema nervioso central pueden producir narcosis, psicosis orgánica tóxica, epilepsia, Parkinsonismo y cambios conductuales.

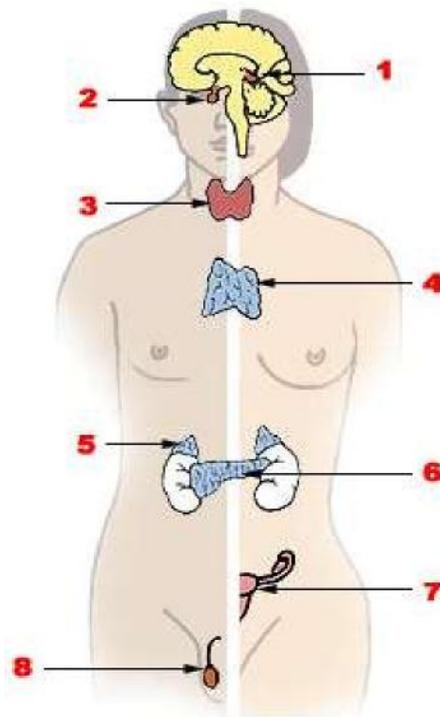
Tal vez el efecto en el sistema nervioso central más fácilmente reconocible es la pérdida aguda de consciencia producida por agentes narcóticos como cloroformo, tetracloruro de carbono y tricloroetileno (todos son hidrocarburos halogenados solubles en grasa) y solventes como acetona, tolueno y bisulfuro de carbono.

Se ha encontrado que cambios conductuales, demostrables mediante las pruebas de inteligencia, destreza y vigilancia, resultan a niveles muchos más bajos que los aceptados normalmente como seguros en la exposición a tricloroetileno, alcoholes blancos, monóxido de carbono y cloruro de metileno.

2.4 Sistema Endocrino

El **sistema endocrino** es el nombre colectivo que se le da a un sistema de pequeños órganos que liberan moléculas de señalización extracelular conocidos como hormonas. El sistema endocrino es instrumental en la regulación del metabolismo, crecimiento, desarrollo, pubertad y función de los tejidos. También juega un papel en la determinación de nuestro estado anímico.

El sistema endocrino es un sistema de señalización de información muy parecido al sistema nervioso. Sin embargo, el sistema nervioso utiliza los nervios para conducir información, mientras que el sistema endocrino utiliza, principalmente, los vasos sanguíneos como canales de información a través de los cuales pasan las hormonas.



Fuente: Gobierno Federal de EUA a través de Wikimedia Commons

Figura 2.4 – Glándulas endocrinas principales (hombre a la izquierda, mujer a la derecha)

1. Glándula pineal, 2. Glándula pituitaria, 3. Glándula tiroides, 4. Timo,
5. Glándula suprarrenal, 6. Páncreas, 7. Ovario, 8. Testículo.

Trabajadores farmacéuticos que manejan medicamentos endocrinos, como estrógenos (en 'la píldora') o tiroxina (utilizada para el tratamiento de la tiroides), están en riesgo de alterar su propio equilibrio endocrino y el dietilestilboestrol (DES) ha causado tumores en los hijos de trabajadores de ambos sexos.

La exposición a gases anestésicos (anestésistas femeninos) y al cloruro de vinilo durante el embarazo se han relacionado con la muerte fetal o defectos de nacimiento. La radiación ionizante puede dañar las gónadas, reduciendo la fertilidad o aumentando los riesgos de malformaciones congénitas y cáncer en la descendencia.

2.4.1 El Sistema Circulatorio

El sistema circulatorio mueve los nutrientes, gases y desechos hacia y desde las células para ayudar a luchar contra enfermedades y ayudar a estabilizar la temperatura corporal y el pH. Este sistema se pudiera ver estrictamente como una red de distribución de

sangre, pero algunos consideran que el sistema circulatorio está compuesto del **sistema cardiovascular**, que distribuye la sangre, y el **sistema linfático**, que distribuye la linfa.

Los componentes principales del sistema circulatorio humano son el corazón, la sangre y los vasos sanguíneos. El sistema circulatorio incluye:

- Circulación pulmonar: donde la sangre pasa a través de los pulmones y se oxigena.
- Circulación sistémica: donde la sangre oxigenada pasa a través del resto del cuerpo.

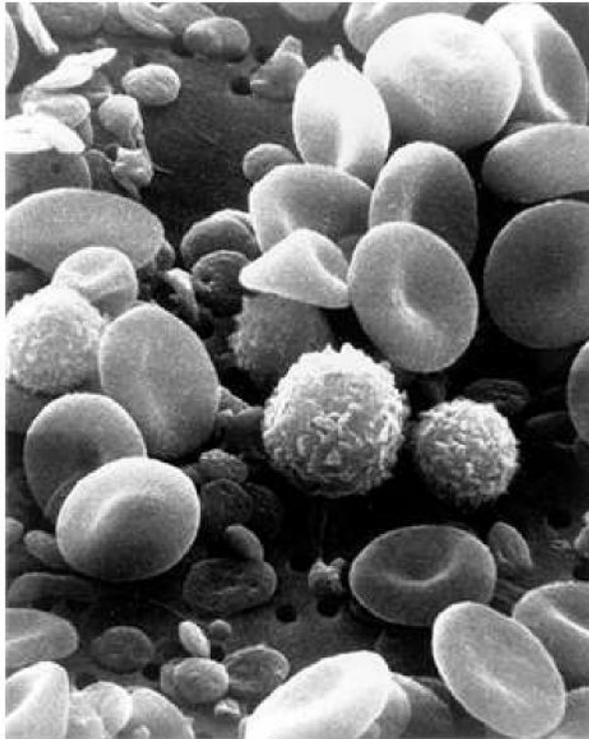
Un adulto promedio tiene de 4.7 a 5.7 litros de sangre, la cual consiste de plasma, glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas. También, el sistema digestivo trabaja con el sistema circulatorio para proporcionar los nutrientes que necesita el sistema para mantener al corazón bombeando.

El sistema linfático es responsable de la eliminación del fluido intersticial de los tejidos así como de la absorción y transporte de grasas y ácidos grasos. El sistema linfático es también responsable de transportar células que presentan antígenos (APC).

El sistema cardiovascular está expuesto a cualquier agente que sea transportado en la sangre. El monóxido de carbono y muchos metales (incluyendo cromo, manganeso y plomo) se piensa que ocasionan daños al músculo del corazón, pero el único enlace probado es con el cobalto. Los hidrocarburos clorados, como los CFCs, tricloroetileno y 111-tricloroetano, pueden inducir arritmias (ritmos anormales del corazón debido a defectos en la conducción eléctrica en el corazón). El tricloroetileno ha ocasionado de esta manera la muerte repentina. El bisulfuro de carbono (industria de viscosa rayón) acelera la aterosclerosis (endureciendo las arterias).

El trabajo a temperatura alta o baja afecta la circulación periférica y puede estresar el corazón.

2.5 La Sangre



Fuente: Gobierno Federal de EUA a través de Wikimedia Commons

Figura 2.5 – Micrografía de Electrón de células sanguíneas que muestran glóbulos blancos, glóbulos rojos y plaquetas

La producción de hemoglobina, el pigmento rojo que transporta oxígeno en los glóbulos rojos, se ve inhibida por plomo inorgánico que interfiere con los sistemas de enzimas. El resultado es anemia, que se caracteriza por una palidez en piel y en membranas de la mucosa, fatiga y algunas veces dificultad para respirar en esfuerzo. La arsina y estibina causan roturas de glóbulos rojos (hemolisis) y el resultado es otra vez anemia. La radiación con rayos X (accidentes nucleares) y el benceno pueden ocasionar leucemia (sobre crecimiento de glóbulos rojos), probablemente afectando la síntesis del ADN.

La transportación del oxígeno puede verse afectada de dos maneras, siendo ambas formas de asfixia. En atmósferas donde el aire normal es desplazado por gases inertes como nitrógeno, metano, helio y dióxido de carbono, el contenido de oxígeno (normalmente 21%) se diluye y se produce hipoxia (baja presión de oxígeno en la sangre). Esto llevará inicialmente a un incrementado pulso y frecuencia respiratoria compensatoria. Si la hipoxia continúa, el juicio se verá afectado y la persona caerá en inconsciencia y

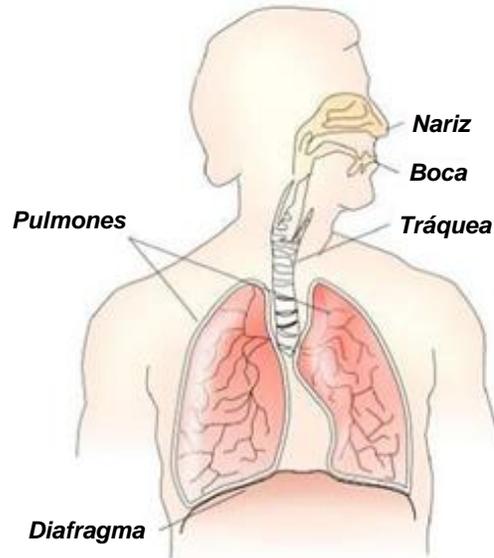
finalmente morirá. Respirar 100% de gas inerte (pegar la cabeza en una cámara llena de gas) ocasionará inconsciencia instantánea.

La otra forma industrial de asfixia es la asfixia química. La anilina y nitrobenzeno, como los líquidos que se absorben a través de la piel intacta, y el monóxido de carbono inhalado, interfieren con la capacidad de la sangre de llevar el oxígeno ligado con la hemoglobina, como oxihemoglobina. La anilina y nitrobenzeno se ligan con la hemoglobina para formar metahemoglobina, desencadenando una cianosis (un tinte azul en las membranas de la mucosa, especialmente los labios). El monóxido de carbono se combina con la hemoglobina, compitiendo con el oxígeno, para formar carboxihemoglobina, un pigmento carmesí brillante, haciendo que el enfermo aparezca rojo cereza.

2.6 Sistema Respiratorio

La función principal del sistema respiratorio es el intercambio gaseoso entre el medio ambiente externo y el sistema circulatorio. Esto implica tomar el oxígeno del aire a la sangre y liberando dióxido de carbono (y otros productos de desecho gaseosos) de la sangre otra vez al aire.

Después de la inhalación, el intercambio de gas ocurre en los alveolos, unos sacos pequeños que son el componente funcional básico de los pulmones. Las paredes alveolares son extremadamente delgadas (aproximadamente 0.2 micrómetros). Estas paredes están compuestas de una capa única de células epiteliales en una proximidad cercana a los capilares de la sangre que a su vez están compuestos de una capa única de células endoteliales. La proximidad cercana de estos dos tipos de células permite la permeabilidad a los gases y, por lo tanto, el intercambio de gases. El oxígeno se lleva a la sangre mientras se libera el exceso de dióxido de carbono.



Fuente: Wikimedia Commons

Figura 2.6 – Sistema Respiratorio

Como con la piel y los ojos, los pulmones se ven afectados por irritantes y alérgenos. También responden a una variedad de agentes industriales en forma de neumoconiosis fibrótica y enfermedades malignas.

Por la nariz se filtran partículas mayores a $10\ \mu\text{m}$ de diámetro. La estructura de ramificación de las vías respiratorias favorece la deposición de partículas de $2\text{-}10\ \mu\text{m}$ que pueden entonces ser liberadas por el escalador mucociliar. En los alveolos, las partículas remanentes ya sea que pasen otra vez al árbol bronquial libremente o que sean fagocitadas mediante los macrófagos y llevadas al escalador mucociliar o al sistema linfático circundante. A pesar de su eficiencia, grandes volúmenes de partículas pueden abrumar estos mecanismos de defensa.

La **irritación** ocasionada por los gases y humos produce una inflamación del tracto respiratorio y los síntomas tienden a ser agudos o retrasados, dependiendo de la solubilidad del agente tóxico. También puede haber efectos crónicos. Los efectos crónicos de la exposición prolongada pueden ser una bronquitis crónica y daños permanentes a los pulmones.

Las reacciones alérgicas a las sustancias pueden ocasionar asma ocupacional. Los síntomas incluyen una severa dificultad para respirar, así como sibilancias, tos y opresión en el pecho. Ciertas sustancias como los isocianatos (utilizados en pinturas), el polvo de

harina y diversos humos, pueden ocasionar asma. Estas sustancias se llaman 'sensibilizadores respiratorios' o asmágenos. Pueden ocasionar un cambio en las vías respiratorias de las personas, conocido como 'estado hipersensible'.

No todo el que se sensibiliza pasa a tener asma. Pero una vez que los pulmones se vuelven hipersensibles, una nueva exposición a la sustancia, aun a niveles bastante bajos, puede activar un ataque.

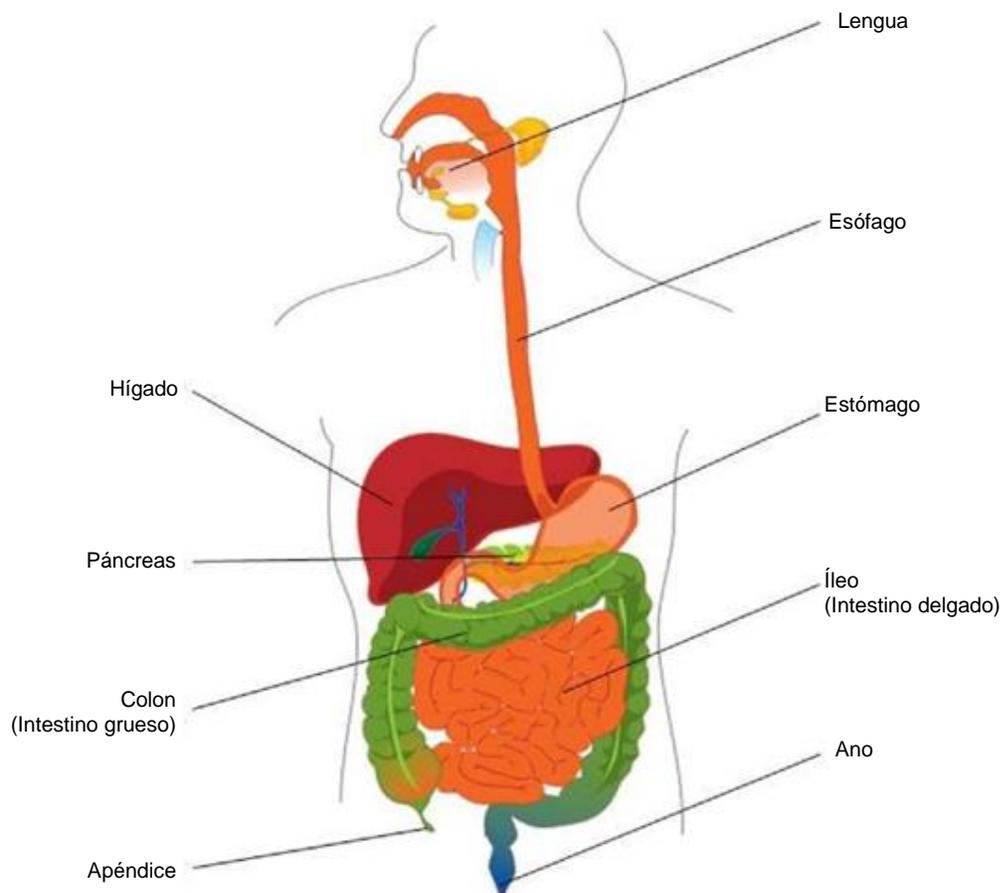
Neumoconiosis es la reacción de los pulmones al polvo mineral inhalado y la alteración resultante en su estructura. Las causas principales son el polvo de carbón, sílice y asbesto y todos ellos llevan a cicatrización de los pulmones conocida como fibrosis colágena. La neumoconiosis podría no producir ningún síntoma durante años. Sin embargo, ya que los pulmones se vuelven menos flexibles y porosos, su función se reduce mucho. Los síntomas incluyen dificultad para respirar, tos y una sensación de malestar. La dificultad para respirar generalmente comienza solamente con un esfuerzo severo. Conforme la enfermedad avanza, se puede presentar la dificultad para respirar en todo momento. La tos inicialmente no está asociada con el esputo, pero puede estar asociada eventualmente a tos con sangre. Debido a una mala oxigenación de la sangre ocasionada por los pulmones dañados, las uñas y labios pueden aparecer pálidos o azulados.

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (COPD) se refiere a bronquitis crónica y enfisema. Éstas son dos enfermedades de los pulmones que ocurren frecuentemente juntas y resultan en que se estrechan las vías respiratorias. Esto lleva a una limitación del flujo de aire para y desde los pulmones, ocasionando dificultad para respirar. A diferencia del asma ocupacional, el estrechamiento de las vías respiratorias no es fácil de revertir y generalmente empeora progresivamente a través del tiempo. Se puede activar COPD mediante un amplio rango de partículas y gases que ocasionan que el cuerpo produzca una inflamación anormal de los tejidos.

Los **tumores malignos** de origen industrial pueden afectar los pulmones y tejidos circundantes. Se descubrió el cáncer de pulmón en personas que trabajan con asbesto (mineros, aisladores) y este riesgo se ve potenciado por fumar cigarrillos, arsénico (pesticidas), cromo (fabricantes de pigmento), hidrocarburos aromáticos policíclicos (fabricación de gas de carbón, trabajadores de alquitrán) y radiación ionizante (mineros de uranio). El polvo de madera (fabricantes de muebles de madera), polvo de cuero y polvo de níquel han ocasionado cáncer en el seno nasal.

2.7 El Tracto Gastrointestinal

El tracto gastrointestinal es el sistema utilizado por el cuerpo para tomar, romper y absorber nutrientes, así como para excretar productos de desperdicio. La ingestión como una vía tóxica de entrada en la industria no es probable, pero puede ocurrir si se permite que las personas coman o fumen en su estación de trabajo, por lo tanto poniéndose en riesgo por sus manos o superficies contaminadas. Tanto el vómito como la diarrea son mecanismos de defensa natural contra las toxinas ingeridas y el ácido gástrico neutralizará, hasta cierto punto, los intrusos alcalinos y también matará las bacterias. La absorción de toxinas es relativamente menos eficiente que a través de la inhalación. Sin embargo, cualquier irritante o agente corrosivo que afecte las membranas mucosas del tracto respiratorio, también puede ocasionar hinchazón de los labios, boca y epiglotis (conduciendo a la asfixia) y ulceración del esófago y estómago.



Fuente: Wikimedia Commons

Figura 2.7 – El Tracto Gastrointestinal

2.8 El Hígado

El hígado es un órgano metabólico principal que se utiliza para procesar nutrientes que han sido absorbidos en la sangre desde el tracto gastrointestinal o a través de otras vías como la inhalación. El hecho de que se utiliza para romper materiales, significa que es particularmente susceptible a cualquier toxina dentro del cuerpo. Las células del hígado se pueden regenerar después de un daño tóxico, como el causado por el alcohol. Sin embargo, una absorción continua puede sobrepasar el proceso de regeneración y ocasionar daños permanentes al hígado. Una enfermedad del hígado preexistente hace que esto sea más probable.

Industrialmente, los alcoholes solubles en grasa e hidrocarburos halogenados son particularmente conocidos por su daño a las células del hígado. La señal más obvia de daño al hígado es la ictericia.

El daño al hígado, generalmente cirrosis, es un precursor importante de hepatomas (tumores en el hígado) y, por lo tanto, el daño al hígado a largo plazo inducido industrialmente predispone a los empleados a tumores del hígado.

El hígado es un órgano protector por sí mismo en cuanto a que sus procesos de desintoxicación normal modifican las toxinas potenciales a formas seguras (y algunas veces viceversa).

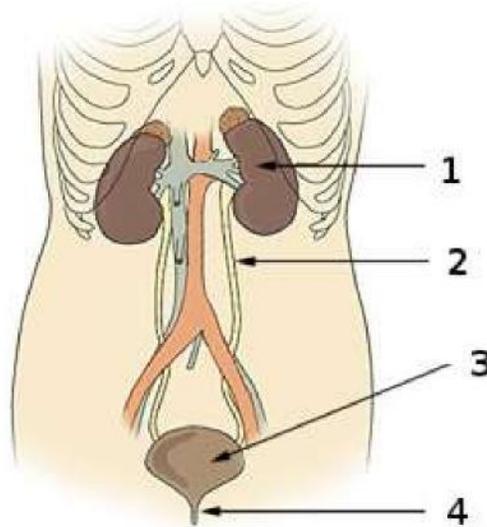


Fuente: Wikimedia Commons

Figura 2.8 – El Hígado

2.9 Sistema Urinario

El riñón juega un papel importante en el mantenimiento de fluidos y equilibrio de electrolitos mediante la filtración y reabsorción selectiva de éstos en la sangre. Excreta (a través de la orina) productos de desecho no deseados (incluyendo toxinas), que son hecho solubles en agua mediante el metabolismo en el hígado.



Fuente: Gobierno Federal de EUA a través de
Wikimedia Commons

Figura 2.9 – Sistema Urinario

1. Riñones, 2. Uréter, 3. Vejiga, 4. Uretra

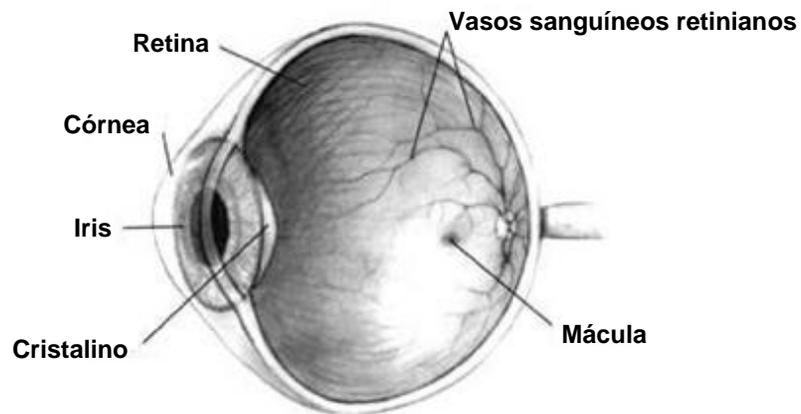
Las toxinas pueden dañar el hígado, que a su vez afecta el metabolismo de calcio, el balance ácido-base y la reabsorción de agua. En una falla renal aguda, el flujo de orina puede cesar totalmente. La radiación ionizante puede causar daños y fibrosis en celulares renales. Debido a que la orina se concentra y retrasa dentro de la vejiga, la exposición a este órgano es más larga que al resto del tracto urinario. Por lo tanto, es más susceptible a cánceres inducidos industrialmente.

2.10 El Ojo

Los ojos están, hasta cierto grado, protegidos mediante los huesos frontales sobre éstos y los párpados, junto con el reflejo de parpadeo. Las pestañas mantienen las partículas de polvo lejos y las lágrimas proporcionan un factor de dilución para químicos intrusivos y esterilización contra agentes infecciosos.

Debido a su construcción frágil, los ojos son particularmente susceptibles a lesiones. Las heridas penetrantes pueden llevar a daños en la córnea, cataratas y desprendimiento de retina, cualquiera de las cuales puede ocasionar ceguera. El daño al iris puede provocar una reacción simpática en el otro ojo y ceguera total. Los ácidos y álcalis queman la córnea. Los álcalis son peligrosos especialmente ya que pican menos, y en el momento que la víctima se da cuenta y los lava, la parte frontal del ojo puede haber sido disuelta.

Cualquier gas irritante, como dióxido de azufre y amoníaco, pueden ocasionar conjuntivitis (caracterizada por enrojecimiento, incomodidad y lagrimeo de los ojos). Los alérgenos, como plantas y tintes, a veces producen una reacción similar. Una conjuntivitis extremadamente dolorosa, incluyendo fotofobia (no deseo de mirar la luz) se produce después de unas cuantas horas después de la exposición a radiación ultravioleta que se genera en soldaduras. La condición se conoce como ojo de arco y generalmente implica la córnea, así como la conjuntiva (queratoconjuntivitis). Las cataratas (opacidades del cristalino) resultan de un trauma (una herida penetrante o golpe severo), calor (ojos de los trabajadores de cristal) e irradiación (láseres y microondas). Las quemaduras de la retina pueden ser ocasionadas mediante radiación infrarroja y láseres. Se pueden eliminar y reemplazar las cataratas por cristalinos artificiales o lentes de contacto. Las quemaduras y rasgados de la retina producen daños irrevocables a esa área de visión (puntos ciegos).



Fuente: Wikimedia Commons

Figura 2.10 – El Ojo

3 FUNDAMENTOS DE TOXICOLOGÍA

3.1 Introducción

La toxicología es el estudio de efectos adversos de sustancias en organismos vivos. La toxicología industrial está relacionada con los efectos adversos en trabajadores que manejan de sustancias en el lugar de trabajo, aunque el interés generalmente se extiende a los efectos adversos de productos en los consumidores y de los efluentes del lugar de trabajo en el público en general.

Históricamente, la toxicología es el arte y la ciencia del envenenamiento. Actualmente es una disciplina que utiliza la información desarrollada por un amplio rango de ciencias químicas, físicas, biológicas y médicas para poder predecir la probabilidad de efectos adversos en el hombre de un rango cada vez mayor de sustancias a las cuales está expuesto.

3.2 Términos

Toxicidad es la capacidad innata de las sustancias de dañar cosas vivas.

Valoración del peligro es la predicción de los efectos tóxicos que serán evidentes bajo condiciones de exposición definidas.

Valoración del riesgo es la predicción de la probabilidad que ocurran efectos tóxicos definidos bajo condiciones definidas de exposición en una persona única o en una población definida.

Sustancia cubre un amplio rango de materiales, incluyendo compuestos químicos únicos o mezclas de éstos, simples o complejos, ocurriendo naturalmente o sustancias producidas sintéticamente, y microorganismos. Las sustancias pueden ser puras químicamente o contener aditivos o impurezas que podrían ser en forma de sólidos, líquidos, gases, polvos, fibras, humos o aerosoles. Algunos (por ejemplo, humos, polvos y aerosoles) pueden ser difíciles de identificar. Las sustancias a las cuales podrían estar expuestos los trabajadores incluyen: materiales que usan, empacados, recolectados, almacenados, manejados, desechados o, de lo contrario, encontrados. Pueden ser los productos finales, fórmulas, intermedios, componentes, productos 'fuera de especificación', subproductos, desperdicios y residuos.

Pueden ser materiales utilizados o aquéllos que surjan durante el mantenimiento o reparación de plantas industriales o edificios o pueden formarse o utilizarse durante la investigación, desarrollo o prueba.

NB (nótese bien). Los términos anteriores se utilizan vagamente por muchas personas. Por ejemplo, el término toxicidad es utilizado frecuentemente en lugar de peligro tóxico, y riesgo tóxico en lugar de peligro tóxico. Esto está particularmente con relación a lo que las personas definen como 'evaluación de riesgos'.

3.3 Conceptos Básicos

“Todas las sustancias son venenos, no hay ninguna que no sea un veneno. La dosis correcta diferencia un veneno y un remedio” – Paracelso (1525).

Toda sustancia es tóxica, es decir, capaz de producir efectos adversos bajo algunas condiciones de exposición. Es posible matar personas administrándole grandes volúmenes de agua (particularmente si la persona sufre de ciertas enfermedades); y altos niveles de oxígeno en el aire pueden ocasionar ceguera en bebés prematuros y daños al pulmón en adultos.

La ocurrencia de los efectos tóxicos depende de la dosis. En general, las dosis/exposiciones altas que se dan durante periodos prolongados producen un rango más amplio y efectos tóxicos más intensos que las dosis/exposiciones bajas que se dan durante periodos cortos.

Esto es generalmente un nivel de exposición debajo del cual no ocurrirán efectos tóxicos. Una dosis de 10 g de cafeína ocasiona convulsiones y vómito. La ingesta promedio de cafeína en el Reino Unido (incluyendo el té) es de 315 mg y muchas personas consumen mucho más que esto cada día de su vida sin la ocurrencia de efectos adversos. La dosis fatal de sal es probablemente cerca de 250 g, pero en dosis mucho más bajas ocasiona el vómito; la ingesta promedio diaria de sal en el Reino Unido está entre 8 y 11 g/día. La Agencia de Estándares de Alimentos del Reino Unido recomienda una ingesta máxima de 6 g/día pero una ingesta mínima de 0.5 g/día es esencial para la vida.

Las formas diferentes de exposición a una sustancia no necesariamente tienen los mismos efectos. La exposición a concentraciones atmosféricas altas de vapor de cloruro de metileno deprime el sistema nervioso (narcosis), ocasionando arritmias en el corazón y daños al hígado y riñones. Una exposición más prolongada permite una acumulación de uno de sus metabolitos, monóxido de carbono en sangre, reduciendo la capacidad de transportación del oxígeno de la sangre. La exposición prolongada produce cánceres de

hígado y pulmones en ratones (pero no en ratas o hámsteres y probablemente no en humanos).

Las diferentes especies pueden reaccionar en forma diferente a las sustancias. Las dioxinas ocasionan daños severos al hígado y muerte en conejillos de indias, pero enfermedades de la piel (cloracné) en monos y humanos. El arsénico produce cánceres en humanos, pero no en animales experimentales. Las pequeñas dosis de atropina matan a los humanos pero no a los conejos.

Los diferentes individuos pueden reaccionar en forma diferente a las sustancias: algunas personas que fuman desarrollan cánceres de pulmón; otras no. La penicilina no es dañina para la mayoría de las personas pero produce reacciones alérgicas severas en otras.

Los efectos tóxicos de una sustancia dependen de:

- Su forma física.
- La dosis.
- La vía de entrada.
- Su absorción, distribución, metabolismo y excreción.

3.3.1 Forma física

Sólidos	Cuando son molidos o triturados resultan polvos, lo cuales pueden inhalarse, ingerirse o contaminar la piel.
Líquidos	Se pueden tragar o contaminar la piel.
Gases	Pueden inhalarse o contaminar la piel.
Vapores	
Humos	
Nieblas	
Aerosoles	

3.3.2 Dosis

La dosis es el producto de la concentración de la sustancia a la que está expuesto el trabajador y la duración de exposición. En términos simples puede describirse como:

$$\text{Dosis} = \text{Concentración de la Exposición} \times \text{Tiempo de Exposición}$$

Sin embargo, en circunstancias industriales, tanto la concentración de la exposición y el tiempo de exposición pueden variar bastante. Por ejemplo, una concentración muy alta durante un tiempo corto puede ser letal (ej., alcohol), mientras que una exposición prolongada a cantidades más pequeñas hace poco daño. La dosis puede ser la misma en ambos casos.

3.3.3 Vía de entrada / absorción

Las tres principales vías de entrada de toxinas en el cuerpo son a través de la inhalación, la piel e ingestión. La inyección es otra vía potencial de entrada en algunas circunstancias; por ejemplo, herida por agujas, pintura en aerosol o inyección de grasa en la piel, tatuajes e inoculación.

Ingestión: La ingestión es la vía de entrada menos importante en la industria, mientras en la toxicología ambiental es la principal. Durante la evolución, se han desarrollado mecanismos en el intestino para regular la ingesta de elementos esenciales. Los elementos tóxicos pueden tener que competir, de manera que generalmente sólo una fracción de cualquier dosis ingerida es absorbida en el cuerpo (frecuentemente 10% o menos).

Las posibles causas de ingestión en la industria son el pipeteo con la boca en laboratorios, el tragar polvo que ha sido inhalado y liberado por el escalador mucociliar, fumar y comer en la estación de trabajo o simplemente tener las manos sucias donde la mano más adelante entra en contacto con la boca.

Inhalación: En el pulmón no hay mecanismos similares para un ingreso selectivo. Las partículas inferiores a 10 micras de diámetro pueden llegar al alveolo. Si son solubles, aproximadamente 40% son absorbidas. Los químicos insolubles son relativamente más seguros, por ejemplo, sulfuro de plomo, mientras que el carbonato de plomo es altamente soluble y ocasiona envenenamiento rápidamente. Las partículas inhaladas más grandes tienen menor riesgo, ya que la absorción en las partes altas del tracto respiratorio es menos eficiente.

Es importante recordar que no solamente el pulmón es responsable del ingreso de sustancias en el cuerpo, sino que también funciona como un órgano objetivo. Los materiales que no se absorben en el cuerpo pueden permanecer en los pulmones y ocasionarles daños físicos y/o químicos.

La inhalación representa aproximadamente 90% del envenenamiento industrial.

La Piel: En la piel tampoco hay un ingreso selectivo. Los compuestos solubles en grasa (ej., solventes orgánicos) son absorbidos inmediatamente. Puede ocurrir la absorción percutánea a través de una piel saludable intacta con nitrobenzeno, fenol, mercurio y anilina. Puede ser letal la absorción de fenol a través solamente de unas cuantas pulgadas cuadradas de piel intacta. La ropa protectora impermeable (ej., guantes) aumentará la tasa de absorción si ocurre una contaminación accidental en el interior. La piel dañada también facilita la absorción de toxinas.

Distribución: Una vez que las sustancias han entrado al cuerpo pueden distribuirse alrededor del cuerpo a través del suministro de sangre ligado a las proteínas de plasma o a los glóbulos rojos. También pueden concentrarse en forma diferencial en los órganos. Otros materiales tóxicos pueden estar en solución o ligados a lípidos. Solamente las sustancias solubles en lípidos pueden pasar la barrera sangre-cerebro.

3.3.4 Metabolismo

Las sustancias que se distribuyen a través del cuerpo tienden entonces a ser metabolizadas. El sitio principal de metabolismo es el hígado, aunque los riñones, pulmones y piel pueden metabolizar algunos químicos. El metabolismo puede convertir una sustancia tóxica a una no tóxica y viceversa; por ejemplo, el n-hexano se metaboliza en el hígado a otro compuesto que ocasiona daños al sistema nervioso. La mayoría de la desintoxicación es, sin embargo, benéfica. Un proceso de desintoxicación típico involucra etapas de oxigenación seguido de una conjugación con ácido glucurónico. La velocidad del metabolismo depende tanto de la velocidad de absorción (compuestos solubles en agua no son tan bien absorbidos como los solubles en grasa) y como del grado de enlace con proteínas (esto reduce la concentración en los sitios de metabolismo). Los sistemas de enzimas están pobremente desarrollados en los muy jóvenes, quienes, por lo tanto, metabolizan más lentamente. El hígado convierte sustancias hidrofóbicas (es decir, no solubles en agua) en formas hidrofílicas (solubles en agua), de manera que puedan ser excretadas por el riñón o en la bilis.

3.3.5 Excreción

Esto se lleva a cabo principalmente en los riñones a través de la orina, pero también a través de la bilis (compuestos de peso molecular alto), pulmones (hidrocarburos volátiles excretados sin cambio), jugos gástricos (nicotina), leche materna (pesticidas) y piel (hierro). Mientras más rápida sea la excreción es menos probable que una toxina dañe el cuerpo. Frecuentemente se utilizan los productos de excreción para monitorear la exposición al trabajo.

3.3.6 Respuesta a las toxinas

La respuesta del cuerpo a las toxinas depende de varias variables:

Edad	Las personas mayores y los muy jóvenes no suelen lidiar tan bien como las personas en el grupo de edad normal del trabajo, ya que sus vías metabólicas son menos eficientes.
Sexo	La mujer es más vulnerable a toxinas solubles en grasa debido a su mayor porcentaje de grasa de la masa magra corporal.
Enfermedad subyacente	Algunas condiciones (ej., diarrea o una función reducida del pulmón), limitarán los efectos tóxicos reduciendo la absorción. Otras, por ejemplo la anemia, complicarán aún más la respuesta del cuerpo al plomo o monóxido de carbono.
Medicación	Los medicamentos pueden afectar los sistemas de enzimas, aumentando o disminuyendo los efectos de las sustancias tóxicas.
Alcohol	Puede complicar la función del hígado y por lo tanto los procesos de desintoxicación.
Fumar	Fumar potencia la acción de algunas sustancias como el asbesto.
Individuo	Las personas varían enormemente en su respuesta a agentes externos, desde el ruido al polvo de carbón, y alérgenos a sustancias químicas. Esto es probablemente un efecto genético.

Tipo de respuesta

- Efectos locales en el punto de entrada; ej., irritación, quemaduras.
- Reacciones alérgicas, ej., dermatitis, asma.
- Efectos en órganos objetivo.
- Cáncer.
- Efectos reproductivos, ej., esterilidad, abortos.
- Teratogénesis – defectos congénitos de nacimiento.
- Tumores de la infancia en la descendencia de aquéllos expuestos.

3.4 Etapas de evaluación toxicológica

En la valoración de los riesgos a la salud que surgen de la exposición a sustancias, se buscan respuestas a las siguientes preguntas:

3.4.1 ¿Qué efectos adversos puede ocasionar un químico?

¿Qué es su toxicidad y cuáles son sus peligros tóxicos bajo una variedad de condiciones de exposición? Esto es determinado por:

- Estudios teóricos con base en las propiedades físicas y químicas ya conocidas de una sustancia.
- Experimentación en animales (utilizados como modelos para el humano) y otros organismos vivos o partes de organismos (bacterias, órganos, tejidos, células en cultivo).

3.4.2 ¿Son los efectos que se ven en animales relevantes para el humano?

Para contestar esto se requerirá conocimiento de cómo los químicos se absorben, se distribuyen en el cuerpo y se excretan (farmacocinética) y cómo se rompen en el cuerpo en otras sustancias (metabolismo). Es necesaria una indicación del mecanismo de acción de las toxinas – esto podría requerir investigaciones especiales incluyendo estudios en humanos. Se podrían necesitar estudios epidemiológicos en grupos expuestos para probar la relevancia.

3.5 Hoja de Datos de Seguridad

La interpretación de los informes toxicológicos debe dejarse a aquellas personas que están capacitadas y experimentadas en dichas actividades. La mayor parte del trabajo involucrado en valorar los peligros en el lugar de trabajo puede llevarse a cabo accediendo a las Hojas de Datos de Seguridad (SDS) anteriormente referida como Hojas de Datos de Seguridad del Material (MSDS). Las SDS es una forma estándar de comunicar información sobre toxicología y otra información relevante sobre las sustancias.

En muchos países es un requerimiento legal o una práctica común que una compañía proporcione una SDS para cada uno de los productos que vende. Esto puede parecer complicado y difícil de entender, pero son una fuente confiable de datos que usted necesita para manejar seguramente los químicos. Éstas proporcionan típicamente datos sobre las propiedades físicas y químicas del material relacionado así como información toxicológica pertinente.

El contenido de las SDS varía dependiendo de los requerimientos legislativos locales pero es probable que contenga la siguiente información:

1. **Composición/Datos sobre los componentes:** Esto proporciona detalles de los diferentes químicos contenidos dentro del material. Frecuentemente enlista el número de Servicios de Resúmenes Químicos (CAS) de cada químico que contiene. El número CAS es un número único que es asignado a la mayoría de los químicos usados en la industria.

2. **Identificación de la sustancia:** Esto incluye el nombre comercial, así como los detalles del fabricante/proveedor. También proporciona información de emergencia como nombres y números de teléfono de contacto.
3. **Identificación de peligros:** El material se clasifica bajo un número de categorías y se describe con pictogramas.
4. **Medidas de primeros auxilios:** Información sobre cómo tratar a los trabajadores que han sido expuestos bajo diferentes circunstancias.
5. **Medidas de lucha contra incendios:** Los pros y los contras de extinción de incendios, por ejemplo, qué tipo de extinguidor de incendios utilizar.
6. **Medidas de liberación accidental:** Los procedimientos que se deben seguir en caso de una liberación accidental de químicos, incluyendo métodos a ser utilizados para limpiar los derrames.
7. **Manejo y almacenamiento:** Proporciona información sobre las precauciones como gabinetes inflamables y limitaciones de temperatura.
8. **Controles de exposición y protección personal:** Define los requerimientos como el equipo de protección personal y la ventilación.
9. **Propiedades químicas y físicas:** Por ejemplo, la forma (sólido/líquido/gas), color, olor, puntos de fusión y ebullición.
10. **Estabilidad y reactividad:** Propiedades como descomposición térmica y condiciones que deben evitarse.
11. **Información toxicológica:** Detalles como efectos agudos y crónicos en humanos y animales.
12. **Información ecológica:** Cómo el material pudiera afectar el medio ambiente si se libera más allá del lugar de trabajo.
13. **Consideraciones de disposición:** Cualesquier requerimientos especiales asociados con la disposición del material.
14. **Información de transportación:** Generalmente es forma de una lista de códigos indicando los peligros asociados con el químico.
15. **Regulaciones:** Legislación relevante del país en el que se utiliza el material.
16. **Otra información:** Cualquier información que sea relevante.

4 EJEMPLOS DE SUSTANCIAS/PROCESOS PELIGROSOS

4.1 Sílice cristalina

La sílice cristalina o el cuarzo (SiO_2) es el más abundante de todos los minerales y se encuentra en la mayoría de las rocas. La forma más frecuente de sílice es la arena que se encuentra en las playas alrededor del mundo. En forma seca, la sílice cristalina fina constituye un peligro tóxico ya que su inhalación como polvo que flota en el aire podría dar pie a silicosis. La silicosis es una fibrosis pulmonar que es considerada como la más común y severa de todas las neumoconiosis. El riesgo de desarrollar la enfermedad depende de tres factores, principalmente; concentración del polvo en la atmósfera; el porcentaje de sílice libre en el polvo; y la duración de exposición. La sílice se encuentra en muchos procesos que utilizan minerales, por ejemplo, extracción de canteras y minería, fabricación de ladrillos, azulejos y refractarios, alfarería y cerámica, chorro de arena, fabricación de vidrio.

Al inicio de este siglo, eran comunes los casos fatales de silicosis con un periodo de evolución rápido (1-3 años) entre los trabajadores que inhalaban enormes cantidades de polvos que contenían un alto contenido de cuarzo. En muchos casos, la muerte se debía a la superposición con tuberculosis. En países desarrollados, la introducción de mejores condiciones de trabajo y métodos modernos de control de polvo, esta forma de evolución rápida de silicosis había desaparecido virtualmente, pero había sido reemplazada en su lugar por una forma de la enfermedad que se desarrolla muy lentamente (15 - 30 años).

Las etapas iniciales de silicosis son asintomáticas y solamente son reveladas por exámenes radiológicos periódicos de los trabajadores expuestos a sílice libre. Los primeros síntomas de silicosis son "falta de aliento" en el esfuerzo. En los casos serios, los síntomas ocurren aun en un esfuerzo muy ligero o cuando el paciente se encuentra en descanso. Como regla, no hay otros síntomas subjetivos. Por lo tanto, el diagnóstico de silicosis es en su mayoría mediante un examen clínico y radiología.

La capacidad de producir cambios en los pulmones de alguna manera depende de la forma cristalina en que puede estar la sílice, que se refleja en algunos estándares de exposición. Los actuales Límites de Exposición en el Lugar de Trabajo en el Reino Unido, junto con el tamaño de partículas que probablemente se encuentre, es un ejemplo.

Sílice Amorfa

Polvo Total Inhalable	6 mg/m ³ , 8 horas Promedio Ponderado en Tiempo
Polvo Respirable	2.4 mg/m ³ , 8 horas Promedio Ponderado en Tiempo

Sílice Fundida

Polvo Respirable	0.08 mg/m ³ , 8 horas Promedio Ponderado en Tiempo
------------------	---

Sílice Cristalina (Cristobalita, Tridimita)

Polvo Respirable	0.1 mg/m ³ , 8 horas Promedio Ponderado en Tiempo
------------------	--

4.2 Fibra mineral fabricada en máquina (MMMF – machine-made mineral fibers)

Las fibras minerales fabricadas en máquina (MMMF) incluyen fibras cerámicas, fibras para propósitos especiales y fibras de filamentos continuos. El material se fabrica normalmente a partir de vidrio fundido, roca o escoria. El material exhibe una buena resistencia al calor y químicos y se puede tejer. Por lo tanto, se utiliza ampliamente en el aislamiento térmico y acústico de edificios y plantas de proceso y como una protección contra incendios estructural en forma de rollos, losetas, relleno soplado de cavidad en paredes, laminados de cartón de yeso y aislamiento de tuberías. El uso de MMMF se ha acelerado conforme los materiales de asbesto han sido eliminados.

A partir de su introducción a finales de los 1800s, se ha reconocido que las lanas minerales ocasionan irritaciones de la piel y los ojos y, durante condiciones excesivamente polvosas, causan irritación del tracto respiratorio superior. La irritación de la piel y los ojos es producida por fibras gruesas.

Mientras la mayoría de la piel se vuelve resistente después de un periodo transitorio, algunas personas necesitan tomar precauciones para proteger su piel y un número pequeño requiere moverse a otro trabajo.

Los estudios en que se implantaron fibras minerales sin asbesto en el pecho de animales de laboratorio han mostrado que resultan tumores de mesotelioma, pero otros experimentos en que los animales inhalaban concentraciones altas de fibras de lana mineral no han indicado una asociación con una ocurrencia excesiva de tumores de pulmón.

Los estudios de inhalación en animales no han causado fibrosis clínicamente significativa. Un estudio grande de mortalidad industrial americano mostró que no hay casos de mesotelioma. En este estudio se observó un exceso de cáncer de pulmón en grupos

pequeños de trabajadores con más de 30 años desde su primera exposición a la lana mineral, pero no hubo correlación entre, ya sea la intensidad o la duración de la exposición, y el exceso de cáncer de pulmón. De hecho, los rayos X y los estudios de la función pulmonar en trabajadores actuales no han mostrado que la exposición a lana mineral esté asociada con anormalidades en los pulmones.

4.3 Humos de la Soldadura

El humo de la soldadura consiste de mezclas en el aire de gases y partículas finas que si se inhalan o tragan pueden resultar en riesgos para la salud. El grado de riesgo depende de: la composición del humo, la cantidad de humo en el aire que se respire y la duración de la exposición.

Los efectos principales a la salud son:

Irritación del Tracto Respiratorio: Los gases o partículas finas de humo pueden causar sequedad en la garganta, cosquilleo, tos, opresión en el pecho y dificultad para respirar.

Fiebre de Humo Metálico: La inhalación de muchos óxidos metálicos formados recientemente, como aquéllos del zinc, cadmio, cobre, etc., pueden causar una enfermedad parecida a una gripe aguda, llamada fiebre de humo metálico. Con la excepción de exposición al humo de cadmio, son raras las complicaciones serias. El acero galvanizado para soldadura es la causa más común de la fiebre de humo metálico.

Neumonía: Los soldadores están propensos a una infección de pulmón que puede llevar a neumonía severa y algunas veces fatal.

Envenenamiento Sistémico: Esto puede resultar de la inhalación o ingesta de sustancias contenidas en el humo de soldadura como fluoruros, manganeso, plomo, bario y cadmio. La presencia de estas sustancias en el humo depende del proceso de soldadura que se está utilizando y el material que se está soldando.

Efectos a Largo Plazo o Crónicos: La inhalación de humos de soldadura puede llevar al desarrollo de cambios benignos observados en los rayos X, conocidos como Siderosis. El humo de la soldadura está clasificado internacionalmente como posiblemente carcinógeno para humanos (clasificación IARC grupo 2B). Aunque está asociado principalmente con la soldadura de acero inoxidable, esta clasificación no está limitada al humo de acero inoxidable. Cubre todos los humos de soldadura.

4.4 Isocianatos

Los isocianatos pueden ser líquidos o sólidos a temperatura ambiente y se utilizan principalmente en la producción de poliuretanos, espumas, adhesivos, barnices y pinturas.

Son irritantes para la piel y las membranas mucosas. Sin embargo, los problemas más serios asociados con la exposición a isocianatos son aquéllos que afectan al sistema respiratorio. Los isocianatos son reconocidos ampliamente como una de las causas más comunes de asma ocupacional. Después de varias exposiciones a los isocianatos, los trabajadores pueden responder a concentraciones extremadamente bajas y esto se conoce como sensibilización respiratoria.

4.5 Polvo de Madera

El polvo de madera se produce siempre que se lleva a cabo el maquinado o corte de madera. Los peligros asociados con los polvos de madera son principalmente de la inhalación y contacto con la piel. Los efectos biológicos del polvo de madera dan pie a muchos síntomas diferentes, la naturaleza de los cuales depende en la cantidad y composición de la madera.

Consecuentemente, los síntomas de exposición van desde la dermatitis e irritación de la conjuntiva a irritación del tracto respiratorio superior. Existe cierta preocupación sobre la progresión de la irritación nasal en cáncer nasal. Sin embargo, este problema se complica por el periodo prolongado para inicio del cáncer que suele ser típicamente de 40 años. IARC ha clasificado el polvo de madera como un Carcinógeno Grupo 1. Además, algunas maderas blandas pueden actuar como sensibilizadores respiratorios.

4.6 Farmacéuticos

Trabajar en la industria farmacéutica puede presentar peligros específicos de compuestos particularmente potentes. Los diferentes medicamentos que se fabrican pueden dar pie a diferentes efectos a la salud. Por ejemplo:

Reacciones alérgicas: Algunos medicamentos pueden dar lugar a reacciones alérgicas como picazón y enrojecimiento de los ojos, secreción nasal, erupciones cutáneas, asma y ocasionalmente un shock debido a una reacción alérgica (anafilaxias).

Deficiencia de vitaminas: Los trabajadores con una exposición repetida a antibióticos experimentan un cambio en el número y tipo de bacterias que están presentes normalmente en los intestinos, las cuales descomponen y absorben las vitaminas en los intestinos.

Infecciones micóticas: La exposición diaria a polvos de antibióticos puede llevar a infecciones micóticas de la piel y uñas. Adicionalmente, las mujeres trabajadoras pueden desarrollar infecciones vaginales por levaduras después de la exposición a antibióticos.

Nitroglicerina: Aunque se utiliza comúnmente en la dinamita, también es la base de varias medicinas para pacientes del corazón. Los nitratos actúan en los vasos sanguíneos del cuerpo y se sienten sus efectos de diversas maneras. Casi todas las personas expuestas al polvo de la nitroglicerina experimentan un fuerte dolor de cabeza severo que es ocasionado por la relajación de los vasos sanguíneos dentro del cráneo. Los nitratos dilatan los vasos sanguíneos y hacen que caiga la presión arterial. Como resultado, puede ocurrir el mareo y aun el desmayo.

Tranquilizantes: Pueden hacer hábito y ser adictivos. En combinación con alcohol, pueden ocasionar que una persona pierda la consciencia, y en dosis altas, pueden llevar al coma y la muerte. Los trabajadores que producen tranquilizantes corren el riesgo de estos efectos adversos y se ha encontrado que se desmayan al tomar tan solo una cerveza después del trabajo. Existe un peligro real de accidentes, tanto en la planta industrial, como de camino a casa, cuando los trabajadores se marean como resultado de la exposición a tranquilizantes y barbitúricos.

4.7 Productos de Petróleo

La industria del petróleo presenta un número de peligros únicos, tanto en términos de extracción/producción como en productos terminados.

Aceites de Lubricación: Ciertos aceites (particularmente aceites altamente aromáticos) son irritantes cuando se aplican a la piel durante un periodo de varias horas. Muchos en contacto repetido, eliminan las grasas naturales de la piel, dejándola seca y susceptible a agrietamiento, dermatitis e infección posterior. El contacto accidental con los ojos puede

ocasionar una irritación transitoria pero no efectos duraderos. Los efectos son más pronunciados con aceites de baja viscosidad.

La inhalación de nieblas y vapores de aceite puede ocasionar irritación de los ojos, nariz y garganta. Si se inhalara suficiente aceite, esto llevaría a una forma de neumonía.

La mayoría de las formulaciones contienen aditivos químicos de composición variable. Las propiedades tóxicas de dichas formulaciones dependen de la toxicidad de los aceites base y de los aditivos. Para muchos aditivos hay datos inadecuados sobre la toxicidad aguda y crónica, carcinogenicidad y los efectos sobre la reproducción o el sistema inmune.

Gasolina: Es un irritante de la piel y la exposición prolongada puede producir ampollas. La exposición repetida desgrasa la piel, provocando dermatitis. El contacto accidental con los ojos provoca una irritación severa, pero esta suele ser de corta duración. La inhalación del vapor puede ocasionar inconsciencia; la inhalación prolongada de concentraciones altas puede resultar fatal debido a la depresión del sistema nervioso central. Las gasolinas contienen aditivos (que pueden incluir tetraetilo de plomo, que es neurotóxico; y compuestos bromados que son mutagénicos); éstos están siendo reemplazados por alcoholes (ej., metanol) y éteres (ej., metil t-butil éter – MTBE) en gasolina sin plomo. La exposición excesiva al metanol produce ceguera; la evidencia reciente sobre MTBE sugiere que las concentraciones altas en la atmósfera pueden ser teratogénicas.

Gasóleos, aceites combustibles: Éstos son similares en carácter a los destilados intermedios o a aceites de lubricación pesados, pero pueden contener materiales craqueados catalíticamente u otros materiales que tienden a ser carcinógenos cuando se aplican regularmente a la piel del ratón, es decir, pueden llevar un riesgo carcinógeno.

Extractos aromáticos: Éstos contienen concentraciones altas de hidrocarburos aromáticos policíclicos carcinógenos y muchos han demostrado que son carcinógenos a través del contacto con la piel. Su toxicidad es similar a la de aceites lubricantes.

Benceno: El contacto directo desgrasa la piel y produce dermatitis con la exposición repetida. La exposición lleva a la depresión del sistema nervioso central – dolor de cabeza, náusea y después inconsciencia. La exposición repetida a 50 ppm o superior, daña la sangre y los tejidos que forman la sangre, produciendo en algunos individuos una falla completa para formar nuevas células sanguíneas de todos los tipos (una condición fatal). La exposición prolongada a altas concentraciones ocasiona un tipo de leucemia

(cáncer de la sangre) y daña los cromosomas (los cuerpos que llevan el material genético en la división celular).

4.8 Minería – Extracción de Minerales y Metales

La minería de carbón, minado de metales y otros minerales se lleva a cabo extensamente alrededor del mundo. Históricamente los trabajadores de la minería habían sufrido incidencias mayores de enfermedades que los trabajadores en otros sectores de la industria pesada. La minería de carbón ha sido asociada con la 'Neumoconiosis', una enfermedad de pulmón inducida por polvo, y otras enfermedades como el 'Enfisema' relacionado con el trabajo. Las actividades de minería pueden presentar peligros particulares para la salud por diversas sustancias. Éstas últimas pueden ser del mineral que se extrae o pueden estar presentes como subproductos/contaminantes indeseables. El peligro principal para la salud es la exposición al polvo en diversas formas.

Asbesto todavía se saca es minado en varios países alrededor del mundo; también se encuentra en cantidades muy pequeñas en depósitos de otros minerales como el talco. Los peligros del asbesto se presentan en una sección separada de este manual.

Arsénico está presente en los depósitos de metal como estaño y cobre. Puede encontrarse como un componente indeseable durante la minería y procesamiento pero también se produce comercialmente como un subproducto de refinación. El arsénico es tóxico y puede matar si se consume o inhala en grandes cantidades.

Sílice está presente en muchos minerales y particularmente en la extracción de piedra.

La minería también puede presentar un rango de peligros físicos como el ruido, vibración, radiación, estrés por calor, humedecimiento/humedad y cambios en la presión atmosférica.

4.9 Uso y refinado de metales

Muchos metales pesados están presentes en pequeñas cantidades dentro de nuestro cuerpo, como elementos esenciales, y forman una parte importante de nuestro funcionar. Sin embargo, si hay una exposición a grandes cantidades de ellos, entonces pueden resultar efectos a la salud importantes.

Cadmio su uso ha sido restringido debido a su toxicidad, sin embargo, todavía se utiliza dentro de la industria de la aviación como un revestimiento anticorrosivo, y en las baterías NiCd. Los efectos fisiológicos de una exposición excesiva a cadmio pueden separarse en dos categorías diferentes como sigue; los efectos agudos incluyen náusea, vómito y

trastornos severos gastrointestinales; y los efectos crónicos, que van desde fatiga y enfisema a daños al hígado y riñones. En casos severos de envenenamiento agudo, por ejemplo después del corte con llama de pernos chapeados en cadmio, puede seguir rápidamente la muerte producto de una neumonía química.

Cromo es un elemento metálico duro, de color acero gris, al cual se le puede dar un alto brillo. Su punto de fusión, 1900° C, junto con su naturaleza inerte, hace el metal útil como un material de aleación y para electro-chapeado. Tiene un número de isótopos radioactivos, que se ha encontrado que tienen uso en medicina.

Es capaz de tener diversos estados de valencia y el rango de sales refleja esto, es decir, cromoso, crómico y cromilo. Algunos tienen propiedades irritantes similares al trióxido de cromo (ácido crómico) ocasionando una irritación dérmica, ulceración y dermatitis alérgica. La inhalación ocasionará también una irritación principal, perforación del septo nasal, irritación pulmonar, mientras que el carcinoma también ha sido asociado con la exposición a sales de cromato.

Plomo es un metal maleable, suave, con buenas propiedades anticorrosivas. Ha sido utilizado extensamente en la industria de la construcción, así como en la producción de baterías, balas y pesos. También se ha mezclado con otros metales para formar aleaciones útiles, como soldadura de estaño/plomo. Sus diversos componentes son tóxicos y pueden ser inhalados, ingeridos o absorbidos a través de la piel. Los efectos agudos son raros, ya que el plomo es principalmente un veneno crónico acumulativo, pero algunos compuestos orgánicos del plomo (como el utilizado en gasolina con plomo), se puede absorber rápidamente a través de la piel y afectar el cerebro ocasionando la muerte en algunos casos. Los efectos crónicos se observan con una acumulación lenta de plomo inorgánico en el cuerpo, frecuentemente depositado en los huesos y siendo liberado más adelante si ocurre un trauma. Los efectos crónicos van desde dolores de estómago a letargo y anemia, finalmente ocasionando la muerte. Puede dar lugar a daño cerebral especialmente a los jóvenes y no nacidos.

4.10 Escape de Diésel

Los gases de escape de diésel vienen de la combustión del combustible en motores diésel. Los motores diésel fueron inventados en 1890 por Rudolf Diesel. Aunque hay muchas ventajas de utilizar combustible diésel, un resultado negativo ha sido la exposición de gran número de trabajadores a una mezcla compleja de gases tóxicos y componentes orgánicos y en forma de partículas.

La fase gaseosa del escape de diésel consiste en su mayoría de los mismos gases que se encuentran en el aire, como nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua, sin embargo, también están presentes las pequeñas concentraciones de gases tóxicos como monóxido de carbono y óxido de nitrógeno.

La fracción de partículas del aerosol del escape de diésel consiste de una fase de carbono sólida y gotas ultra finas de una mezcla compleja de compuestos orgánicos semivolátiles. La fracción de partículas sólidas consiste principalmente de partículas muy pequeñas (típicamente 15 - 30 nm de diámetro), que se aglomeran rápidamente para formar "cadenas" o aglomeraciones de partículas, que son típicamente de un tamaño aerodinámico de <1 µm. La microscopía de electrón de alta resolución ha demostrado que las partículas básicas de diésel consisten de una estructura gráfica apilada irregular, nominalmente llamada carbón elemental.

La naturaleza gráfica y el alta área superficial de estas partículas muy finas de carbono significa que tienen la capacidad de absorber cantidades importantes de hidrocarburos (las gotas y vapores de carbono orgánico semivolátil) que se originan de combustible no quemado, aceites de lubricación y los compuestos formados en la reacción química compleja durante el ciclo de combustión.

En términos de efectos a la salud, el tamaño muy pequeño de la partícula de DPM (*Diesel Particulate Matter*) es importante, ya que significa que puede alcanzar las partes profundas de los pulmones.

- Hay tanto efectos a la salud malignos como no malignos; además de olor molesto; visibilidad reducida cuando está en el aire; así como ser un contaminante molesto. Los efectos malignos son generalmente cáncer de pulmón y, en una menor extensión, cáncer de vejiga. Los efectos no malignos incluyen
- Irritación de los ojos y tracto respiratorio
- Tos
- Mareos
- Falta de aliento
- Enfermedades del corazón y del pulmón
- Asma

4.11 Nano-partículas

La nanotecnología involucra ingeniería de precisión de los materiales a una nano escala (de 10^{-9} a 10^{-7} metros), en cuyo punto se pueden utilizar sus propiedades únicas y mejoradas. Estas propiedades han llevado al desarrollo de productos, procedimientos y procesos nuevos, así como a diversos problemas de la salud (AIOH 2013). Los nanomateriales son generalmente más tóxicos que las correspondientes sustancias de tamaño más grande (Toxikos 2009). OSHA proporciona una lista detallada de efectos a la salud, y la valoración y referencias de control en nanotecnología (OSHA 2015).

5 VALORACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD

5.1 Introducción

La razón principal de realizar una evaluación de higiene ocupacional en el lugar de trabajo es para valorar los riesgos a la salud de los empleados. Cuando se encuentra una situación menos que satisfactoria, o si hay disponibles mejoras adicionales, habrá entonces requerimientos adicionales para:

- Especificar los pasos para lograr un control adecuado.
- Identificar otras acciones que se requieran.

5.2 Peligro y Riesgo

Cuando se lleven a cabo valoraciones de riesgos de higiene ocupacional, es importante tener una comprensión clara de las diferencias entre peligro y riesgo.

- Un peligro tiene el potencial de ocasionar daño si no se controla.
- El resultado o consecuencia es el daño que pudiera resultar de la exposición al peligro no controlado.
- El riesgo es una combinación de la probabilidad o posibilidad que el resultado o consecuencia particular ocurra cuando se exponga al peligro.

5.3 Valoración de Riesgos a la Salud

El proceso de valorar los riesgos a la salud puede describirse ampliamente mediante el diagrama de flujo a continuación.



La comunicación y consulta es importante en muchos de estos pasos

5.3.1 Definir la extensión de la valoración

En primer lugar es necesario definir el proceso o actividad que está siendo valorado. Esto podría involucrar una o más actividades, así como uno o más trabajadores al mismo tiempo. También podría ser necesario valorar peligros diferentes como parte de valoraciones diferentes (por ejemplo, las valoraciones de ruido se llevan a cabo generalmente por separado de las valoraciones de riesgos químicos ya que involucran enfoques muy diferentes). Sin embargo, cuando valoran peligros de sustancias (como solventes), frecuentemente es posible agrupar los químicos en una valoración, si poseen propiedades similares y requieren controles similares.

5.3.2 Reunir Información

Una valoración de los riesgos a la salud en el lugar de trabajo necesita una apreciación de un número de factores en el proceso de toma de decisión, incluyendo algunos o todos los siguientes – y, por lo tanto, se debe reunir como un primer paso la información relacionada con estos factores:

- La naturaleza del proceso u operación; por ejemplo, continuo o por lotes; interior o exterior.
- Las sustancias utilizadas y producidas (químicas, biológicas), así como los agentes físicos (ruido, radiación) y otros factores presentes (ergonómicos). Se pueden identificar algunas sustancias mediante sus nombres comerciales y su composición química deber ser entendida.
- Es importante recordar que la mayoría de las exposiciones industriales a químicos (inhalación, contacto con la piel) son a las mezclas, no a sustancias únicas. En estos casos se debe conocer la información sobre la composición de la mezcla.
- El estado físico de las sustancias (gases, vapores, etc.) y otros agentes, además de un conocimiento de dónde están presentes en la ubicación/tarea del lugar de trabajo.
- Una comprensión de los efectos en el cuerpo de los agentes/factores relevantes (químico, físico, biológico, ergonómico).
- Un conocimiento de los tipos de trabajo que se llevan a cabo (por ejemplo, operador, mantenimiento, de supervisión, laboratorio) y los elementos/tareas de ese trabajo para los cuales podrían ocurrir exposiciones inaceptables a los agentes químicos, físicos o biológicos o a una situación ergonómica adversa.

- Los estimados de exposición con relación a cualquier límite o lineamiento de exposición ocupacional pertinentes que sean relevantes y aplicables.
- Los tipos y extensión de exposiciones ocupacionales.
- Patrón de trabajo/turno.
- Las prácticas de operación y las medidas de precaución (incluyendo las de control de ingeniería) recomendadas.
- Experiencias de salud del trabajador; por ejemplo, verificar si hay o ha habido casos de enfermedad, incidentes, quejas o reclamaciones de indemnización ocupacionales.
- Cualquier otra información pertinente. Hay una necesidad, por ejemplo, de poner en perspectiva las observaciones, los datos, etc., y para determinar qué tan típicos al ser comparados con las prácticas y procedimientos 'normales'.

La existencia de inventarios/registros de sustancias, de agentes no químicos (ej., ruido y fuentes de radiación) y de los tipos de trabajo que se llevan a cabo, puede ser extremadamente útil en el desarrollo de una valoración.

La disponibilidad de fuentes relevantes de información debe también explorarse y utilizarse; por ejemplo,

- Hojas de datos de seguridad (SDS).
- Etiquetado de los fabricantes.
- Fuentes de literatura sobre los límites de exposición, como la documentación de los TLV de la ACGIH.
- Otras fuentes publicadas (ej., nacional, compañía, asociación comercial, técnica) y no publicadas.

5.3.3 Valoración de Riesgo(s) a la Salud

Se debe realizar ahora la valoración. Esto implica una investigación y una observación agudas, por ejemplo, con relación a las prácticas de operación y medidas de precaución adoptadas actualmente en una tarea específica (ej., monitoreo de exposición personal).

Recuerde preguntar sobre la existencia y aplicación de un sistema de permisos de trabajo y verificar el alcance y efectividad de su aplicación desde un punto de vista de protección a la salud.

Una valoración debe ser 'adecuada y suficiente'. Debe ser realizada por una 'persona competente' y el tipo de individuo que constituye dicha persona variará de un lugar de

trabajo a otro. En algunos casos, será necesaria la ayuda de un higienista ocupacional totalmente calificado debido a la naturaleza más compleja de los riesgos que se están investigando.

Un punto crítico es que el término 'valoración' no es sinónimo del de 'medición' o 'monitoreo' de exposiciones ocupacionales, sino que abarca consideraciones más amplias, como las condiciones en el día que ocurrió el monitoreo que ayudó a la interpretación de los resultados de monitoreo.

Los resultados de las mediciones de exposiciones ocupacionales a agentes químicos, físicos o biológicos en el lugar de trabajo pueden formar un elemento importante de la valoración en general. En otros casos es innecesario o inadecuado dicho monitoreo y será suficiente una valoración cualitativa.

Monitoreo del Lugar de Trabajo

Podría ser necesario obtener niveles de exposición a partir del monitoreo de higiene ocupacional, como parte de la valoración general de riesgos a la salud. Cuando se requiere un monitoreo del lugar de trabajo, el objetivo es ayudar a asegurar la protección de la salud de los empleados y la estrategia de muestreo adoptada debe ser apropiada a la razón básica para el tipo de estudio que se realizará. El tipo de estudio va desde el monitoreo inicial de una planta u operación, para poder establecer una situación de 'línea base', al monitoreo periódico de una planta u operación para poder verificar, a intervalos regulares, que se están manteniendo condiciones aceptables. También se podría requerir un estudio para evaluar si las exposiciones cumplen con los estándares de exposición ocupacional relevantes.

5.3.4 Especificar Acciones Requeridas

Cuando la valoración indica un riesgo a la salud, es necesario especificar las recomendaciones o pasos que se deben tomar para lograr un control efectivo. Esto es una parte importante e integral de la valoración, la cual NO se considera completada hasta que esto se atiende.

5.3.5 Registrar la Valoración de Riesgos

Las valoraciones son importantes en el enfoque preventivo de protección a la salud, sin embargo son de valor limitado a menos que se registren por escrito y se fechen y sean firmadas por el asesor. La calidad de una valoración también es probable que se mejore cuando la verificación de la información verbal pertinente de aspectos fundamentales de la valoración se puede obtener, en una forma u otra, y se documenta. Este registro puede incluir un informe de higiene ocupacional, un ejemplo del cual está disponible en los sitios web BOHS y AIOH.

5.3.6 Llevar a cabo las Acciones

Es importante asegurar que se implementen efectivamente las recomendaciones de una valoración. Muchas evaluaciones fallan al controlar la exposición debido a que no se implementan las acciones.

5.3.7 Revisar la Valoración de Riesgos

Se deben llevar a cabo revaloraciones periódicas, de forma regular y cuando se sospeche que la valoración ya no es válida. A continuación se encuentran los tipos de factores que deben desencadenar una valoración adicional:

Cambios importantes en:

- Las sustancias/agentes involucrados y/o sus fuentes.
- La planta industrial; por ejemplo, control de ingeniería modificado.
- El proceso o método de trabajo.
- El volumen o velocidad de producción.

Resultados adversos de:

- Monitoreo de exposición personal.
- Vigilancia a la salud (ej., audiometría, monitoreo biológico).
- Monitoreo del control de proceso (ej., emisiones fugitivas).

Casos de enfermedades ocupacionales.

Nueva información sobre los riesgos a la salud de agentes químicos, físicos o biológicos.

En la ausencia de cambios conocidos/resultados adversos/casos/información nueva, el periodo entre revaloraciones dependerá de la naturaleza de los riesgos, el trabajo y un

juicio sobre la probabilidad de que ocurran cambios. En cualquier caso, se sugiere que se deben revisar todas las valoraciones por lo menos cada dos años.

5.3.8 Comunicación/Consulta

En muchas etapas del proceso de valoración de riesgos será necesario comunicar y/o consultar con las partes involucradas, como los trabajadores que puedan estar expuestos, los supervisores, ingenieros y otro personal de salud y seguridad.

5.4 Sistemas Expertos y Bandas de Control

Hay un número de sistemas expertos que fueron desarrollados para ayudar a los empleadores a llevar a cabo valoraciones de riesgos a la salud. Todos estos sistemas utilizan un enfoque llamado "Bandas de Control". Las bandas de control constan de los siguientes pasos.

Clasificación de Peligros – Las características del peligro, como lo son frases de riesgo, Límites de Exposición Ocupacional (LEO) y descripciones del peligro se utilizan para clasificar los materiales en grupos o bandas de peligro.

Valoración del potencial de exposición – Se utilizaron modelos simplificados para valorar el nivel de exposición de la tarea, sin realizar un monitoreo de la exposición.

Selección del enfoque de control – Éstos se seleccionaran automáticamente utilizando reglas y lineamientos predeterminados. Dependiendo del enfoque de bandas de control adoptado, las reglas y lineamientos habrán sido generados y verificados por higienistas ocupacionales calificados. Se describe el enfoque de control seleccionando un documento de una biblioteca prescrita de hojas de guía.

El estuche de herramientas de la OIT es un ejemplo de uno de los enfoques de las bandas de control. El estuche de herramientas es un programa basado en internet y fue desarrollado originalmente por el "COSHH Essentials" del Reino Unido.

6 MEDICIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AIRE

6.1 Principios Generales

Estados Físicos – hay tres estados físicos de la materia:

- Gas;
- Líquido;
- Sólido.

Todos los materiales pueden existir en los tres estados o en mezclas de estados; por ejemplo, una bebida fría puede contener agua como un líquido, pero también puede contener hielo (la forma sólida del agua) y el aire sobre la bebida es un gas que contiene parte de agua (conocido como vapor). Dependiendo de la sustancia de interés y el tipo de actividad que se llevará a cabo, entonces estará presente el material en cuestión en una forma diferente.

Vapor – el estado gaseoso de una sustancia que es un líquido a 25° C y 760 mm Hg (STP – condiciones estándar de temperatura y presión).

Neblina – partículas líquidas de tamaño grande, generalmente producidas mediante el burbujeo, salpicado o ebullición de un líquido.

Humo – partículas sólidas producidas mediante la condensación de un líquido o una reacción entre dos gases. El tamaño de la partícula de un humo es de <1 micra (μm) de diámetro, cualquier otra más grande se considera una partícula de polvo.

Polvo – partículas de material sólido en el amplio intervalo de tamaños de 1 a 100 micras (0.001 mm – 0.1 mm) de diámetro que se asienta bajo la influencia de la gravedad. Se considera que cualquier cosa de un tamaño de partícula mayor es de arena o grava y será demasiado pesada para permanecer en el aire.

Aerosol – término general para las dispersiones de partículas sólidas o líquidas de tamaño microscópico en un medio gaseoso (ej., niebla, humo de combustión, etc.), aunque se utilice comúnmente como un término para una pulverización de líquido fino (ej., 'lata de aerosol').

Fibra – partículas sólidas que son largas y delgadas; es decir, tienen una relación de aspecto específica de longitud a anchura.

NB: Micrón (μm) es una unidad de longitud que corresponde a una millonésima parte de un metro o a una milésima de milímetro.

No es de sorprender que se requieran técnicas de muestreo diferentes para cada uno de los estados de la materia anteriores.

6.1.1 Técnicas de Muestreo

El requerimiento fundamental de cualquier técnica de medición es que debe ser adecuada para el objetivo de la medición. Esto significa que debe proporcionar la información necesaria para las decisiones que se tomarán sobre la base de esa información.

‘Monitoreo’ o ‘Muestreo’ significa el uso de técnicas de higiene ocupacional válidas y adecuadas para obtener un estimado cuantitativo de la exposición de los empleados a sustancias peligrosas para la salud. Solamente se deben utilizar los métodos de monitoreo validados; éstos son publicados por organizaciones como HSE en el Reino Unido y NIOSH en los Estados Unidos. Otros países también producen métodos y en algunos casos se especifican como obligatorios dentro de la legislación local. En el caso de monitoreo de contaminantes en el aire, se comprende el muestro periódico o continuo de la atmósfera en el lugar de trabajo y requerirá generalmente el muestreo en la zona de respiración del operador por medio del equipo de muestreo personal.

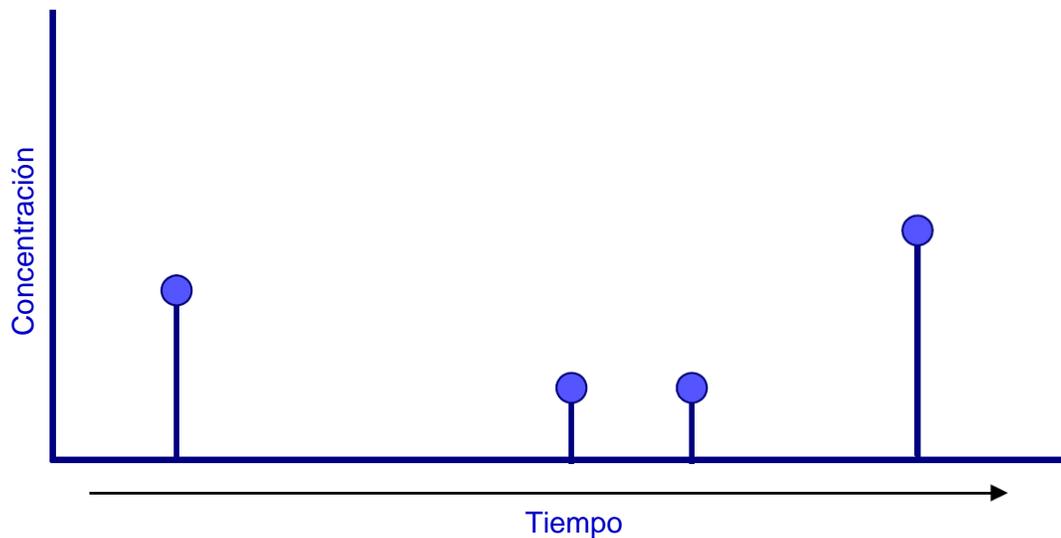
Además del monitoreo personal, el monitoreo estático/de posición fija también puede ofrecer información limitada en cuanto a la exposición de un individuo. Puede proporcionar una guía de las fuentes de contaminantes, efectividad de las medidas de control y concentraciones atmosféricas en el cuarto de trabajo en general.

6.1.2 Tipos de Muestreo

Hay cinco tipos principales de muestreo:

Tomar o Agarrar (“grab”)

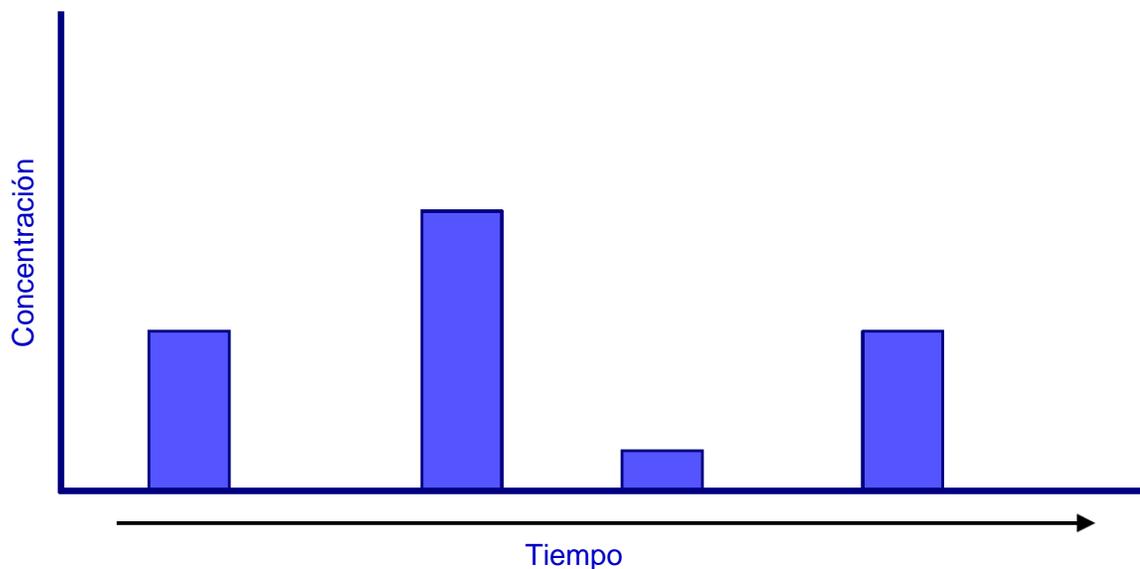
Se puede utilizar el muestreo de agarre o de tomar de golpe como una técnica de tamizado; proporcionará la concentración de un contaminante en un momento y lugar específico y ayudará a confirmar la presencia de, y/o identificar, un contaminante sospechoso.



Fuente: Adrian Hirst

Monitoreo a corto plazo

El monitoreo a corto plazo determinará las concentraciones durante un periodo de tiempo corto, normalmente hasta 10 ó 15 minutos. Los resultados se calculan normalmente como un promedio ponderado en el tiempo (TWA) y se pueden comparar con los límites de exposición a corto plazo recomendados relevantes (especialmente los WELs) y para cuantificar exposiciones a peligros agudos (ej., cloro, amoniaco, butano).

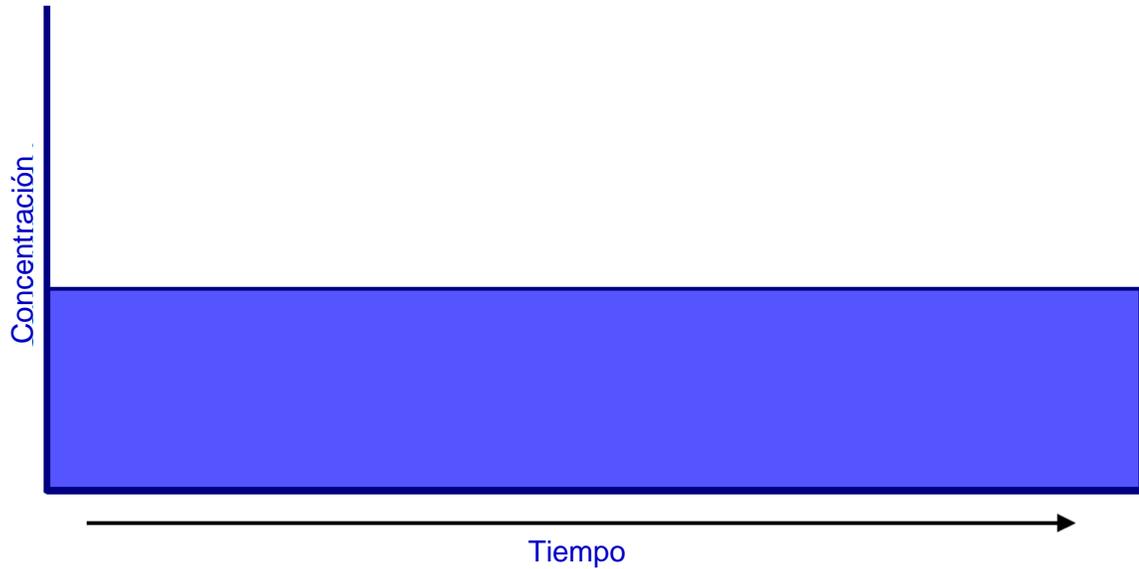


Fuente: Adrian Hirst

Monitoreo a largo plazo

El monitoreo a largo plazo se determina en forma similar sobre una base de promedio ponderado en el tiempo y se relaciona con los límites recomendados a largo plazo (8 horas TWA). Un medio turno (4 horas); o el tiempo para completar una operación específica; o

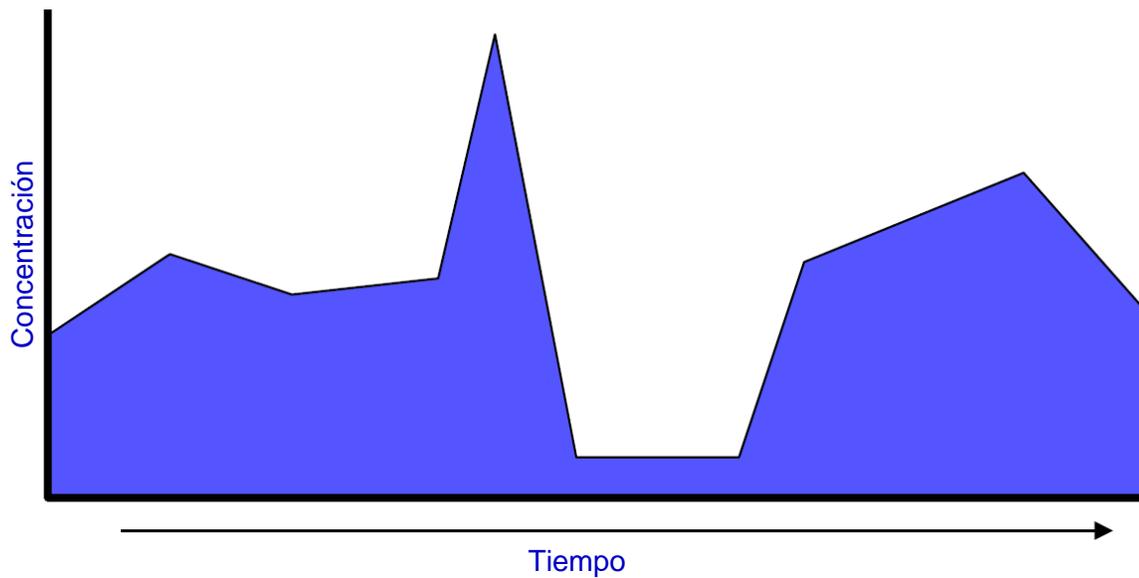
un tiempo representativo de un turno completo; o el turno completo (nominalmente 8 horas) son normalmente los periodos de tiempo que se monitorean. Los picos y valles pueden no ser vistos dependiendo del tipo de monitoreo.



Fuente: Adrian Hirst

Monitoreo continuo

Este monitoreo indicará las variaciones en concentraciones. Se pueden identificar los niveles pico, así como las concentraciones/exposiciones promedio que se están determinando. Esto puede utilizarse de la misma manera que el muestreo a largo plazo, sin embargo, se utilizan diferentes dispositivos que permiten el monitoreo en tiempo real.



Fuente: Adrian Hirst

A granel

En algunas circunstancias, muestras a granel de las sustancias que se van a manejar también pueden tomarse y analizarse para propósitos de identificación, pero no es posible relacionar los resultados de las muestras a granel a las muestras en el aire recolectadas. Sin embargo, con algunos contaminantes como asbesto, el muestreo a granel es una parte esencial del proceso de identificación.

Los tipos de muestreo descritos anteriormente y los límites de exposición citados en la legislación u otras directivas se basan en el supuesto que la inhalación es la vía principal de entrada en el cuerpo. Sin embargo, la absorción por la piel y la ingestión pueden ocurrir también y la única manera segura de medir la exposición a sustancias que ingresan al cuerpo mediante esas vías es aplicar métodos de monitoreo biológico. Generalmente, dichos métodos miden la cantidad de una sustancia o de uno o más de sus metabolitos en uno u otro de dos fluidos corporales accesibles – sangre u orina. Los detalles de dichas técnicas de muestreo se cubren en la Sección 8 del manual de este curso.

Las mediciones para sustancias particulares en un momento particular cuentan solamente parte de la historia y debe recordarse que puede variar la concentración conforme ocurren cambios al proceso, etc. Se deben adoptar las estrategias de muestreo adecuadas para decidir cuáles grupos de trabajadores, cuáles ubicaciones de la planta y cuáles turnos se deben monitorear.

Una de las primeras preguntas que debe hacer sobre la técnica de muestreo es qué resultados le dirán. ¿Cuáles son las normas con las que los resultados se pueden juzgar?

6.2 Equipo de Muestreo

La elección del equipo/dispositivos de muestreo depende de diversos factores, incluyendo la portabilidad, facilidad de uso, eficiencia del dispositivo, confiabilidad, tipo de análisis o información requerida, adecuación para propósitos específicos y, cuando esté involucrado el monitoreo personal, aceptabilidad del usuario. El equipo de muestreo no debe afectar de ninguna manera el desempeño de los trabajadores; debe ser cómodo para utilizarlo y no inhibir la destreza o cambiar el modo de operación de los trabajadores. Tampoco debe ser un peligro para el trabajador o área (ej., algún equipo requiere ser intrínsecamente seguro).

No existe ningún equipo único que sea adecuada para todos los tipos de muestreo. La tendencia es producir monitores para propósitos especiales para contaminantes específicos o grupos de contaminantes.

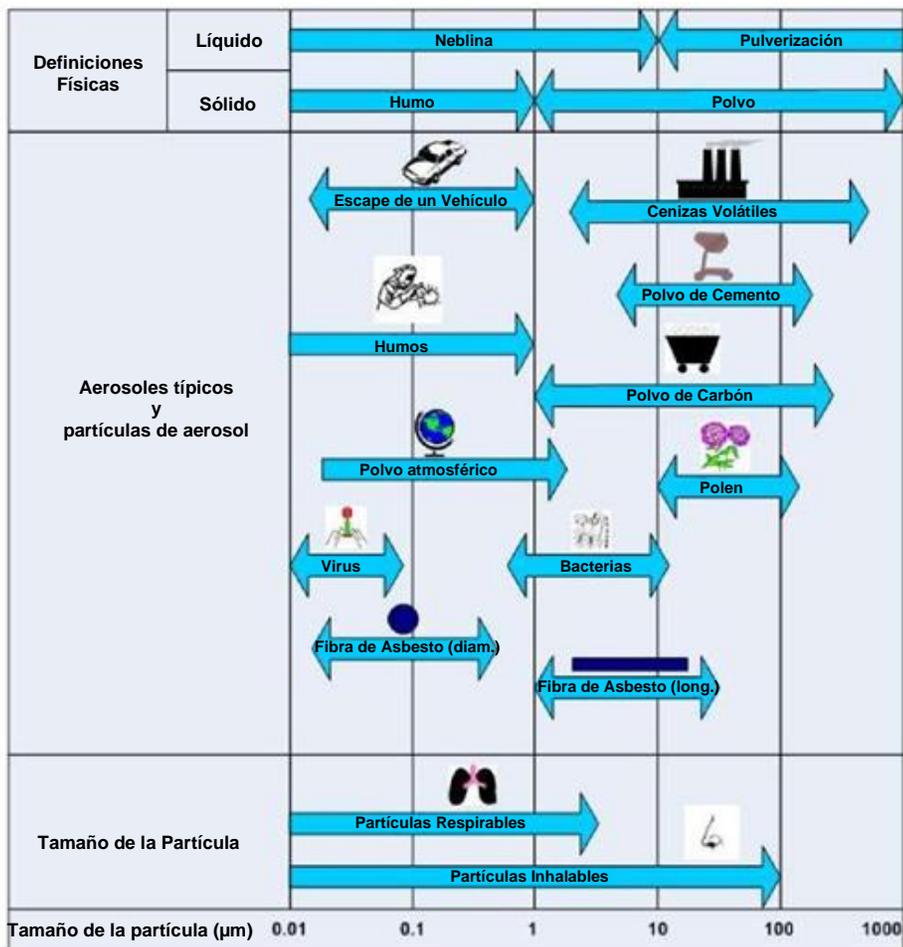
6.3 Registros de Muestreo

Se deben registrar y conservar los detalles completos del muestreo realizado. El registro debe indicar cuándo y dónde se realizó el monitoreo; quién fue monitoreado; los detalles del equipo utilizado; las operaciones en desarrollo al momento del estudio; los controles disponibles, su condición y si fueron utilizados; y los resultados obtenidos. En la mayoría de los países los registros de monitoreo deben estar disponibles para los empleados o sus representantes.

6.4 Muestreo de Partículas en el Aire

6.4.1 Tamaño de la partícula

La mayoría de los aerosoles industriales contienen partículas de una amplia gama de tamaños.



Fuente: Adrian Hirst

Figura 6.1 – Tamaños de Partículas

El comportamiento, la deposición y el destino de una partícula en particular después de entrar en el sistema respiratorio y la respuesta del cuerpo dependen de la naturaleza de la partícula (ej., solubilidad y tamaño). En general, hay dos fracciones de tamaño de interés para los higienistas ocupacionales y se llaman polvo *inhalable total* y polvo *respirable*.

El polvo inhalable total es la fracción del material en el aire que entra en la nariz y boca durante la respiración y, por lo tanto, está sujeto a deposición en cualquier parte en el tracto respiratorio. Los tamaños de la partícula de polvo total inhalable tienen un corte de 50% a 100 micras (ISO 1995). Esto significa que se recolecta el 50% de las partículas de 100 μm cuando se muestrea. Conforme las partículas se hacen más grandes, se recolecta menos porcentaje. No está definido un tamaño máximo.

El polvo respirable es esa fracción que penetra al pulmón profundo donde se lleva a cabo el intercambio de gas. Los tamaños de la partícula del polvo respirable tienen un corte de 50% aproximadamente 4 μm hasta un máximo de 16 μm (ISO 1995) (ISO 7708).

Es importante apreciar que el comportamiento de la partícula depende de factores como la forma y densidad de la partícula, la velocidad y dirección del viento, la tasa de respiración y si la respiración es por la nariz o la boca. En la práctica, el número (y masa) de partículas de >50 micras en una típica nube de polvo en el aire es pequeña.

6.4.2 Elementos de un sistema de muestreo

Cuando se realiza el monitoreo personal de partículas en el aire, hay tres componentes principales del sistema de muestreo que sirven para formar el "Tren de muestro". Éstos son: la bomba, el filtro y la cabeza de muestreo. La bomba se utiliza para jalar aire hacia la cabeza de muestreo y recolectar las partículas en un filtro.

¿Qué estamos tratando de medir?	¿Cómo lo medimos?
<p>Medición de la exposición de los trabajadores: Cuando respiramos, el polvo ingresa al cuerpo a través de la nariz y la boca y después se va a los pulmones. Normalmente deseamos estimar la concentración de polvo inhalada de manera que podamos determinar los efectos posibles a la salud y elegir los controles. X</p> <p>Por lo tanto, muestreamos el polvo en la “zona de respiración” utilizando un tren de muestreo.</p> 	
¿Dónde muestreamos?	Fuentes de error

Fuente: SKC. Ltd., modificado por Michelle Wakelam

Figura 6.2 – Elementos de un Sistema de Muestreo

La bomba es un dispositivo energizado por batería que es portado por el trabajador. La bomba debe ser capaz de operar a una velocidad de flujo constante (típicamente entre 1 y 2.5 litros por minuto) durante periodos prolongados de hasta 12 horas. La calibración de la bomba, así como la medición del tiempo de muestreo, nos permite calcular el volumen del aire que se está muestreando.

Los filtros requieren ser capaces de recolectar todo el material de partículas que se introduce en ellos (los filtros) y al mismo tiempo requieren ser compatibles con cualquier técnica de análisis posterior. Típicamente éstos son filtros de fibra de vidrio y filtros de membranas. El tipo de filtro es específico para el contaminante, y se deben consultar los métodos antes de seleccionar el filtro correcto. Los filtros se pesan antes y después de su uso de manera que se pueda determinar un cambio de peso. Este cambio en peso puede utilizarse con la velocidad de flujo promedio y el tiempo de muestreo para llegar a una concentración medida utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Concentración (mg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Ganancia de peso (mg)} \times 1000}{\text{Velocidad de flujo (litro/min)} \times \text{Tiempo (min)}}$$

Nota explicativa – la cifra de 1000 es necesaria en el numerador de esta fórmula para poder convertir el volumen de la muestra en el denominador de litros a m³.

La fórmula anterior también se puede expresar como:

$$\text{Concentración (mg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Ganancia de peso (}\mu\text{g)}}{\text{Velocidad de flujo (litro/min) x Tiempo (min)}}$$

donde la ganancia de peso se expresa en unidades de microgramos (μg).

La cabeza de muestreo permite que el filtro se mantenga en la posición correcta, pero puede actuar también como un separador de tamaño. El polvo total inhalable se mide típicamente utilizando la cabeza de muestreo IOM (Fig. 6.3), aunque también están disponibles otros dispositivos. El polvo respirable se mide utilizando un ciclón pre-seleccionador que separa las partículas más grandes antes de que lleguen al filtro.



Fuente SKC Limited

Figura 6.3– Cabeza de muestreo tipo IOM para polvo inhalable (izquierda) y cabeza de muestreo tipo ciclón para polvo respirable (derecha)

6.5 Muestreo de Gases y Vapores

6.5.1 Equipo de muestreo

La mayor parte del muestreo atmosférico de gases y vapores se lleva a cabo usando métodos activos; es decir, por medio de un método que usa una bomba mecánica de

muestreo. La atmósfera que se va a monitorear es atraída por la bomba y se hace pasar a través de un material de filtración / material adsorbente durante un periodo de tiempo fijo, a una velocidad de flujo conocida, de forma similar al muestreo de partículas.

Para gases y vapores se ha desarrollado otro tipo principal de muestreador, que se describe como 'pasivo'. Normalmente, los muestreadores pasivos trabajan mediante difusión de aire a través de una membrana permeable hacia un adsorbente sólido para análisis posterior.

Los tipos principales de equipo que se pueden utilizar para cuatro técnicas principales de muestreo antes descritas (excluyendo el muestreo a granel), se resumen en las tablas a continuación, con un breve resumen de sus modos de operación y las ventajas y desventajas principales. Sin embargo, las listas no son exhaustivas ya que hay muchos tipos diferentes de cada uno disponibles, que cuales son adecuados para la tarea en cuestión.

Cuando se muestrea un vapor, debemos recordar que la cantidad de vapor que sale de un líquido es esencialmente una función del punto de ebullición del líquido. Si una sustancia se evapora rápidamente, generalmente se llama 'volátil'.

Entre más bajo sea el punto de ebullición de una sustancia, más vapor se produce. Sin embargo, también están involucrados el peso y estructura molecular de la sustancia. Otros factores que pueden afectar la producción/cantidad de vapor, principalmente son:

1. Área de la superficie
2. Agitación y salpicaduras por el movimiento del aire
3. Temperatura.

Equipo utilizado para tomar muestras que se pueden “agarrar” (“grab”)

Tipo de Equipo	Modo de Operación	Ventajas	Desventajas
Tubos Detectores	Reacción química produce cambio de color	Resultado instantáneo, fácil de utilizar	No muy exacto, frecuentemente los tubos no son específicos.
Bolsas, jeringas y contenedores para muestreo de gas	Se utilizan las bombas para llenar una bolsa o contenedor para ser enviado para análisis	Simple, ligero y barato	No hay efecto de la concentración, puede haber pérdidas. No instantáneas.
Cintas de papel/filtros impregnados	El aire se hace pasar a través de un papel impregnado con reactivos químicos que producen un cambio de color	Lectura directa, puede utilizarse para otras técnicas de muestreo	Las manchas se pueden desvanecer. Muestreadores personales voluminosos. No específicos.
Detectores Electroquímicos	La sustancia interactúa con la celda del detector electroquímico	Lectura directa, simple, ligera. También se utiliza para otras técnicas de muestreo	Costosos, calibración requerida, no específicos.
Analizador de Vapor de Mercurio de Película de Oro	El vapor de mercurio aumenta la resistencia al sensor de película de oro	Simple, ligero, específico	Costoso, requiere limpieza y calibración regular.

Equipo utilizado para tomar muestras a corto y largo plazo

Tipo de Equipo	Modo de Operación	Ventajas	Desventajas
Muestreadores con bomba y trampas de sólido sorbente (ej., carbón activado o tenax)	El aire se hace pasar a través de un tubo en el cual se recolectan las sustancias de interés	Exacto, confiable, utilizado en muchos métodos validados	Requiere sistemas complejos de análisis, el resultado no es instantáneo. Costoso.
Muestreadores Difusivos	Los contaminantes penetran a través de una membrana hacia una cama absorbente de material filtrante	Pequeño, robusto, barato, aceptable para los operadores	Puede requerir validación en las condiciones de campo. Requiere sistemas complejos de análisis. El resultado no es instantáneo. Costoso.
Burbujeadores/ "Impingers"	Se burbujea aire a través de un disolvente o solución reactiva	La solución obtenida se puede analizar directamente	El portador lleva un frasco de vidrio. Dispositivos voluminosos, pueden ocurrir pérdidas.

Equipo utilizado para muestreo continuo

Tipo de Equipo	Modo de Operación	Ventajas	Desventajas
Ionización de flama; ej., analizador de vapor orgánico (OVA) o analizador de vapor total (TVA)	Combustión de orgánicos en una flama de aire/ hidrógeno produce iones – detectados por electrodos, y convertidos en una señal de voltaje	Portátil, generalmente intrínsecamente seguro	Limitado en rango y especificidad de contaminantes.
Infrarrojo; ej., Analizador Miran	Absorción de radiación IR utilizada para medir la concentración de la sustancia	Semi-portátil, limitado en los compuestos que puede detectar	Voluminoso, no intrínsecamente seguro.
Ultravioleta	Absorbancia de ultravioleta	Portátil	Interferencias, calibración, no intrínsecamente seguro.

6.5.2 Métodos de muestreo

Al decidir cuál muestreo se requiere, se deben considerar numerosos factores. Varios factores, como la ubicación del muestreador y la duración del tiempo de muestreo, se han mencionado brevemente. Sin embargo, un conocimiento total de los procesos involucrados y los probables contaminantes a ser monitoreados precede todas las otras consideraciones. Un trabajo cuidadoso realizado aquí puede minimizar la cantidad de muestreo llevado a cabo posteriormente, y optimizar el valor de los resultados obtenidos. El tipo de método analítico a ser utilizado y los criterios contra el cuales se realizarán las evaluaciones también son consideraciones importantes.

Los métodos validados de muestreo y análisis, como los publicados por HSE en sus series de Métodos para la Determinación de Sustancias Peligrosas (MDHS), y los Manuales de

Métodos Analíticos publicados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y OSHA, se deben utilizar cuando sea práctico.

Todas las instrucciones que se incluyen en estos métodos, como el flujo de la bomba de muestreo, esquemas de calibración, números de blancos y medios de recolección de muestras adecuado (ej., adsorbente, filtros), etc. deben cumplirse estrictamente para que los métodos de muestreo sean válidos.

Además, se deben resolver los siguientes asuntos antes de que se inicie el muestreo:

La cantidad de material requerido

- Se debe proveer al analista con material suficiente para asegurar un resultado exacto, representativo.
- Siempre consulte al analista antes de recolectar muestras para hablar sobre la cantidad requerida, el empaque, la transportación, el almacenamiento, etc.

Manejo de muestras

El manejo y transportación inadecuados de los materiales muestreados puede dar pie a pérdidas o contaminación. Los factores incluyen el tipo de contenedor utilizado, así como requerimientos para almacenarlas a temperaturas más bajas o lejos de la luz del sol. Se debe obtener consejo del laboratorio que lleva a cabo el análisis.

6.5.3 Muestro de posición fija

Este muestreo se puede emplear para proporcionar información sobre la contaminación de fuentes fijas y la efectividad de las medidas de control; por ejemplo, ventilación por extracción localizada. Se pueden utilizar aparatos similares al empleado anteriormente para el muestreo de posición fija, así como bombas de muestreo más grandes con velocidades de flujo de muestreo de hasta 100 litros por minuto. Se debe tener cuidado al interpretar los resultados ya que los tamaños de las partículas recolectadas pueden ser diferentes con velocidades de flujo más altas. Además, las muestras de posición fija no se pueden utilizar para establecer las exposiciones personales o compararse con los estándares de higiene.

6.6 Estrategias de Muestreo

Antes de todo, necesitamos entender las razones para el monitoreo y se proporcionan a continuación las opciones. La medición de exposición del personal es más importante para el higienista ocupacional, sin embargo, se cubren brevemente otras razones.

6.6.1 Identificación de los contaminantes en el aire

La identificación de contaminantes en el aire requiere una técnica de muestreo que recolecte una muestra representativa. La técnica misma es probablemente similar a las ya descritas, aunque podrían ser necesarias algunas alteraciones para asegurar que se recolecten muestras suficientes para la técnica analítica posterior.

6.6.2 Fugas y derrames

Las fugas y derrames requieren un instrumento de lectura continua con una respuesta rápida. Este tipo de equipo se emplea normalmente para gases inflamables y atmósferas potencialmente deficientes de oxígeno, aunque los gases con peligros agudos para la salud (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno, cloro, etc.), podrían requerir monitorearse de esta manera. Este tipo de equipo puede ser portátil o de posición fija.

6.6.3 Evaluación de efectividad de las medidas de control

Esto normalmente se realizaría empleando dispositivos de muestreo de posición fija proporcionando concentraciones promedio ponderadas en el tiempo. Se puede repetir el muestreo periódicamente y se pueden comparar los resultados. Se debe tener cuidado de asegurar que las condiciones de trabajo son las mismas durante cada ejercicio de muestreo. Se puede emplear equipo de monitoreo continuo para evaluar los cambios que ocurran durante periodos cortos de tiempo.

6.7 Métodos de Análisis

Existen numerosas técnicas analíticas disponibles para el análisis de contaminantes en el aire. Muchas son ramas dedicadas de la ciencia en su propio derecho y requieren analistas/técnicos entrenados y experimentados. No todas las técnicas son adecuadas para todos los contaminantes, pero se pueden analizar la mayoría de los grupos químicos mediante métodos similares. Los métodos principales se muestran a continuación:

6.7.1 Vapores orgánicos

Éstos son los contaminantes que ocurren más comúnmente en una amplia variedad de la industria; por ejemplo, se utilizan en diversas pinturas, revestimientos y limpiadores. Se muestrean normalmente mediante la recolección en un tubo sorbente y después se desorben, ya sea calentando y purgando directamente en un cromatógrafo de gas (CG) complementado con un detector de ionización de flama (FID), o mediante la desorción en un solvente y la subsecuente inyección de alícuotas de la capa líquida a un CG. Ambas técnicas están bien establecidas y pueden utilizar procedimientos de muestreo automático y sistemas de control de datos computarizados, de manera que se pueden analizar múltiples muestras y realizar análisis 24 horas al día.

6.7.2 Gases inorgánicos

Se requieren técnicas separadas para gases individuales, mientras algunos pueden ser analizados mediante métodos de CG/conductividad térmica, los gases de azufre necesitan técnicas fotométricas y microcoulometría; mientras que el monóxido y dióxido de carbono se pueden detectar mediante técnicas infrarrojas; y los óxidos de nitrógeno y ozono mediante quimioluminiscencia. En la práctica, frecuentemente es más fácil medir los gases inorgánicos utilizando dispositivos de lectura directa que no requieren análisis.

6.7.3 Materia de partículas orgánicas

Se recolectan las partículas de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) en un medio de papel filtrante, se extrae con solvente y se analiza mediante una cromatografía de líquidos de alta presión (HPLC). La niebla de aceite se recolecta en forma similar y puede analizarse gravimétricamente o cualitativamente mediante medios infrarrojos (IR) o ultravioleta (UV).

6.7.4 Metales y sus compuestos

Se recolectan humos de metal sobre un medio de papel filtrante y se analizan mediante la Absorción Atómica (AA) o mediante una Espectroscopia de Arco de Plasma Inductivamente Acoplado (ICP).

6.7.5 Polvos minerales

El asbesto en el aire es una técnica especialista que involucra la recolección en un filtro de membrana de éster de celulosa, y un análisis contando el número de fibras tipo asbesto

presentes en el filtro, utilizando la microscopia de contraste de fase. La sílice cristalina se recolecta en forma similar y después se analiza el filtro cuantitativamente, ya sea mediante difracción de rayos X (XRD) o mediante medios infrarrojos.

6.7.6 Materia de partículas de diésel (medidas como carbón elemental)

Se recolecta la materia de partículas de diésel en un filtro de 37 mm de fibra de cuarzo. Para la medición de la materia de partículas de diésel en las minas de carbón, se requiere un ciclón y un impactador con un punto de corte sub-micrométrico para minimizar la acumulación de polvo de carbón. Un ciclón y/o impactador podría ser necesario en otros lugares de trabajo si hay polvo con elevada presencia de carbón elemental. Se analiza la muestra utilizando un análisis térmico-óptico con un detector de ionización de flama (FID). Se determina el carbón total con el carbón elemental reportado como el sustituto más apropiado para la Materia de Partículas de Diesel (DPM).

6.8 Calibración y Control de Calidad

Para poder lograr un análisis de resultados confiable de las muestras recolectadas, solamente deben llevarlo a cabo las organizaciones que tienen sistemas de control de calidad internos adecuados en el sitio. Además, deben tomar parte en los esquemas de prueba de aptitud externa adecuada como LGC o RICE (Reino Unido) o PTA Australia, o GEQUAS (Alemania). En muchos países el desempeño de los laboratorios de prueba se puede evaluar independientemente por un organismo de acreditación independiente como UKAS (Reino Unido) o NATA (Australia).

Se debe poner un mayor énfasis en la “cadena de custodia” de las muestras, de manera que se puede demostrar un enlace entre los dispositivos colocados en los operadores y las muestras reales analizadas.

7 ESTÁNDARES DE HIGIENE Y LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

7.1 Introducción

Hemos visto que la mayoría de los agentes químicos y físicos que se encuentran en la industria actualmente son dañinos potencialmente si no se manejan correctamente o están presentes en cantidades excesivas en el entorno del lugar de trabajo. El objetivo de la higiene ocupacional es evitar o reducir la exposición a dichos agentes.

Los estándares de higiene o los límites de exposición ocupacional (LEO) son medidas útiles con las cuales se pueden comparar las exposiciones a agentes químicos y físicos en el entorno del lugar de trabajo. Hay unos cuantos puntos clave que debemos recordar sobre los estándares de higiene, principalmente:

- No son un índice de toxicidad.
- No representan una demarcación fina entre práctica buena y mala.
- Se basan en la mejor información disponible actualmente y están sujetos a cambio.
- Si no hay un estándar de higiene estipulado para una sustancia química, esto no significa que la sustancia sea segura.
- Una buena práctica de higiene ocupacional es mantener los contaminantes en el aire a un nivel tan bajo como sea posible, no solamente debajo de los estándares de higiene pertinentes.
- Éstos aplican a la exposición ocupacional de adultos. No son aplicables a la exposición ambiental donde existen más grupos susceptibles, por ejemplo, mujeres embarazadas, niños, enfermos.
- Para los químicos, se relacionan generalmente a las concentraciones en el aire (es decir, solamente toman en cuenta la vía de entrada por inhalación); sin embargo, algunos tienen una notación de la piel, para los cuales es posible la absorción a través de la piel.
- Éstos generalmente se refieren a sustancias únicas, aunque se puede dar alguna guía sobre las exposiciones mezcladas.

7.2 Configuración de Estándares de Higiene y Límites de Exposición

Hay tres tipos principales de estándares de higiene; los de agentes químicos como gases, vapores, humos, nieblas, polvos y aerosoles; los de agentes físicos como ruido, vibración,

calor, frío y radiación (ionizante y no ionizante) y finalmente los índices biológicos de exposición.

Cuando se establecen los estándares de higiene para agentes peligrosos, los efectos de que dichos agentes podrían tener en el cuerpo se tienen que considerar, principalmente:

- Efectos tóxicos locales en el sitio de contacto (piel, ojos, tracto respiratorio, etc.)
- Absorción
- Transporte, metabolismo, almacenamiento
- Efectos tóxicos sistémicos, alejados del sitio de contacto (cualquier sistema de órganos; por ejemplo, sangre, huesos, sistema nervioso, riñón, etc.)
- Excreción
- Toxicidad aguda, es decir, efectos adversos que ocurren dentro de un tiempo corto de exposición a una dosis única, o a múltiples dosis durante 24 horas o menos; por ejemplo, irritación, asfixia, narcosis.
- La toxicidad crónica, es decir, los efectos adversos que ocurren como resultado de una exposición diaria repetida durante un periodo de tiempo largo (semanas, años); por ejemplo, venenos sistémicos, fibrosis pulmonar (carcinógenos) y pérdida de la audición inducida por ruido.

Los datos para establecer los estándares de higiene incluyen el uso de

- Estudios en animales
- Investigación y experiencia humana
- Epidemiología (el estudio estadístico de patrones de enfermedades en grupos de individuos)
- Analogía a tipos o grupos similares de sustancias

También hay variabilidades biológicas; personas (animales) que reaccionan diferente a la misma dosis de un agente químico o físico (hipersensibilidad, resistencia promedio). Por lo tanto, se tienen que considerar las relaciones dosis/respuestas.

7.3 Estándares de Higiene para Agentes Químicos

Solamente unos cuantos países tienen organizaciones con los recursos adecuados para determinar y mantener bajo una revisión continua los límites de exposición ocupacional a los agentes químicos. La mayoría de los países han basado su criterio guía en uno de los siguientes conjuntos de límites de exposición ocupacional:

Límite	País / Unión
TLV – Valor Umbral Límite	Estados Unidos
MAK – Maximale Arbeitsplatz-Konzentration	Alemania
MAC	Rusia
WEL – Límite de Exposición en el Lugar de Trabajo	Reino Unido
IOELV (Valor Indicativo del Límite de Exposición Ocupacional)	Unión Europea
WES – Estándares de Exposición en el Lugar de Trabajo	Australia
WES – Estándares de Exposición en el Lugar de Trabajo	Nueva Zelanda

7.3.1 Cuantificar las Concentraciones de Agentes Químicos en el Aire

Se pueden cuantificar los contaminantes en el aire de diversas maneras, y éstas se relacionan a estándares de higiene pertinentes:

- Mediante volumen – concentración atmosférica en partes por millón (ppm)
- Mediante peso – miligramos de la sustancia por metro cúbico de aire (mg/m³).

Hay una correlación entre ppm y mg/m³:

$$\text{Concentración mediante peso (mg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Concentración mediante volumen (ppm)} \times \text{Peso molecular}}{24.06}$$

a 20° C y 760 mm Hg (1 atmósfera de presión)

Nota: En la ecuación anterior, el volumen molar (24.06) variará con la temperatura y presión; por ejemplo, a 25° C y 1 atmósfera es de 24.45. Diferentes organizaciones utilizan temperaturas y presiones diferentes de manera que los estudiantes deben estar atentos a la práctica utilizada en su país.

- Numérico – para fibras, fibras por mililitro de aire (fibras/ml)

7.3.2 Categorías de Límites de Exposición

Los límites de exposición a largo plazo se expresan como un Promedio Ponderado de Tiempo (TWA), normalmente durante un periodo de ocho horas. Esto permite que las exposiciones varíen a través de un día laboral, siempre y cuando la exposición promedio no exceda el límite.

Los Límites de Exposición a Corto Plazo (STEL), normalmente durante un periodo de 15 minutos, se utilizan cuando ocurre una exposición por periodos cortos de tiempo.

Los Límites Techo (Limitaciones Pico) se utilizan algunas veces y son las concentraciones que no deben excederse durante ninguna parte de la exposición de trabajo.

La terminología anterior se refiere a EUA; sin embargo, existe un criterio similar para los estándares de exposición utilizado en los Países Occidentales. En las secciones a continuación se utilizaron diferentes acrónimos a los que se hace referencia en la tabla de límites antes mostrada.

7.3.3 Notación de “Piel”

A las sustancias que se les ha asignado una notación de “Piel” pueden tener un efecto de exposición contribuyente mediante la vía cutánea (incluyendo las membranas mucosas y los ojos) ya sea mediante vía aérea, o más particularmente, por contacto directo de la sustancia con la piel. Los límites de exposición de dichas sustancias se refieren a la exposición a través solamente de la inhalación; no se toma en cuenta la absorción a través del contacto con la piel.

7.3.4 Efectos de Exposiciones a Mezclas

Cuando ocurren exposiciones a mezclas, el primer paso es asegurar el control adecuado de exposición de cada sustancia individual. Los WELs (Límites de Exposición en el Lugar de Trabajo) para mezclas definidas se deben utilizar solamente cuando son aplicables y, además, para cualquier WEL individual pertinente. Entonces es necesario evaluar si se necesita un control adicional para contrarrestar cualquier riesgo aumentado de las sustancias que actúan en conjunto. Las evaluaciones de expertos para algunas exposiciones a mezclas particulares pueden estar disponibles y se pueden utilizar como lineamientos en casos similares. En otros casos, será necesario el examen detallado de los datos toxicológicos para determinar cuál de los tipos principales de interacción (si los hubiera) son probablemente para la combinación particular de las sustancias relacionadas; se deben considerar los diversos tipos en el siguiente orden.

Sustancias sinérgicas: casos conocidos de sinergismo son considerablemente menos comunes que otros tipos de comportamiento en exposiciones a mezclas. Sin embargo, son los más serios en sus efectos y requieren el control más estricto. Son también los más difíciles de evaluar y, siempre que haya una razón para sospechar dicha interacción, se debe obtener la asesoría de un especialista.

Sustancias aditivas: cuando hay una razón para creer que los efectos de los constituyentes son aditivos, y donde los WELs se basan en los mismos efectos a la salud, se debe evaluar la exposición a la mezcla por medio de la fórmula;

$$\frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \frac{C_3}{L_3} \dots < 1$$

donde C₁, C₂, etc. son las concentraciones promedio ponderadas de tiempo (TWA) de los constituyentes en el aire y L₁, L₂, etc. son los WELs correspondientes.

Cuando la suma de las fracciones C/L no excede 1, la exposición se considera que no excede el límite de exposición aditivo. El uso de esta fórmula solamente es aplicable cuando L₁, L₂, etc. se refieren al mismo periodo de referencia en la lista de WELs aprobados. Esta fórmula no es aplicable cuando el efecto principal a la salud es cáncer o sensibilización respiratoria. Para las mezclas que contienen estas sustancias, el deber primordial es disminuir la exposición tanto como se razonablemente práctico.

Sustancias independientes: cuando efectos sinérgicos o aditivos no se conocen o consideran probables, los constituyentes pueden considerarse como que actúan independientemente y las medidas necesarias para lograr el control adecuado se evalúan para cada una por separado. Los controles que se necesitan para mezclas son los del componente que requiere un control más estricto.

7.3.5 Cálculo de exposición con relación a los periodos de referencia especificados

El periodo de referencia de 8 horas

El término “periodo de referencia de 8 horas” se refiere al procedimiento por lo cual las exposiciones ocupacionales en cualquier periodo de 24 horas se tratan como equivalentes a una exposición uniforme única durante 8 horas (la exposición promedio ponderada de tiempo de 8 horas (TWA)).

El TWA de 8 horas puede representarse matemáticamente mediante:

$$\frac{C_1 \times T_1 + C_2 \times T_2 + \dots \dots C_n \times T_n}{8}$$

donde C₁ es la exposición ocupacional y T₁ es el tiempo de exposición asociado en horas en cualquier periodo de 24 horas.

Ejemplo 1

El operador trabaja 7 horas 20 minutos en un proceso en el cual está expuesto a una sustancia peligrosa para la salud. La exposición promedio durante ese periodo se mide como 0.12 mg/m³.

El TWA de 8 horas por lo tanto es:

7 horas 20 minutos (7.33 h) a 0.12 mg/m³

Y 40 minutos (0.67 h) a 0 mg/m³

Es decir:

$$\frac{(0.12 \times 7.33) + (0 \times 0.67)}{8}$$

$$= 0.11 \text{ mg/m}^3$$

El periodo de referencia a corto plazo

Se debe registrar la exposición como el promedio durante el periodo de referencia a corto plazo especificado (generalmente 15 minutos) y se debe determinar normalmente mediante el muestreo durante ese periodo.

Si el periodo de exposición es inferior a 15 minutos, se debe promediar el resultado del muestreo durante 15 minutos. Por ejemplo, si una muestra de 5 minutos produce un nivel de 150 ppm y es seguido inmediatamente por un periodo de exposición cero entonces la exposición promedio de 15 minutos será de 50 ppm.

Es decir:

$$\frac{5 \times 150}{15} = 50 \text{ ppm}$$

El periodo de exposición es igual o mayor a 15 minutos

Se deben tomar las mediciones durante un periodo de 15 minutos y el resultado es la exposición promedio de 15 minutos.

7.4 Valores Guía de Monitoreo Biológico

El monitoreo biológico puede ser una técnica complementaria muy útil al monitoreo del aire cuando las técnicas de muestreo de aire por sí solas no pueden dar una indicación de la exposición confiable.

El monitoreo biológico es la medición y evaluación de sustancias peligrosas o sus metabolitos en los tejidos, excreta o aire expirado en los trabajadores expuestos. Las mediciones reflejan la absorción de una sustancia mediante todas las vías. El monitoreo biológico puede ser útil particularmente en circunstancias en las que es probable que haya una absorción significativa de la piel y/o absorción del tracto gastrointestinal después de la ingestión; donde el control de exposición depende del equipo de protección respiratoria; donde hay una relación bien definida razonablemente entre el monitoreo biológico y el efecto; o donde proporciona información sobre la dosis acumulada y la carga corporal del órgano objetivo que se relaciona con la toxicidad.

En la mayoría de los casos, los límites para el Monitoreo Biológico no son legales y cualquier monitoreo biológico que se lleve a cabo debe realizarse de manera voluntaria (es decir, con el consentimiento informado de todos los interesados). Los valores guía del monitoreo biológico (BMGV, por sus siglas en inglés) se pretende que sean utilizadas como herramientas para cumplir con el deber principal del empleador de asegurar un control adecuado de la exposición. Cuando se excede un BMGV no necesariamente significa que se ha excedido el estándar en aire correspondiente ni que ocurrirá un problema de salud. Se pretende que cuando se supere el BMGV, esto dará una indicación que es necesaria una investigación de las medidas de control y las prácticas de trabajo actuales. También debe notarse que los BMGVs no son una alternativa o reemplazo de los límites de exposición ocupacional en el aire.

8 MONITOREO BIOLÓGICO Y VIGILANCIA A LA SALUD

Ésta es un área de estudio compleja y donde surgen comúnmente malentendidos entre las diversas disciplinas médicas, de la salud y de higiene ocupacional. La Vigilancia a la Salud se utiliza frecuentemente como un término genérico que incluye cualquier investigación de la salud que se lleve a cabo para evaluar, revisar o monitorear la salud de un individuo para poder identificar o detectar cambios de su estado de salud normal. En hechos reales, se debe hacer una demarcación clara entre los términos de Vigilancia Médica, Vigilancia a la Salud y Monitoreo Biológico. En términos generales hay tres razones principales para las investigaciones a la salud en el trabajo:

- Para identificar efectos adversos a la salud relacionados con el trabajo en una etapa temprana; algunas veces se trata de un requisito estatutario regulatorio.
- Para verificar la adecuación médica del individuo para trabajos o tareas específicos, como manejar vehículos, lucha contra incendios, bucear, etc.
- Para promover la salud y bienestar en general.

Desde la perspectiva de Higiene Ocupacional solamente la primera razón, mencionada anteriormente, se llama Vigilancia a la Salud.

La decisión de llevar a cabo la vigilancia a la salud no es simple y debe depender de los resultados de una evaluación de riesgos a la salud. Se debe llevar a cabo solamente cuando las exposiciones se consideren suficientes para ocasionar un efecto adverso a la salud o una enfermedad.

Debe haber adicionalmente técnicas válidas para detectar el efecto o enfermedad, preferentemente mientras todavía son reversibles o cuando la detección temprana y el control pueden detener el avance del efecto o de la enfermedad.

Las técnicas deben ser seguras, preferentemente no invasivas y aceptables para el individuo implicado.

Las técnicas no necesariamente requieren ser pruebas clínicas realizadas por un médico o un profesional de la salud – en algunos casos los procedimientos como la inspección de la piel para dermatitis etc. se puede llevar a cabo mediante la supervisión de la línea.

Los objetivos de la vigilancia a la salud, por lo tanto, se pueden resumir como sigue:

- Para mantener una buena salud mediante la detección temprana de cambios adversos atribuidos a la exposición, y

- Para ayudar en la evaluación de la eficacia continua de las medidas de control, y
- Para recolectar datos pertinentes a la detección y evaluación de peligros a la salud, tanto ahora como en el futuro; por ejemplo, epidemiología.

Los resultados de la vigilancia a la salud deben llevar a algunas acciones que beneficien la salud del individuo y se deben establecer los métodos de registro, un análisis de resultados y el criterio y opciones para tomar acción antes de comenzar cualquier ejercicio de vigilancia de la salud.

El monitoreo biológico puede formar una parte integral de la vigilancia a la salud y consiste en la medición de los tejidos, fluidos o comportamiento humano en comparación con lo que se considera es un rango normal de valores. Las mediciones en individuos deben tratarse como mediciones realizadas en la práctica clínica y aplica la confidencialidad médica. También se utiliza el monitoreo biológico en otras investigaciones de la salud mencionadas anteriormente, como la adecuación para una tarea o verificaciones de salud y bienestar, pero para los propósitos de este curso no se cubrirán.

En contraste al monitoreo del ambiente ocupacional, el monitoreo biológico puede establecer, no solamente la exposición a un peligro en particular, sino también su efecto en un individuo o grupo de personas. Por ejemplo, el monitoreo de exposición personal puede dar una buena indicación de las concentraciones de un polvo o vapor tóxico al que puede estar expuesto un individuo, pero no puede demostrar su efecto en el individuo, dado que el ritmo de trabajo, la eficiencia pulmonar y circulatoria, la aptitud física, la edad, la variabilidad genética, el porcentaje de grasa, el género, la medicación y el alcohol influyen en la cantidad que se ingiere y en su metabolización posterior.

Los riesgos a un trabajador por un material tóxico, por lo tanto, están relacionados más directamente a la ingesta de ese material que a su concentración en el entorno de trabajo. Puede haber grandes diferencias en la ingesta individual bajo las mismas condiciones y esto puede bien justificar el monitoreo biológico, aunque se deben aplicar los mismos criterios de aceptabilidad general de vigilancia a la salud; por ejemplo, que sea seguro, preferentemente no invasivo, etc. El momento para llevar a cabo el monitoreo biológico dependerá de la absorción esperada, el metabolismo y las tasas de excreción y la media vida conocida de la sustancia en cuestión. Los resultados del promedio de las mediciones de un número de individuos en un grupo proporcionan un mejor índice de la ingesta o dosis que las mediciones aisladas.

Con técnicas de muestreo escrupulosas, análisis y control de calidad, el monitoreo biológico puede: mostrar los individuos susceptibles; el ingreso dentro o fuera de niveles aceptables; y grupos de personas de exposición alta que pudieran haber sido pasados por alto por el monitoreo de exposición personal. Idealmente las dos formas de monitoreo deben ir mano a mano.

Las mediciones biológicas pueden determinar:

- El contenido de un material tóxico o sus metabolitos en la sangre, orina y aliento (y en el caso de arsénico, cabello y recortes de uñas).
- Sus efectos en los sistemas de enzimas o rutas metabólicas; por ejemplo, la síntesis del hemo se altera mediante la exposición al plomo y se evalúa mediante el nivel en sangre u orina del ácido δ (delta)-aminolevulínico (ALA).
- El cambio temprano, reversible de tejido; por ejemplo, gamma GT (gamma-transferasa glutamilo)
- Cambios fisiológicos (por ejemplo, pruebas de función pulmonar).
- Cambios inmunológicos (por ejemplo, pruebas de alergias de la piel).

La orina y la sangre son los medios más comunes probados y en ellos se miden los niveles de una sustancia tóxica o sus metabolitos, proporcionando un estimado de absorción en el cuerpo de una sustancia particular; por ejemplo, encontrar cadmio en la orina denota la absorción en el cuerpo de cadmio, pero, si además se demuestra que hay proteínas de peso molecular bajo en la orina (no un constituyente normal), puede ser indicativo de daño renal.

8.1 Orina

La orina se puede probar para una amplia variedad de propósitos:

- Células (citología exfoliante): cáncer de vejiga
- Nivel de toxinas; por ejemplo, mercurio
- Nivel de un metabolito; por ejemplo, TCA (ácido tricarbóxico)
- Proteínas (especialmente daño en el riñón)
- Bilis (ictericia)

8.2 Sangre

Como con la orina, en la sangre se puede analizar una amplia gama de materiales que indican problemas de salud o el nivel de una sustancia/metabolito en particular.

- Conteo total de sangre y hemoglobina: plomo, benceno, alcohol, trabajo en los trópicos
- Suero (congelamiento profundo): los niveles de anticuerpos de la línea base en la exposición a patógenos
- Pruebas de función del hígado: alcohol, químicos hepatotóxicos
- Pruebas de función renal: toxinas del riñón
- Niveles de toxinas: por ejemplo, plomo
- Niveles de metabolitos: por ejemplo, δ (delta)-ácido aminolevulínico (ALA).

8.3 Piel

Apariencia visual – junto con el conocimiento de una sustancia y el historial del individuo, especialmente en el caso de irritantes.

Prueba de pinchazo – Una solución estandarizada de una sustancia que se introduce justo debajo de la superficie de la piel en la punta de una aguja. Un resultado positivo es una pápula de 1 mm o mayor (marca roja hinchada) frecuentemente con picazón y llamada dentro de los cinco minutos de la prueba. Esto se usa para monitorear las reacciones inmunológicas a algunos alérgenos respiratorios, como las enzimas utilizadas en detergentes biológicos, o caspa de animal para los que trabajan en los laboratorios de prueba con animales. Las pruebas también se utilizan para diagnosticar urticaria por contacto. Nota: esta es una forma especializada de pruebas y se utiliza generalmente para el diagnóstico, en lugar de la vigilancia de la salud.

8.4 Aliento

Se captura y se prueba el aliento exhalado; por ejemplo, exposición a diclorometano y monóxido de carbono. Esta técnica no es simple ya que es la concentración en el flujo corriente final (última parte del aliento) la que es más representativa; sin embargo, una medición exacta es todo un reto.

8.5 Rayos X

Los rayos X del pecho son útiles para condiciones como infecciones; por ejemplo, TB (tuberculosis), pulmón de los granjeros y neumoconiosis. En algunos países también se llevan a cabo rutinariamente en trabajadores de asbesto cada dos años.

Los rayos X del pecho para neumoconiosis se clasifican bajo el sistema de clasificación internacional OIT (Organización Internacional del Trabajo) y se comparan con un conjunto de películas o placas estándar. Otros rayos X que se podrían utilizar incluyen Acroosteolisis (VCM).

8.6 Pruebas neurológicas

Función mental: IQ, destreza, vigilancia.

Transmisión de nervios: Electromiografía (transmisión neuromuscular) y velocidad de conducción de los nervios (la prueba frecuente puede evitar neuropatías periféricas detectando cambios muy temprano).

Pruebas de escritura (detecta temblores tempranos): trabajadores de mercurio.

8.7 Audiometría

Se registra la intensidad más baja a la cual se puede escuchar un tono puro determinado. Los valores se expresan con relación a un conjunto estándar de valores de umbral de gente joven normal a frecuencias específicas (estos estándares se ajustan a 0 dB).

8.8 Prueba de función pulmonar

8.8.1 Volumen pulmonar y Volumen Espiratorio Forzado (FEV1)

La Capacidad Vital Forzada (FVC) y el Volumen Espiratorio Forzado en 1 segundo (FEV1) se miden utilizando un espirómetro (por ejemplo, un Vitalógrafo), y después se comparan con valores predictivos. Los valores predictivos dependen de la altura, peso, género, fumador, edad y grupo étnico. El sujeto sopla a través de una máquina 5 veces y un promedio de las últimas 3 o de las 2 lecturas más altas se aceptan como correctas.

8.8.2 Resistencia de las vías respiratorias

Velocidad de flujo espiratorio pico: Éste se mide con un medidor de flujo pico. Se utiliza para monitorear los cambios potenciales debido a alérgenos respiratorios y para

diagnosticar el asma y su respuesta al tratamiento. Algunas veces se toman cada dos horas una serie de lecturas.

9 ENFOQUES GENERALES PARA EL CONTROL DE RIESGOS A LA SALUD

Los diversos pasos que se toman para prevenir o controlar la liberación de contaminantes en el aire, o la propagación de algunos agentes físicos en el entorno de trabajo, se definen y se proporciona una gama de ejemplos. Estos pasos generalmente son referidos como medidas de control e incluyen combinaciones de sistemas de ingeniería y operacionales/de procedimiento que tienen el propósito de evitar o minimizar las exposiciones.

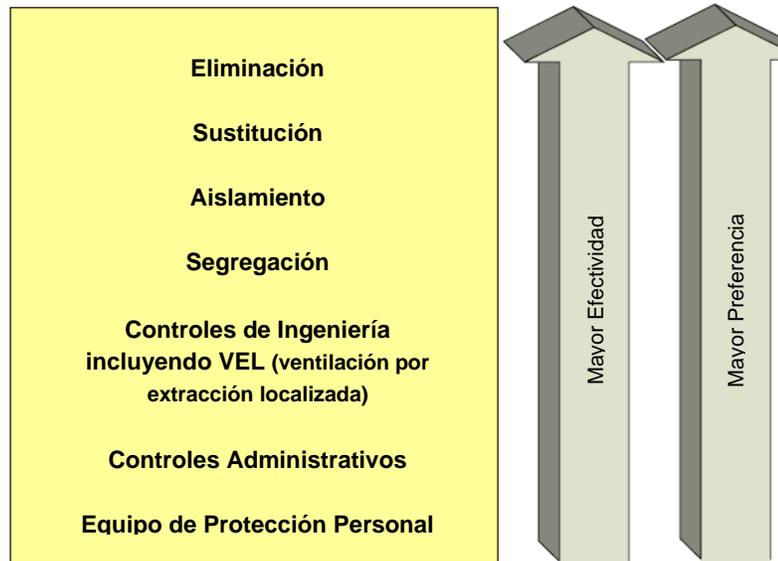
El control efectivo es probablemente el tema individual más importante que afecta la salud en el trabajo y apuntala la mayor parte de los esfuerzos legislativos diseñados para atender la protección a la salud en el trabajo.

Si una valoración/estudio de higiene ocupacional identifica un riesgo a la salud, entonces se deben considerar e implementar medidas de control adicionales/mejoradas.

9.1 Tipos de Medidas de Control

La prevención de la exposición es el objetivo principal de cualquier estrategia de control, particularmente cuando se manejan agentes peligrosos, capaces de producir serios e irreversibles efectos a la salud; como carcinógenos y radiación ionizante. En otros casos, el efecto del peligro, el sentido práctico, la economía, etc., pueden no requerir que se eviten todas las exposiciones – se puede considerar suficiente la minimización de la exposición.

Un enfoque jerárquico que combina las variedades, tanto de las medidas de control de ingeniería como de las operacionales/de procedimiento, es aceptado universalmente, y se presenta a continuación en orden descendente de preferencia. En la mayoría de los casos, las estrategias de control efectivas utilizan combinaciones de diversas, si no es que de todas, las medidas enlistadas.



Fuente: Adrian Hirst y John Dobbie

9.1.1 Eliminación/Sustitución

La forma más efectiva de control de prevención consiste en eliminar el uso del agente peligroso o el proceso existente en que se utiliza. Esto no siempre es posible o práctico, pero generalmente los agentes o procesos peligrosos pueden ser sustituidos con productos relativamente menos dañinos; por ejemplo,

- Benceno reemplazado con tolueno.
- Tetracloruro de carbono reemplazado con metil cloroformo.
- Talco reemplazado con tiza.
- Chorro de arena reemplazado mediante chorro de acero.
- Técnicas de manejo en seco reemplazadas por técnicas de manejo húmedo. Es decir, supresión de emisión de polvo (por ejemplo, remoción de revestimiento de asbesto).

9.1.2 Aislamiento

Cuando sea posible, los procesos u operaciones que crean riesgos potenciales a la salud deben encerrarse completamente, con los operadores siempre ubicados fuera del encierro. En la práctica, sin embargo, hay actividades usualmente como el muestreo, mantenimiento y limpieza que pueden impedir el encierro total ideal.

9.1.3 Segregación

Los procesos, operaciones, etc. peligrosos se pueden segregar de los de menor riesgo colocándolos, por ejemplo, en el extremo más lejano de un taller, en un cuarto separado, o en un edificio separado, minimizando por lo tanto el número de trabajadores en riesgo.

9.1.4 Controles de Ingeniería

Los controles de ingeniería son idealmente una parte intrínseca de una pieza del equipo que tiene el propósito de evitar o minimizar la exposición a los peligros que surjan del uso del equipo. Son típicamente ejemplos del control de un peligro en su fuente. Por ejemplo, una bomba utilizada para mover productos peligrosos a través de una tubería puede tener una variedad de sellos diferentes para evitar que los materiales dentro de la bomba entren en contacto con el entorno en el exterior. En forma similar, mediante el diseño adecuado, los niveles de ruido que emanan de una pieza del equipo se pueden reducir dramáticamente; por ejemplo, ventiladores de enfriamiento del motor de la bomba diseñados para girar en una sola dirección pueden hacerse mucho más silenciosos que un ventilador asimétrico diseñado para proporcionar el enfriamiento suficiente no importa para qué lado gire.

Ventilación

Procesos capaces de producir exposiciones a sustancias peligrosas, son controlados generalmente mediante la disposición de métodos mecánicos de manejo de aire de uno de los dos tipos siguientes o de una combinación de ambos. Consulte el capítulo 10 para mayores detalles.

Ventilación por Extracción Localizada (VEL)

La Ventilación por Extracción Localizada (V) algunas veces conocida como Ventilación de Extracción Local – es la aplicación de técnicas mecánicas de manejo de aire donde los contaminantes potenciales en el aire se capturan cerca de la fuente de emisión, se extraen y descargan a una ubicación segura o se someten a alguna forma de técnica de ‘limpieza de aire’. Es particularmente valiosa para situaciones que implican una liberación puntual de contaminantes tóxicos.

Ventilación General / por Dilución

Ventilación por Dilución: se utiliza ampliamente en toda la industria para la ventilación de cuartos de control, laboratorios fotográficos, talleres, espacios de oficina, cuartos de mensajería y cuartos de impresión. Normalmente no es adecuada para el control de polvo, neblinas o humos o para las sustancias de toxicidad moderada a alta. No es adecuada en situaciones donde la tasa de generación de contaminación es alta o no es uniforme.

La Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés) se pueden utilizar también en una diversidad de maneras para controlar los peligros asociados con el entorno térmico.

9.1.5 Controles Administrativos

Los controles administrativos se refieren a cómo se organiza la interacción entre las personas y el proceso/operación. Es necesario tener mucho cuidado para asegurar que se cumpla con los procedimientos, una vez adoptados; particularmente en el plazo más largo, ya que los atajos y la falta de observancia pueden convertirse en 'costumbre y práctica' a través del tiempo, y una vez establecidos pueden ser difíciles de superar.

Algunas veces se puede realizar la operación peligrosa durante el turno de la tarde o noche cuando se encuentran en los alrededores menos trabajadores que pudieran estar expuestos. La rotación del trabajo es otro método de 'proteger' la fuerza de trabajo, a través de controlar los patrones de trabajo.

El trabajador puede influenciar frecuentemente la extensión a la cual está expuesto a contaminantes en el aire; por ejemplo, en soldadura, donde se posicionan en relación con la soldadura y/o trabajando contra el viento de la soldadura.

Gestión interna ("Housekeeping")

Una buena gestión interna es importante particularmente en los procesos y laboratorios donde se podrían manejar materiales peligrosos. Un etiquetado claro, con una notificación de salud y seguridad pertinente, almacenamiento cuidadoso y adecuado y buenas técnicas de trabajo, todas requieren ser tratadas.

El manejo de polvos finos es una operación potencialmente peligrosa y una buena gestión interna puede ayudar a minimizar la contaminación en el aire de materiales derramados, desperdicios (ej., cortes), etc. los cuales son conocidos generalmente como exposiciones

secundarias y en muchos casos pueden ser mayores que las exposiciones principales, ya que no están controladas efectivamente por el proceso principal.

Un lugar de trabajo desordenado o desaseado también puede impedir o evitar el acceso a los controles de sistemas esenciales, como interruptores de encendido/apagado de sistemas VEL, lo que podría desalentar su uso adecuado. También podría ser difícil para los trabajadores posicionarse ellos mismos correctamente en relación a la tarea, por lo tanto, arriesgándose potencialmente a exposiciones mayores, y tal vez aún creando problemas asociados con una pobre ergonomía.

Los programas de mantenimiento preventivo adecuados y la inspección/detección regular de fugas en plantas de proceso; más un mantenimiento frecuente, examen y prueba de los controles de ingeniería, como las instalaciones VEL, acoplados con acciones correctivas rápidas cuando es necesario, son esenciales si se va a lograr y mantener un control efectivo.

Los factores personales son partes esenciales de todas las estrategias de control y están asociados con los aspectos de 'administración o gestión', tanto desde la perspectiva de cómo el empleador maneja su fuerza de trabajo, y de cómo la fuerza de trabajo se 'manejan' ellos mismos.

9.1.6 Información, Instrucción y Capacitación

La educación de la fuerza de trabajo sobre cualquier peligro a la salud en el lugar de trabajo y la importancia de utilizar correctamente todas las medidas de control que se proporcionan, adoptando procedimientos de operación recomendados y usando protección personal, si se requiere, es necesario para poder minimizar los riesgos a la salud. Los cursos de inducción, la publicidad regular, los comités de salud y seguridad y una administración de línea positiva, todos juegan papeles importantes en la educación.

La capacitación de los empleados en el uso de las medidas de control adecuadas, prácticas de operación, etc., y los factores implicados en la selección correcta, uso y mantenimiento del equipo de protección personal (PPE).

El informe de fallas que alienta una comunicación rápida, a través de los canales adecuados de cualquier problema encontrado con el proceso, equipo, controles o PPE.

Buenas Prácticas de Higiene: éstas se refieren a los pasos que los trabajadores deben tomar para proteger su propia salud e incluye que se sigan siguientes procedimientos de

descontaminación establecidos, cuando se considere aplicable, lavandería regular de la ropa, utilizando los métodos/instalaciones aprobados; (es decir, no llevando los artículos contaminados al hogar), buena higiene personal – lavado/duchas frecuentes particularmente antes de los recesos para comida y nunca comer, beber o fumar dentro de las áreas de proceso designadas.

9.1.7 Equipo de Protección Personal (EPP)

El EPP se considera normalmente que es el último recurso y solamente es aplicable cuando las medidas de control más efectivas son ya sea insuficiente o no razonablemente prácticas en lograr una situación de trabajo satisfactoria. En todo momento el EPP requiere implementarse inicialmente mientras se investigan controles más apropiados a largo plazo. Es preferible que el EPP no permanezca como una solución a largo plazo. Se debe dar una cuidadosa consideración a la elección del dispositivo EPP. Es importante que la protección sea efectiva y cómoda; la mayor parte del equipo de protección personal no es cómodo para un uso prolongado. Es vital el mantenimiento regular para muchos tipos de EPP, si se desea obtener una protección efectiva. Requieren adoptarse programas de administración de EPP siempre que la opción de uso del EPP se considere necesaria, y se requerirá un apoyo continuo muy proactivo al programa. Note también que las expectativas en torno de la efectividad del EPP son muy a menudo mayores que la realidad, de manera que los factores de protección del ‘mundo real’ deben ser considerados en lugar de lo declarado por los fabricantes.

10 VENTILACIÓN

Se definen las características importantes de los sistemas de ventilación, junto con los principios generales asociados con su diseño.

10.1 Tipos de Control

Hay dos tipos de ventilación principales utilizados para remover y reducir la contaminación en los lugares de trabajo.

- 1) **Ventilación por Dilución** reduce la concentración de contaminación de fondo mediante la adición de aire fresco no contaminado. Sin embargo, hay poca, si la hay, eliminación o reducción de los contaminantes en la fuente. La ventilación por dilución es adecuada para utilizarse si hay pequeñas cantidades dispersadas de contaminante de baja toxicidad. También puede ser adecuado para contaminantes móviles de toxicidad baja. Los costos iniciales son generalmente más bajos que la VEL y requieren menos mantenimiento, pero es importante recordar que el contaminante no se elimina de su fuente, en lugar de esto se diluye. La apertura de una puerta enrollable, el soplado de aire en un cuarto con un ventilador grande son ejemplos de ventilación por dilución.
- 2) **Ventilación por Extracción Localizada (VEL)** es uno de los medios más efectivos disponibles para evitar que los materiales peligrosos entren a la atmósfera en el lugar de trabajo. Envía los contaminantes lejos de un proceso u operación que es probable que libere una sustancia peligrosa en el lugar de trabajo. Sin embargo, hay muchos casos donde no es efectiva la VEL y esto puede ser como resultado de un pobre diseño o falta de comprensión de su uso adecuado. La VEL elimina los contaminantes en la fuente.

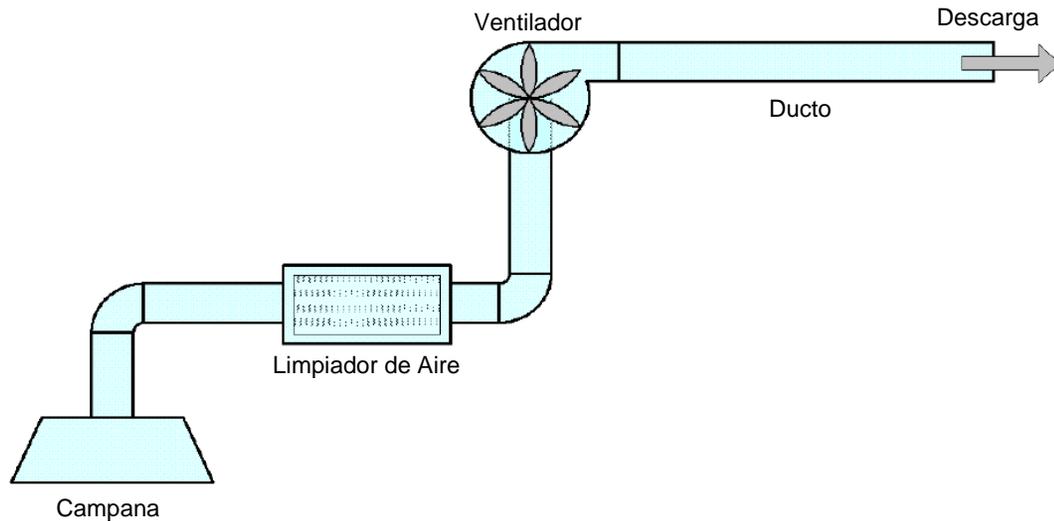
10.2 Características Generales de un Sistema VEL

Los componentes fundamentales que son comunes para todos los sistemas VEL son:

- Entrada como una cabina, campana, ranura o encerramiento.
- Conductos que pudieran contener dobleces, uniones, cambios de sección y compuertas; puede ser circular o rectangular en la sección transversal y ser rígida o flexible.
- Un dispositivo de limpieza de aire como un filtro de polvo, un lavador húmedo de gases o un dispositivo de recuperación de solvente.
- Un ventilador u otro dispositivo para mover el aire.

- Conducto de descarga a la atmósfera o a un cuarto a través de una chimenea, difusor, rejilla o simplemente a un conducto abierto.

A continuación, se muestra un diagrama de los componentes de un sistema VEL.



Fuente: Adrian Hirst

Figura 10.1 – Características Generales de un Sistema VEL

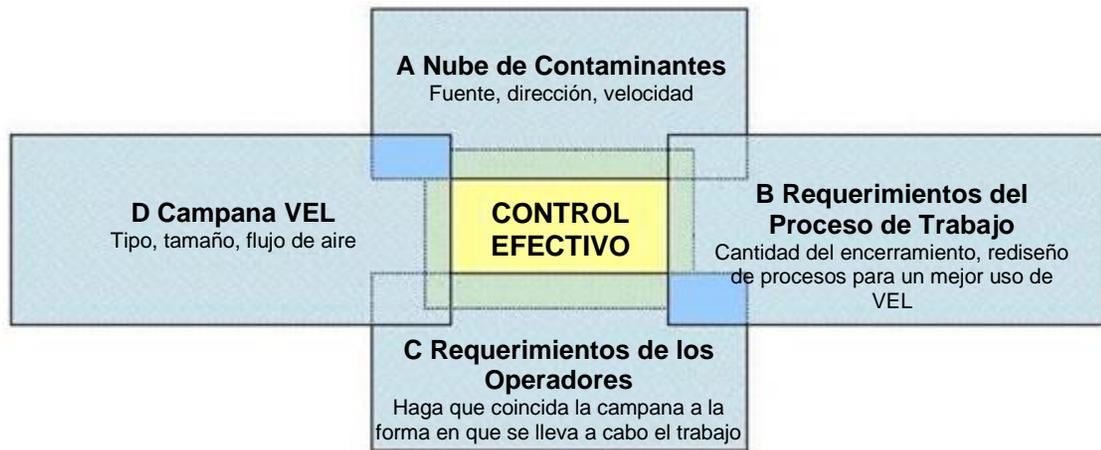
10.2.1 Consideraciones Generales

Los VEL pueden ser sistemas simples que dan servicio a una máquina única o pueden ser complejos y dar servicio a una fábrica completa. Para que un sistema VEL sea eficiente, todas las partes de los componentes deben funcionar correctamente; una campana de captura posicionada correctamente y bien diseñada será útil si el ventilador no puede proporcionar el flujo de aire correcto. Un sistema VEL elimina el aire del lugar de trabajo y por lo tanto debe haber un medio de asegurar un suministro suficiente de aire de reemplazo para compensar esto. A la larga, los sistemas VEL pueden significar que rejillas o ventilaciones de aire tienen que estar adaptadas a puertas o paredes y que podría ser necesario que se instale un ventilador de suministro. Se debe recordar que el costo del aire caliente puede ser sustancial, por lo tanto, el diseño deficiente puede llevar a costos de energía innecesarios y puede valer la pena instalar un sistema de recuperación de calor.

Es esencial que cualquier sistema VEL esté diseñado para el proceso para el cual se pretende que controle. El diagrama a continuación muestra los factores independientes que llevan a un control efectivo. Es importante que la naturaleza del contaminante que se

está controlando sea totalmente entendida. Los gases liberados bajo condiciones ambientales se comportarán muy distintos a las partículas de polvo que se liberan a una velocidad alta. Esto afecta el diseño del sistema de captura así como cualquier sistema de limpieza que se incorpore.

Es esencial considerar los requerimientos del proceso de trabajo, así como los requerimientos del operador. Inevitablemente, se producen algunos compromisos tanto para el operador como para el proceso, sin embargo, si este compromiso es demasiado grande entonces es poco probable que el LEV sea empleado después de que se instale.

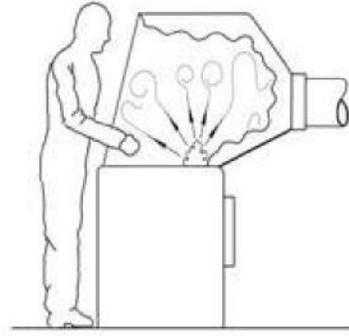


Fuente: Adrian Hirst, adaptado de la Publicación HSG 258 del HSE

10.2.2 Entradas/Campanas

El diseño de la entrada VEL es uno de los factores más importantes para lograr un control efectivo. Las campanas se pueden clasificar ampliamente en tres tipos:

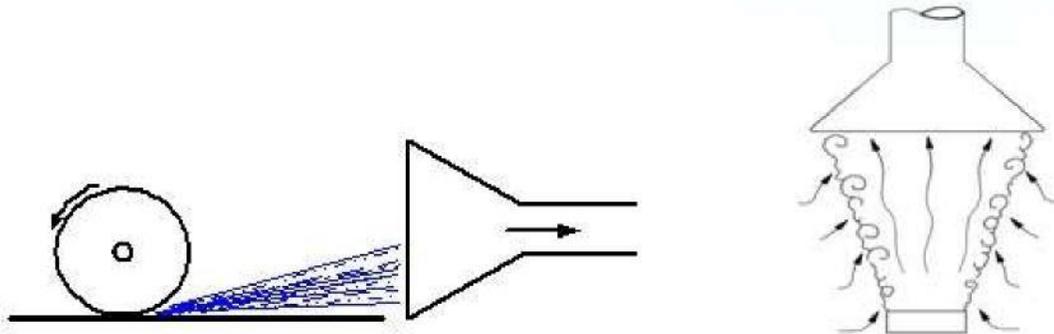
Una **campana de encerramiento** es generalmente la más efectiva al capturar un contaminante, ya que contiene el contaminante y lo separa del trabajador. Éste es el tipo que podría encontrarse en una campana de laboratorio (encierro parcial) o una unidad de chorro de arena (encierro completo).



Fuente: HSE

Figura 10.2 – Campana de encierro

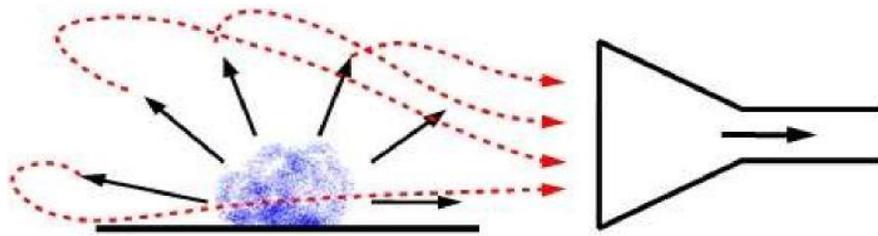
Una **campana de receptora** aprovecha la flotabilidad o velocidad natural que los contaminantes tienen y que los hace moverse hacia la campana. Mientras este tipo de campana proporciona una interferencia mínima con el operador y el proceso, puede estar propensa a los efectos de otros flujos de aire en el área.



Fuente: HSE

Figura 10.3 – Campanas receptoras

La **campana de captura** es el tipo más común encontrado y es una en la cual se generan los contaminantes fuera de la campana. Por lo tanto, la campana tiene que generar suficiente flujo de aire para “capturar” y jalar el contaminante. Esto significa que sean cruciales la velocidad del aire y la proximidad de la campana a la fuente de contaminantes, por ejemplo, extracción de soldadura.



Fuente: HSE

Figura 10.4 - Campana de captura

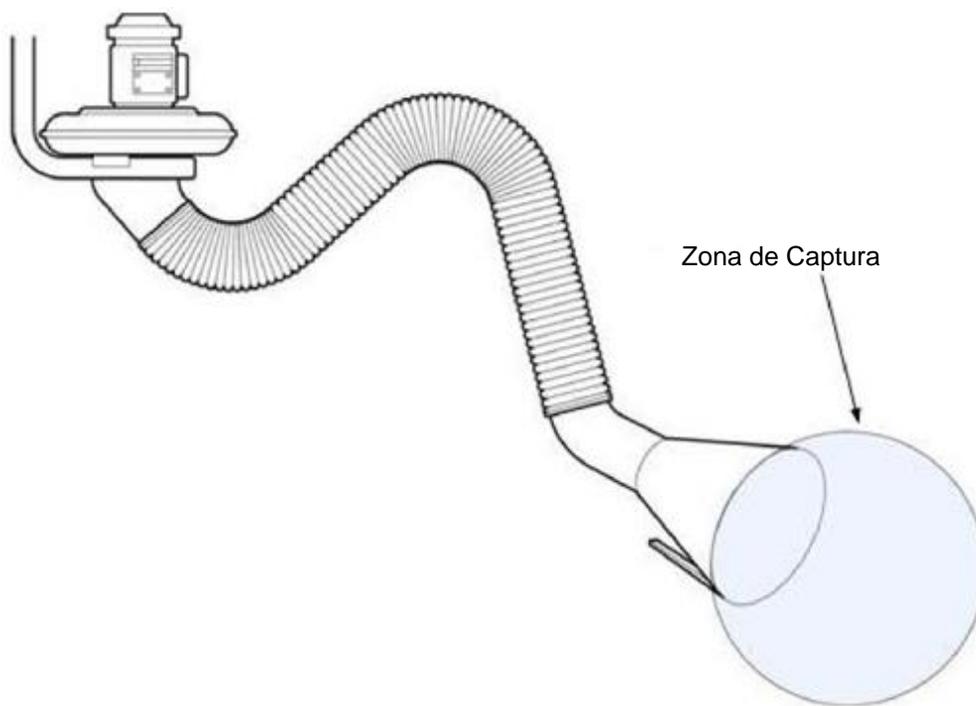
El diseño preciso de cada uno de estos sistemas tiene que adaptarse al proceso que controla. La siguiente tabla muestra algunos ejemplos de procesos industriales comunes, junto con los tipos de VEL que se pueden instalar para controlar las exposiciones tomando en cuenta el tipo de sustancia peligrosa presente y la forma en que ésta se libera.

Tipos de VEL utilizados para varios procesos

Proceso industrial	Naturaleza de la sustancia peligrosa	Tipos de VEL
Soldadura	Humo de soldadura: partículas finas con alguna flotabilidad natural	Campana de captura posicionada cerca de la actividad de soldadura; o punta de extracción adaptada al extremo de la pistola de soldadura
Pulverización de pintura	Las neblinas y los vapores de solvente liberados en una dirección controlada, con velocidad	Cabina para pulverización de pintura a la que se puede entrar caminando. Cabina de flujo descendente
Pulido	Polvo metálico y de pulido liberados en una dirección controlada, con alta velocidad	Cabina receptora y encerramiento alrededor de la rueda de pulido
Granallado	Granalla de acero y polvo metálico de componentes liberados a alta velocidad, en dirección variable	Una caja de guantes tipo gabinete (“glove box”) completamente encerrada con el flujo de aire manejado para compensar la entrada de aire comprimido y el sistema de reciclado de granalla
Lijadora orbital de mano	Polvo de madera liberado en direcciones variables	Extracción integrada en el disco de la lijadora
Hornos para curación de pintura	Aire caliente y vapores de curación con una flotabilidad térmica fuerte	Extraer/ventilar desde la parte superior del horno combinado con una campana receptora sobre la puerta
Análisis de laboratorio	Vapores de ácido y solvente liberados con baja velocidad y poca dirección	Encerramiento parcial y extracción dentro de una campana de humos

Fuente: HSE

Las entradas a los sistemas VEL solamente pueden ejercer un control efectivo cerca de la entrada misma. Por ejemplo, para una campana con una apertura circular con un diámetro de 0.3 metros, con una velocidad en la cara de la campana de 5 metros por segundo, solamente capturaré los contaminantes liberados dentro de los 0.3 metros de la apertura. La velocidad a una distancia de un diámetro (es decir, 0.3 m) desde la apertura cae hasta aproximadamente 10% de la velocidad en la apertura (0.5 m/s). Fuera de esta zona de captura, las influencias externas como maquinaria o personal en movimiento pueden superar el efecto de captura de la entrada. A continuación, se ilustra esto.



Fuente: HSE

Figura 10.5 – Zona de Captura o Burbuja de Captura en una campana de soldadura

La velocidad de captura es la velocidad de aire que se requiere en la fuente de la emisión de manera que ocasione que el contaminante se mueva hacia el dispositivo de captura y por lo tanto sea eliminado. Se suministran velocidades de captura típicas en la tabla a continuación; sin embargo, no reflejan totalmente la energía o ubicación de la fuente y por lo tanto son solamente una guía.

Tabla 6.2 – Velocidades Típicas de Captura

Condiciones de Dispersión del Contaminante	Ejemplos	Velocidad de Captura (m/s)
Liberado en aire quieto, sin ninguna velocidad	Evaporación de solventes de tanques de desengrase, inmersión/secado de pintura, etc.	0.3 – 0.5
Liberado a baja velocidad, en aire moderadamente quieto	Soldadura Cautín Transferencia de líquidos	0.5 a 1.0
Liberado a moderada velocidad, en aire en movimiento	Trituración Pulverizado	1.0 a 2.5
Liberado a alta velocidad, en un flujo de aire muy turbulento	Corte Limpieza abrasiva Esmerilado	2.5 a 10

(Fuente: HSE – reproducido con permiso)

Las consideraciones importantes sobre la fuente de contaminación que podrían requerir ser tomadas en cuenta durante el diseño y construcción de entradas de captura incluyen:

- El tamaño, forma y posición de la fuente.
- La naturaleza física del contaminante.
- La velocidad y dirección de la fuente.
- La tasa de generación del contaminante.
- La naturaleza de la operación.
- Las posiciones y movimientos de la planta y personal.
- Cualquier movimiento local de aire.

10.2.3 Conducto

Los conductos llevan el aire extraído y los contaminantes desde la entrada hasta el dispositivo de limpieza por aire. Para material particulado, la velocidad de aire dentro del ducto debe ser lo suficientemente alta para asegurar que las partículas permanezcan suspendidas en el flujo de aire. A continuación, se proporcionan las velocidades de transporte (de ducto) recomendadas para diversos contaminantes.

Tipo de contaminante	Velocidad del ducto (m/s)
Gases (sin condensación)	No hay límite mínimo
Vapores, humo de combustión, humo metálico	10
Polvo de densidad ligera/mediana (por ejemplo, aserrín, polvo de plástico)	15
Polvos industriales promedio (por ejemplo, polvo de esmerilado, virutas de madera, asbesto, sílice)	20
Polvos pesados (por ejemplo, plomo, virutas de metal y polvos húmedos o que tienden a aglomerarse)	25

Los conductos deben ser lo suficientemente fuertes, estar bien soportados y ser capaces de soportar el desgaste normal. El número de cambios de dirección deben ser mantenidos a un mínimo y, cuando se requiera, deben realizarse suavemente. Se podría requerir un acceso a los ductos para facilitar la limpieza, inspección y mantenimiento.

10.2.4 Limpiadores de Aire

Existen tres tipos básicos de dispositivos de limpieza de aire.

Filtros de aire

Estos son los que se utilizan principalmente para la limpieza del aire en sistemas de ventilación y de aire acondicionado y están diseñados para manejar grandes volúmenes de aire con una resistencia baja al flujo de aire. Se utilizan filtros de partículas de alta eficiencia (HEPA, por sus siglas en inglés) para aplicaciones ultra-limpas y donde se encuentren particularmente polvos peligrosos (por ejemplo, asbesto).

Recolectores de partículas de polvo y humo

Estos están diseñados para extraer grandes cantidades de partículas del flujo de aire a concentraciones de entrada mucho más altas de las que se pueden manejar con los filtros de aire. Estos recolectores incluyen ciclones, filtros de tela, recolectores húmedos y precipitadores electrostáticos. Estos son los dispositivos de limpieza de aire más comunes asociados con los sistemas VEL.

Dispositivos para eliminar neblinas, gases y vapores

Se pueden eliminar las neblinas, gases y vapores de corrientes de aire mediante una variedad de medios que implica la absorción química, combustión y condensación.

Otros puntos que considerar:

- Materiales grasosos o cerosos pueden obstruir los filtros.
- Abrasividad de las partículas.
- Inflamabilidad y potencial de explosión.
- Corrosividad y capacidad de oxidación.
- Los gases y vapores no se eliminarán mediante los filtros de partículas.
- Materiales a alta temperatura.

10.2.5 Motores de Aire

Hay muchos tipos y tamaños de ventiladores, que se pueden agrupar generalmente en dos categorías principales – de flujo centrífugo y de flujo axial.

En un ventilador centrífugo, el aire se extrae en el centro del impulsor, se recolecta mediante álabes giratorios y se saca a alta velocidad en el alojamiento del ventilador. El alojamiento está diseñado para recolectar el aire y guiarlo hacia la apertura de descarga tangencial. Pueden proporcionar flujos de aire requeridos, contra una resistencia considerable. Se utilizan en todos menos en los más simples de los sistemas VEL.

Los ventiladores axiales tienen un alojamiento cilíndrico y se instalan en línea con los ductos. El aire pasa a lo largo del ducto y se acelera mediante los álabes giratorios. Los ventiladores axiales pueden superar solamente una baja resistencia al flujo.

10.2.6 Descarga a la Atmósfera

Se puede requerir la instalación de conductos adicionales corriente bajo del dispositivo para mover el aire para asegurar que la descarga no vuelva a entrar al edificio. Se podría necesitar que las chimeneas de descarga sean extendidas sobre el nivel del techo; se debe prestar atención particular al diseño de la terminal de descarga. La terminal tipo ‘sombrero chino’ nunca debe utilizarse, ya que desvía el aire descargado hacia abajo ocasionando una posible reentrada en el edificio, además de tener una resistencia al flujo muy alta.

Descarga de “sombbrero chino” no recomendado



Fuente: BP International

Figura 10.6 – Descarga a la Atmósfera

10.3 Mantenimiento, Examen y Prueba de los Sistemas de Ventilación

La Ventilación por Extracción Localizada (VEL) es uno de los medios más efectivos disponibles de evitar que los materiales peligrosos ingresen a la atmósfera del lugar de trabajo. Sin embargo, para que puedan funcionar correctamente, deben estar en buen estado de funcionamiento. Se definen a continuación las características generales asociadas con el mantenimiento, examen y prueba de sistemas VEL.

10.3.1 Requerimientos Legales

En algunos países hay un requerimiento legal para que las medidas de control se mantengan en un estado eficiente, en un estado eficiente de trabajo y en buen estado. Por ejemplo, en el Reino Unido, las Regulaciones COSHH requieren que se examinen y prueben los VEL por lo menos una vez cada 14 meses, y que se mantengan los registros adecuados durante por lo menos 5 años. También hay un requerimiento para llevar a cabo exámenes visuales semanalmente.

10.3.2 Mantenimiento Regular

El mantenimiento debe incluir:

- Inspección regular, incluyendo una verificación semanal para identificar señales de daño potencial, desgaste o mal funcionamiento.
- Monitoreo de los indicadores de rendimiento, por ejemplo, velocidades del aire, presiones estáticas, consumo de energía eléctrica.

- El reemplazo de rutina de los componentes que se sabe tienen una vida de trabajo limitada.
- La reparación o reemplazo rápido de los componentes que se encuentren desgastados o dañados.

La forma de inspección dependerá del tipo y complejidad del sistema VEL. Es esencial una verificación visual, por lo menos cada semana, para identificar fallas obvias. Esto incluye verificación de:

- Posicionamiento incorrecto de las campanas.
- Desgaste, rotura y señales de mal funcionamiento o daño a las campanas, conductos y recolectores de polvo.
- Otros signos exteriores de mal funcionamiento o daños.

La verificación debe incluir el monitoreo de los dispositivos de monitoreo adaptados permanentemente. Se debe mantener un registro simple de inspecciones semanales junto con una nota por escrito de las fallas identificadas y las acciones que se toman para rectificarlas.

10.3.3 Examen y Prueba Completa

Esta es una auditoría periódica del sistema VEL y su desempeño y normalmente consta de:

- Un examen externo completo y, cuando se considere adecuado, un examen interno de todas las partes del sistema.
- Una valoración del control, por ejemplo, mediante el uso de lámparas de polvo, monitoreo de aire con una posición fija y/o pruebas de humo.
- La medición del desempeño del sistema VEL, por ejemplo, mediante la medición de presión estática detrás de cada campana o encerramiento, la velocidad del aire en la parte frontal del encerramiento o el punto de emisión, caída de presión a través de los filtros, medición de la velocidad del aire en el ducto y/o consumo de energía.
- Cuando circule el aire, valoraciones del desempeño e integridad del limpiador o filtro de aire.

Algunos sistemas VEL regresan el aire filtrado al lugar de trabajo y por lo tanto estos sistemas deben recibir un estándar particularmente alto de mantenimiento, etc.

11 ASBESTO

11.1 Antecedentes

El asbesto es tal vez la sustancia peligrosa analizada más ampliamente. En 1898, el informe del jefe de inspectores de la fábrica en el Reino Unido habló de “los efectos nocivos del polvo de asbesto” y detalló un examen microscópico de asbesto que revela una “naturaleza afilada, similar a un vidrio, dentada de las partículas” y los “efectos se ha encontrado que son dañinos”.



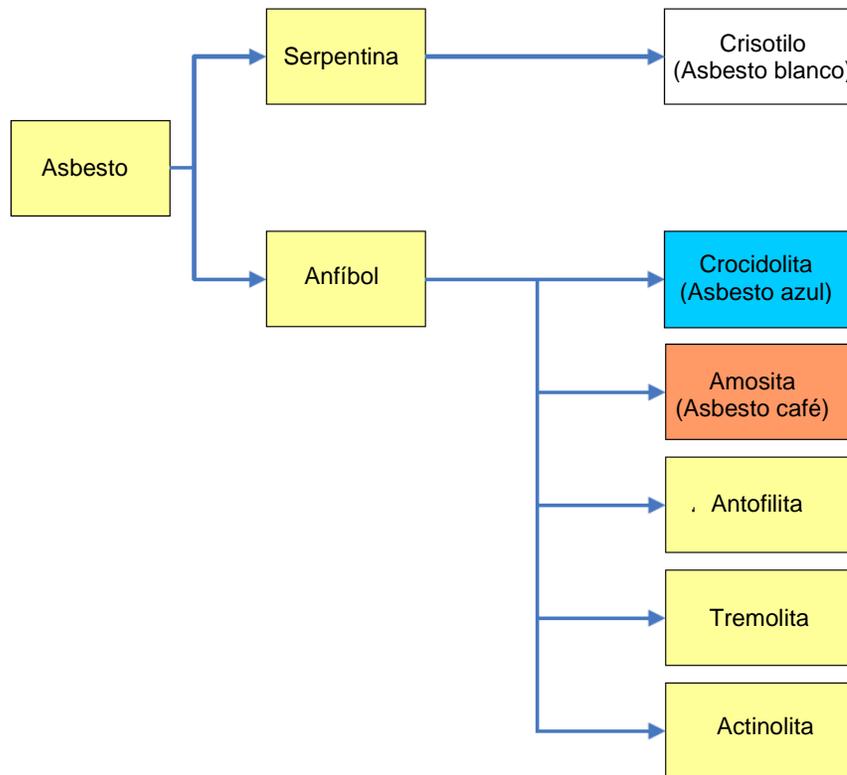
Fuente: Wikimedia commons – Estudio Geológico de los Estados Unidos

Figura 11.1 – Electro-micrografía de fibras de asbesto (antofilita)

11.1.1 Tipos de Asbesto

El nombre de asbesto se refiere a un grupo de silicatos cristalinos, fibrosos, que ocurren naturalmente que son minados principalmente en Rusia, China, Canadá y Sudáfrica.

Todos los tipos de asbesto ocurren como largos cristales fibrosos, que se dividen longitudinalmente (es decir, a lo largo de la longitud de la fibra para formar fibras más delgadas progresivamente). Los tipos de asbesto principales se muestran a continuación:



Fuente: Adrian Hirst

Los dos grupos de fibras de asbesto tienen diferentes estructuras cristalinas y, correspondientemente, diferentes formas y propiedades. Cuando se ven bajo un microscopio, las fibras de Crisotila (asbesto blanco) parecen ser ligeramente curvas, mientras que las fibras de Crocidolita (asbesto azul) son rectas y más cortas. Las fibras de Amosita (asbesto café) son similares a las de Crocidolita pero más frágiles. Se debe notar que el color no es un medio confiable de identificar los tipos de asbesto, especialmente cuando se incorpora en un producto.

11.1.2 Propiedades del Asbesto

Las propiedades principales, que han llevado al uso extensivo de asbesto, incluyen incombustibilidad, fuerza mecánica, resistencia química, aislamiento térmico y bajo costo. Los diversos tipos de asbesto pueden exhibir estas propiedades a diferentes extensiones, que afectan su uso.

11.1.3 Uso del Asbesto

Las aplicaciones más comunes de asbesto probablemente se encuentran en las instalaciones industriales que se proporcionan a continuación, junto con el tipo y contenido aproximado de asbesto. Los usos y contenido porcentual de los productos que se enlistan a continuación se proporcionan solamente como guía. Cuando se sospecha que está presente el asbesto, personas competentes y aprobadas deben realizar estudios.

Aplicaciones Comunes de Asbesto en Instalaciones Industriales

Producto	Tipo de Asbesto	Contenido Aproximado (%)
Materiales de cemento; por ejemplo, hojas corrugadas, tanques de agua, tuberías, componentes de edificios prefabricados.	Crisotila (ocasionalmente incorporando Crocidolita o Amosita)	10 - 20
Placas de aislamiento resistente a incendios.	Amosita (ocasionalmente incorporando crisotila o crocidolita)	15 - 40
Aislamiento, recubrimiento térmico, incluyendo aislamiento de tubos y recipientes.	Amosita, crisotila y crocidolita	1 - 55
Revestimientos pulverizados; por ejemplo, aplicados a vigas y techos estructurales como protección contra incendios y/o aislamiento acústico y térmico.	Amosita, crisotila y crocidolita	60 - 90
Textiles; por ejemplo, guantes resistentes al calor, cobijas extintores, ropa protectora contra incendios y colchones de aislamiento.	Crisotila (ocasionalmente Crocidolita)	85 - 100
Juntas y empaques; por ejemplo, empaques.	Crisotila (ocasionalmente Crocidolita)	25 - 85
Materiales de fricción; por ejemplo, revestimiento del embrague y freno automotriz.	Crisotila	30 - 70
Losetas para piso.	Crisotila	5 - 7
Relleno y refuerzos; por ejemplo, en filtros, placas de molinos, papeles, sellado, mastique, adhesivos.	Crisotila (ocasionalmente Crocidolita para algunas aplicaciones)	1 - 10
Plástico termo-ajustado reforzado y estuches de batería.	Crisotila, crocidolita y amosita	5 - 20

11.1.4 Fibras de Asbesto en el Aire

La estructura física del asbesto le permite romperse en pequeñas fibras, que son capaces de permanecer suspendidas en el aire durante periodos prolongados. Estas fibras se pueden inhalar y algunas veces penetrar a, y ser depositadas en los pulmones.

Una fibra 'contable' se define como una partícula que tiene una proporción de longitud:ancho de más de 3:1, siendo menos de 3 micras de diámetro y mayor de 5 micras de longitud.

11.1.5 Exposición a las Fibras de Asbesto

Se pueden emitir fibras de asbesto (polvo de asbesto) en el entorno del lugar de trabajo durante la fabricación, uso, maquinado (corte, perforación, etc.), remoción y disposición de materiales o productos que contienen asbesto, y debido al deterioro en la condición de materiales que contienen asbesto (ACM, por sus siglas en inglés) en sitio. Los trabajadores de mantenimiento de edificios (plomeros, electricistas, etc.) se piensa que están particularmente en riesgo como una consecuencia del uso excesivo de asbesto en edificios más antiguos. Se debe notar, sin embargo, que en algunas partes del mundo el asbesto todavía se fabrica y se utiliza. En estos casos los riesgos probablemente sean mayores debido a la falta de un régimen regulatorio y exposiciones excesivas no siempre reconocidas. A continuación, se proporcionan ejemplos de algunas exposiciones típicas:

Actividad	f/ml
Eliminación seca de aislante térmico	Hasta 100
Perforación de placas de aislamiento de asbesto	Hasta 10
Aserrado manual de placas de aislamiento de asbesto	Hasta 10
Perforación de asbesto-cemento	Hasta 1
Aserrado manual de asbesto-cemento	Hasta 1
Uso de una sierra circular	Hasta 20

11.2 Peligros a la Salud del Asbesto

La inhalación de fibras de asbesto respirables puede dar pie a un número de enfermedades serias.

Asbestosis: La exposición prolongada a fibras de asbesto en el aire a niveles que exceden el Estándar de Higiene adoptado comúnmente de 0.1 fibras/ml puede llevar al engrosamiento local del revestimiento del pecho (placas pleurales) y a la formación de tejidos fibróticos (cicatriz) en el pulmón profundo, dando por resultado la reducción progresiva en la elasticidad del tejido del pulmón, discapacidad de la función respiratoria y expectativa de vida reducida.

Cáncer de los Bronquios y el Pulmón: Se ha demostrado que los trabajadores de asbesto sufren un riesgo mayor de cáncer de los bronquios y del pulmón. Fumar cigarrillos puede también ocasionar estos cánceres y se ha demostrado que los fumadores de cigarrillos expuestos a fibras de asbesto en el aire están en un riesgo significativamente mayor de desarrollar cáncer que los no fumadores expuestos en forma similar (un efecto sinérgico).

Mesotelioma: La exposición al asbesto, particularmente crocidolita y amosita, puede resultar en el desarrollo de mesotelioma, un cáncer no común y generalmente incurable de la pleura (el revestimiento de la pared del pecho y del pulmón) o, más raro, del peritoneo (el revestimiento de la cavidad abdominal). El mesotelioma puede desarrollarse 20 años o más después de un breve periodo de exposición.

11.3 Registro del Asbesto

11.3.1 Función del Registro del Asbesto

La función del Registro del Asbesto es registrar el uso/presencia de todos los asbestos y materiales que contengan asbesto en los sitios de trabajo. En áreas donde se ha utilizado extensivamente el asbesto en el pasado podría ser necesario desarrollar el Registro cubriendo un periodo de tiempo. En forma provisional, podría ser aconsejable asumir que ciertos materiales de aislamiento y construcción contienen asbesto y, hasta que se establezca su identidad, se deben tomar las precauciones adecuadas. La información del Registro se puede utilizar para:

- Registrar la ubicación de todos los materiales de asbesto en el sitio.
- Asegurar que la condición de los materiales que contienen asbesto sea inspeccionada frecuentemente y se instiguen acciones correctivas necesarias.
- Asegurar que cualquier trabajo con asbesto o materiales que contienen asbesto se lleven a cabo de una manera apropiada.

- Minimizar la adquisición y uso de materiales o equipo, que pudieran contener asbesto.

11.4 Tratamiento Correctivo de Materiales que Contienen Asbesto

11.4.1 Eliminación del Asbesto

Los materiales que contienen asbesto deben retirarse si están:

- Dañados y disgregables, es decir, en una condición fácilmente desmenuzada, por lo tanto, teniendo un potencial para liberar fibras en el aire.
- Se espera que se deterioren en el futuro.
- Sí es probable que se perturben durante el mantenimiento, construcción o demolición.

El trabajo de eliminación de asbesto solamente lo debe llevar a cabo el personal que ha sido capacitado en las medidas de control correctas para minimizar tanto su exposición y las de cualquier otra persona que pudiera estar cerca del trabajo. Está disponible una guía detallada de los métodos adecuados que se pueden utilizar para controlar exposiciones; por ejemplo, del HSE en el Reino Unido o autoridades regulatorias.

11.4.2 Reparación/Encapsulación de Asbesto

Los materiales de asbesto que estén dañados ligeramente o no sea práctico removerlos, debido a la función del material o su ubicación, se deben encapsular para evitar la liberación de fibras de asbesto. Esto se puede realizar de diversas maneras dependiendo de la extensión del daño y el tipo y función del material que contiene asbesto. Los métodos adecuados incluyen:

- Envolver la superficie externa con, por ejemplo, lona o aluminio.
- Sellar con un encapsulante que selle las fibras juntas. Están disponibles diversos productos, algunos de los cuales forman una membrana alrededor de la superficie externa del material y otros penetran el material para enlazar las fibras en una matriz.

El asbesto o los ACM que han sido sometidos a reparaciones utilizando la encapsulación deben programarse idealmente para eliminación lo más pronto que sea práctico y someterse a una inspección más detallada. Estos materiales deben registrarse en el Registro de Asbesto del sitio.

11.5 Programa de Gestión/Administración del Asbesto

En la práctica, se ha demostrado que la gestión/administración del asbesto en el lugar de trabajo es muy difícil, de manera que se debe dar atención a nombrar un Coordinador de Asbesto que pueda elaborar e implementar el Programa de Administración de Asbesto (AMP, por sus siglas en inglés).

El Coordinador de Asbesto debe tener la capacitación, experiencia, recursos y autoridad necesaria para:

- Entender las leyes y regulaciones aplicables;
- Elaborar y mantener el AMP; y
- Elegir a las personas o contratistas correctos para llevar a cabo las diferentes partes del AMP.

El coordinador de asbesto debe tener la autoridad y recursos necesarios para elaborar el AMP y asegurarse que el AMP aprobado se aplique adecuadamente.

12 PELIGROSOS BIOLÓGICOS

12.1 Introducción a los Peligros Biológicos

Una diferencia fundamental entre los peligros químicos y biológicos es que los agentes biológicos, ya sea bacterias, virus o moho, tienen la capacidad en las condiciones correctas de replicarse rápidamente. Esto significa que el enfoque de control no es solamente en evitar el contacto con el agente, sino también en asegurar que se prevengan condiciones favorables para el crecimiento del organismo.

Las tres categorías principales de los agentes biológicos que estaremos cubriendo como ejemplos son de bacterias, virus y hongos.

- Bacterias – microorganismos de una célula única que viven en el suelo, agua y aire. Hay miles de tipos diferentes de bacterias – muchas de las cuales son inofensivas o aún benéficas, pero algunas bacterias son patogénicas – es decir, causan enfermedades. Los ejemplos de las enfermedades ocasionadas por bacterias incluyen la enfermedad de los Legionarios, diversos tipos de envenenamiento por alimentos (por ejemplo, salmonella) y ántrax. Los antibióticos se utilizan para tratar infecciones bacterianas.
- Virus – organismos parasíticos pequeños que solamente se reproducen dentro de células vivas. Consisten en ácidos nucleídos (ARN o ADN) con un revestimiento de proteínas. El virus conocido más grande es de aproximadamente 1,000 veces la más pequeña de las bacterias promedio. Los virus ocasionan muchas enfermedades incluyendo el resfrío común, influenza, paperas, rabia, hepatitis y SIDA. Los antibióticos son inefectivos contra estos virus, pero muchas enfermedades virales se pueden controlar mediante vacunas.
- Hongos – plantas simples que carecen de clorofila y estructuras de planta normales (por ejemplo, hojas, vástagos, etc.). Los hongos incluyen levaduras, mohos, hongos y champiñones.

Parásitos – organismos que viven y se alimentan de o en un organismo de una especie diferente y ocasionan daños al anfitrión, son otra categoría de agente biológico.

La respuesta de cada individuo a la exposición de los microorganismos depende de su estado de inmunidad, es decir, el poder del individuo para resistir enfermedades. Hay muchos factores involucrados en la inmunidad incluyendo:

- si el individuo ya ha experimentado una enfermedad en particular
- niveles de inmunización
- resistencia individual
- fatiga
- edad

Para simplificar cómo se deben manejar los riesgos de diferentes organismos se han colocado en categorías en diferentes grupos de riesgo. Las medidas de control que se requieren deben coincidir con el grupo de riesgo:

- **Grupo de Riesgo 1** - (riesgo bajo individual y a la comunidad). Un organismo que no es probable que ocasione enfermedades en humanos o animales.
- **Grupo de Riesgo 2** - (riesgo individual moderado, riesgo a la comunidad limitado). Un patógeno que podría ocasionar enfermedades en humanos o animales y que podría ser un peligro para trabajadores de laboratorio, pero es improbable que se extienda a la comunidad, al ganado o al medio ambiente. Las exposiciones de laboratorio pueden ocasionar infecciones serias, pero están disponibles tratamientos efectivos y medidas preventivas y se limita el riesgo de extensión.
- **Grupo de Riesgo 3** - (riesgo individual alto, riesgo a la comunidad bajo). Un patógeno que puede ocasionar enfermedades humanas serias, pero no ordinariamente se propaga de un individuo a otro.
- **Grupo de Riesgo 4** - (riesgo alto individual y a la comunidad). Un patógeno que generalmente produce enfermedades serias en humanos o animales y que puede transmitirse inmediatamente de un individuo a otro, directa o indirectamente.

También hay cuatro niveles de Bioseguridad que proporcionan precauciones de contención que requieren utilizarse para controlar diferentes biopeligros. Los niveles de contención van desde el nivel de bioseguridad 1 que es más bajo, hasta el más alto en el nivel 4.

- **Nivel de Bioseguridad 1** – Contención o segregación pequeña de la instalación, pero con precauciones como la separación y etiquetado de materiales de desecho.
- **Nivel de Bioseguridad 2** – El personal tiene capacitación específica en el manejo de agentes patógenos, el acceso al laboratorio está limitado cuando se está realizando el trabajo, se toman precauciones extremas con artículos filosos contaminados; y se pueden crear ciertos procedimientos en los cuales los

aerosoles o salpicaduras infecciosas se realizan en los gabinetes de seguridad biológicos.

- **Nivel de Bioseguridad 3** – Todos los procedimientos que implican la manipulación de materiales infecciosos se realizan dentro de los gabinetes de seguridad biológicos u otros dispositivos de contención física, o mediante el personal que utiliza ropa y equipo de protección personal adecuado. El laboratorio tiene características de ingeniería y diseño especiales como zonas de acceso de puerta doble.
- **Nivel de Bioseguridad 4** – La instalación es un edificio separado o está en un área controlada dentro de un edificio. La instalación tiene ventilación controlada que se mantiene bajo presión negativa. Todas las actividades se llevan a cabo en los gabinetes de seguridad biológica Clase III o gabinetes de seguridad biológica Clase II utilizados con trajes del personal de presión positiva de una sola pieza ventilados por un sistema de soporte vital.

12.2 Legionella y Fiebre del Humidificador

12.2.1 Legionella

La enfermedad del Legionario fue reconocida por primera vez en 1976, cuando ocurrió un brote entre los delegados que asistían a la convención de la Legión Americana en Filadelfia. Más adelante, se identificó el agente causante como *Legionella pneumophila*.

La bacteria causa dos patrones de enfermedad en humanos; Fiebre Pontiac (una enfermedad parecida a una gripe leve) y la Enfermedad del Legionario. Entra al cuerpo cuando se inhalan gotas finas de agua contaminada. La bacteria no se transmite de persona a persona.

La fiebre Pontiac es una corta enfermedad 'auto-limitante' con un periodo de incubación más corto y síntomas más leves que la enfermedad del Legionario. La Fiebre Pontiac afecta a un mayor porcentaje de las personas expuestas, pero hasta ahora no ha sido fatal.

La enfermedad del Legionario es una enfermedad caracterizada principalmente por neumonía y síntomas parecidos a la gripe. Es fatal en alrededor de 10 – 15% de casos. Es más probable que desarrolle la enfermedad en los hombres que en las mujeres; otros factores de riesgo incluyen la edad y el estado de salud en general.

La Legionella se encuentra en agua fresca natural incluyendo ríos, lagos, arroyos y estanques. Hay una fuerte probabilidad que existen concentraciones muy bajas de la bacteria en todos los sistemas de agua abiertos, incluyendo aquéllos de servicios de edificios. Las fuentes más comunes de brotes de la enfermedad de Legionario han sido las torres de enfriamiento y sistemas de agua en edificios grandes, particularmente hospitales y hoteles.

Las formas principales de evitar y controlar la extensión de la enfermedad del Legionario son: controlar el crecimiento inicial de las bacterias en sistemas de agua; y evitar la generación de aerosoles.

Las áreas que están en mayor riesgo incluyen:

- Torres de enfriamiento
- Tanques de almacenamiento de agua y caloríferos
- Servicios de agua caliente y fría en instalaciones donde los ocupantes son particularmente susceptibles (hogares para adultos mayores, hospitales, etc.)
- Humidificadores y/o lavadoras que crean un rocío de gotas de agua y en las cuales la temperatura del agua excede 20° C
- Baños de hidromasaje (Spa) y albercas
- Sistemas y fuentes de rociadores contra incendios.

Los factores que afectan el crecimiento incluyen:

- Temperatura del agua – Temperatura en el rango de 20-45°C favorece el crecimiento (temperatura óptima 37° C). La proliferación de la bacteria es improbable debajo de 20° C, y el organismo no sobrevive a más de 60° C.
- El agua que se estanca favorece la multiplicación
- La presencia de sedimentos, escalas y lodo
- La presencia de otros microorganismos (algas, amibas y bacterias) o una biopelícula (una capa de microorganismos que se encuentran en una matriz que podría formar limo en las superficies).

Control:

- Se deben tomar medidas para minimizar el riesgo de exposición evitando la proliferación de Legionella en el sistema o en las plantas industriales y para reducir la exposición a gotas de agua y aerosol

- Minimizar la liberación de agua pulverizada
- Evitar las temperaturas del agua entre 20° C y 45°C (principal mecanismo de control)
- Evitar el estancamiento de agua
- Evitar el uso de materiales que puedan albergar o soportar el crecimiento de bacterias y otros organismos
- Mantener el sistema limpio (evitar sedimentos, etc.)
- Utilizar sistemas de tratamiento de agua adecuados incluyendo biocidas
- Asegurar que el sistema opere en forma segura y correctamente y que se le dé buen mantenimiento.

El muestreo para evaluar la calidad del agua es una parte esencial del régimen de tratamiento del agua y debe incluir tanto pruebas químicas como microbiológicas.

12.2.2 Fiebre del humidificador

La fiebre del humidificador está asociada con la exposición a muchos tipos diferentes de microorganismos incluyendo diversas bacterias y hongos que se encuentran en los tanques de humidificadores y en unidades de aire acondicionado. Se han encontrado microorganismos tanto en grandes como en pequeñas unidades de sistemas de ventilación. Concentraciones importantes de estos organismos se pueden dispersar en el medio ambiente en la neblina de aerosol generada por los humidificadores durante la operación normal.

La fiebre del humidificador generalmente ocasiona una enfermedad parecida a la gripe con fiebre, escalofríos, dolor de cabeza, dolor de músculos y fatiga. Estos síntomas ocurren generalmente unas cuantas horas después de la exposición y por lo general desaparecen más o menos dentro del día siguiente. Sin embargo, en algunos casos pueden manifestarse como una alveolitis alérgica.

Los controles para evitar la fiebre del humidificador se centran en asegurar que las bacterias y los hongos no se multipliquen y alcancen concentraciones altas en el tanque de agua. Los enfoques incluyen programas de limpieza y mantenimiento regular, acoplados con la desinfección.

12.3 Enfermedades Transmitidas por la Sangre

La transmisión en el lugar de trabajo puede ocurrir a través de lesiones por punzantes y el contacto con sangre infectada y otros fluidos corporales con membranas mucosas o piel no intacta.

El riesgo de adquisición ocupacional de un virus transmitido por la sangre se relaciona con:

- La prevalencia del virus en la población del paciente
- La eficacia de transmisión del virus después de un contacto único con fluidos/tejidos infectados
- La naturaleza y frecuencia de contacto ocupacional con sangre
- La concentración del virus en la sangre.

Las ocupaciones en mayor riesgo incluyen al personal de atención a la salud y del servicio de emergencia, así como los que viajan y trabajan en países que tienen una prevalencia alta de la enfermedad.

La protección viene de evitar el contacto sangre a sangre mediante precauciones que incluyen:

- Utilizar guantes protectores y máscaras para la cara
- Cubrir las cortaduras y heridas con una venda a prueba de agua
- Tener cuidado con los objetos filosos
- Asegurar que todo el equipo esté esterilizado adecuadamente
- Disposición segura del material infectado
- Control de contaminación de la superficie
- Buena higiene
- Cuando se considere adecuado, la inmunización de los trabajadores 'en riesgo' (por ejemplo, hepatitis B).

12.3.1 Hepatitis B

La hepatitis B es un virus que transmite sexualmente y por la sangre, que ocasiona la inflamación del hígado. Muchas personas infectadas no tienen síntomas, pero otras tienen una enfermedad parecida a la gripe con náusea e ictericia. La hepatitis B puede ocasionar hepatitis (inflamación del hígado) y también puede ocasionar daños al hígado a largo plazo.

La hepatitis B es más común en partes del mundo como sudeste asiático, África, el Medio y Lejano Oriente y el sur y el este de Europa. La OMS (Organización Mundial de la Salud) estima que en el mundo hay 350 millones de personas infectadas crónicamente.

El virus puede transmitirse por contacto con sangre infectada o fluidos corporales de una persona infectada. La falla de curar la infección por hepatitis B después de seis meses

lleva a un estado de portador crónico. Muchas personas que se vuelven portadores crónicos no tienen síntomas y no saben que están infectadas.

Las precauciones generales incluyen la protección contra el contacto sangre a sangre. Además, todos los trabajadores de atención a la salud deben inmunizarse contra la infección de hepatitis B y se les debe mostrar que deben tener una respuesta serológica a la vacuna. Deben cumplir con las precauciones universales en las instalaciones del hospital.

12.3.2 Hepatitis C

La hepatitis C es un virus transmitido por la sangre que ocasiona la inflamación del hígado. No hay ninguna vacuna disponible para evitar la infección de hepatitis C. La infección de hepatitis C afecta a diferentes personas de diferentes maneras; muchos no experimentan síntomas mientras otros experimentan cansancio extremo. Los síntomas reportados incluyen la fatiga, pérdida de peso, náusea, síntomas parecidos a la gripe, problemas en la concentración, dolor abdominal e ictericia.

Se estima que alrededor de 15 - 20% de las personas infectadas curan sus infecciones naturalmente dentro de los primeros 6 meses de la infección. Para el resto, la hepatitis C es una infección crónica que puede extenderse varias décadas y estar ahí toda la vida.

En el 80-85% de los individuos que fallan para curar sus infecciones naturalmente, el resultado de la infección es extremadamente variable. Muchas personas nunca desarrollan ninguna señal o síntomas de enfermedad del hígado en su vida, y podrían aún no saber que se infectaron. Otras personas desarrollan una enfermedad hepática grave.

La Organización Mundial de la Salud estima que en el mundo hay 170 millones de portadores de hepatitis C. El virus se extiende cuando la sangre de una persona infectada entra en el flujo sanguíneo de otra. La prevención se centra en detener la sangre de individuos infectados de entrar en contacto con otros.

Los usuarios de drogas inyectables corren un alto riesgo de infección; se debe utilizar siempre un equipo de inyección estéril. En una instalación médica, se deben cumplir las precauciones universales; se debe tratar toda la sangre y los fluidos corporales como potencialmente infecciosos en todo momento.

12.3.3 VIH - (Virus de Inmunodeficiencia Humana)

El VIH es la infección que, a través de la destrucción progresiva de células inmunes específicas, lleva al SIDA. El VIH es un virus transmitido sexualmente y que se transmite por la sangre.

- Las personas con VIH generalmente no tienen síntomas durante un periodo prolongado de tiempo, mientras el virus actúa lentamente para debilitar el sistema inmune del cuerpo
- Cuando el sistema inmune de una persona se ha deteriorado, él o ella es susceptible a otras enfermedades, especialmente infecciones (por ejemplo, tuberculosis y neumonía) y cánceres, muchos de los cuales no son normalmente una amenaza para una persona saludable. En esta etapa de infección severa la persona frecuentemente es diagnosticada como tener SIDA. El SIDA significa Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida
- Generalmente la causa de la enfermedad y la muerte eventual en una persona con VIH no es por el virus en sí, sino la enfermedad a la cual el virus ha hecho a la persona vulnerable. Con un tratamiento a una persona con SIDA puede recuperarse de una enfermedad, pero generalmente sucumbe a otra. Las personas con infección de VIH ciertamente casi siempre morirán prematuramente.

El VIH es una infección seria. Sin tratamiento, la mayoría de las personas se espera que mueran de su infección.

Actualmente no hay una vacuna o cura para el VIH. Sin embargo, ahora hay un tratamiento llamado tratamiento antirretroviral altamente activo (HAART). El tratamiento suprime el virus de VIH y puede revertir el daño al sistema inmune durante algún tiempo, prolongando las vidas de los afectados. El virus está cambiando continuamente, algunas veces volviéndose resistente a los medicamentos actuales, de manera que HAART puede no ser una solución a largo plazo y no es una cura.

12.4 Zoonosis

La zoonosis son infecciones que se transmiten naturalmente de los animales a los humanos. Hay más de 150 zoonosis conocidas que van desde la tiña al ántrax y rabia. La zoonosis afecta principalmente a personas que trabajan muy de cerca con animales y productos animales como son los trabajadores de una granja, trabajadores de laboratorio, veterinarios, trabajadores forestales y los que trabajan en las industrias de lana y curtido.

La infección puede ocurrir a través del contacto con:

- Animales y productos de animales (carne, harina de hueso, piel, plumas, pieles, lana)
- Tejido de los animales y los fluidos corporales (sangre, saliva, etc.)

- Productos de nacimiento (placenta, etc.)
- Productos de desperdicio (orina, estiércol, heces)
- Materiales contaminados (tierra, cercados, ropa, etc.)

La infección puede ocurrir a través de la inhalación, ingestión o a través de piel agrietada o por contacto con las membranas mucosas.

12.4.1 Ántrax (Grupo 3 ACDP)

La enfermedad es ocasionada por la bacteria que forma esporas *Bacillus anthracis*. Muchos animales pueden portar la bacteria o esporas de ántrax incluyendo el ganado, caballos, cabras y borregos. Las esporas en el cuero, lana y pelo del animal pueden ser un problema para procesos posteriores de fabricación utilizando estos productos. Las esporas son muy resistentes y las tierras de pastoreo pueden permanecer infectadas durante muchos años.

Hay dos formas principales de la enfermedad del ántrax que pueden ocurrir en humanos; ántrax cutáneo (una enfermedad de la piel) o ántrax pulmonar (afecta a los pulmones).

- Cutánea – la forma más común, después que ha ocurrido el contacto con la piel. Una mancha roja en el sitio de la infección se desarrolla para convertirse en una pústula con un centro negro. Sin tratamiento, la lesión comienza normalmente a sanar después de alrededor de 10 días. En una pequeña proporción de casos, la bacteria de la lesión entra en el flujo sanguíneo produciendo una septicemia, la cual puede ser fatal.
- Ántrax pulmonar o por inhalación – se debe a la inhalación de material que contiene esporas. Las esporas entran a los pulmones y son absorbidas por el sistema inmune. Los síntomas iniciales son similares al de la gripe, pero éstos se desarrollan rápidamente conforme germinan las esporas en el tejido linfático, se multiplican y producen una toxina poderosa. La enfermedad avanza con dificultad para respirar, decoloración de la piel y desorientación, llevando al coma y muerte dentro de las siguientes 24 – 48 horas.

Las ocupaciones principales en riesgo incluyen trabajadores agrícolas, mataderos, procesamiento de subproductos animales, veterinarios e industrias de lana y curtido.

Las medidas de control incluyen la eliminación de ántrax en animales de granja, estándares altos de higiene personal que incluyen la cobertura de cortadas con vendas a prueba de agua e información y capacitación.

12.4.2 Leptospirosis (Grupo de Peligro 2)

La forma principal de leptospirosis es la enfermedad de Weil que es una enfermedad que amenaza la vida potencialmente y es ocasionada por la bacteria *Leptospira* que pasa de las ratas a través de la orina. Los síntomas incluyen síntomas parecidos a la gripe como fiebre, dolor de cabeza, vómito, dolores musculares, neumonía y posible falla renal y muerte.

La enfermedad puede ser transmitida a través del contacto con la orina de la rata o cursos de agua contaminados con la orina. Puede ingresar al cuerpo a través de abrasiones, cortes en la piel y a través del revestimiento de la boca, nariz y conjuntiva.

Las ocupaciones en riesgo incluyen agricultores, trabajadores agrícolas, piscicultores, trabajadores de la construcción, trabajadores de la industria del agua, trabajadores de la industria del ocio, trabajadores de alcantarillado y trabajadores de laboratorio.

12.4.3 Salmonelosis

La salmonelosis es el nombre que se da a una infección ocasionada por cualquiera de las bacterias del grupo *Salmonella*. La bacteria de *Salmonella* la puede portar la mayoría de los tipos de animales de granja. Las infecciones están asociadas generalmente con la ingestión de alimentos contaminados o pueden resultar del contacto con estiércol de animales de granja; por ejemplo, utilizar las manos contaminadas para comer, beber o fumar.

Los síntomas se desarrollan repentinamente alrededor de 12 a 24 horas después de la infección e incluyen malestar, dolor de cabeza, náusea, dolor abdominal, diarrea y fiebre. Los síntomas duran normalmente de 2 a 3 días, pero pueden persistir más tiempo. También puede ocurrir deshidratación o septicemia (envenenamiento de la sangre).

12.4.4 Fiebre Q

La fiebre Q es una infección ocasionada por *Coxiella burnetii*, un tipo de bacteria que se encuentra en todo el mundo excepto Nueva Zelanda. La infección casi siempre está relacionada con el contacto directo e indirecto con animales como ganado, borregos o cabras, aunque un amplio rango de animales incluyendo gatos, perros y canguros también pueden portar la infección.

12.5 Mohos

Los mohos son hongos microscópicos que crecen en forma de hilos o filamentos ramificados. Se reproducen por medio de esporas microscópicas que pueden dar lugar a un nuevo crecimiento del moho que a su vez puede producir millones de esporas.

Si se inhalan, las esporas micóticas pueden ocasionar rinitis alérgica u otras respuestas alérgicas como alveolitis.

El moho se puede encontrar donde haya humedad, oxígeno y una fuente de nutrientes. Crecen sobre la materia orgánica muerta como sobre la vegetación podrida y las hojas muertas, especialmente en áreas húmedas sombreadas.

En las situaciones industriales, las panaderías, cervecerías, lecherías y los invernaderos son ejemplos de lugares ideales para que crezcan los mohos. Áreas donde se almacenen alimentos frescos también son sitios potenciales donde es posible que crezca el moho. Los ejemplos bien documentados incluyen tiendas o silos de granos, particularmente si el grano se almacenó todavía húmedo.

En efecto, en un entorno en interiores, el moho puede crecer en lugares húmedos como en sótanos mal ventilados, baños y humidificador y unidades de aire acondicionado. En efecto pueden prosperar en cualquier área donde estén húmedos las superficies o los materiales. La reducción en los niveles de humedad y humedecimiento es el factor más importante en la mitigación del crecimiento de moho.

12.6 Pandemias

Una pandemia se puede definir como la epidemia de una enfermedad infecciosa que se extiende sobre un área geográfica amplia (diversos países, un continente o aun en todo el mundo) y afecta una gran proporción de la población.

Una pandemia puede iniciar cuando ocurren las siguientes condiciones:

- Ocurrencia de una enfermedad, o de una cepa particular de una enfermedad, nueva para una población
- El agente afecta a los humanos, ocasionando enfermedades serias
- El agente se propaga fácilmente y de manera sostenible entre los seres humanos.

Ha habido muchas pandemias en el pasado incluyendo las ocasionadas por virus de tifoidea, cólera, plaga bubónica e influenza. La plaga bubónica mató diez millones de personas en Europa en la edad media. La pandemia del virus de influenza más severo

registrado ocurrió entre 1918 y 1920 cuando se estimó que la 'Influenza Española' había matado por lo menos 40 millones de personas. Más recientemente la 'Influenza de Hong Kong' se estimó que resultó en cerca de 1 millón de muertes a finales de los 1960's.

Continúan emergiendo nuevas cepas del virus de la influenza en animales con el potencial de que cualquier cepa nueva en particular podría ocasionar una pandemia futura. Estas cepas nuevas del virus de la influenza ocurren cuando son transmitidas a humanos de otras especies de animales como cerdos, pollos o patos.

Un ejemplo reciente de una nueva variante de la cepa del virus de la influenza es la H5N1 ('Gripe Aviar'), que se encontró en 2004 en pájaros en Vietnam; para 2007, ya se habían encontrado numerosos casos en Asia y gran parte de Europa. Ha habido fatalidades humanas entre personas que tuvieron un contacto cercano con los pájaros infectados. No ha habido, o limitado, la transmisión de la enfermedad de persona a persona.

La gripe aviar H5N1 no se categoriza como una pandemia ya que el virus no puede aún propagarse fácilmente o de manera sustentable entre la población humana. Sin embargo, si el virus se combina con la cepa del virus de influenza humana, surgirá un nuevo subtipo que podría ser altamente contagioso en humanos.

Otro problema relacionado con la pandemia es que muchos microorganismos se están volviendo resistentes a muchos de los antibióticos actualmente en uso. Estos microorganismos resistentes a estos antibióticos (algunas veces llamados 'superbacterias') pueden contribuir al resurgimiento de muchas enfermedades que actualmente están bien controladas; por ejemplo, tuberculosis.

Una serie de bacterias comunes también se están volviendo más resistentes a los antibióticos, lo que lleva a un aumento en el número de infecciones adquiridas por la asistencia sanitaria. Un ejemplo bien conocido de esto es *Staphylococcus aureus* resistente a la metilina (o MRSA, por sus siglas en inglés).

12.7 Modificación genética

La modificación genética es una tecnología desarrollada en los últimos 30 años por alterar las características de los organismos vivos, como plantas o animales. Implica la adición de nuevo material genético en los genomas del organismo.

Los organismos genéticamente modificados (OGM) tienen aplicaciones generalizadas. Se utilizan en la investigación biológica y médica, la producción de medicamentos

farmacéuticos y en la agricultura. Hasta el momento, la mayor aplicación de modificaciones genéticas ha sido en la producción de cultivos de alimentos que son más resistentes a la enfermedad o al ataque de insectos, o con mayores rendimientos de los cultivos.

Los beneficios de la modificación genética son potencialmente enormes. Los beneficios potenciales en el futuro incluyen tratamientos nuevos para enfermedades, los cultivos que sean más resistentes a las plagas y enfermedades, los alimentos de mayor valor nutricional y la producción de farmacéuticos de plantas.

Sin embargo, hay muchas preocupaciones con relación a esta tecnología. Algunas personas tienen preocupaciones en principio sobre la alteración de sistemas biológicos que han evolucionado naturalmente. Además, muchas personas están preocupadas que todavía no seamos capaces de entender todas las ramificaciones potenciales de la manipulación genética.

Una preocupación particular ha sido la posibilidad de que las plantas modificadas genéticamente crucen la polinización (o 'afloramiento') con otras variedades de cultivos 'naturales' para producir otra variedad cuyas propiedades no se han evaluado. También ha sido cuestionada la seguridad de los organismos modificados genéticamente en la cadena de alimentos.

Como resultado de estas preocupaciones, se han implementado controles estrictos en el uso y producción de organismos modificados genéticamente.

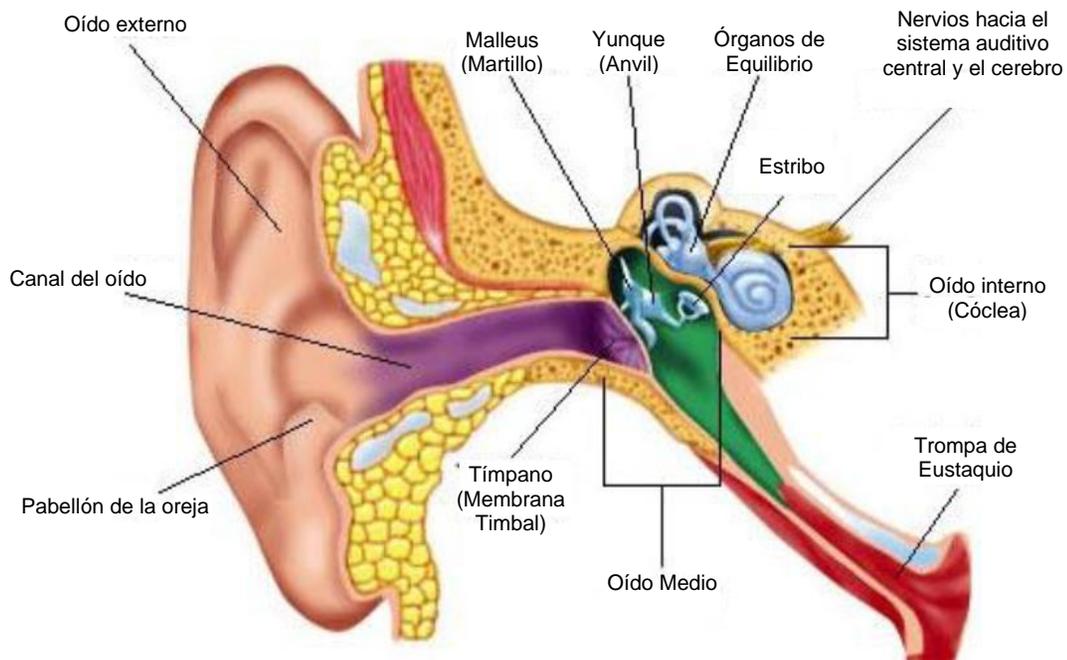
13 RUIDO

13.1 Antecedentes

Se ha vuelto una práctica común definir el ruido como un sonido indeseado y se ha sabido durante muchos años que es la causa de la pérdida auditiva en la industria. ¿Qué es exactamente el sonido y cómo lo oímos? El sonido es la sensación que percibe el cerebro humano o animal como resultado de las vibraciones longitudinales de las moléculas del aire impactando en el oído.

Los sonidos son realmente ondas de presión ocasionadas por un cuerpo que vibra, el cual irradia desde la fuente. El oído humano puede sentir y percibir ondas de presión pequeñas y rápidas como sonido (ruido) y transportar información de su tamaño (amplitud) y frecuencia al cerebro.

13.2 El Oído



Fuente: Wikimedia Commons

Figura 13.1 – Diagrama simplificado del oído humano

El oído externo, es decir la parte que podemos ver, recibe las ondas de presión y la pasa a lo largo del canal auditivo a una membrana – el tímpano, que está situado justo dentro del cráneo para protección. El tímpano vibra en respuesta a las ondas de presión de sonido y esta

vibración se transmite a través de tres huesos pequeños del oído medio (martillo, yunque y estribo) a otra membrana, la ventana oval del oído interno.

El oído medio también contiene la trompa de Eustaquio, que proporciona una apertura a la garganta y así mantiene el oído medio a presión atmosférica. Esta ecualización de presión es necesaria para que el tímpano responda a fluctuaciones rápidas y pequeñas de presión, no a presión absoluta.

La ventana oval a su vez pasa las vibraciones a la cóclea, un órgano con forma de caracol que contiene líquido y algunas 25,000 células receptoras (terminaciones nerviosas). Las vibraciones generan ondas de presión en el líquido de la cóclea y éstas estimulan las terminaciones nerviosas que transmiten las correspondientes señales eléctricas al cerebro. Cada célula receptiva tiene su propia respuesta de tono y por lo tanto es capaz de analizar y separar una mezcla de señales entrantes en sus componentes de frecuencia individual. Esta facilidad permite al oído humano identificar notas individuales de entre la descarga entrante de sonidos.

13.3 Sonido Audible

Dos características clave del sonido son la frecuencia y la intensidad. El número de ondas o vibraciones de presión por segundo se conoce como frecuencia, y se expresa en la unidad Hertz (Hz); entre más fluctuaciones por segundo, mayor es el tono del sonido. El rango de frecuencia del oído humano se cita normalmente que está entre 20 Hz y 20,000 Hz (20 kHz). El intermedio C (Do) en música está en aproximadamente 260 Hz (las opiniones de los músicos varían entre 255 – 278 Hz), y doblando la frecuencia se eleva el tono una octava; por lo tanto, la octava sobre el intermedio C (260 Hz) tiene una frecuencia de 520 Hz.

Intensidad (I) se refiere a la amplitud (tamaño) de las ondas de presión y se define como la cantidad promedio de energía que pasa a través de un área unitaria en un tiempo unitario expresado en watts por metro cuadrado (W/m^2).

Se vuelve muy complicado referirse a los niveles de sonido en mediciones de presión acústica (Pascuales) o intensidad ($Watts/m^2$), ya que los números son muy difíciles de manejar. Nosotros, por lo tanto, los relacionamos con un nivel de referencia (en este caso, el umbral de audición) y, utilizando para el resultado una escala logarítmica, se produce una cifra más manejable. Ésta se llama decibel que es de un décimo de un Bel. El decibel (dB) no tiene dimensiones; es solamente una unidad de comparación dispuesta en una escala logarítmica, de manera que aumentar el número corresponde a una multiplicación

de la intensidad. El volumen del ruido es una función de tanto la intensidad como la frecuencia.



Fuente: Centro Canadiense de Salud y Seguridad Ocupacional

13.4 Efectos a la Salud del Ruido Excesivo

Se ha sabido hace mucho que la exposición regular a ruido de alta intensidad puede resultar en daños al mecanismo de audición, donde el grado de daño es proporcional a la energía incidente del ruido total integrado en los oídos. El daño está relacionado con la intensidad, naturaleza (continua o intermitente) y la duración de la exposición al ruido, y tiene efectos visibles microscópicamente en el oído interno que son esencialmente irreparables e incurables. Existen cinco posibles efectos a la salud del ruido:

- Pérdida de Audición Inducida por el Ruido (NIHL – *noise induced hearing loss*) es un efecto acumulativo de la exposición repetida. Se debe al daño a las células ciliadas de la cóclea en el oído interno. La primera indicación de pérdida auditiva ocurre con una reducción en la capacidad de oír alrededor del rango de frecuencia de 4 kHz. Con el tiempo, si continúa la exposición, los daños a la

audición inducidos por el ruido se muestran como un aumento en la profundidad de la pérdida auditiva y un ensanchamiento de la muesca de 4 kHz, tanto para las frecuencias más bajas como las más altas.

- Tinnitus – ruido que se oye en el oído sin una causa externa; frecuentemente es acompañado de sordera.
- Cambio Temporal del Umbral (TTS – *temporary threshold shift*) – daño a las células ciliadas del oído interno que puede alterar temporalmente la audición, que resulta de la exposición a niveles altos de ruido. La recuperación se lleva a cabo una vez que se reduce la exposición a niveles de ruido alto, típicamente durante un periodo de varias horas.
- Daño físico al tímpano y osículos auditivos inducido por ruidos excesivamente altos; por ejemplo, explosiones. Este tipo de pérdida auditiva se conoce como pérdida auditiva conductiva.
- Molestia / estrés, que es difícil de medir y cuantificar, pero puede causar efectos psicológicos, tales como concentración deficiente, irritabilidad y estrés.

Además de ocasionar pérdida auditiva temporal o permanente, el ruido también puede ser un peligro a la seguridad. Más obviamente, el ruido interfiere con la comunicación verbal, llevando a errores y fallas para responder a sonidos y gritos de advertencia.

El daño auditivo puede ser inducido por la exposición continua a niveles excesivos de 85 dB(A), pero la respuesta de un individuo varía dentro de una población. La exposición continua a niveles que exceden 90 dB(A) se estima que resulte en 20% de la población expuesta padeciendo de NIHL.

La exposición regular a **Ruido de Alta Intensidad**, es decir, mayor a 80 dB(A), producirá casi invariablemente algún grado de pérdida de audición inducida por el ruido en aquellas personas cuya audición es susceptible. No hay forma de predecir por adelantado cuáles individuos en particular son más probable que sufran de la pérdida de audición inducida por el ruido.

Ruido de Intensidad Moderada, es decir, 55-80 dB(A), aunque no es un peligro potencial para la audición, puede afectar adversamente la concentración e interferirá con la comunicación verbal si es mayor a 65 dB(A).

Ruido de Intensidad Baja, es decir, menor a 55 dB(A), puede todavía resultar en quejas del público en general de 'molestias', como los son alteración del sueño.

13.5 Adición de Niveles de Sonido

Cuando se están emitiendo dos sonidos al mismo tiempo, su intensidad total combinada no es la suma numérica de los niveles de decibeles de cada sonido. Para cálculos exactos se deben sumar como logaritmos. Alternativamente, una aproximación razonable de adiciones de los niveles de decibeles se puede realizar utilizando la siguiente tabla:

Diferencia en dB(A)	Agregar al Mayor
0 ó 1	3
2 ó 3	2
4 a 9	1
10 ó más	0

Por lo tanto, si dos máquinas están ambas emitiendo niveles de sonido de 90 dB(A), la suma total de nivel de ruido es de 93 dB(A). N.B. Un doblaje del nivel de sonido resulta en un aumento de 3 dB(A).



13.6 Análisis de Frecuencia

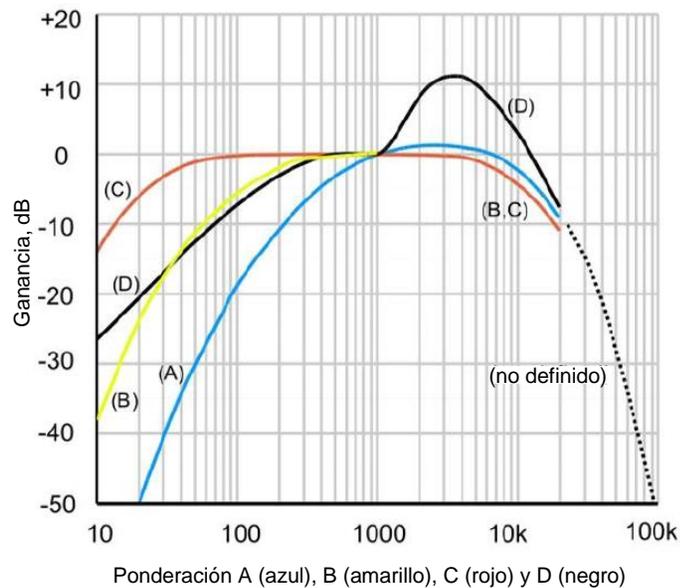
A menos que un sonido sea un tono puro, lo cual es inusual, la mayoría de los ruidos están compuestos de sonidos de muchas frecuencias e intensidades, y cuando se evalúa el ruido por razones de salud o molestia es útil entender que los niveles se presentan sobre un intervalo de frecuencias, es decir, producen un espectro acústico. Para comodidad es usual dividir el intervalo de frecuencias en bandas de octava, utilizando un instrumento que mida las intensidades sobre una octava e indique el resultado como la intensidad a una particular frecuencia de octava media. Las frecuencias de octava media elegidas para esto son las siguientes:

31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz y algunas veces 16 kHz.

Por lo tanto, un espectro de ruido indicará las intensidades de cada una de las frecuencias de octava media mencionadas. El oído humano es más sensible a frecuencias entre 20 Hz y 20 kHz, de las cuales la frecuencia verbal recae entre 500 Hz – 4 kHz, donde los sonidos de vocales están a frecuencias más bajas y las consonantes a frecuencias más altas.

13.7 Ponderaciones de Decibeles

Como el ruido es una combinación de sonidos a diversas frecuencias e intensidades, la intensidad del ruido se puede expresar como un espectro, o como una combinación de todas las frecuencias sumadas juntas en un solo valor. Ya que el oído humano es más sensible a ciertas frecuencias que otras, es posible hacer tolerancias como esas en el circuito electrónico de un medidor de nivel de sonido (sonómetro). Es decir, se suprimen ciertas frecuencias mientras otras se mejoran para poder aproximarse a la respuesta del oído humano. Esta técnica se conoce como ponderación y hay ponderaciones A, B, C y D disponibles para diversos propósitos. La que se adoptó para un espectro en el lugar de trabajo se proporciona en dB(A). Si se aplica la ponderación 'A' a una medición en dB, el nivel correspondiente en dB(A) es una buena indicación de la sonoridad como la percibe el oído humano.

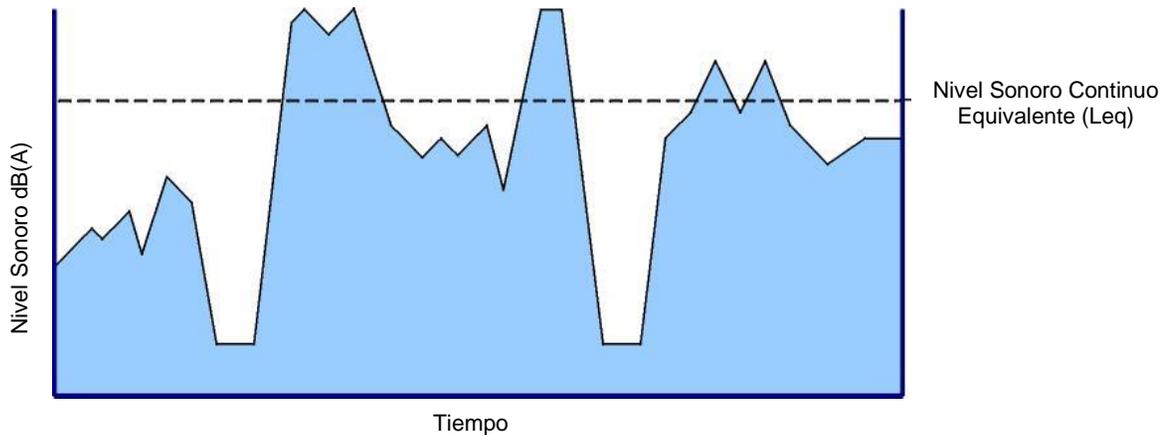


Fuente: Wikimedia Commons de Dominio Público

Figura 13.2 – Gráfica que muestra las ponderaciones de frecuencia y su respuesta relativa

13.8 Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq)

Expresar la exposición al ruido desde un punto de vista de su potencial para ocasionar una pérdida auditiva inducida por el ruido se simplifica utilizando dB(A) en lugar de dB para eliminar el factor que depende de la frecuencia. Sin embargo, así como varía en frecuencia, el ruido industrial varía en su intensidad a través del día y de día a día y frecuentemente es intermitente en su naturaleza. Por lo tanto, es necesario algún tipo de promedio y se ha establecido el nivel de sonido continuo equivalente (Leq) para este propósito.



Fuente: Adrian Hirst

El Leq se puede definir como un nivel de presión sonora constante, el cual, a través de un periodo de tiempo, tiene el mismo contenido de energía, y consecuentemente el mismo potencial de daño a la audición, como el ruido de fluctuación real.

13.9 Dosis de Ruido

En Europa, la *Directiva de Agentes Físicos (Ruido)* (2003/10/EC) especifica que una exposición personal diaria a ruido de un empleado ($L_{EP,d}$) no debe exceder 85 dB(A). Este límite es equivalente a un Leq de 85 dB(A) durante 8 horas por día, y representa una Dosis de Sonido de 100%. Utilizando el concepto de energía de Leq, un aumento de 3 dB en el nivel de presión sonora divide a la mitad la duración permitida de exposición. Por ejemplo, un aumento en el nivel sonoro de 85 dB(A) a 88 dB(A) debe estar acompañado de una reducción a la mitad de la duración de la exposición de 8 horas a 4 horas.

Duración por Día (horas)	Límite Europeo (Leq) dB(A)
16	82
8	85
4	88
2	91
1	94
30 minutos	97
15 minutos	100
7.5 minutos	103
3.75 minutos	106

13.9.1 Cálculo de Lep,d

Están disponibles una variedad de hojas de cálculo y nomogramas para calcular Lep,d. Consulte: <http://www.hse.gov.uk/noise/calculator.htm> (consultado en marzo de 2016).

13.10 Límites de Ruido

En Europa, la *Directiva de Agentes Físicos* (Ruido) también impone obligaciones a los empleadores en los países individuales, de la siguiente manera:

- El empleador está obligado a evaluar los riesgos asociados con la exposición al ruido
- Proteger a los empleados de la exposición al ruido mediante:
 - Eliminando y controlando riesgos de ruido.
 - Proporcionando adecuada protección a la audición.
- Proporcionar información adecuada, instrucción y capacitación a los empleados sobre los riesgos, medidas de control, protección auditiva y prácticas de trabajo seguras.
- Proporcionar vigilancia a la salud (verificaciones de audición) para empleados que están en riesgo.
- Llevar a cabo el mantenimiento del equipo, en particular en el equipo utilizado para controlar el ruido.
- Revisar la evaluación de riesgos y las acciones adecuadas sobre una base regular (normalmente por lo menos cada dos años).

Las regulaciones especifican los valores de acción y valores límite, como sigue:

- **Valores de acción de exposición más baja:** una exposición personal (diaria o semanal), a ruido de 80 dB (ponderado A) y una presión sonora pico de 135 dB (ponderado C).
- **Valores de acción de exposición más alta:** una exposición personal (diaria o semanal), a ruido de 85 dB (ponderado A) y una presión sonora pico de 137 dB (ponderado C).
- **Valores de límite de exposición:** una exposición personal (diaria o semanal), a ruido de 87 dB (ponderado A) y una presión sonora pico de 140 dB (ponderado C).

13.10.1 Otros Límites

Los límites de ruido se han vuelto más estrictos durante las últimas dos décadas. En Europa se utiliza un límite de 85 dB(A) Lep,d, mientras que en Canadá se especifica un límite de 90 dB(A). En los Estados Unidos se utiliza un conjunto de criterios más complejo que correlaciona la dosis con el tiempo y nivel de presión sonora. Esto se conoce como una tasa de intercambio de 5 dB y no se utiliza normalmente fuera de los Estados Unidos.

Desde un punto de vista práctico, el estándar adoptado en una compañía, o nacionalmente, y la extensión a la cual se logra ese estándar mediante medidas de control de ingeniería, depende de una interpretación de la valoración de riesgos, y después en lo que se considere ser 'razonablemente práctico' de implementar.

13.11 Conservación Auditiva

El objetivo de introducir programas de conservación auditiva en la industria es evitar la pérdida de audición ocupacional asegurando la evaluación y control de exposición a ruido excesivo en el lugar de trabajo. Esto se puede lograr mediante programas que incorporan las siguientes características esenciales.

13.11.1 Evaluación de Ruido en el Lugar de Trabajo

El interés principal en cuanto al ruido en el lugar de trabajo está relacionado con la exposición al ruido ocupacional y el cumplimiento de un límite de exposición al ruido ocupacional. Por lo tanto, se debe llevar a cabo un estudio de ruido en áreas que se sospeche que las personas podrían estar expuestas a ruido en el lugar de trabajo que excede el límite de exposición de ruido; es decir, el Nivel de Primera Acción en países miembros de la Comunidad Europea.

En los lugares de trabajo donde los niveles de ruido son razonablemente constantes, el estudio debe incluir: un mapa de contorno del nivel de ruido; las exposiciones al ruido individuales de un turno completo típico de los trabajos relacionados; o ambos. Aunque el cumplimiento con el límite de exposición al ruido es el problema principal, esto podría lograrse especificando y asegurando el cumplimiento con un límite en el área de trabajo que sea igual numéricamente al límite de exposición al ruido (es decir, el uso de un control administrativo). Por eso se usa el enfoque de contorno. Podrían sobresalir tres circunstancias:

- Si se adopta solamente el enfoque de contorno, las ubicaciones donde el nivel de ruido es numéricamente igual o mayor que al límite de exposición al ruido se deben designar claramente (por ejemplo, Áreas de Peligro por Ruido). No se debe permitir ingresar a ninguna persona a estas áreas sin utilizar la protección auditiva adecuada, no importando la duración de permanencia.
- Si se determinan exposiciones de ruido individual del turno completo típico, éstas deben compararse con el límite de exposición al ruido. Para los trabajos en los cuales el límite se espera normalmente que se exceda, se debe utilizar la protección auditiva adecuada en áreas donde prevalezcan niveles altos de ruido.
- Si se obtienen tanto un mapa de contorno de ruido como datos de exposición al ruido, se puede utilizar un nivel de ruido numéricamente mayor que el límite de exposición al ruido para definir las áreas designadas, considerando que se pueda demostrar que las exposiciones al ruido están constantemente debajo del límite de exposición al ruido.

Pueden determinarse los niveles de ruido utilizando un medidor de nivel sonoro (sonómetro) simple (Tipo 1 ó Tipo 2), pero es esencial que el instrumento se utilice correctamente si se quieren obtener datos significativos (por ejemplo, atención a la calibración, tomar en cuenta el tipo de ruido, etc.).

En los lugares de trabajo donde los niveles de ruido fluctúan (por ejemplo, áreas de taller) el estudio debe establecer las exposiciones a ruido individual del turno completo típico para los trabajos relacionados, para compararlos con el límite de exposición al ruido. Para estos trabajos o elementos del trabajo en los cuales se espera normalmente que se exceda el límite, se debe utilizar una protección auditiva adecuada.

Aparte de verificar el cumplimiento con el criterio de exposición, también son útiles las mediciones de exposición al ruido para indicar las áreas prioritarias de control de ruido;

para destacar el personal que está más en riesgo; y para propósitos de educación para la conservación de la audición.

13.11.2 Control de Ruido en el Lugar de Trabajo

Cuando se requiere el control de ingeniería para minimizar el ruido en el lugar de trabajo, se recomiendan los siguientes enfoques generales, en orden decreciente de preferencia:

- Reducción del ruido en la fuente – se logra mejor en la fase de diseño.
- Encerramiento de equipo ruidoso – aunque la disipación de calor y el acceso para mantenimiento pueden ser un problema.
- Separación de equipo ruidoso del trabajador mediante una pantalla y/o aumento de la separación del trabajador de la(s) fuente(s) de ruido.
- Absorción del sonido mediante el revestimiento de las superficies adecuadas con material absorbente de sonido donde la reverberación puede ser un problema.

Estas medidas deben combinarse con un mantenimiento regular de la maquinaria, ya que esto puede contribuir significativamente para minimizar la emisión de ruido.

Se deben desarrollar especificaciones de ruido para todas las máquinas nuevas. Éstas deben tomar en cuenta el entorno de ruido existente en el lugar de trabajo y los límites de exposición al ruido vigentes.

13.11.3 Protección del Personal en Riesgo

Es necesario proteger al trabajador de la exposición a ruido excesivo en el entorno de trabajo si las medidas de ingeniería y/u otros medios de control son insuficientes o no son razonablemente prácticos. Se pueden adoptar uno o más de los siguientes enfoques:

- Proveer de refugios de ruido en áreas designadas; por ejemplo, en salas de calderas. Si el 50% de la jornada de trabajo se pasa en los refugios acústicos, la exposición se reduce a la mitad; es decir, se reduce la dosis de ruido en 3 dB(A).
- Alterar el patrón de trabajo; por ejemplo, a través de la rotación de puestos de trabajo (aunque esto puede ser difícil de administrar) para reducir el tiempo de exposición en áreas designadas y así reducir la exposición.
- Usar dispositivos de protección auditiva personal; por ejemplo, orejeras, tapones auditivos. La selección adecuada, el uso correcto y el mantenimiento regular de estos dispositivos son de importancia primordial para asegurar que se logre una

protección eficiente. Cuando estén disponibles, los datos de atenuación en el mundo real se deben tomar en cuenta en el procedimiento de selección.

13.11.4 Información, Educación y Capacitación

Todas las personas que estén expuestas potencialmente al ruido en el trabajo, que excedan el límite de exposición al ruido, se les deben instruir en el riesgo de pérdida auditiva, las medidas preventivas y su rol en el programa de conservación de la audición.

La educación de los empleados potencialmente en riesgo debe incluir información sobre:

- La naturaleza del ruido y el mecanismo de audición.
- Los efectos sobre la audición por exposición al ruido en exceso del límite de exposición al ruido.
- Los principios de conservación de la audición.
- Los requerimientos de la implementación efectiva del programa de conservación de la audición.

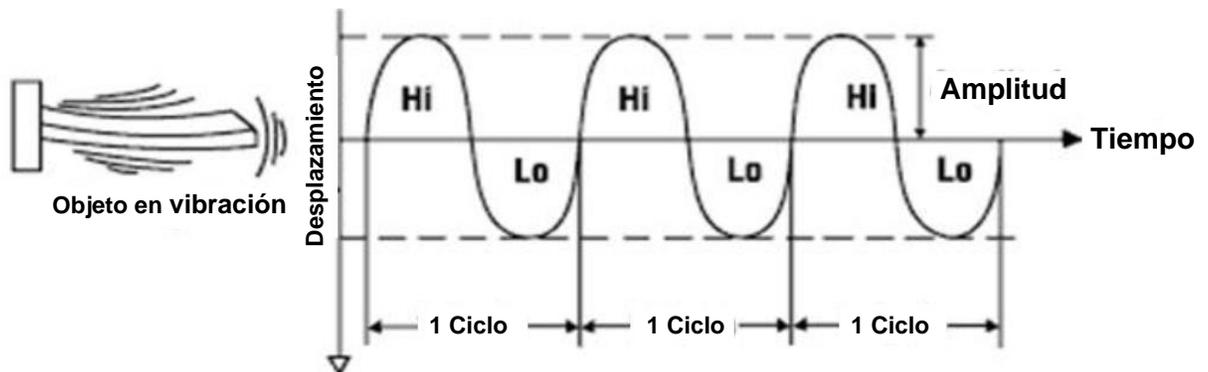
14 VIBRACIÓN

14.1 Introducción

Las vibraciones son las oscilaciones mecánicas de un objeto alrededor de un punto de equilibrio. Las oscilaciones pueden ser regulares como el movimiento de un péndulo o aleatorias como el movimiento de un neumático en un camino de grava. El estudio de los efectos a la salud de la vibración requiere la medición de las “ondas de presión” completas que se generan en el equipo o las estructuras en vibración.

La vibración entra al cuerpo desde la parte del cuerpo en contacto con el equipo en vibración. Cuando un trabajador opera un equipo manual como una sierra de cadena o un martillo neumático, la vibración afecta las manos y los brazos. Dicha vibración se llama exposición a vibración de manos-brazos. Cuando un trabajador se sienta o se para en un piso que está vibrando o asiento, la exposición a la vibración afecta casi todo el cuerpo y se llama exposición a vibración de cuerpo entero.

Si pudiéramos observar un objeto vibrando en movimiento lento, podríamos ver los movimientos en diferentes direcciones. Cualquier vibración tiene dos cantidades medibles. Qué tan lejos (amplitud o intensidad), y cuántas veces se mueve el objeto en un periodo definido (frecuencia) ayudan a determinar sus características vibratorias. Los términos utilizados para describir este movimiento son la frecuencia, amplitud y aceleración.



Fuente: Centro Canadiense de Salud y Seguridad Ocupacional

Figura 14.1 – Representación de las Medidas de Exposición a la Vibración

14.1.1 Frecuencia

Un objeto que vibra se mueve hacia atrás y hacia adelante desde su posición estacionaria normal. Un ciclo completo de vibración ocurre cuando el objeto se mueve desde una posición de un extremo a otro extremo y de regreso otra vez. El número de ciclos que un objeto vibrante completa en un segundo se llama frecuencia. La unidad de frecuencia es el Hertz (Hz). Un Hertz equivale a un ciclo por segundo.

14.1.2 Amplitud

Un objeto vibrante se mueve a una cierta distancia máxima hacia cualquier lado de su posición estacionaria. La amplitud es la distancia desde la posición estacionaria a la posición extrema en cualquier lado y se mide en metros (m). La intensidad de la vibración depende de la amplitud.

14.1.3 Aceleración (medida de la intensidad de vibración)

La velocidad de un objeto vibrante varía de cero a un máximo durante cada ciclo de vibración. Se mueve más rápido conforme pasa a través de su posición estacionaria natural a una posición extrema. El objeto vibrante va más despacio conforme se acerca al extremo, donde se para y después se mueve en dirección opuesta a través de la posición estacionaria hacia el otro extremo. La velocidad de la vibración se expresa en unidades de metros por segundo (m/s).

La aceleración es una medida de qué tan rápidamente cambia la velocidad con el tiempo. La aceleración se expresa en unidades de metros por segundo por segundo, o metros por segundo cuadrado (m/s^2). La magnitud de los cambios de aceleración de cero a un máximo durante cada ciclo de vibración. Aumenta conforme el objeto vibrante se mueve más desde su posición estacionaria normal.

14.2 Exposición a la Vibración

La exposición a la vibración ocurre normalmente durante la operación de maquinaria energizada como herramientas manuales o mientras viaja en vehículos. A continuación, se proporcionan algunos ejemplos de exposición. La vibración tiende a ser clasificada en los siguientes tipos dependiendo de la naturaleza de la exposición.

Vibración de mano-brazo es una vibración mecánica, que cuando se transmite al sistema humano de mano-brazo, puede resultar en trastornos vasculares, óseos o de articulaciones, neurológicos o musculares.

Vibración de cuerpo entero es la vibración mecánica que cuando se transmite a todo el cuerpo puede dar por resultado una enfermedad en la espalda baja y trauma de la columna vertebral.

Ejemplos de exposición ocupacional a vibración

Industria	Tipo de Vibración	Fuente Común de Vibración
Agricultura	Cuerpo entero	Tractores
Fabricación de caldera	Mano-brazo	Herramientas neumáticas
Construcción	Cuerpo entero Mano-brazo	Vehículos de equipo pesado; herramientas neumáticas; martillos neumáticos
Cortes de diamante	Mano-brazo	Herramientas manuales vibrantes
Silvicultura	Cuerpo entero Mano-brazo	Tractores Sierras de cadena
Fundiciones	Mano-brazo	Cuchillas vibrantes
Fabricación de muebles	Mano-brazo	Cinceles neumáticos
Hierro y acero	Mano-brazo	Herramientas manuales vibrantes
Madera	Mano-brazo	Sierras de cadena
Herramientas de máquina	Mano-brazo	Herramientas manuales vibrantes
Minería	Cuerpo entero Mano-brazo	Operación de vehículo Perforaciones de roca
Ribeteado	Mano-brazo	Herramientas manuales
Caucho	Mano-brazo	Herramientas de flejado neumáticas
Metal en hoja	Mano-brazo	Equipo de estampado
Astillero	Mano-brazo	Herramientas manuales neumáticas
Fabricación de zapatos	Mano-brazo	Máquina de golpear
Revestimiento de piedra	Mano-brazo	Herramientas manuales neumáticas
Textil	Mano-brazo	Máquinas de coser, telares
Transportación	Cuerpo entero	Vehículos

14.3 Efectos a la Salud de la Vibración

Las condiciones de salud inducidas por la vibración avanzan lentamente. En el inicio comienza como un dolor. Conforme continúa la exposición a la vibración, el dolor puede desarrollarse en una lesión o enfermedad. El dolor es la primera condición de salud que se nota y debe atenderse para detener la lesión.

El dedo blanco inducido por la vibración (VWF, por sus siglas en inglés) es la condición más común entre los operadores de herramientas manuales vibrantes. La vibración puede

ocasionar cambios en los tendones, músculos, huesos y articulaciones y puede afectar el sistema nervioso. Colectivamente estos efectos se conocen como Síndrome de Vibración de Manos-Brazos (HAVS, por sus siglas en inglés). Los síntomas de VWF se ven agravados cuando las manos se exponen al frío. Los trabajadores afectados por HAVS reportan comúnmente:

- Ataques de blanqueamiento (blanqueo) de uno o más dedos cuando se exponen al frío.
- Hormigueo y pérdida de sensación en los dedos.
- Pérdida de tacto ligero.
- Sensaciones de dolor y frío entre ataques periódicos de dedos blancos.
- Pérdida de la fuerza de agarre.
- Quistes óseos en los dedos y muñecas.

El desarrollo de HAVS es gradual y aumenta en severidad a través del tiempo. Puede tomar unos cuantos meses a varios años para que los síntomas de HAVS se vuelvan notables clínicamente. HAVS es un trastorno que afecta los vasos sanguíneos, nervios, músculos y articulaciones de la mano, muñeca y brazo y puede volverse severamente incapacitante si se ignora. La vibración del dedo blanco (VWF) es una queja común de trabajadores que utilizan regularmente herramientas eléctricas y/o perforadoras, que pueden dispararse mediante clima frío o húmedo y resultar en un dolor severo en los dedos afectados.

14.4 Medición de Vibración

La vibración se mide generalmente mediante el uso de acelerómetros conectados a algo similar a un medidor de nivel sonoro. La sonda de medición requiere ser pequeña y ligera de manera de no alterar el patrón de medición de la máquina que se está midiendo; o si se debe fijar a la mano de un trabajador, la aceleración medida. A diferencia de las mediciones de nivel sonoro, las mediciones de vibración pueden tener un elemento subjetivo en lo relacionado a que el acelerómetro puede sostenerse contra una herramienta de vibración mediante la mano; puede fijarse a éste, por ejemplo mediante lazos de plástico; o puede fijarse a la mano del operador. Estas alternativas pueden proporcionar resultados diferentes y se requiere pericia para asegurar resultados consistentes y significativos.

15 MEDIO AMBIENTE TÉRMICO: PRINCIPIOS, EVALUACIÓN Y CONTROL

El cuerpo humano se puede considerar como una planta de procesamiento, utilizando reacciones químicas complejas para producir energía mecánica; como una consecuencia de la ineficiencia inevitable de estas reacciones se produce calor como un subproducto. Para poder funcionar efectivamente necesitamos mantener nuestros cuerpos a una temperatura constante dentro del rango de 36.5 - 37.5° C.

15.1 Respuesta Humana al Medio Ambiente Térmico

La regulación de la temperatura se centra en nuestro cerebro, que es sensible a cambios pequeños de temperatura en la sangre y también obtiene retroalimentación de los nervios sensoriales en la piel; nuestro cerebro entonces utiliza esta información para ajustar las respuestas de nuestro cuerpo al calor.

15.1.1 Respuestas fisiológicas al calor

Cuando se exponen al calor, los vasos sanguíneos en nuestra piel se expanden y nuestra frecuencia cardíaca aumenta. Esto aumenta el flujo sanguíneo a la superficie del cuerpo, aumentando por lo tanto el potencial de transferencia de calor desde el núcleo del cuerpo hasta la piel y alrededores. El sudor también aumenta la pérdida de calor debido al calor latente de evaporación. Esto también tiene el efecto agregado que aumentan nuestros requerimientos de agua.

En condiciones muy calientes, el sudor ofrece el mayor potencial para regular la temperatura corporal. Cuando se reubican de un clima frío a un clima predominantemente más caliente es necesario permitir que el cuerpo se aclimate aumentando el volumen sanguíneo y la capacidad de sudor mientras disminuyen las pérdidas de sal en el sudor. Hay muchas variaciones para el siguiente concepto. La aclimatación requiere la actividad física bajo condiciones de estrés por calor similares a las anticipadas para trabajar. Esto significa por lo menos dos horas continuas en un ambiente similar durante 5 de 7 días o 10 de 14 días para aclimatarse (ACGIH 2015). Esta capacidad de sudoración aumentada se pierde después de unos cuantos días en un ambiente más frío. La pérdida de aclimatación notable ocurre después de 4 días y se acaba completamente después de tres a cuatro semanas (ACGIH 2015).

Los posibles efectos adversos de exposición al calor excesivo incluyen; fatiga, modificación conductual (incluyendo concentración reducida), calambres por el calor debido a la falta de sal, desmayos, agotamiento por calor y golpe de calor.

15.1.2 Respuestas fisiológicas al frío

Cuando se exponen al frío, los vasos sanguíneos en nuestra piel se contraen y el flujo de calor a la superficie en el cuerpo se reduce, por lo que se minimiza la pérdida de calor del cuerpo. La producción de calor aumenta mediante actividad física y estremecimiento. A diferencia de la aclimatación al calor, es difícil encontrar situaciones donde la aclimatación humana al frío pueda desarrollarse y quedar demostrada claramente. La evidencia de esta adaptación es variada y muchas veces conflictiva.

Las amas coreanas (mujeres buzos de perlas) son sometidas diariamente a un estrés de frío del cuerpo entero, mayor que cualquier otro grupo de sujetos humanos estudiados (0°C aire, 10°C agua en invierno). Se debe enfatizar que el buceo amas durante todo el año utiliza solamente traje de baño de algodón. Comienzan a bucear a los 12 años de edad y continúan hasta que tienen más de 50. Debido a que se exponen repetidamente a un frío severo durante un periodo prolongado, las amas son un ejemplo convincente de aclimatación al frío, incluyendo el componente metabólico de este proceso (Doi, Ohno, Kirahasi y Kuroshima 1979).

Los posibles efectos adversos al frío excesivo incluyen: la siedad/apatía, sabañones, quemadura por frío e hipotermia.

15.1.3 Respuestas psicológicas al medio ambiente térmico

Las personas modificarán regularmente la forma en que trabajan dependiendo del medio ambiente térmico. Frecuentemente intentan modificar su medio ambiente de trabajo local, por ejemplo, mudarse a un área más cómoda, cambiarse de ropa, aumentando o disminuyendo la ventilación, etc. El desempeño y eficiencia también pueden verse afectados por condiciones térmicas adversas.

15.2 Transferencia de Calor desde el Cuerpo

Están disponibles fórmulas para calcular la carga de calor y el equilibrio de una persona, siempre que suficientes datos estén disponibles. Esta es un área muy compleja y está más allá del alcance de este curso. Sin embargo, una comprensión de los mecanismos y factores implicados en los mecanismos de equilibrio de calor son útiles para entender la evaluación de los problemas de estrés térmico.

Para valorar o evaluar los medio ambientes térmicos, hay seis parámetros que se pueden tomar en cuenta. Dos de éstos están asociados con el individuo y cuatro con el medio ambiente, a saber:

$$S = M \pm C \pm R - E$$

- Donde:
- M = Tasa de producción de calor metabólico
 - C = Pérdida o ganancia de calor convectivo
 - R = Pérdida o ganancia de calor radiante
 - E = Pérdida de calor evaporativo
 - S = Calor obtenido o perdido por el cuerpo

Dos parámetros más, W (trabajo externo realizado) y K (conducción) son generalmente pequeños y no se consideran, de manera que la forma simplificada se utiliza frecuentemente.

Los mecanismos de equilibrio de calor durante un periodo de tiempo se ven afectados por 6 parámetros, 2 asociados con el individuo y 4 con el medio ambiente, principalmente:

1	Tasa de trabajo (es decir actividad o tasa metabólica)	Persona
2	Ropas	
3	Temperatura del aire	Medio ambiente
4	Temperatura radiante	
5	Velocidad del aire	
6	Condiciones de humedad (contenido de agua)	

15.3 Evaluación del Medio Ambiente Térmico

15.3.1 Tasa metabólica

La tasa metabólica se expresa en watts (W) o watts por metro cuadrado del área de la superficie del cuerpo. Va desde alrededor de 45 W/m² en descanso, a alrededor de 70 W/m² estando parado, a alrededor de 500 W/m² de una tasa de trabajo máxima típica. Las tasas metabólicas se estiman frecuentemente al comparar la tarea de trabajo con las tablas de tipos de actividades.

Actividad	Tasa Metabólica (W / m² de superficie del cuerpo)
Dormir	43
Descansar	47
Sentarse	60
Pararse	70
Caminar lento (2.5 km/h)	107
Caminar (5 km/h)	154
Correr (16 km/h)	600
Correr a toda velocidad (25 km/h)	2370

15.3.2 Aislamiento Personal

Aislamiento Personal (ropa) – La resistencia térmica de la ropa se expresa como un valor Clo, donde $1 \text{ Clo} = 0.155 \text{ Km}^2/\text{W}$. El aislamiento personal tiende a ser auto-regulador en lo que se refiere a que las personas tienden a agregar o retirar ropa de acuerdo con sus propias sensaciones de comodidad. Las tablas de valores Clo típicos para los ensamblajes de ropa están disponibles para referencia.

Ensamblaje de Ropa	I_{clo} (clo)
Desnudo	0
Pantalones cortos	0.11
Pantalones largos	0.22
Ropa que se utiliza diariamente, que no es de trabajo (calzoncillos, camisas, pantalones ligeros, calcetines y zapatos)	0.6
Ropa de trabajo (Calzoncillos, camisas, pantalones, calcetines y zapatos)	0.75
Ropa para interiores – traje	0.96
Ropa protectora de calor (trusas, camisas, pantalones, traje aluminizado de longitud a la cadera, calcetines y zapatos)	1.36
Traje pesado con chaleco	1.49
Traje resistente a sustancias químicas con capucha, respirador, casco, guantes y botas de goma y ropa interior de cuerpo entero	2.0
Ropa protectora del frío (traje de expedición)	3 – 4

Fuente: Di Corleto 2015 (Basado en parte en ISO 9920)

15.3.3 Duración de la Exposición

La duración de exposición a una situación térmica puede en muchos casos variar ya sea voluntariamente o por medio de regímenes de trabajo/descanso, reduciendo por lo tanto el riesgo de una exposición prolongada al calor o frío. El periodo de descanso debe preferentemente ser tomado en un medio ambiente que sea menos extremo.

15.3.4 Temperatura de Bulbo Seco

La temperatura de bulbo seco (temperatura del aire) se mide mediante un termómetro con el sensor que se mantiene seco y protegido del calor radiante.

Termómetro simple

- Expansión térmica de fluido (mercurio o alcohol) en un tubo capilar fino
- Barato
- Puede ser exacto
- Intervalos de temperatura limitados
- Frágil
- Puede ser lento al responder.

Dispositivos eléctricos – por ejemplo, termistor o termopar

- Puede ser robusto
- Exacto
- Conveniente
- Construido frecuentemente con dispositivos anemómetro o medidores térmicos.

15.3.5 Temperatura del Globo

Se mide a través de una esfera de cobre negra con un termómetro simple proyectándose a su centro. La temperatura de globo se utiliza en una variedad de índices de estrés por calor como WBGT (NT: ver más adelante). También se puede utilizar en el cálculo de la temperatura radiante media.

15.3.6 Temperatura Radiante Media

La temperatura radiante media es la temperatura hipotética de un recinto negro uniforme que intercambiaría la misma cantidad de calor radiante con el cuerpo que el recinto no uniforme.

Cuando se conocen la temperatura del aire y la velocidad del aire, se puede calcular la temperatura media de los alrededores utilizando cálculos básicos, o con la ayuda de nomogramas.

Pirómetros o termopilas: Dispositivos direccionales que cuando se apuntan a una superficie de emisión conocida se pueden utilizar para determinar la temperatura radiante de esa superficie. Con datos suficientes, la temperatura radiante media se puede calcular.

15.3.7 Velocidad del Aire

Se eliminará el calor del cuerpo mediante la convección cuando una corriente de aire pasa sobre éste a menos que la temperatura del aire sea mayor que la temperatura de la piel. El movimiento del aire también afecta la tasa de evaporación de humedad de la piel a menos que el aire esté saturado 100%, o su presión de vapor sea mayor que en la superficie de la piel.

Anemómetro de paletas: tipo 'impulsor', direccional, eléctrico o mecánico. Se puede utilizar para medir flujos de aire fluctuantes, unidireccionales.

Anemómetro de resistencia: dispositivo sensible, frágil, unidireccional.

Termómetro Kata: un alcohol en un termómetro de vidrio con un bulbo plateado grande en su base y un bulbo pequeño en la parte superior. Se calienta hasta que el líquido se expande en el bulbo en la parte superior, el calor entonces se elimina para permitir que el flujo de aire lo enfríe. Conforme el líquido se contrae hacia el bulbo de la parte inferior, su caída está sincronizada entre dos marcas en el vástago. Se puede calcular la velocidad del aire a partir de este 'tiempo de enfriamiento'. Es un método anticuado que se utiliza raramente en estos días.

Trazador de humo: extremadamente valioso para visualizar el flujo de aire y medir velocidades muy bajas.

15.3.8 Contenido de Humedad

La convección y evaporación juegan un papel importante en disipar el calor del cuerpo, y por lo tanto, la temperatura y el contenido de humedad del aire son parámetros importantes. Éstos están interrelacionados y el estudio de su relación se conoce como 'psicometría'.

La fuerza que hace que el agua se evapore es la diferencia en la 'presión de vapor' entre el aire y la superficie del agua. La presión vapor máxima que puede ocurrir a cualquier temperatura se llama 'presión de vapor por saturación' y esta varía con la temperatura de acuerdo con la línea curva (100% saturación) en una gráfica psicométrica. Esta curva forma la base de la gráfica psicométrica que muestra el bulbo seco, bulbo húmedo, contenido de humedad, y saturación porcentual (humedad relativa). El efecto de la presión de vapor de agua en el medio ambiente se mide indirectamente, ya sea midiendo el punto de rocío (la temperatura a la cual se condensa el vapor de agua fuera del aire), o midiendo

la depresión en la temperatura de un bulbo del termómetro cubierto en una mecha remojada en agua.

Bulbo húmedo natural – un termómetro simple cuyo bulbo está cubierto con una mecha de muselina sumergida en agua destilada.

Bulbo húmedo forzado – por ejemplo, higrómetro circulante. En este caso el movimiento del aire de por lo menos 4 m/s es inducido sobre la mecha.

Nota: el bulbo húmedo forzado se utiliza para trabajo psicométrico, mientras que el bulbo húmedo natural se utiliza para calcular los índices TGBH (WBGT, por sus siglas en inglés).

15.3.9 Monitoreo personal

En condiciones térmicas extremas (calor) podría ser necesario llevar a cabo el monitoreo de individuos (por ejemplo, frecuencia cardíaca y temperatura central). Esto es particularmente importante cuando se calcula que los tiempos de exposición son inferiores a 30 minutos. El mecanismo de sudoración, que es uno de los principales mecanismos de control del cuerpo, no se activa totalmente en la mayoría de los individuos durante 10 – 15 minutos. Por lo tanto, durante este periodo inicial, el cuerpo puede estar en un riesgo mayor. También en situaciones en las que se usan niveles altos de EPP, como los trajes Hazmat, también se debe considerar el monitoreo fisiológico.

El monitoreo fisiológico permite al profesional de salud ocupacional, la capacidad de monitorear en tiempo real cómo el cuerpo está haciendo frente al estrés por calor. Los dos métodos más útiles y utilizados son: temperatura central y frecuencia cardíaca. Hay un número de criterios que se puede utilizar cuando se hacen evaluaciones a través de este método.

Los lineamientos de estrés por calor de la AIOH (DiCorleto, Firth & Mate 2013) sugieren que el impacto por calor excesivo puede estar marcado por una o más de las siguientes medidas, y una exposición del individuo al estrés por calor debe discontinuarse cuando ocurre cualquiera de lo siguiente:

- “Límite de Frecuencia Cardíaca” = $185 - 0.65A$ (consulte ISO 9886) (ISO 2004b), donde A = Edad en años; o
- Aumento en la “Frecuencia Cardíaca Térmica” es mayor a 30 latidos por minuto, por un aumento de 1° C en la temperatura interna; o

- La recuperación de la frecuencia cardíaca en un minuto después de un esfuerzo de trabajo pico es mayor a 124 latidos por minuto; o
- La temperatura interna del cuerpo es mayor a 38.5° C para el personal médicamente seleccionado y aclimatado; o mayor a 38° C en trabajadores no seleccionados, ni aclimatados; o
- Hay síntomas de fatiga repentina y severa, náusea, mareo o aturdimiento.

Cuando exista alguna incertidumbre en relación con la adecuación de los individuos que requieren para llevar a cabo este nivel de trabajo, se debe buscar asesoría médica en dichas circunstancias.

15.4 Índices de Estrés por Calor

No se debe tomar ninguno de los parámetros mencionados de forma aislada para representar una condición térmica. Diversos investigadores a través de los años han ideado índices para combinar algunos de los diversos parámetros que impactan el estrés por calor en una figura única a la cual se puede aplicar un estándar. Algunos de éstos incluyen:

- **Temperatura de Globo Bulbo Húmedo (WGBT Wet Bulb Globe Temperature):** Un índice simple calculado a partir de medir las temperaturas de bulbo seco, bulbo húmedo natural y globo. La cifra resultante se puede entonces comparar contra los datos publicados de los límites recomendados de trabajo y descanso.
- **Índice de Estrés de Calor, de Belding and Hatch (HSI Heat Stress Index):** Calculado utilizando un rango de medidas ambientales, así como la tasa de trabajo que utilizan frecuentemente los ingenieros para evaluar el efecto de variar uno o más de los factores incluidos en este índice.
- **Tasa de Sudor de Cuatro Horas Predicha (P4SR Predicted Four Hour Sweat Rate):** Calculada de gráficas y utilizada para evaluar límites fisiológicos. La tasa de sudor máxima permitida para hombres jóvenes con buena condición física es de 4.5 litros en 4 horas, pero se prefiere una tasa de sudor inferior a 2.7 litros.
- **Límite de Trabajo Térmico (TWL Thermal Work Limit):** propuesto por Brake & Bates (Brake & Bates 2002), quienes consideran los índices de estrés por calor actualmente en uso, ya sea, difíciles de aplicar, o aplicables deficientemente en muchas situaciones. TWL utiliza cinco parámetros ambientales (temperaturas de bulbo seco, bulbo húmedo y globo, velocidad del viento y presión atmosférica), los cuales se adaptan para que los factores de ropa lleguen a una predicción de

una tasa metabólica sostenible continuamente máxima segura (W/m^2) para las condiciones (es decir, el TWL). El TWL se define como la tasa metabólica sostenible limitante (o máxima) que los individuos euhidratados y aclimatados pueden mantener en un ambiente térmico específico, dentro de una temperatura corporal profunda segura ($< 38.2^\circ C$) y una velocidad de sudor (1.2 kg/hr).

- **Esfuerzo Predicho por Calor (PHS Predicted Heat Strain):** Este índice es un índice amplio, aunque complejo, que considera muchos factores que afectan la respuesta del cuerpo al calor y que fue adoptado posteriormente en ISO 7933:2004 – *Ergonomía del Ambiente Térmico – Determinación e interpretación analítica de estrés por calor utilizando el cálculo del esfuerzo de calor predicho (ISO 2004a)*. Describe un método para calcular el balance de calor, así como la tasa de sudor que se requiere que debe producir el cuerpo humano para mantener este balance en equilibrio.

La información requerida incluye la medición de:

- temperatura de bulbo seco
- temperatura de bulbo húmedo
- humedad
- velocidad del aire
- temperatura de globo
- junto con los estimados de factores relacionados con el aislamiento térmico, propiedades de la ropa, tasa de trabajo metabólico y postura

Esto permite el cálculo de la temperatura interna predicha (para el mantenimiento si hay equilibrio térmico), que viene de la adaptación de la ecuación de calor básica.

Es necesario un buen entendimiento del uso de estos índices antes de utilizarlos. Hay muchos disponibles y no todos son pertinentes para todas las situaciones.

15.5 Comodidad Térmica

La comodidad térmica es muy subjetiva y las personas sentirán en forma diferente sobre lo que es un ambiente térmico 'ideal'. Los problemas de la comodidad térmica se manifiestan por sí solos a condiciones mucho menos extremas que aquéllos que pueden ocasionar el estrés térmico. También se han generado índices en un intento de medir la comodidad térmica. Por ejemplo, el Índice de Fanger (Fanger Index), el Voto Promedio Previsto (PMV Predicted Mean Vote) y el Porcentaje Previsto Insatisfecho (PPD Predicted Percentage Dissatisfied) en ISO 7730:2005 – "Ergonomía del ambiente térmico –

Determinación e interpretación analítica de la comodidad térmica utilizando el cálculo de los índices PMV y PPD y del criterio de comodidad térmica local” (ISO 2005).

15.6 Estrés por Frío

El índice de enfriamiento por viento se aplica al extremo frío de la escala y se relaciona con el efecto de enfriamiento de la temperatura del aire y la velocidad del viento a una temperatura equivalente en aire quieto obtenida de una gráfica. Hay un número limitado de otros índices relevantes al estrés por frío.

15.7 Controlar el Ambiente Térmico

Cuando se trata de comodidad, siempre vale la pena verificar que es el medio ambiente térmico lo que está en falla. Lo que frecuentemente se manifiesta como una queja sobre la ‘temperatura’ puede ser ocasionado por otros factores; por ejemplo, insatisfacción general, quejas sobre vecinos y sus hábitos, ergonomía, etc.

Cuando trata con problemas de comodidad térmica vale la pena recordar que es raro poder satisfacer a todas las personas todo el tiempo debido a la diferencia de preferencias individuales.

Al entender cómo el ambiente térmico afecta a las personas y teniendo datos sobre los parámetros de interés, es posible predecir el efecto de modificar cada uno de estos parámetros.

15.7.1 Modificar las condiciones de comodidad

Separar a las personas con diferentes requerimientos de ropa y niveles de actividad modificará su medio ambiente por separado. Algunos ejemplos de las personas en el mismo ambiente que llevan a cabo diferentes tareas y, por lo tanto, probablemente requieran ropa diferente son: soldados contra trabajadores de ensamble; asistentes de tienda contra clientes.

- Modificar los patrones de ropa, actividad o comportamiento.
- Modificar el ambiente localmente; por ejemplo, radiadores, dispositivos para mover el aire.
- Calentar/ventilar el ambiente en general.
- Aire acondicionado.

15.7.2 Modificar los ambientes calientes

- Alterar el medio ambiente localmente
- Modificar las condiciones radiantes mediante pantallas, el aislamiento o pintar superficies radiantes con pintura de emisividad baja
- Radiadores de agua fría
- Aumentar el movimiento del aire
- Modificar los patrones de comportamiento
- Regímenes de trabajo/descanso
- Proporcionar refugios con aire acondicionado
- Aumentar la distancia de 'lugares calientes' locales
- Enfriamiento de aire
- Des-humidificación
- Ropa protectora
- Proporcionar agua potable fácilmente accesible y agradable
- Darles tiempo a los empleados para aclimatarse después del descanso

15.7.3 Modificar los ambientes fríos

Dado que uno de los factores más críticos en la aparición de estrés por calor es el enfriamiento por el viento, es mediante procesos de ingeniería que se puede reducir la exposición al viento y, por lo tanto, la energía de enfriamiento del aire es útil. Los dos enfoques comunes son el uso de barreras de viento y refugios. Se ha encontrado que las barreras (escudos) de viento son efectivas en exteriores o contra aire circulado en interiores en congeladores. La instalación de refugios locales, equipados con bebidas calientes y condiciones calientes de manera que los trabajadores puedan refugiarse para descansar, es un control de ingeniería esencial. Si se puede construir el refugio alrededor del área de trabajo de manera que se realice la tarea requerida en interiores, esto presenta un medio ambiente de trabajo excelente. Otros controles de ingeniería que deberían considerarse incluyen:

- Para un trabajo debajo de 0° C, las manijas y barras de metal deben estar cubiertas con material de aislamiento térmico. Evite las herramientas de metal si es posible.
- Si se van a utilizar las manos desnudas, proporcionar calefacción local, chorros de aire caliente, calentamiento radiante.

- Se debe alentar el uso de ayudas mecánicas de manera de reducir los requerimientos de manejo manual (y así, reducir el potencial de transpiración).
- Las máquinas y herramientas deben diseñarse de manera que puedan operarse sin tener que quitarse guantes de dos secciones o guantes completos.
- Diseñar lugares de trabajo de manera que no se requiera que los operadores se sienten o estén de pie durante periodos prolongados en condiciones frías.
- Reducir la velocidad del aire en cuartos fríos/enfriadores mientras que los trabajadores están obligados a trabajar en el interior.

Proporcionar ropa protectora seca, poniendo atención particular a la cabeza y extremidades. Proporcionar instalaciones acondicionadas para cambiarse si es probable que la ropa se moje.

- Modificar los patrones de comportamiento.
- Alterar localmente el medio ambiente, radiadores, etc.
- Calentar el medio ambiente en general.

15.8 Problemas Ambientales Específicos

15.8.1 Componentes radiantes altos

Si la temperatura radiante es alta y excede la temperatura de bulbo seco, entonces el componente radiante que contribuye al medio ambiente será el que probablemente domine. Pueden ocurrir altas temperaturas radiantes medias por una diversidad de razones, cada una de las cuales podría requerir una solución diferente.

En algunos lugares de trabajo todas las superficies que rodean al trabajador (como paredes, techo, piso y los elementos de la planta y equipo) pueden tener una temperatura superficial varios grados sobre de la del aire ambiente. Dichas condiciones podrían ocurrir en los cuartos calderas, casas de fuerza y compresores, estaciones de generación de energía y en el interior de vehículos militares, como tanques y aviones.

Los edificios ligeros al rayo de luz solar fuerte también tienen propiedades similares. En estos casos, no sería práctico poner una barrera entre el trabajador y la fuente, ya que esta última ocurre desde todos lados. Si la temperatura del bulbo seco del aire es inferior a la temperatura de la piel, entonces un aumento simple en la velocidad del aire puede mejorar la situación. Aun en situaciones donde la temperatura del aire es superior a la temperatura de la piel, el aumento de la velocidad del aire puede promover una mayor

evaporación del sudor y, por lo tanto, un mejor enfriamiento. Se debe tener cuidado una vez que la temperatura del aire exceda aproximadamente 42° C, ya que se puede exceder la capacidad de enfriamiento por evaporación mediante una carga de calor adicional. Si la velocidad del aire ya es alta o si hay otras buenas razones, podría ser necesario utilizar aire acondicionado (utilizando enfriadores de aire), o si la humedad relativa es muy baja, entonces utilizar enfriadores evaporativos. En el caso de aviones militares, los pilotos llevan conjuntos de ropa refrigerada y esta solución podría aplicarse en otras situaciones. Sin embargo, las líneas que proporcionan el enfriamiento a la ropa pueden frecuentemente hacer que su uso no sea práctico, ya que se pudieran enredar en otro equipo del medio ambiente de trabajo.

Poner escudos para la fuente de calor radiante es adecuado a las condiciones encontradas en la fundición de metales, áreas de horno, fabricación de acero y trabajo de fundición donde algunas superficies tienen temperaturas extremadamente altas. Esto sucede particularmente cuando se maneja metal caliente blanco o rojo fundido. Se puede utilizar el aire acondicionado (enfriamiento), pero frecuentemente la fuente de calor radiante es bastante más intensa que el efecto de enfriamiento máximo del aire enfriado que se suministra, de manera que la ropa que sirve como escudo o que refleja el calor también se podría utilizar. Hay una tendencia de los escudos de calor para absorber el mismo calor, elevar su temperatura y, por lo tanto, convertirse en un emisor de calor. Para minimizar esto, el escudo debe tener superficies altamente reflejantes o ser enfriadas por aire o agua. Lo mismo ocurre con la ropa. Desafortunadamente, los escudos limitan la visibilidad y la accesibilidad al trabajo y se deben hacer consideraciones para esto. Los orificios para visibilidad se pueden cubrir con cristal reflejante de calor, mientras que los problemas de manipulación manual se pueden resolver mediante el uso de dispositivos de control remoto.

Ciertas situaciones en exteriores en la luz directa del sol, particularmente en los trópicos secos, tienen un componente radiante similar y cubierta con sombra puede también ser un control útil.

15.8.2 Condiciones de alta humedad

En las lavanderías y en algunas minas, así como en los procesos textiles y ciertos otros procesos de fabricación, la temperatura de bulbo seco es alta y la temperatura de bulbo húmedo se acerca a ésta. Esto es indicativo de humedad alta. Muchos lugares en el trópico húmedo tienen condiciones ambientales similares. Un suministro de aire

deshumidificado (como los sistemas de aire acondicionado) en muchas situaciones industriales puede limitarse a un área que no sea mucho más grande que el área de suministro del chorro. Si el chorro de aire se expande y proyecta en un área ocupada entonces el aumento en la velocidad del aire sobre los trabajadores puede ser efectivo para mejorar la comodidad y aliviar el estrés.

15.8.3 Condiciones secas calientes

Estas condiciones pueden ocurrir en lo profundo de las minas secas, dentro de edificios en los trópicos secos y en muchos procesos de fabricación donde se emite el calor de equipos de la planta y de la maquinaria. La solución más simple es aumentar la velocidad del aire sobre el trabajador, pero, si esto no es práctico, se podrían requerir otras medidas como la introducción de aire enfriado.

16 INTRODUCCIÓN A LA ILUMINACIÓN Y RADIACIÓN NO IONIZANTE

16.1 Introducción

Las ondas electromagnéticas se producen mediante el movimiento de partículas cargadas eléctricamente. Estas ondas también se llaman “radiación electromagnética” debido a que irradian de partículas cargadas eléctricamente. Éstas viajan a través de un espacio vacío, así como a través del aire y pueden penetrar algunas sustancias. Las ondas de radio, las microondas, la luz visible y los rayos X son todos ejemplos de ondas electromagnéticas.

Como con la energía del sonido, la Radiación Electromagnética se describe en términos de su frecuencia (o longitud de onda) y su intensidad. La frecuencia (Hz) es inversamente proporcional a la longitud de onda (nm), de manera que las frecuencias más altas tienen longitudes de onda más cortas:

$$f \propto \frac{1}{L}$$

Donde: L = longitud de onda y f = frecuencia

La intensidad (mW/cm^2) se expresa en términos de la cantidad del incidente de energía en un área unitaria. Esta intensidad varía inversamente con el cuadrado de la distancia desde la fuente. El espectro electromagnético cubre una amplia gama de frecuencias. Los términos como luz visible, microondas e infrarrojos se utilizan para describir diferentes partes del espectro.

fluorescente, que emite fluorescencia emitiendo radiación visible de longitud de onda más prolongada.

La radiación UV es absorbida rápidamente por el tejido humano y, por lo tanto, los ojos y la piel son particularmente vulnerables. La exposición más común es al sol, que puede producir quemaduras de sol y, en circunstancias severas, ampollas en la piel. La exposición prolongada de la piel puede dar por resultado el envejecimiento prematuro y engrosamiento (queratosis) de la piel. Lo más serio de todo es el cáncer de piel, que ahora es el tipo de cáncer diagnosticado más comúnmente. Melanoma, ocasionado por el daño a las células de melanina en la piel, es la forma más seria. Mediante los estimados de la Organización Mundial de la Salud (OMS), 132,000 casos de melanoma maligna (66,000 muertes) y más de 2 millones de otros cánceres de la piel ocurren anualmente. Es el cáncer más común en la población joven (grupos de 20 – 39 años) y se estima que aproximadamente 85% de los casos son ocasionados por demasiada exposición a la luz del sol. Esto tiene implicaciones para la exposición ocupacional de trabajadores en exteriores, incluyendo jardineros y trabajadores de la construcción. Además, la exposición a algunas sustancias utilizadas en el trabajo, como alquitrán de hulla o cresoles que se encuentran en el alquitrán en las carreteras, pueden hacer que la piel sea excepcionalmente sensible al sol.



Fuente: Wikimedia Commons

Figura 16.2 – Melanoma

La exposición excesiva de los ojos produce conjuntivitis, una irritación retrasada, dolorosa similar a tener arena en el ojo. Los soldadores la experimentan como “ojo de arco” y una condición similar ocurre en “ceguera de la nieve”. El daño ocular a largo plazo puede llevar a la formación de cataratas.



La radiación ultravioleta se subdivide en tres bandas en decreciente longitud de onda; UVA siendo la longitud de onda más grandes, UVC siendo la más corta y UVB siendo la que está en el medio. Entre más larga es la longitud de onda, menos energía está asociada con la radiación y menos daño hace al cuerpo. Por ejemplo, UVA es el tipo de luz utilizada en “luces negras” y no es responsable del cáncer de piel.

16.2.2 Radiación Infrarroja (IR)

La radiación IR se emite de cuerpos calientes; por ejemplo, hornos y antorchas de gas. Su efecto principal es el calentamiento de los tejidos de la superficie. La exposición excesiva al calor radiante producirá incomodidad inmediata y, por lo tanto, se suministrará una advertencia adecuada de impedir daños, generalmente antes de que ocurran quemaduras. Sin embargo, los ojos no poseen un mecanismo de advertencia temprana y la exposición excesiva puede resultar en daños a los cristalinos y formación de cataratas; también puede ocurrir daño a la retina.

16.2.3 Radiación Láser

El nombre de láser es un acrónimo de 'Amplificación de Luz mediante Emisión Estimulada de Radiación' (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation"). Las máquinas láser emiten un haz concentrado de radiación no ionizante – de una longitud de onda única o de una banda angosta de longitud de onda– en la región visible e infrarroja del espectro electromagnético y son potencialmente peligrosos, particularmente para el ojo, debido a que son de alta intensidad y los rayos paralelos pueden enfocarse a una imagen de punto por el ojo. Los rangos de daños van de quemaduras reparables a ceguera permanente.

También puede ocurrir la formación de cataratas. El láser tiene un uso amplio; por ejemplo, comunicaciones, construcción, aplicaciones médicas, investigación, medición.

Los láseres se han clasificado, mediante la longitud de onda y energía máxima de salida, en cuatro clases y unas cuantas subclases bajo el estándar IEC60825-1. Las clasificaciones se resumen brevemente en la tabla a continuación.



Tabla de Clases de Láser

Clase 1	Seguro
Clase 1M	Seguro considerando que no se utilicen instrumentos ópticos
Clase 2	Láseres visibles. Seguro para exposición accidental
Clase 2M	Láseres visibles. Seguro para exposición accidental considerando que los instrumentos ópticos no se utilizan
Clase 3R	No seguro. Riesgo bajo
Clase 3B	Peligroso. La visión de una reflexión difusa es segura
Clase 4	Peligroso. La visión de una reflexión difusa también es peligrosa. Riesgo de incendio

16.2.4 Radiación de Microondas

Las microondas se producen mediante la vibración molecular en cuerpos sólidos y generalmente se describen mediante la frecuencia de ondas generadas. Los ejemplos de las fuentes de energía de microondas son las antenas de transmisión y las aplicaciones médicas. El efecto principal en el cuerpo es térmico y las microondas de ciertas frecuencias se utilizan como un medio de cocimiento rápido de alimentos. El riesgo principal, por lo tanto, es la quemadura térmica de la piel y los ojos. La exposición prolongada a radiación de microondas de nivel bajo se ha relacionado con dolores de cabeza, insomnio, irritabilidad, fatiga y pérdida de memoria.

Las microondas se utilizan ampliamente en aplicaciones como computación inalámbrica y redes de teléfonos móviles. Se han planteado muchos problemas públicos acerca de la posibilidad de efectos a la salud serios a largo plazo como el cáncer. Hasta ahora, la investigación no ha podido demostrar este vínculo de manera concluyente.

16.2.5 Otros efectos de la radiación no ionizante

El ozono puede producirse como resultado de las descargas eléctricas o ionización del aire que rodea las fuentes de radiación no ionización; por ejemplo, UV, láser de energía alta, microondas y la exposición de duración corta en exceso de unas cuantas décimas de ppm puede resultar en incomodidad (dolor de cabeza, sequedad de las membranas mucosas y garganta).

16.3 Evaluación de Radiación No Ionizante

Están disponibles medidores manuales portátiles para medir la Radiación No Ionizante. Éstos incorporan un material foto-emisor adecuado (por ejemplo, UV, visible o IR) de manera que la radiación incidental libera electrones desde la superficie. Estos electrones son recolectados por un ánodo y se hace que fluyan como una corriente eléctrica que se mide mediante un amperímetro calibrado adecuadamente (consulte a continuación).

Los datos de radiación obtenidos son evaluados contra los límites de exposición ocupacional adecuados. De hecho, la ACGIH ha adoptado o propuesto TLVs para cada uno de los siguientes:

- Radiación ultravioleta.
- Radiación visible e infrarroja cercana.
- Radiación láser.
- Radiación de microondas y radiofrecuencia.

Los límites de intensidad de radiación se expresan en mW/cm^2 .

16.4 Iluminación

16.4.1 Reconocimiento

La porción de radiación visible del espectro electromagnético es angosta, que va entre 400 y 700 nm. Es la sensibilidad de los ojos a esta radiación visible que nos permite ver. En términos de higiene ocupacional estamos preocupados con la sensación subjetiva de comodidad visual, y una buena iluminación que se describe en términos de cantidad y calidad de la iluminación.

Cantidad – es la cantidad de iluminación en la tarea. Se mide en luxes y debe ser suficiente para que el trabajador lleve a cabo la tarea.

Calidad – es la adecuación de la iluminación; por ejemplo, la distribución de brillo en un ambiente visual, el color de la luz, su dirección, difusión y grado de brillo.

El tipo menos deseable de iluminación es el de un bulbo único en medio de un cuarto. Un contraste menor y una visibilidad mejorada resultarán de aumentar el número de fuentes de iluminación en el techo.

En general, para cada tarea visual realizada, se requiere una cierta cantidad mínima de luz que llegue en cada área de la unidad del objeto que se tiene a la vista, dependiendo principalmente de la naturaleza del trabajo que se está llevando a cabo. Muy poca luz puede llevar a fatiga visual y dolor de cabeza; demasiada luz puede resultar en deslumbramiento. La guía sobre los valores de servicio recomendados de iluminación se proporciona en el Código de la Institución de Ingenieros de Servicios de Construcción (Código CIBSE) en el Reino Unido, y por la Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción y Ventilación (ASHRAE) en los Estados Unidos.

Se puede clasificar la iluminación de diversas áreas de las fábricas y oficinas de acuerdo con tres categorías:

- Iluminación local
- Iluminación localizada
- Iluminación general.

La investigación ha demostrado que existen condiciones de iluminación favorables cuando la iluminación de la tarea es de alrededor tres veces más grande que sus alrededores inmediatos, y cuando los alrededores inmediatos tienen cerca de tres veces la iluminación del cuarto de trabajo general. Una buena iluminación tiene un efecto psicológico benéfico en una fuerza de trabajo y su productividad.

16.4.2 Evaluación de iluminación

El instrumento utilizado más comúnmente para la medición de iluminación es un medidor de luz fotoeléctrico (frecuentemente llamado 'Luxómetro'). Cuando la luz incide sobre la célula fotoeléctrica, la energía en la radiación se convierte en energía eléctrica y la corriente producida es registrada en un medidor calibrado en luxes. Tiene un filtro integrado que aplica automáticamente el factor de corrección necesario cuando se va a medir la luz del día, la luz de la lámpara de mercurio o la luz fluorescente, y es de 'color corregido' para responder al ojo humano. Los resultados cuantitativos obtenidos se

evalúan en términos de un criterio guía adecuado como los recomendados por CIBSE o ASHRAE.

16.4.3 Deslumbramiento o brillo

El deslumbramiento puede definirse como cualquier brillo dentro del campo de visión, donde dicho carácter podría ocasionar incomodidad, molestia, interferencia con la visión o fatiga de los ojos. Pueden estar presentes por separado tres tipos diferentes de brillo o en combinación.

Deslumbramiento incapacitante afectará la capacidad de ver claramente; por ejemplo, el faro en luces altas en un carro o la luz del sol que se refleja de una superficie mojada.

Incomodidad por el resplandor este efecto aumenta con el tiempo; por ejemplo, una parte de la escena visual (ventanas en el día, iluminación por la noche) puede ser demasiado brillante comparado con el fondo.

Brillo reflejado se ve en las superficies brillantes o pulidas que reflejan una imagen más o menos distorsionada de una luz, accesorio o ventana brillante. Esto puede ser molesto o incapacitante, ya que podría ser difícil o imposible ver cualquier cosa que esté debajo.

16.4.4 Buena iluminación

Los lineamientos generales para diseñar la iluminación de una cantidad suficiente y calidad adecuados son:

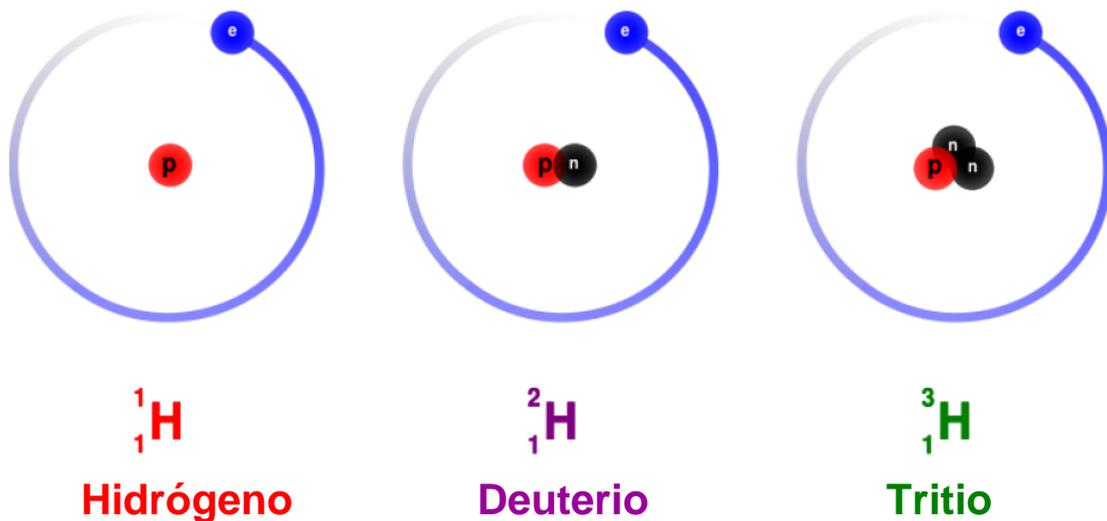
- Considerar la iluminación en la etapa de diseño de cualquier edificio o lugar de trabajo
- Diseño para los niveles de iluminación suficientes en línea con la guía establecida como el código CIBSE
- Integrar la luz del día y la luz artificial
- Evitar los brillos o deslumbramientos
- Minimizar los parpadeos de la luz
- Asegurar un mantenimiento adecuado de las superficies brillantes y accesorios de luz.

17 RADIACIÓN IONIZANTE

17.1 Naturaleza

Es posible explicar muchos fenómenos de escala atómica asumiendo que todos los átomos están conformados de tres partículas fundamentales. Éstas se llaman electrones, protones y neutrones. La combinación atómica más simple está formada por un electrón y un protón – el átomo de hidrógeno. En general, sin embargo, un número de electrones cargados negativamente gira en ciertas órbitas permitidas alrededor de un núcleo central que está compuesto de un número igual de protones cargados positivamente y algunos neutrones. Los neutrones no llevan carga y el número igual de electrones y protones aseguran la neutralidad de la carga del átomo completo, ya que su carga es igual en magnitud, pero opuesta en signo.

El siguiente diagrama ilustra esto para tres variantes del átomo de hidrógeno, que tienen diferentes números de neutrones. Dichas variantes se llaman isótopos.



Fuente: Modificado de Dirk Hünninger, licenciado bajo Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0

Figura 17.1 – Isótopos de Hidrógeno

La radiación ionizante se refiere a partículas o radiación electromagnética que tiene energía suficiente para afectar los átomos directamente, es decir, 'ionizarlos', principalmente para crear partículas cargadas o "iones", cuando interactúan con la materia. Hay cinco tipos diferentes de radiación ionizante: alfa (α), beta (β), neutrones (n),

gamma (γ), rayos X (χ). Los primeros tres de éstos son partículas y los últimos son ejemplos de radiación electromagnética. En la tabla que se muestra a continuación se proporcionan los detalles.

Tipo	Símbolo	Naturaleza	Carga	Masa Relativa	Rango en el Aire	Penetración
alfa	α	partículas (núcleo de helio)	++	4	0.4 - 2 cm	Ninguna
beta	β	partículas (electrón)	-	1/1800	5 - 20 cm	Leve
neutrón	n	partículas (neutrón)	0	1	Largo	Alta
gamma	γ	electromagnético	0	0	Muy largo	Alta
rayos X	χ	electromagnético	0	0	Muy largo	Alta

17.2 Radionúclidos

La radiación ionizante se emite desde núcleos inestables que están decayendo, con la emisión de energía. Éstos se conocen como núcleos radiactivos (radionúclidos).

Un radionúclido pierde su radioactividad por decaimiento. El decaimiento es estadístico en su naturaleza, es decir, es imposible predecir cuándo un átomo particular se desintegrará, pero se sabe con certeza que desaparecerá una proporción de radioactividad en un tiempo determinado. Esta tasa de decaimiento está caracterizada mediante una vida media específica que es única para cada radionúclido y es inalterable. La vida media es el periodo sobre el cual desaparece la mitad de radioactividad del radionúclido y es constante. Frecuentemente se escribe como $t_{1/2}$.



17.2.1 Unidades de radiación ionizante

Las unidades para medir la radiación son relativamente complejas. La mayoría de los países utilizan ahora el Sistema Internacional de Unidades (abreviado SI, del francés *Système International d'Unités*) que es la forma moderna del sistema métrico. Sin embargo, los Estados Unidos continúan utilizando un sistema más antiguo para algunos propósitos regulatorios. Se resumen a continuación ambos métodos para referencia:

Actividad (Becquerel)

La unidad SI para la actividad de un material radioactivo es el becquerel (Bq), donde un Becquerel = 1 desintegración por segundo.

La unidad tradicional de actividad ha sido el Curie (Ci), donde un Curie = 3.7×10^{10} desintegraciones por segundo.

Dosis Absorbida (Gray)

Ésta es una medición de la energía impartida a la materia mediante la radiación ionizante por masa unitaria del material. La unidad SI de la dosis absorbida es el gray (Gy), que es igual a una absorción de energía de 1 joule/Kg.

La unidad tradicional de dosis absorbida es el rad, donde 1 Gray = 100 rads.

Dosis Equivalente (Sievert)

Las dosis absorbidas iguales no siempre dan pie a riesgos iguales de cualquier efecto biológico. La efectividad biológica relativa de una dosis absorbida particular puede verse afectada por el tipo de radiación o las condiciones de radiación. En consecuencia, la dosis equivalente se puede expresar como:

$$\text{Dosis equivalente (Sievert)} = \text{Dosis absorbida (Gray)} \times \text{Factor de Modificación}$$

El factor de modificación depende tanto de la 'calidad' de la radiación (que es 1.0 para las radiaciones de energía menor pero se eleva a 20 para los fragmentos de fisión de energía alta) y la parte del cuerpo afectada.

La unidad tradicional es el rem donde 1 sievert = 100 rem.

17.3 Radiación Interna y Externa

Cuando se analizan los aspectos de exposición de salud a la radiación ionizante y el control de cualquier peligro, es importante distinguir entre radiación externa y radiación interna.

Un peligro de radiación externa es cuando las fuentes de radiación están fuera del cuerpo y tienen energía suficiente para penetrar las capas externas de la piel. Un resumen de los efectos de exposición, principios de control y tipos de monitoreo se establecen a continuación:

Los efectos de la exposición externa se pueden resumir como:

- α Peligro mínimo
- β Piel y ojos en riesgo
- γ Cuerpo entero en riesgo (radiación penetrante)

Un **peligro de radiación interna** surge cuando el cuerpo se contamina con un isótopo radioactivo. La presencia de material radioactivo en el cuerpo es frecuentemente un problema más serio que la exposición a radiación externa debido al material radioactivo:

- ◆ está en contacto íntimo con los tejidos y órganos del cuerpo (recuerde la ley del cuadrado inverso)
- ◆ no se puede eliminar o proteger (irradia el cuerpo 168 horas/semana).

La entrada al cuerpo puede ocurrir a través de la inhalación, ingestión o absorción de la piel.

En esta situación, los efectos de exposición son:

- α Peligro muy serio
- β Peligro serio
- γ no aplicable normalmente

17.4 Niveles de Radiación

Todos estamos expuestos a la radiación de fuentes naturales, así como a las encontradas durante el trabajo. Esto toma en cuenta:

- La radiación cósmica que aumenta con la altura sobre el nivel del mar
- El material del que está hecho su hogar
- Tiempo que pasa en un avión
- Fumar
- Rayos X médicos
- Otros factores del estilo de vida.

17.5 Efectos Biológicos de la Radiación Ionizante

La exposición del tejido vivo a la radiación ionizante resulta en daño a los componentes de las células. Dichos daños por radiación pueden ser útiles para la humanidad (como en

el tratamiento de cáncer bajo condiciones controladas cuidadosamente), pero bajo la mayoría de las condiciones debe evitarse lo más posible. En la siguiente tabla se resumen los posibles efectos.

Efectos Agudos	Efectos Crónicos
Eritema Cambio de sangre Esterilidad Muerte	Cáncer Defectos hereditarios

Todas las formas de radiación ionizante producen el mismo tipo de lesiones en tejidos irradiados. Sin embargo, la eficiencia con la que se producen las reacciones a los tejidos varía con la densidad de la ionización en la ruta de la radiación. Las radiaciones de partículas como partículas alfa o neutrones que producen trazas de iones estrechamente empacadas son más perjudiciales por unidad de energía absorbida que la radiación electromagnética como los rayos gamma o rayos X, que ocasionan ionización más difusa.

Puesto que los rayos cósmicos bombardearon toda la superficie de la Tierra y los elementos radioactivos que ocurren naturalmente existen en todas partes, es inevitable una cierta exposición mínima a la así llamada radiación “de fondo”. En algunas regiones, el gas radón radioactivo ocurre naturalmente en la roca de fondo como granito. Puede exponer a los mineros que trabajan bajo tierra y se pueden acumular en los sótanos de los edificios, que podrían requerir ventilación especial.

Debido al uso de materiales radioactivos en la industria y al uso de radiaciones ionizantes en la medicina e industria, algunos grupos de personas están expuestas a niveles mayores de radiación.

17.6 Usos de la Radiación

Industrial

- Medidores – la radiación (α , β , χ , neutrones) se puede utilizar para medir el espesor, densidad y nivel de humedad.
- Radiografía Industrial – verifica la integridad de la soldadura (γ , χ).
- Técnicas analíticas de laboratorio – difracción y fluorescencia de rayos X
- Trazadores – se utilizan radionúclidos en la determinación de rendimiento, pruebas de desgaste, investigación de depósitos de agua y petróleo.

Médico

- Rayos X de diagnóstico.
- Imaginología médica – los radionúclidos algunas veces son utilizados como marcadores.
- Tratamiento para el cáncer – utilizando radionúclidos para destruir los tumores.

17.7 Medición de la Radiación

Se pueden llevar a cabo mediciones de la radiación en diversas formas diferentes para medir cosas diferentes.

Radiación emitida: Se pueden utilizar contadores Geiger y contadores de centelleo para medir los niveles de radiación desde fuentes particulares. Los dispositivos frecuentemente son específicos para el tipo de radiación que se está midiendo.

Dosis de radiación: Se pueden utilizar diversos dispositivos para medir la dosis personal. Es importante diferenciar entre la dosis interna (la que entra en el cuerpo de una persona mediante rutas como la respiración) y dosis externa (recibida simplemente por virtud de estar en un medio ambiente donde está presente la radiación).

Se puede medir la dosis externa utilizando una gama de dosímetros. Los dosímetros de cámara de iones se parecen a bolígrafos de escritura y se pueden fijar a la ropa de uno. Los dosímetros de la película-credencial alojan un pedazo de película fotográfica que se expondrá mientras la radiación pasa a través de ella.

La medición de la dosis interna involucra el uso de bombas de muestreo que recolectan el material radioactivo a ser analizado para la radiación.

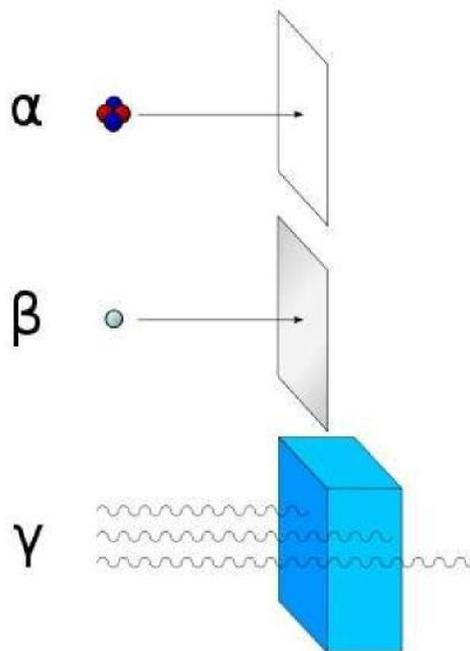
17.8 Protección Radiológica

El control de exposición a la radiación puede dividirse en cuatro enfoques principales. En la práctica frecuentemente se aplica una combinación de todos estos enfoques de control.

Tiempo: Limitar o minimizar la cantidad de tiempo en que las personas están expuestas a la radiación reducirá la dosis que reciben.

Distancia: La intensidad de la radiación disminuye bruscamente con la distancia, de acuerdo con una ley del cuadrado inverso. Además, incluso el aire atenúa la radiación alfa y beta.

Protección: Las partículas alfa se pueden detener completamente con una hoja de papel, las partículas beta con una protección de aluminio. Los rayos gamma solamente pueden reducirse con barreras mucho más sustanciales. Las barreras compuestas de plomo, concreto o agua proporcionan una protección efectiva de las partículas energéticas como rayos gamma y neutrones. Algunos materiales radioactivos se almacenan o manejan bajo el agua o mediante un control remoto en cuartos construidos de concreto delgado o recubiertos con plomo.



Fuente: Wikimedia Commons licenciado bajo Creative

Commons Attribution ShareAlike 3.0

Figura 17.2 – Efectividad de la Protección

Contención: Se pueden utilizar los materiales radioactivos en “fuentes selladas” para evitar que se dispersen. El uso de pequeños espacios de trabajo, áreas segregadas y ventilación controlada también se utilizan para contener la liberación de materiales radioactivos.

En muchos países, el rol de protección radiológica lo lleva a cabo un especialista que tiene habilidades y calificaciones reconocidas. Por ejemplo, en el Reino Unido, el Ejecutivo de Salud y Seguridad (HSE – Health and Safety Executive) especifica el nivel de calificación que se requiere para convertirse en un “Asesor de Protección Radiológica”.

17.9 Vigilancia de la Salud

La naturaleza de la radiación es tal que los empleados que trabajan con radiación normalmente están sujetos a alguna forma de vigilancia de la salud, incluyendo el monitoreo biológico. Los empleados que trabajan en áreas controladas también están sujetos a:

- Llenado de un cuestionario
- Prueba de Sangre
- Prueba de orina
- Verificación de la presión arterial
- Verificación de estatura y peso
- Discusión general sobre la salud.

18 INTRODUCCIÓN A LA ERGONOMÍA

18.1 Introducción

La ergonomía trata de las interacciones de las personas con el equipo que operan y su medio ambiente de trabajo. Su objetivo es maximizar el rendimiento humano y minimizar la incomodidad, insatisfacción y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.

En pocas palabras, la ergonomía tiene que ver con adaptar la tarea al trabajador. Si la adaptación es mala, la mejor solución es rediseñar las tareas del trabajo para hacerlas más compatibles con las características humanas. Es menos efectivo que tratar de cambiar las características del empleado; por ejemplo, mejorando la selección y capacitación.

Una buena adaptación entre factores tecnológicos, organizacionales y humanos es claramente una meta si se va a obtener un buen rendimiento de negocios. Si estos factores pueden balancearse, se mejorará la productividad, resultando en una ventaja competitiva junto con los beneficios de salud y seguridad.

El alcance de la ergonomía es, por lo tanto, muy amplio. Algunas actividades comunes donde la ergonomía es importante son:

- manejo manual de cargas;
- tareas que implican acciones repetitivas;
- el uso del equipo con pantalla desplegada, como cuando se trabaja con computadoras.

Estas aplicaciones de la ergonomía se analizan a continuación con más detalle. Además, la ergonomía está asociada muy de cerca con el estudio de errores humanos. Los errores tienden a suceder cuando se excede la capacidad de un individuo de enfrentarse con las demandas de una tarea o situación. Esto puede ser ocasionado por una interfaz hombre-máquina mal definida, mediante la falta de capacitación o competencia, o mediante factores psicológicos como estrés o fatiga. Los errores pueden resultar en accidentes, enfermedad o pérdida de productividad. Por esta razón, en los Estados Unidos la ergonomía frecuentemente se denomina “factores humanos” y el término se interpreta en forma más amplia que en esta sección. Analizaremos los errores humanos, comportamiento y organización de trabajo en secciones más adelante.

La ergonomía es un campo multidisciplinario de estudio, que se basa en la biomecánica, fisiología, anatomía, psicología, física, seguridad e ingeniería. Es un hecho basado en una solución orientada y debe integrarse completamente en los procesos de administración de la organización.

18.2 Evaluación de Riesgos en el Lugar de Trabajo

El punto de inicio para una evaluación de los factores de la ergonomía es una evaluación del lugar de trabajo. Debe enfocarse:

- **Hardware**, por ejemplo, diseño y acomodo de los controles, facilidad de mantenimiento, etc.
- **Software**, por ejemplo, procedimientos e instrucciones de operación estándar, manuales y programas de computadora.
- **Espacio de trabajo visual**, por ejemplo, diseño de la tarea/pantalla desplegada, acomodo de la pantalla desplegada, carga de información, uso de símbolos.
- **Organización**, por ejemplo, método de trabajo, contenido del trabajo (grado de variedad de tareas y de control personal), tasa de trabajo, satisfacción, comunicación, informes, sistemas de vigilancia, administración de conflictos, etc.
- **Espacio de trabajo físico**, por ejemplo, acceso, despacho, asientos, posición en el trabajo, alcance, arreglos de almacenamiento, orden y limpieza, etc.
- **Medio ambiente físico**, por ejemplo, temperatura, ruido, iluminación, vibración, sustancias peligrosas para la salud, etc.
- **Características Individuales**, por ejemplo, tamaño corporal (antropometría), fuerza, resistencia, habilidades, capacitación, motivación, actitud, etc.

Para evaluaciones más detalladas podría ser necesario implicar a un ergónomo o ergonomista. Los ergonomistas han desarrollado formas de medir el estrés ergonómico y tienen modelos predictivos para tratar con las tareas físicas. Frecuentemente es útil tomar videos de la tarea que se está realizando de manera que se pueda reproducir otra vez para análisis.

18.3 Manejo Manual

El manejo manual significa la transportación o soporte de una carga (incluyendo el levantamiento, la colocación, el empuje, el arrastre, el transporte o el movimiento) a mano o con fuerza corporal.

En algunas jurisdicciones, por ejemplo, Australia (SafeWork Australia 2011), se utiliza la terminología “tarea manual peligrosa”. Ésta se define como una tarea que requiere que una persona levante, empuje en lo más bajo, arrastre o de otra forma mueva, mantenga o restrinja a cualquier persona, animal o cosa implicando:

- fuerza repetitiva o sostenida
- fuerza alta o repentina
- movimiento repetitivo
- postura sostenida o incómoda
- exposición a la vibración.

Una alta proporción de accidentes y una cantidad importante de problemas de salud se asocian con las operaciones de manejo manual. La mayoría de los accidentes de manejo manual reportados son esguinces o distensiones, muy comúnmente de la espalda. Estos trastornos musculo esqueléticos surgen de la aplicación incorrecta y/o prolongación de la fuerza corporal. La mala postura y una repetición extensiva de movimiento pueden ser factores importantes en su aparición. Otros tipos de lesiones asociadas con las operaciones de manejo manual incluyen fracturas, cortes, moretones, amputaciones y lesiones térmicas.

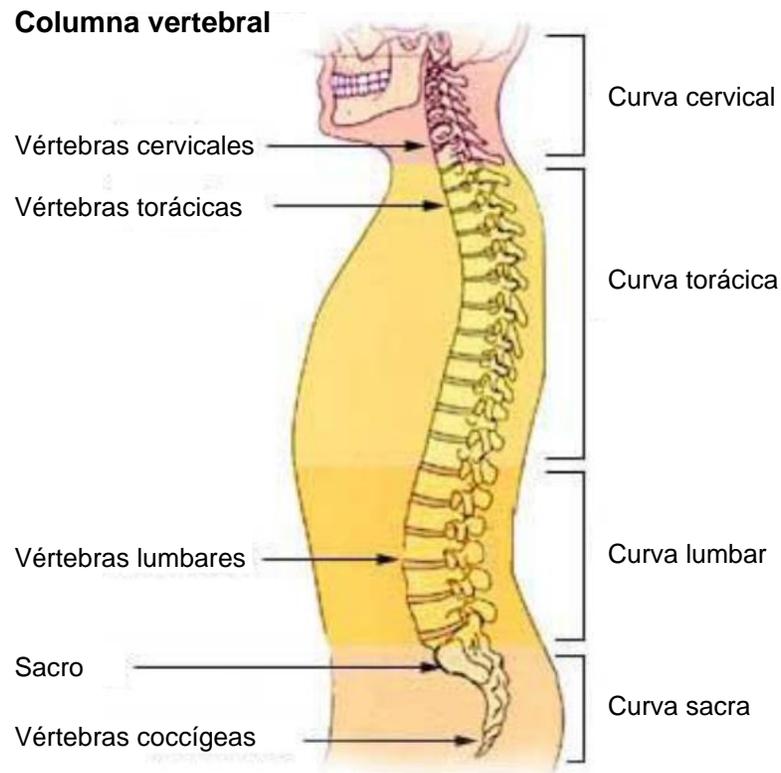
Muchas lesiones por manejo manual pueden ser acumulativas en su origen en lugar de atribuibles a un incidente de manejo único. No siempre se logra una recuperación total y el resultado puede ser un impedimento físico o incluso discapacidades permanentes. Los costos para un individuo y el empleador son, por lo tanto, de alcance mayor. De manera que nuestra estrategia para evitar lesiones debe ser preventiva y no reactiva.

18.3.1 La espalda

La columna vertebral es un ejemplo soberbio e intrincado de excelencia de ingeniería, no solamente el sistema da soporte central del cuerpo y protección a la columna vertebral, pero es esencial para caminar y para muchos otros movimientos del cuerpo. Sin embargo, como con cualquier otra estructura de ingeniería, no responde bien a la sobrecarga o maltrato, ya sea en la forma de sobrecarga dinámica repentina, sobrecargas repetitivas o trabajando fuera de sus parámetros de diseño.

La columna consta de veinticuatro segmentos óseos (vértebras), con cinco segmentos fundidos que forman el sacro y de tres a cinco segmentos fundidos o parcialmente móviles

que forman una cola vestigial. Entre los segmentos que se pueden mover, se interponen veintitrés discos cartilaginosos cuya función como absorbedores de choque es excelente. Las secuencias curvadas de la columna permiten absorber choques 100 veces más eficientemente que si fuera una pila recta.



*Fuente: Gobierno Federal de EUA a través de
Wikimedia commons*

Figura 18.1 – La Espalda

Los discos contienen fluido, excelente para la absorción de choques, pero una compresión constante exprime el contenido de fluido haciendo que los discos sean más planos, menos flexibles y menos elásticos. Un disco de un joven saludable tiene una presión de rompimiento de 800 kg, más fuerte que la de las vértebras, que se reducida a 450 kg en las personas mayores.

Como resultado del estrés repetitivo o estrés traumático repentino, la célula de fluido central puede deslizarse través de las fisuras en el cartílago fibroso y eventualmente colapsar, emergiendo del disco para presionar terriblemente en los nervios adjuntos. Contrario a las creencias comunes, ¡los discos no se deslizan! Una vez que esto ocurre, el tratamiento debe limitarse al descanso, analgésicos y fisioterapia. La cirugía tiene un rol restringido; no

es práctico acercarse a la columna desde el frente y la estructura es tan compleja y sensible que están limitadas las reparaciones desde la parte posterior.

Las lesiones en la espalda frecuentemente resultan en personas que deben tomarse semanas o meses fuera del trabajo y pueden reaparecer fácilmente. Es importante que los trabajadores sean soportados por un programa “de regreso al trabajo” que los aliente a una rápida rehabilitación y evite que caigan en un estado de incapacidad permanente.

18.3.2 Realizar una evaluación de manejo manual

Dependiendo de la complejidad de la actividad, una evaluación sería mejor que la lleven a cabo las personas familiarizadas con las operaciones; por ejemplo, supervisores y operadores, o puede ser realizada por profesionales en la salud y seguridad, higiene ocupacional o ergonomía o por un equipo.

Una evaluación debe considerar la totalidad de una operación. Debe atender cuatro factores críticos:

- la tarea;
- la carga;
- el medio ambiente de trabajo;
- las capacidades del individuo.



Fuente: Steve Bailey

Figura 18.2 – Peligros del Manejo Manual por Levantar y Girar

Una evaluación simple puede proceder como sigue:

- ¿Qué partes del cuerpo se están utilizando?
- ¿Qué acciones se están realizando?
- ¿Cuáles son los factores de riesgo?
 - ¿Qué tanta fuerza está utilizando la persona?
 - ¿Qué tan incómoda es la postura de la persona (la flexión repetitiva, los movimientos de torsión aumentan el riesgo, al igual que el levantamiento con un alcance extendido)
 - ¿Qué tan larga es la acción que se realiza?
 - ¿Qué tan seguido se realizan acciones similares?
 - ¿Qué tan grande o voluminoso es el artículo? (considere la forma, tamaño, peso y dificultades especiales de una carga)
 - ¿Están la tarea y lugar de trabajo adaptados al individuo? (esto puede implicar considerar las alturas de trabajo de los bancos, mesas, tamaños de vinaza)
 - ¿El medio ambiente del trabajo se agrega al riesgo de lesión?
- ¿Cómo se puede realizar esta tarea en forma diferente? (considere las medidas correctivas posibles; por ejemplo, podría ser posible utilizar ayudas mecánicas, o desglosar o descomponer la carga, o la tarea puede ser re-arreglada).

18.3.3 Métodos de reducir riesgos

Como con cualquier riesgo de higiene ocupacional, hay una jerarquía de control.

El enfoque preferido es eliminar, en conjunto, la operación de manejo, si es posible. Por ejemplo, podría ser posible comprar materiales en cantidad pre-pesadas de manera que se elimine la necesidad de una operación de pesado. O, ubicar juntas dos operaciones, podría evitar la necesidad de transferir materiales entre éstas.

Las soluciones pueden implicar el cambio de posición o altura de la tarea; por ejemplo, proporcionando mesas o asientos ajustables para mejorar la postura. Frecuentemente, las soluciones implican el uso de ayudas de manejo: mientras se retiene un elemento de manejo manual, las fuerzas corporales se aplican más eficientemente, por lo tanto, reduciendo el riesgo de lesiones. Por ejemplo:

- ◆ Un elevador puede soportar el peso de una carga, dejando, por lo tanto, al manejador libre para controlar su posición;
- ◆ Un camión de saco o transportador de rodillos puede reducir la fuerza que se requiere para mover una carga horizontalmente;
- ◆ Los toboganes son un método eficiente de utilizar la gravedad para mover cargas de una ubicación a otra;
- ◆ Los cojines de succión y los ganchos manuales pueden simplificar el problema de manejar una carga que sea difícil de agarrar.

Recuerde que al introducir nuevas prácticas de trabajo puede crear riesgos nuevos que requieran ser manejados; por ejemplo, mediante el mantenimiento adecuado del equipo nuevo.

Cuando se ha realizado todo lo posible para adaptar la tarea al trabajador, todavía hay la necesidad de proporcionar información, instrucciones y capacitación sobre los riesgos residuales.

18.3.4 Información, instrucción y capacitación

Información – Donde sea razonablemente práctico hacerlo, los empleados implicados en las operaciones de manejo manual se les deben proporcionar con información precisa sobre el peso de cada carga y sobre el lado más pesado de una carga cuyo centro de gravedad no está posicionado centralmente. Cuando no es práctico razonablemente, se debe proporcionar una asesoría general sobre el rango de cargas a ser manejada, y cómo manejar una carga cuyo peso no está distribuido en forma pareja.

Capacitación – El conocimiento y capacitación solos no aseguran un manejo manual seguro, pero son un aspecto importante de un sistema de trabajo seguro. Un programa de capacitación adecuado debe enfocar:

- cómo pueden ser reconocidas las cargas peligrosas potencialmente;
- cómo tratar con cargas no familiares;
- buenas técnicas de manejo, incluyendo el uso adecuado de ayudas de manejo;
- el uso adecuado de equipo de protección personal;
- características del medio ambiente de trabajo que contribuyen a la seguridad;
- importancia de una buena limpieza;
- factores que afectan la capacidad individual, incluyendo la aptitud y salud.

También debe capacitarse a los empleados para reconocer las cargas cuyo peso, junto con su forma y otras características, y las circunstancias en que se manejan podrían ocasionar lesiones.

18.4 Tareas Repetitivas

Las tareas que implican movimientos repetidos pueden llevar a trastornos de los músculos, articulaciones y tendones, aun cuando las acciones individuales no impliquen una carga o fuerza excesiva.

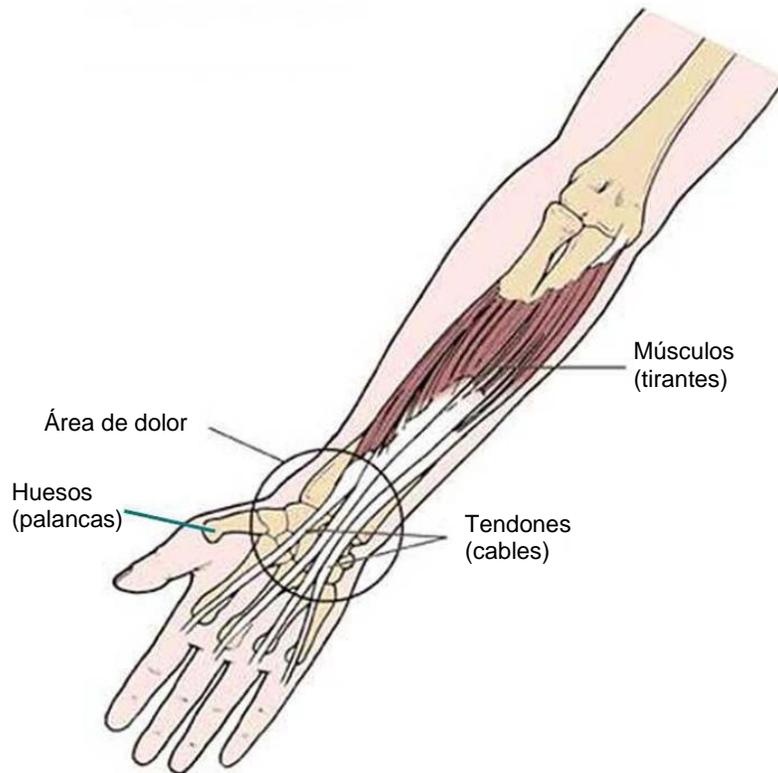


Figura 18.3 – Estructura del brazo Tirante-Cable-Palanca que muestra la ubicación de la Tendinitis de la muñeca

Estas condiciones dolorosas se conocen comúnmente como Lesiones de Esfuerzo Repetitivo (RSI – Repetitive Strain Injuries) o (especialmente en los Estados Unidos) como Trastornos de Trauma Acumulativo (CTD – Cumulative Trauma Disorders). Las condiciones ocupacionales de los brazos y las manos también se conocen como Trastornos de los Miembros Superiores Relacionados con el Trabajo (WRULD – Oer-Related Upper Limb Disorders).

Ejemplos bien conocidos de RSI incluyen *codo del tenista*; *pulgar del jugador* por el uso excesivo de los controles de juegos de computadora; y *dedo de la aguja* por el uso excesivo de teclados de teléfonos celulares. El dolor de la muñeca (tendinitis) frecuentemente se asocia con el uso excesivo de teclados.

Los síntomas pueden incluir dolor y debilidad en el área afectada, que empeora mediante el uso. Sin embargo, puede ser difícil el diagnóstico de RSI ya que frecuentemente no hay una patología evidente. Los doctores creen que hay frecuentemente un componente psicológico al RSI, y hay evidencia que la experiencia de las víctimas puede agravarse por el estrés. El tratamiento es difícil y frecuentemente no exitoso, por lo tanto, la prevención es primordial.

La evaluación de los riesgos requiere primero la identificación de las tareas que se realizarán frecuente o intensivamente. Los riesgos ocupacionales clásicamente surgen por el trabajo en líneas de ensamble repetitivo, como colocar tapones en botellas, atornillar componentes o insertar componentes en posiciones incómodas. El riesgo aumenta si se requiere un agarre fuerte o si está implicado un impacto. La presión indebida para cumplir con los objetivos de producción, especialmente cuando están enlazados a pago por pieza de trabajo o de bono, puede exacerbar el problema.

Los riesgos también pueden surgir cuando un proceso automatizado se descompone o un lote del producto es rechazado y se requiere que los trabajadores lleven a cabo manualmente operaciones correctivas.

En casos complejos, los ergonomistas pueden medir la frecuencia y fuerza que requiere una operación y estimar el nivel de riesgo implicado.

La intervención sigue la jerarquía usual:

- Evitar la exposición a los factores de peligro/riesgo ergonómico, cuando sea posible.
- Reducir el riesgo automatizando las tareas rutinarias o proporcionando herramientas como destornilladores eléctricos.
- Introducir procedimientos de trabajo seguros, como descansos de recuperación regular y limitación del tiempo en un trabajo. Proporcionar información sobre los riesgos e instrucciones y capacitación en los procedimientos de trabajo seguro.

18.5 Equipo de Pantalla Desplegada (DSE Display Screen Equipment)

Muchos tipos de equipo computarizado que se utilizan en laboratorios, fábricas, oficinas y trabajo en el hogar incorporan una pantalla y algún tipo de dispositivo para ingreso de datos, como un teclado o ratón. Estos arreglos pueden crear diversas categorías de riesgos ergonómicos y proporcionar una buena ilustración de la necesidad de abordar los problemas ergonómicos de una manera holística.

18.5.1 Posibles efectos de utilizar DSE

- **Problemas de postura (dolores e incomodidad de las extremidades superiores)**

Éstos van desde la fatiga o dolor en las áreas del brazo, mano y hombro a trastornos crónicos de tejidos suaves como el *síndrome de túnel carpiano* – inflamación de la protección que rodea los tendones que flexionan los dedos.

La contribución de factores de riesgo individuales (por ejemplo, velocidad de tecleado) a la aparición de algún trastorno no está claro. Es probable que esté implicada una combinación de factores. La postura estática prolongada de la espalda, cuello y cabeza se sabe que ocasionan problemas musculoesqueléticos. La posición incómoda de las manos y muñecas, por ejemplo, como resultado de una mala técnica de trabajo o de la altura de trabajo inadecuada, son probablemente otros factores. Los brotes de trastornos de tejidos blandos entre los operadores de teclado frecuentemente se ven asociados con cargas de trabajo altas, combinados con plazos ajustados. Esta variedad de factores que contribuyen al riesgo de trabajo con pantalla desplegable requiere una estrategia de reducción de riesgos que abarque al equipo adecuado, muebles, capacitación, diseño de trabajo y planeación de trabajo.

- **Problemas visuales (efectos de los ojos y la visión)**

Como otras tareas visualmente demandantes, el trabajo con DSE no ocasiona daños a los ojos, ni hace que empeoren los defectos ya existentes. Podría, sin embargo, hacer que los usuarios con defectos de visión preexistentes estén más conscientes de éstos y algunos usuarios pueden experimentar fatiga visual temporal, llevando a una gama de síntomas, tales como el funcionamiento visual deteriorado, ojos rojos o doloridos, dolores de cabeza o cambios en el comportamiento (por ejemplo, cambio postural). Estos síntomas pueden ser ocasionados por permanecer en la misma posición y concentrarse durante un tiempo prolongado, por una mala posición del equipo de pantalla, por la mala legibilidad de la pantalla o los documentos fuente, mediante malas condiciones de iluminación, incluyendo la presencia de resplandores y reflejos y/o por una imagen a la deriva, parpadeante o que varía rápidamente en la pantalla.

Los defectos de visión no corregidos pueden hacer que trabajar con una pantalla de visualización sea más agotador o estresante que sería el caso de otra manera.

- **Fatiga y estrés**

Muchos síntomas descritos por los usuarios de pantalla reflejan los factores de estrés que surgen de la tarea del usuario. Pueden ser secundarios a los problemas de miembros superiores o problemas visuales pero más probablemente son ocasionados por un mal diseño del trabajo u organización del trabajo, falta de control de trabajo por el usuario, sub-utilización de habilidades, trabajo repetitivo de alta velocidad o aislamiento social.

18.6 Realizar una Evaluación

- **Identificación de los Usuarios DSE**

El primer paso es identificar a los empleados que trabajan con DSE, junto con la información sobre las tareas que realizan y la cantidad de tiempo que pasan usando DSE cada día. Estos empleados que usan habitualmente DSE para una parte importante de su trabajo normal deben clasificarse como 'usuarios'.

- **Evaluación**

El segundo paso es evaluar las estaciones de trabajo de los usuarios, considerando el hardware, el medio ambiente y los factores específicos al uso del individuo del equipo también deben considerarse. Se debe consultar a los usuarios como parte de la evaluación.

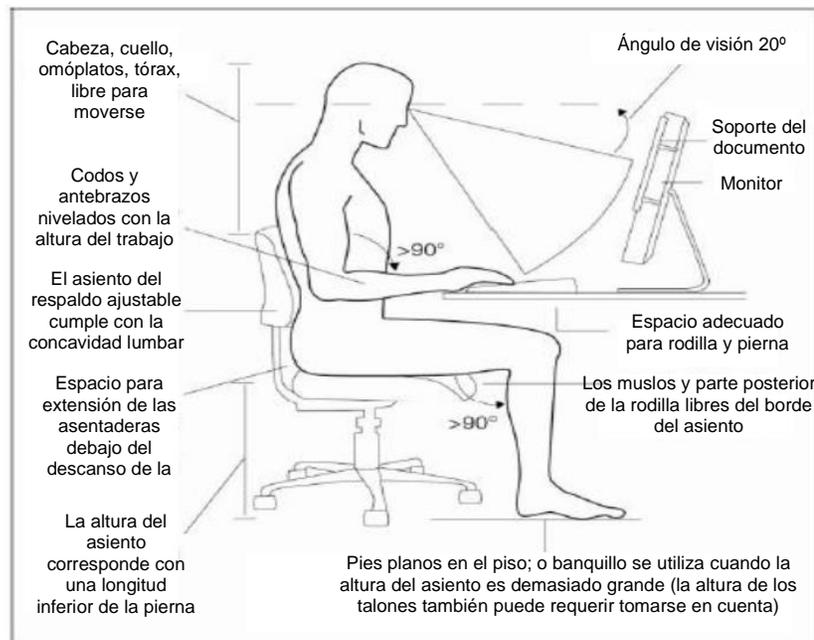
Las listas de verificación o proformas simples se pueden utilizar para facilitar el proceso de evaluación, ayudar en la identificación de medidas preventivas y también servir como un registro escrito una vez que se complete.

18.7 Requerimientos Mínimos de las Estaciones de Trabajo

A continuación, se presentan las buenas características que deben encontrarse en una estación de trabajo de una oficina típica (consulte la figura 18.4).

- La pantalla debe tener normalmente ajustes para el brillo y contraste. Esto permite a los individuos encontrar un nivel cómodo para sus ojos, ayudándoles a evitar los problemas de ojos cansados y estrés en los ojos.
- El asiento debe ser estable y ajustable en altura y el respaldo del asiento debe ser ajustable en altura e inclinación. Una silla bien diseñada y ajustada correctamente alienta la buena postura, ayudando a evitar fatiga postural.

- El teclado debe normalmente poderse inclinar y estar separado de la pantalla. Esto permite a los usuarios adoptar una posición cómoda de mecanografía evitando la fatiga en los brazos y manos.
- La superficie de trabajo debe ser espaciosa permitiendo un arreglo flexible del equipo. Esto permite que el empleado adopte un número de posiciones de trabajo adecuadas que ayudan en la prevención de tanto la fatiga postural como visual.
- El soporte del documento debe ser estable y ajustable. Un soporte de un documento bien posicionado y estable minimizará la necesidad de movimientos incómodos de la cabeza y los ojos.



(Fuente: McPhee, 2005 – reproducido con permiso)

Figura 18.4 – Arreglo Sugerido de una Estación de Trabajo de Oficina

Nota: Esta posición indica un punto de inicio para habilitar lo óptimo – pero no perfecto – de una postura de trabajo. Ninguna postura es adecuada para todas las personas en todo momento. Las posturas de trabajo cómodas variarán y requerirán cambiar regularmente. Las personas que realizan trabajos sedentarios se deben levantar de la silla o asiento por lo menos una vez cada hora y moverse alrededor – más si es posible.

18.8 Controles Administrativos

■ Descansos o cambios en actividad

La rutina del trabajo diario de los usuarios debe desglosarse mediante cambios en tareas o mediante descansos. En la mayoría de las tareas, los descansos o pausas naturales ocurren como una consecuencia de la organización inherente del trabajo. Cuando sea posible, se deben diseñar los trabajos en pantalla para que consistan en una mezcla de trabajo basado en pantalla y trabajo no basado en pantalla para evitar la fatiga y variar las demandas visuales y mentales.

Los descansos deben ser cortos y frecuentes, en lugar de ocasionales y más prolongados; por ejemplo, un descanso de 5 minutos cada hora. Diversos investigadores también defienden la adopción de una técnica de 'micro-pausa', es decir, descansos cortos de 10 – 20 segundos tomados cada 5 – 10 minutos – este tiempo se puede utilizar para estirarse rápidamente y mirar en la distancia.

■ Prueba de ojos y visión

En algunos países los usuarios DSE o los empleados que están por convertirse en usuarios, pueden pedir a su empleador que les proporcione y pague por una prueba de ojos y de visión. Esta prueba requiere que la realice un doctor o un optometrista.

■ Información y capacitación

Los usuarios pueden adaptar frecuentemente sus propias estaciones de trabajo a sus necesidades una vez que estén conscientes de los riesgos y capacitados en la manera de evitarlos.

19 COMPORTAMIENTO Y CULTURA

19.1 Impactos del Comportamiento en la Higiene Ocupacional

El comportamiento del trabajador tiene una influencia importante en la exposición a agentes peligrosos en el lugar de trabajo. Por ejemplo, el contacto con materiales peligrosos puede ocurrir al:

- utilizar herramientas contaminadas (por ejemplo, un cepillo de pintura con una manija contaminada) o extendiendo una pasta química con las manos;
- utilizar equipo de protección personal (PPE) sucio, que lleve a la transferencia de contaminantes cuando se pongan, utilicen o retiren el equipo;
- tener un pobre orden y limpieza, trabajando desordenadamente o no limpiando después del trabajo.
- fallar para utilizar adecuadamente el EPP cuando sea necesario; por ejemplo, quitárselo a la mitad de la tarea, o usándolo ineficientemente;
- tener comportamiento no higiénico, como fallar para retirarse la ropa protectora y lavarse las manos antes de un receso para comida.

Estos tipos de ejemplos se observan comúnmente en los lugares de trabajo. Así, un llamado “trabajador sucio”, se encuentra frecuentemente que tiene un nivel mucho más alto de exposición a pesar de trabajar en lo que parecen ser las mismas condiciones que otros trabajadores.

Otros ejemplos de problemas conductuales podrían incluir:

- fallar para poner en operación un sistema de ventilación o posicionar una campana móvil correctamente;
- manejar un material vigorosamente en lugar de cuidadosamente, generando más vapor o polvo en el aire;
- pararse contra el viento de una fuente de exposición en lugar de en el lado opuesto.

El impacto del comportamiento a la exposición puede minimizarse proporcionando buenos controles de ingeniería, teniendo buenos procedimientos de operación en los cuales los trabajadores hayan sido bien capacitados, tener la supervisión adecuada y educar a la fuerza de trabajo sobre los contaminantes presentes dentro de su lugar de trabajo. Sin embargo, el mal comportamiento puede todavía llevar a exposiciones elevadas. Una

analogía útil puede ser dibujada con la prevención de accidentes. El modelo de “Queso Suizo” (Reason 1997) sugiere que hay múltiples capas, pero imperfectas, de defensa contra accidentes, como se muestra a continuación. Los accidentes ocurren cuando ocurren simultáneamente las fallas en todas las barreras defensivas.

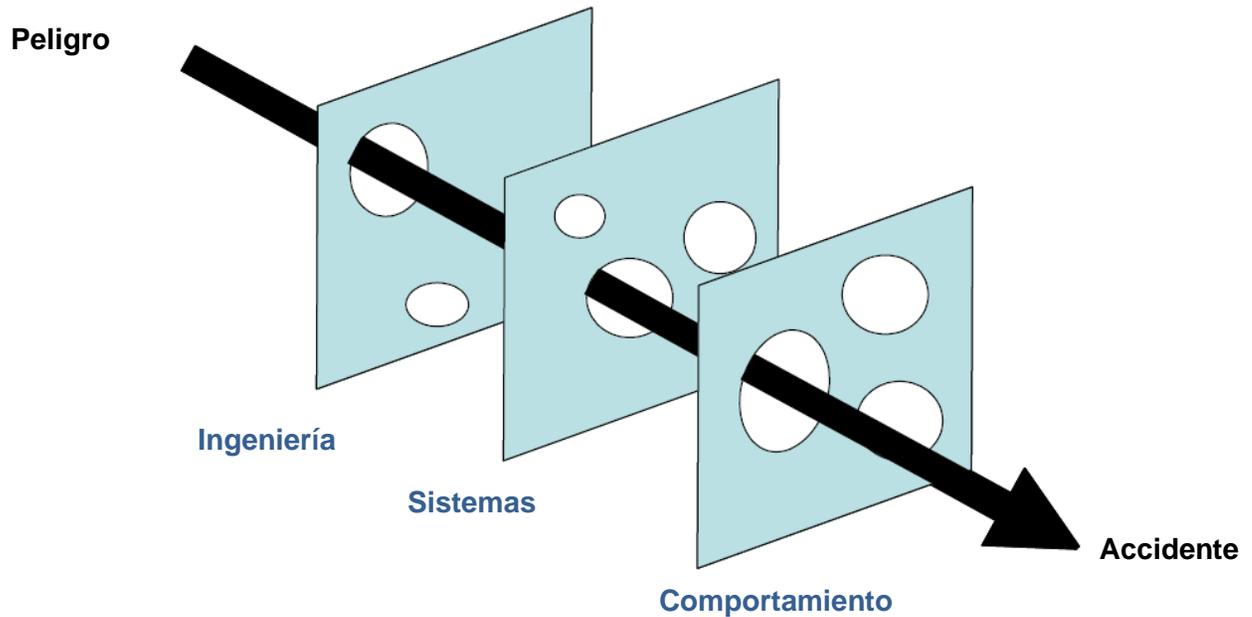


Figura 19.1 – Modelo de “Queso Suizo” de prevención de accidentes

Al colocar esto en términos de higiene ocupacional, podríamos tener:

- un sistema de extracción que no esté operando a toda su capacidad debido a la falta de mantenimiento;
- una tarea no estándar que no está totalmente cubierta por el procedimiento de trabajo seguro normal; y
- un trabajador que esté inclinado a no utilizar su EPP.

Una o más de estas medidas podrían ser suficientes para controlar la exposición, pero si todo falla a la vez, es probable que haya una sobreexposición.

19.2 Motivación y Modificación de Comportamiento

Para poder cambiar los comportamientos es necesario entender y luego enfocar los factores que influyen en nuestro comportamiento. En años recientes ha habido un aumento en el uso de enfoques de modificación de comportamiento a la seguridad y las lecciones son igualmente pertinentes para la higiene ocupacional. El análisis y la modificación del comportamiento del trabajador implicado en una actividad ha demostrado

una forma efectiva de reducir tanto accidentes como de reducir exposiciones ocupacionales. El comportamiento se puede entender simplemente en términos del modelo *Antecedentes – Comportamiento – Consecuencias (A – C – C)* (consulte, por ejemplo, Daniels A. C., *Bringing out the Best in People*, 2ª edición 1999, McGraw-Hill).

- **Antecedentes** crean la motivación inicial para actuar. Pueden incluir instrucciones del gerente y campañas de publicidad o concientización del departamento de salud y seguridad ocupacional. Cómo se reciben estos mensajes, depende de los antecedentes de los trabajadores, incluyendo la experiencia del trabajador de mensajes similares en el pasado, formas establecidas de trabajar y otros eventos que se llevan a cabo al mismo tiempo. Los antecedentes establecen la etapa de lo que sucede a continuación.
- **Comportamiento** es un acto observable. A diferencia de las actitudes o intenciones, se puede observar y cuantificar el comportamiento. Es objetivo.
- **Consecuencias** es lo que sucede después del comportamiento. El trabajador puede ver las consecuencias por el mismo. Por ejemplo, pueden encontrar que es más fácil hacer el trabajo cuando su lugar de trabajo está limpio y ordenado. O, pueden encontrar que el equipo de protección personal que tienen que utilizar los hace sentirse incómodos. También pueden recibir retroalimentación verbal, positiva o negativa de su gerente o colegas. Éstas son las consecuencias que determinan si el trabajador está inclinado a repetir el comportamiento.

Los antecedentes son valiosos para iniciar el cambio, pero solamente reforzando las consecuencias se garantizará la repetición del comportamiento deseado.

A menudo hay consecuencias múltiples y conflictivas que tiene que ser sopesadas contra otras. Por ejemplo, el individuo puede estar consciente que al utilizar un respirador reduce su exposición al asbesto en el aire y de tal manera reduce el riesgo de desarrollar cáncer en algún punto en el futuro. Sin embargo, puede haber experimentado dificultad al respirar a través del respirador o tener una visión restringida que hace que el trabajo sea más duro. La regla general es que las consecuencias que son *Prontas, Ciertas y Positivas* sopesan aquéllas que son *Tardías, Inciertas y Negativas*. De manera que es fácil ver cómo muchos trabajadores podrían elegir desechar el respirador, eligiendo los beneficios inmediatos y creyendo que nunca sucederán consecuencias negativas en el futuro.

La modificación efectiva de la conducta requiere gerentes y profesionales de la salud para encontrar formas de minimizar las consecuencias negativas y reforzar las consecuencias

positivas de los comportamientos deseados. Un error común es volver a los antecedentes e informar a las personas lo que deberían estar haciendo.

Se puede planear una intervención en el comportamiento en tres etapas distintas como sigue:

1. Motivación: En primer lugar, es necesario motivar a los individuos para que deseen cambiar su comportamiento. Esto se ve influenciado por su experiencia anterior como:

- Sus habilidades en la actividad que llevan a cabo y el conocimiento de los peligros asociados con esto.
- Sus creencias sobre las consecuencias de exposición a un peligro en particular.
- Sus creencias sobre el rendimiento y capacidades de las medidas de control.
- Las formas establecidas de trabajar (cultura de salud y seguridad).

2. Instigación: Una vez que motivadas, las personas requieren ser apoyadas para permitirles cambiar su comportamiento. Este apoyo requiere que sea tanto físico (teniendo tiempo, capacitación, equipo, etc.) y social (de colegas y gerentes).

3. Mantenimiento: Cuando ha cambiado un comportamiento, se requiere hacer esfuerzos para asegurar que no se revierta. Típicamente, los profesionales de salud y seguridad se enfocan en los antecedentes, como lo es manteniendo niveles altos de concientización y renovando el conocimiento y las habilidades. Sin embargo, el factor más importante es reforzar las consecuencias positivas del cambio.

Cada una de estas etapas de motivación, instigación y mantenimiento son a su vez influenciadas por las circunstancias dentro del trabajo (medio ambiente del trabajo inmediato), la organización y organizaciones/sociedad externa.

19.3 Cultura de Salud y Seguridad

Cuando un patrón de conducta se esparce en una organización puede describirse como la *cultura organizacional*. La cultura puede significar muchas cosas – una definición simple es “cómo hacemos las cosas aquí”. Esta simple definición ilustra cómo la cultura y el comportamiento están enlazados y proporciona una manera objetiva de evaluar la cultura recolectando información en los comportamientos observados.

La cultura define la regla no escrita de una organización – cómo trabajan realmente las cosas, en contraste con lo que se supone que suceda. La cultura refleja las actitudes y valores subyacentes de la organización.

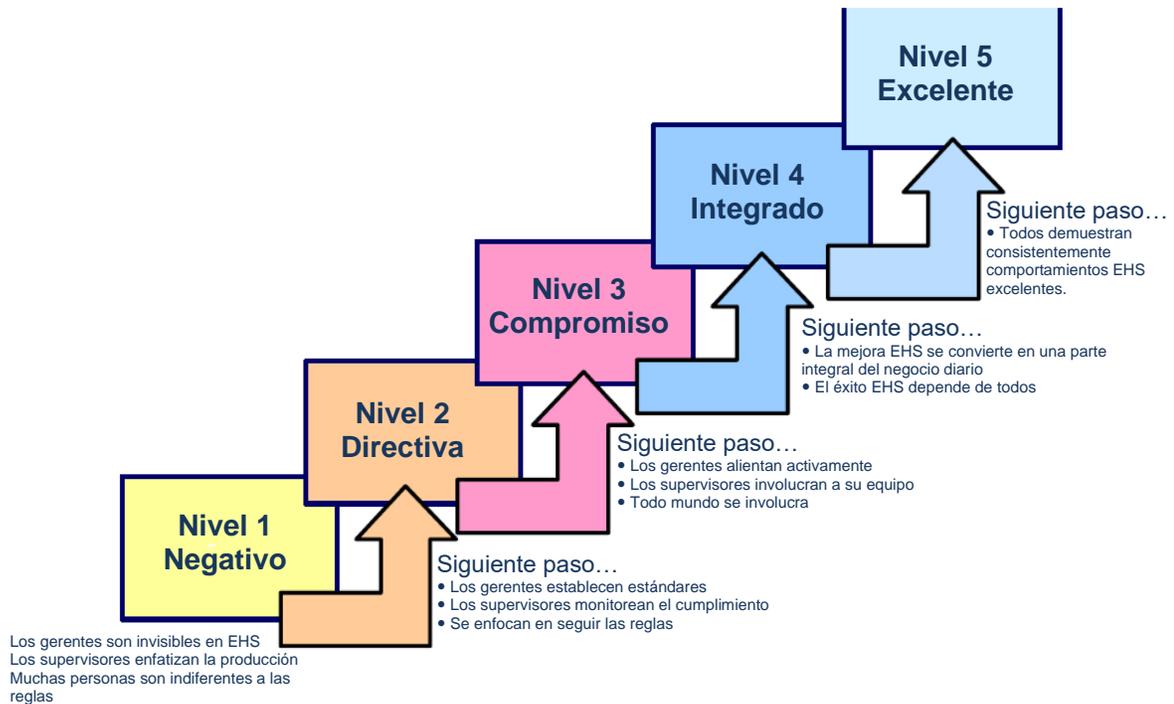
Una vez que el comportamiento se integra en la cultura de la organización puede ser difícil cambiarlo. Podría ser inútil alentar a un individuo a cambiar su comportamiento si todos los demás continúan comportándose diferente. La presión de los colegas debe asegurar que el trabajador regrese a la norma cultural lo más pronto posible. En dicha situación, la única forma de cambiar el comportamiento es dirigirse a la cultura. El cambio en la cultura es el proyecto a largo plazo más importante y requiere trabajo preparatorio extensivo.

La cultura de una organización se puede decir que es positiva para la salud y seguridad si alienta a comportamientos que minimizan incidentes y exposición a riesgos. Por ejemplo, en una cultura positiva sería normal que los trabajadores reporten inmediatamente algún defecto en las medidas de control; que usen el equipo de protección correctamente; que sigan los procedimientos de trabajo seguro. En forma similar, se espera que los gerentes visiten regularmente el lugar de trabajo para verificar la salud y seguridad; para comentar sobre la salud y seguridad con sus empleados; para actuar rápidamente en los informes de deficiencias.

Las culturas negativas frecuentemente se ven caracterizadas por el miedo y la culpa, que inhiben reportar condiciones peligrosas e inhiben las mejoras. Los empleados se burlan de las reglas y los gerentes se hacen de la vista gorda.

Se ha observado que cuando se implementan iniciativas de seguridad conductual idénticas en diferentes organizaciones, el éxito de las iniciativas varía en forma importante. En algunos lugares una iniciativa podría traer un cambio positivo, considerando que en todos los otros lados falle. ¿Cómo podría ser esto? La investigación inicial en la industria de petróleo y gas reveló que el éxito de dichas iniciativas de seguridad depende de los niveles preexistentes del desarrollo de la cultura de seguridad. Diferentes sitios, aun dentro de la misma organización, aunque similares aparentemente, difieren en qué tan bien está desarrollada su cultura de seguridad y algunos no estaban “listos”.

Para ayudar a asegurar el éxito de una iniciativa de mejora de la cultura de seguridad, esta iniciativa requiere que “coincida” con el nivel de la cultura de seguridad existente del sitio. Esto también significa que el tipo más adecuado de la iniciativa de mejora de la cultura de seguridad cambiará conforme mejore el nivel de la cultura de seguridad. Lo que podría haber ayudado a que la cultura de seguridad de la empresa avance desde los niveles más bajos de desarrollo no será el mismo tipo de iniciativa que ayudará a obtener la excelencia.



Fuente: GlaxoSmithKline

Figura 19.2 – Un ejemplo de la escalera de madurez de la cultura

El ejemplo de una escalera de madurez de la cultura de salud y seguridad que se muestra anteriormente describe 5 niveles de cultura. Cada nivel refleja los comportamientos y participación en la salud y seguridad de todos en el sitio. Comenzando en el Nivel 1, donde se enfatiza la producción, las personas ignoran las reglas y los gerentes no están visibles; hasta el Nivel 5, donde todos los niveles demuestran consistentemente los comportamientos correctos. Existen muchos pasos que requieren tomarse para poderse mover a cada nivel de la escalera. Si una organización intenta moverse del Nivel 1 al Nivel 4 ó 5 en un salto, la iniciativa probablemente fallará.

En forma similar, se debe reconocer que permanecer en cualquier nivel requiere trabajo para mantener la solución o la cultura puede resentirse.

20 ESTRÉS RELACIONADO CON EL TRABAJO

Los aspectos psicosociales del medio ambiente de trabajo han sido muy reconocidos en años recientes. Los problemas asociados con el “estrés relacionado con el trabajo” se consideran ahora un problema central en la administración de salud y seguridad. En muchos países desarrollados los casos de “salud mental” representan la única causa más común de enfermedades relacionadas con el trabajo.

Un trabajo bien diseñado, organizado y administrado ayuda a mantener y promover la salud individual y el bienestar. Pero donde ha habido atención insuficiente al diseño de puestos de trabajo, organización y administración del trabajo, los beneficios asociados con el trabajo se pueden perder. Un resultado común es el estrés relacionado con el trabajo.

Mediante el término estrés relacionado con el trabajo queremos decir los efectos que surgen cuando las demandas de diversos tipos y combinaciones exceden la capacidad y habilidad de la persona para enfrentarlos. Es una causa importante de enfermedad y la enfermedad y se sabe que está enlazada con altos niveles de ausencia por enfermedad, movimiento del personal y otros indicadores de sub-desempeño organizacional – incluyendo el error humano.

El diseño y administración del trabajo es importante para anticipar, reconocer y evitar situaciones estresantes. Desde luego, muchos de los estresores más grandes en la vida ocurren fuera del lugar de trabajo y frecuentemente no es posible evitar el estrés enfocándose simplemente en los problemas del lugar de trabajo. Muchas organizaciones grandes ofrecen ahora capacitación de *resistencia* (“*resilience*” en inglés) a sus empleados para ayudarles a manejar su equilibrio de vida en el trabajo y evitarles estrés. Para las personas que experimentan estrés, aun así, se requiere que sean diagnosticadas y tratadas de un modo oportuno, de manera que el trabajador pueda ser rehabilitado.

20.1 Síntomas de Estrés

El estrés produce una gama de señales y síntomas, éstos pueden incluir;

Cambios en el comportamiento: encontrar dificultad para dormir, cambiar los hábitos de comer, fumar o beber más, evitar a los amigos y familia o problemas sexuales.

Síntomas físicos: cansancio, indigestión y náusea, dolores de cabeza, músculos adoloridos o palpitaciones.

Cambios mentales: volverse menos decisivo, dificultad para concentrarse, sufrir de pérdida de memoria, sensaciones de inadecuación o pérdida de autoestima.

Cambios emocionales: irritabilidad o enojo; sentirse ansioso o entumecido, ser hipersensible o sentirse agotado y apático.

20.2 Evaluación de Estrés

El uso de una encuesta es el método más común de reunir información sobre si el estrés relacionado con el trabajo parece ser un problema potencial en una fuerza de trabajo. También puede dar una indicación de quién es probable que se vea afectado y cómo. Las encuestas implican típicamente hacer a todos los empleados una serie de preguntas donde clasifican sus percepciones individuales de los tipos de factores que probablemente contribuyen al estrés o satisfacción en el trabajo. Éstos pueden incluir:

- Variedad de tareas.
- Demandas de trabajo en balance con la capacidad.
- Desarrollo continuo de habilidades.
- Responsabilidad y autoridad.
- Participación en el progreso y desarrollo del trabajo.
- Implicación en la planeación y solución de problemas.
- Fecha tope (presión de tiempo).
- Soporte social e interacción con colegas.
- Visibilidad de todo el proceso.
- Clima de administración de trabajo positivo.
- Libertad para moverse en los alrededores físicamente.
- Control sobre el programa (ritmo de paso).
- Elección de métodos de trabajo.
- Influencia sobre la cantidad y calidad de producción.
- Longitud del tiempo del ciclo.
- Grado de libertad de acción.
- Organización del grupo de trabajo.

El Ejecutivo de Salud y Seguridad (HSE) del Reino Unido da un ejemplo de dicha

herramienta de encuesta, así como también proporciona una herramienta de una hoja de cálculo útil para analizar los resultados. Consulte:

<http://www.hse.gov.uk/stress/standards/step2/surveys.htm> (consultado en mayo de 2016).

20.3 Manejo del Estrés

Un buen manejo de los factores psicosociales en una organización puede ayudar a promover los beneficios de la salud del trabajo, así como evitar el estrés relacionado con el trabajo. Implica introducir prácticas de trabajo y una cultura a través de toda la organización que cubre los siguientes aspectos de trabajo:

Demandas – incluyendo la carga de trabajo, patrones de trabajo y el medio ambiente del trabajo.

- Las demandas deben ser adecuadas y realizables en relación con las horas de trabajo acordadas.
- Los trabajos requieren ser diseñados para estar dentro de las capacidades de los empleados.
- Las habilidades y capacidades de la persona requieren que coincidan con las demandas de trabajo.
- Los problemas del empleado sobre su ambiente de trabajo también se deben tratar.

Control – cuánto peso tiene las personas sobre la forma en que hacen su trabajo.

- Cuando es posible, los empleados deben tener algo de control sobre su ritmo de trabajo.
- Los empleados deben tener una opinión sobre cuándo se pueden tomar los descansos.
- Se debe consultar a los empleados sobre sus patrones de trabajo.
- Se debe alentar a los empleados a usar sus habilidades e iniciativas para hacer su trabajo;
- Se debe alentar a los empleados a desarrollar habilidades nuevas que les ayuden a emprender nuevas y desafiantes piezas de trabajo.

Soporte – incluyendo el estímulo, el patrocinio y los recursos proporcionados por la organización, la administración de línea y los colegas.

- La organización debe tener políticas y procedimientos para apoyar a los empleados.
- Sistemas deben estar en sitio para permitir y alentar a los gerentes a apoyar a su personal.
- Sistemas deben estar en sitio para permitir y alentar a los empleados a apoyar a sus colegas.
- Los empleados deben saber cuál soporte está disponible y cuándo acceder a éste.
- Los empleados deben saber cómo acceder a los recursos que se requieren para realizar su trabajo.
- Los empleados deben recibir retroalimentación regular y constructiva sobre su trabajo.
- Los empleados que lo necesiten deben contar con asesoramiento y consejería de salud confidencial.

Relaciones – incluyendo la promoción del trabajo positivo para evitar conflictos y tratar con comportamientos inaceptables.

- La organización debe promover comportamientos positivos en el trabajo para evitar conflictos y asegurar la justicia.
- Los empleados deben compartir información pertinente a su trabajo.
- La organización debe tener políticas y procedimientos acordados para evitar o resolver el comportamiento inaceptable.
- Sistemas deben estar en sitio para habilitar y alentar a los gerentes a tratar con el comportamiento inaceptable.
- Sistemas deben estar en sitio para habilitar y alentar a los empleados a reportar cualquier comportamiento inaceptable.

Rol – ya sea que las personas entiendan su rol dentro de la organización y si la organización asegura que no tienen roles conflictivos.

- La organización debe garantizar que, en la medida de lo posible, sean compatibles los diferentes requerimientos que les da a sus empleados.
- La organización debe proporcionar información para permitir que los empleados entiendan su rol y responsabilidades.
- Sistemas deben estar en sitio para permitir que los empleados planteen los problemas sobre cualquier incertidumbre o conflicto que pudieran tener en su rol y responsabilidades.

Cambio – cómo se maneja y comunica el cambio organizacional (grande o pequeño) en la organización.

- La organización debe proporcionar a los empleados con información oportuna para permitirles entender las razones de los cambios propuestos.
- La organización debe asegurar la consulta adecuada del empleado sobre los cambios y proporcionar oportunidades a los empleados para influenciar las propuestas.
- Los empleados deben estar conscientes de los calendarios para cambios y tener acceso al apoyo pertinente durante los cambios.

21 CARRERAS EN HIGIENE OCUPACIONAL

21.1 Práctica de la Higiene Ocupacional

Los servicios de higiene ocupacional se organizan en una diversidad de formas diferentes dependiendo de:

- El tamaño y recursos de la organización que los emplea.
- La necesidad de la pericia de un especialista.
- La disponibilidad de ayuda exterior.

Una compañía grande que trabaja con materiales tóxicos probablemente empleará uno o más higienistas ocupacionales dentro de la compañía. Las compañías pequeñas, como las que tiene pocos riesgos de salud ocupacional, comprarán los servicios de un consultor conforme se requiera.

Algunos países proporcionan servicios de higiene ocupacional estatal, a través de institutos centrales de salud ocupacional. Otros establecen los requerimientos legales sobre los empleadores para utilizar higienistas o servicios de salud ocupacional calificados. Aun así, otros no tienen requerimientos regulatorios.

En esta sección examinaremos los roles y características de diversos tipos de servicio y del personal de higiene ocupacional dentro de ellos.

21.1.1 Servicios dentro de la compañía

Hablando generalmente, las organizaciones con menos de 1,000 personas no pueden justificar emplear un higienista ocupacional de tiempo completo. Los servicios de higiene ocupacional básicos probablemente se proporcionen a través de un responsable de seguridad industrial o una enfermera de salud ocupacional con un consultor al que se le llama cuando es necesario. Las excepciones a esta regla tienden a ocurrir cuando la compañía tiene un problema de higiene ocupacional a gran escala específico; por ejemplo, en la industria del plomo. Generalmente, organizaciones grandes, frecuentemente multinacionales en áreas como químicas, farmacéuticas, extracción de metal y refinería, petróleo y gas, electrónica tienen higienistas ocupacionales dentro de la compañía. También hay servicios dentro de la compañía en algunas autoridades sanitarias y en el servicio civil.

Dicho “servicio” puede constar de un higienista ocupacional único o un número mayor, con diferentes niveles de experiencia y antigüedad. Éstos tienden a desarrollar una pericia profunda en aquellas áreas de higiene ocupacional de interés particular para la organización, y los individuos pueden tener la oportunidad de publicar documentos de investigación. A la inversa, la amplitud de pericia solamente será tan amplia como la operación de la compañía.

Los trabajos típicos de la función de higiene ocupacional dentro de la compañía incluyen:

Higienista ocupacional asistente o técnico de higiene ocupacional. Éstos tienen calificación académica que va desde GCSE en el Reino Unido [o un diploma de escuela preparatoria en los Estados Unidos] a un grado, además de capacitación específica (frecuentemente en el trabajo) en las técnicas de medición de higiene ocupacional. Los técnicos o los químicos de un laboratorio del sitio pueden transferir en tal rol.

Sus tareas podrían incluir:

- Medición de la exposición del trabajador utilizando técnicas estándar.
- Calibración y mantenimiento del equipo de muestreo.
- Análisis de laboratorio de muestras recolectadas.
- Pruebas de las medidas de control como sistemas de ventilación.

Generalmente, estas tareas se llevan a cabo bajo la supervisión de un higienista ocupacional con más antigüedad. Aun así, la persona tendrá que ser ingeniosa, observadora, capaz de comunicarse claramente y adaptarse a la tecnología cambiante.

Higienista ocupacional, es probable que haya tenido experiencia como técnico o asistente y pueda tener un grado mayor. Ellos demostrarán un alto grado de compromiso con la profesión. Se espera que:

- Conozcan los lugares de trabajo, la planta, procesos, materiales, fuentes de exposición y personas involucradas.
- Conozcan los requerimientos legales que pueden aplicar.
- Estar bien versados en el reconocimiento de peligros potenciales a la salud y su asociación con enfermedades o incomodidades.
- Entender la derivación de los estándares de higiene ocupacional aceptados.
- Diseñar programas adecuados de muestreo del lugar de trabajo o biológico.

- Seleccionar, comprar, calibrar y mantener el equipo de campo adecuado.
- Llevar a cabo estudios del lugar de trabajo y estar consciente de las limitaciones de dichos estudios.
- Evaluar el riesgo a la salud utilizando su juicio profesional y haciendo referencia a estándares confiables de higiene ocupacional.
- Aplicar tratamiento estadístico a los datos obtenidos.
- Almacenar y recuperar los datos conforme sea necesario.
- Evaluar los métodos de control mediante la observación y medición.
- Recomendar a la administración medidas de control nuevas o mejoradas.

En el curso del trabajo tendrá contacto con el personal de administración, la fuerza de trabajo, los sindicatos, y personal médico, de seguridad e ingeniería. El servicio en los comités, las presentaciones y participación en sesiones de capacitación pueden estar involucrados. El higienista ocupacional puede también representa externamente a la compañía, a las autoridades de que hacen cumplir normatividad, las autoridades de planeación, etc.

Higienista ocupacional senior, un higienista quien tiene competencia y experiencia profesional demostrada.

El higienista ocupacional senior utiliza su experiencia pasada para introducir programas de higiene ocupacional adecuados en la organización, monitorear el avance y tomar acción conforme sea necesario. Las tareas pueden incluir:

- Formulación de políticas y estándares de higiene ocupacional.
- Auditoría y monitoreo de la efectividad de las políticas.
- Evaluación de riesgos de procesos nuevos, mediante materiales de escrutinio, diseños de planta, etc. y anticipando problemas.
- Educar y capacitar a la administración y a la fuerza de trabajo en higiene ocupacional.
- Supervisión y desarrollo profesional del personal de higiene ocupacional.
- Administración de un laboratorio de higiene ocupacional.
- Aseguramiento de calidad de mediciones y programas de higiene ocupacional.

A este nivel, excelentes habilidades de comunicación son esenciales. El higienista ocupacional senior debe poder interpretar los datos entrantes y persuadir a los gerentes,

trabajadores o autoridades en consecuencia. Las habilidades escritas u orales son cruciales.

También se esperan otras habilidades de administración, como la capacidad de desarrollar subordinados y controlar un presupuesto. Una apreciación de la efectividad de costos es esencial para la tarea, como en un conocimiento actualizado de la legislación, litigación, toxicología y epidemiología.

Es probable que el higienista ocupacional senior esté muy activo profesionalmente, tanto aprendiendo de sus colegas como contribuyendo al conocimiento. El trabajo en comités, publicaciones y presentaciones son una parte necesaria de mantenerse actualizado y comunicar sus propios descubrimientos.

El higienista ocupacional puede ser parte del equipo de toma de decisiones al nivel de administración senior. En una compañía multinacional, el higienista ocupacional puede tener responsabilidades corporativas con un mandato internacional y un juicio sólido basado en años de experiencia. Dicho higienista ocupacional se convierte en la fuente principal de información y asesoría que necesita la administración senior mientras conserva el control funcional sobre la política de higiene ocupacional y la práctica profesional en la organización.

21.1.2 Consultoría

En forma más común, la consultoría es proporcionada por servicios comerciales. Pueden ser compañías independientes o estar enlazadas a una aseguradora o fabricante de equipo. En cualquier caso, normalmente operan con fines de lucro y están financiadas con los honorarios recibidos. Los honorarios se cobran sobre una base de tarifa diaria o se cotizan para un trabajo completo.

Hay excepciones: algunas asociaciones comerciales y servicios del grupo, por ejemplo, ofrecen consultorías sobre una base sin fines de lucro. Generalmente están financiadas (por lo menos parcialmente) mediante una suscripción o impuestos sobre los miembros. Esto podría complementarse cobrando una tasa diaria reducida (subsidiada).

También algunas universidades proporcionan consultoría, que pueden verla como una forma de mantener a su personal académico en contacto con el mundo real, o simplemente como otra fuente de ingresos. Hay algunas fundaciones independientes que pueden cuentan donaciones/subsidios permitiéndoles cobrar honorarios reducidos.

Los higienistas ocupacionales en consultoría requieren las mismas habilidades técnicas que aquéllos en la industria, pero raramente tienen la oportunidad de desarrollar dichas especializaciones profundas. En lugar de esto, adquieren una experiencia increíblemente amplia de diferentes tipos de problemas. Esto demanda una capacidad para asimilar nuevas situaciones muy rápidamente y un alto grado inusual de autosuficiencia. En su totalidad, tienden a ser más calificados y experimentados que los higienistas ocupacionales en la industria.

Los niveles de trabajo en consultorías son paralelos a los de industria.

21.1.3 Agencias Estatales

Los servicios proporcionados por el estado pueden tener roles de cumplimiento o asesoría o ambos. A veces las dos funciones se sientan un poco incómodamente juntas, como cuando un inspector ofrece consejos, pero amenaza con enjuiciar si no se toma el consejo. Los servicios del estado suelen ser vistos como autoritarios, pero también pueden verse con sospecha si tienen un rol en la verificación del cumplimiento.

Los inspectores de cumplimiento en el campo usualmente son generalistas de salud y seguridad, que piden ayuda al especialista de higiene ocupacional cuando se requiere para realizar estudios y proporcionar asesoría.

Estos higienistas ocupacionales también pueden estar involucrados en:

- Coordinar datos para configuración de estándares.
- Dar servicio en los comités nacionales e internacionales.
- Enlace con muchos organismos científicos, industriales y académicos nacionales.
- Puesta en servicio o realización de una investigación.
- Producir guías sobre el espectro completo de prevención y problemas de control.
- Elaborar y revisar la legislación.

En algunos países, las agencias estatales están financiadas a través de los impuestos generales. En otros, las compañías pagan un impuesto obligatorio para financiar los servicios de salud ocupacional del estado. Los impuestos pueden complementarse mediante honorarios de consultoría descontados para proyectos específicos. En estos países, las consultorías comerciales privadas tienden a ser poco comunes.

21.1.4 Investigación y enseñanza

Las universidades, colegios y organizaciones de investigación proporcionan otra área de empleo para los higienistas ocupacionales. Ellos pueden:

- Llevar a cabo investigación sobre peligros a la salud, técnicas de medición o métodos de control.
- Enseñar cursos de pregrado y posgrado y dar conferencias a los médicos, enfermeras, funcionarios de seguridad, ingenieros, etc. como una materia subsidiaria.
- Realizar investigaciones de higiene ocupacional dentro de la organización y algunas veces externamente como consultores.

La estructura de la carrera de un profesor conferencista, un profesor conferencista senior y un profesor es común para las otras funciones de la universidad y no necesariamente se relaciona con las calificaciones de higiene ocupacional.

21.2 Implicaciones de los higienistas

Estas características diferentes de diversos tipos de servicios de higiene ocupacional tienen un efecto profundo en lo que les gusta trabajar. Los objetivos, la administración y financiamiento de las organizaciones todas imponen restricciones sobre cómo operan, con áreas para considerar incluir la disposición de servicios de los negocios, instalaciones disponibles para proporcionar servicios, oportunidades para el desarrollo y avance y aseguramiento de calidad dentro de la organización.

21.3 El Higienista ocupacional como un Gerente

El concepto de higienista ocupacional como un gerente puede significar cosas diferentes para las diferentes personas. Podría implicar:

- administrar programas de higiene ocupacional – diseñar programas, planear su implementación, realizarlas y monitorearlas;
- manejar un servicio de higiene – ya sea dentro de la compañía o como un consultor con responsabilidad del personal, presupuesto, etc.;
- ser parte de un equipo de administración de la compañía, asesorar a los gerentes de línea sobre materias de higiene ocupacional especializada para cumplir con las necesidades del negocio;

- cambiar de carrera – moverse a un área (como mercadotecnia o administración en línea) con base en la fortaleza de las capacidades adquiridas a través de la práctica como un higienista ocupacional.

Todas éstas son interpretaciones posibles, pero también es posible tener un concepto más amplio del rol de administración del higienista ocupacional.

La efectividad de un higienista ocupacional puede juzgarse mediante el éxito que logre en el mejoramiento del medio ambiente de trabajo. El higienista ocupacional debe luchar para enlistar la cooperación de los trabajadores en el programa de higiene ocupacional, con el apoyo total de la administración y utilizándola para capacitar cualquier otro personal de higiene ocupacional. La efectividad depende parcialmente del conocimiento técnico, pero en su mayoría sobre una habilidad para obtener resultados. Puede involucrar:

- influenciar a los empleados para utilizar las medidas de control suministradas adecuadamente;
- supervisar otro personal de higiene ocupacional para realizarla óptimamente; o
- influenciar a los gerentes para tomar o soportar decisiones.

Obtener resultados de esta manera, a través de las personas, es la ciencia de la administración. Requiere actitudes, conocimiento y habilidades que tradicionalmente no se les enseña a los higienistas ocupacionales.

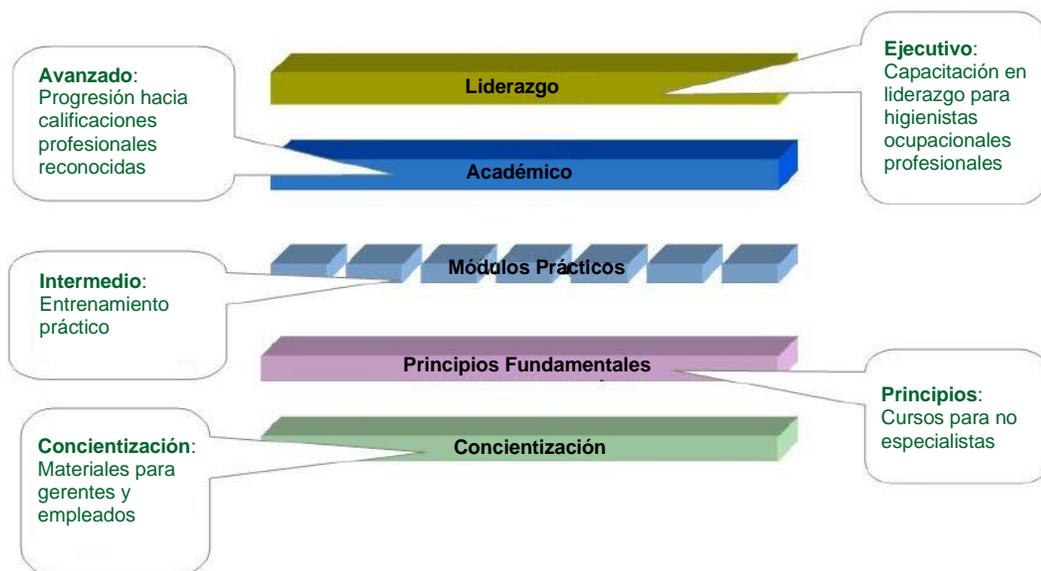
Un gerente de higiene ocupacional tiene una gran influencia en las políticas, la dirección y el desempeño de la empresa. Por lo tanto, la capacidad de administración es un requisito básico para todos los higienistas ocupacionales senior. Las habilidades clave que deben ser dominadas incluyen:

- Habilidades ejecutivas y administrativas tales como establecer objetivos, planeación, supervisión, resolución de problemas, toma de decisiones, administración del tiempo, delegación, presupuestos y auditoría;
- Las habilidades de administración de las personas incluyendo entrevistas de reclutamiento, capacitación y desarrollo del personal, asesoría, entrevistas disciplinarias, construcción del equipo, liderazgo y motivación;
- Las habilidades de comunicación como redactar un informe, realizar presentaciones y hablar en público, manejar reuniones, persuadir (o vender) y negociar.

Se deben utilizar estas habilidades en un contexto de la cultura, procedimientos, estado y planes actuales de la organización. Los higienistas ocupacionales deben planear obtener experiencia en situaciones de administración, como parte del desarrollo de su carrera y/o asistir a capacitación en habilidades de administración. Un ajuste más difícil es el cambio necesario en actitudes. Tradicionalmente los higienistas ocupacionales son asesores imparciales, quienes presentan los hechos a otros para tomar decisiones. Convertirse en un gerente implica estar dispuesto a apropiarse de los problemas. El gerente debe permanecer objetivo, pero los resultados deben estar orientados en lugar de ser imparciales. Los gerentes también deben estar dispuestos a tomar decisiones sobre la base de datos incompletos en lugar de diferir acciones hasta que se complete la prueba científica.

21.4 Desarrollo del Personal

La higiene ocupacional es un tema que ofrece oportunidades para el aprendizaje y desarrollo de toda la vida. No solamente es un reto amplio y técnico, pero surge a través del tiempo creando nuevos campos de conocimiento. Los cursos de enseñanza están disponibles en cinco niveles diferentes (consulte la figura 21.1).



Fuente: Steve Bailey

Figura 21.1 – Necesidades de Educación y Capacitación

Muchos higienistas ocupacionales son el único higienista ocupacional en su organización y pueden sentirse inseguros de la capacitación que requieren o cómo desarrollarse ellos mismos. Hay muchas formas para que los higienistas ocupacionales se mantengan en contacto con sus compañeros profesionales de manera que puedan compartir información y aprender uno del otro.

21.4.1 Unirse a una sociedad

Hay sociedades de higiene ocupacional establecidas en casi 30 países. Puede encontrar los detalles en el sitio web de la Asociación Internacional de Higiene Ocupacional (IOHA – *International Occupational Hygiene Association*); consulte <http://ioha.net> (accedido en febrero de 2016).

Muchas sociedades ofrecen conferencias y reuniones para que los higienistas ocupacionales se junten; con Boletines (Newsletters) y sitios web para ayudar a las personas a estar en contacto. Algunas también ofrecen calificaciones profesionales. Hay 15 países con esquemas de certificación reconocidos por la IOHA, que cubren 9 diferentes idiomas. Los países con esquemas de certificación de Reconocimiento de Acreditación Nacional IOHA son:

- Australia
- Canadá
- Francia
- Alemania
- Hong Kong
- Italia
- Japón
- Malasia
- Los Países Bajos
- Noruega
- Sudáfrica
- Suecia
- Suiza
- Reino Unido
- Estados Unidos

Un sistema global de capacitación y calificaciones para facilitar la transferibilidad de calificaciones entre países fue establecido a través de la Asociación de Capacitación de Higiene Ocupacional (OHTA – *Occupational Hygiene Training Association*) www.ohtatraining.org; accedido en febrero de 2016.

21.4.2 Involucrarse

- Únete a un foro de internet. La mayoría de las asociaciones o institutos grandes los tienen, al igual que las grandes empresas manufactureras.

- Ir a las conferencias y dar presentaciones.
- Asistir u organizar una reunión local.
- Mantenerse actualizado leyendo revistas de higiene ocupacional, como *The Occupational Hygiene Annals*; consulte <http://annhyg.oxfordjournals.org/> (accedido en febrero de 2016) y *The Journal of Occupational and Environmental Hygiene*; consulte <http://www.aiha.org/news-pubs/Pages/JOEH.aspx> (accedido en febrero de 2016).

21.4.3 Construya su red

- Encuentre un individuo con el que pueda mantenerse en contacto, ya sea como un colega o como un mentor.
- Asíciase con una universidad, organización de consultoría o capacitación en su área.

21.5 Ética

La tarea principal de un higienista ocupacional siempre debe ser salvaguardar la salud y bienestar de la fuerza de trabajo. Pero el higienista ocupacional también tiene responsabilidades hacia su empleador, clientes (si el higienista ocupacional es un consultor) y con el público en general. Inevitablemente, entonces, surgirán preguntas éticas. Por ejemplo:

- Se deben proteger los datos de confidencialidad de salud ocupacional personal, aunque los empleadores podrían informar cuáles empleados son los que están en riesgo.
- Puede haber conflictos de lealtad entre las tareas de higienista ocupacional con los empleadores, trabajadores, clientes y la ley.
- Puede haber restricciones sobre la libertad del higienista ocupacional de llevar a cabo sus tareas; por ejemplo, acceso a sitios, equipo disponible, tiempo permitido, nivel de personal de soporte.
- El uso de personal junior para el trabajo de campo puede dar pie a preguntas sobre la adecuación de la supervisión.
- Las prácticas de publicidad y venta de consultorías pueden requerir estar sujetas a restricciones éticas.

Los organismos profesionales tendrán un Código de Ética redactado para asegurar que estos asuntos sean tratados por la profesión con responsabilidad y consistentemente. Los estándares de conducta son tan rigurosos como los requeridos por otras disciplinas profesionales como medicina y leyes. Los miembros están obligados a cumplir con el Código y pueden estar sujetos a acciones disciplinarias y posiblemente expulsión si no lo hacen.

Bajo un código de ética, la tarea principal de los empleados se puede complementar mediante una serie de deberes subordinados, por ejemplo:

Para los empleados/clientes

- Mantener confidencial toda la información sobre sus operaciones o procesos.
- Asesorar honestamente, con responsabilidad y competentemente.

Para la fuerza de trabajo

- Mantener una actitud objetiva hacia los riesgos a la salud.
- Utilizar la información obtenida únicamente para propósitos de higiene ocupacional y para el beneficio de la fuerza de trabajo.

Para el público en general

- Mantener una actitud objetiva hacia los asuntos de interés público.
- Limitarse a asuntos sobre los que pueden hablar con autoridad, distinguiéndolos entre los hechos aceptados y la opinión informada.

A otros profesionales

- Mantener los niveles más altos de integridad y competencia profesional.
- Respetar a otros profesionales y evitar conflictos cuando sea posible.

Además, los higienistas consultores tienen algunas responsabilidades especiales:

- Informar a su cliente de cualquier interés o empleo que pudiera comprometer su independencia.
- No trabajar para más de un cliente simultáneamente en el mismo asunto.
- No aceptar pagos ni regalo de terceros.
- No solicitar inadecuadamente trabajo; por ejemplo, ofreciendo incentivos financieros o cuestionando la capacidad de otro consultor.

REFERENCIAS

ACGIH 2001, *Documentación sobre los Valores de Límite del Umbral e Índices de Exposición Biológica*, 7ª edición. Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales Inc.

ACGIH 2015, 'TLV y BEI 2015 Basados en la Documentación de los Valores de Límite del Umbral para Sustancias Químicas y Agentes Físicos e Índices de Exposición Biológica', Cincinnati, EUA

AIOH 2013, *Principios de salud e higiene ocupacional: una introducción*, Allen & Unwin.

Brake, DJ & Bates, GP 2002, 'Limitar la tasa metabólica (límite de trabajo térmico) como un índice del estrés térmico', *Higiene ocupacional y ambiental aplicada*, vol. 17, no. 3, pp. 176-86.

DiCorleto, R, Firth, I & Mate, J 2013, 'Una guía para Manejar el Estrés por Calor: Desarrollado para el Uso en el Medio Ambiente Australiano', *Instituto Australiano de Higienistas Ocupacionales AIOH*.

Doi, K, Ohno, T, Kurahasi, M & Kuroshima, A 1979, 'Termorreguladores no emisores termogénesis en hombres, con referencia especial al metabolismo lipídico', *La Revista de Fisiología Japonesa*, vol. 29, no. 4, pp. 359-72.

Forouzanfar, MH, Alexander, L, Anderson, HR, Bachman, VF, Biryukov, S, Brauer, M, Burnett, R, Casey, D, Coates, MM & Cohen, A 2015, 'Una evaluación de riesgos comparativa global, regional y nacional 2015 de 79 riesgos conductuales, ambientales y ocupacionales y metabólicos, o grupos de riesgo en 188 países, 1990–2013: un análisis sistemático para la Carga Global del Estudio de Enfermedades 2013', *The lancet*, vol. 386, no. 10010, pp. 2287-323.

Ejecutivo de Salud y Seguridad *COSHH Essentials*, accedido el 3 de octubre de 2015, <http://www.hse.gov.uk/coshh/essentials/index.htm>

Encuestas del Ejecutivo de Salud y Seguridad, accedido el 3 de octubre de 2015, <http://www.hse.gov.uk/stress/standards/step2/surveys.htm>

Hirst, A, Morgan, L & Semple, S 2011, *Escritura del informe claro y conciso: guía para higienistas ocupacionales*, Sociedad Británica de Higiene Ocupacional, Pride Park, Derby, <http://www.bohs.org/library/technical-publications/>.

Organización de Mano de Obra Internacional 2006, *Estuche de Herramientas de Control Químico Internacional*, accedido el 3 de octubre de 2015, http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/index.htm

ISO 1995, *ISO 7708 Calidad del Aire – Definiciones de la fracción del tamaño de partículas para muestreo relacionado con la salud*, Organización Internacional de Estandarización, Suiza.

ISO 2004a, *ISO 7933 Ergonomía de Medio Ambiente Térmico – Determinación Analítica e Interpretación del Estrés por Calor mediante el Cálculo de la predicción Tensión por Calor*, Organización Internacional de Estandarización, Ginebra.

ISO 2004b, *ISO 9886: Ergonomía – Evaluación del estrés térmico mediante mediciones fisiológicas*, Organización Internacional de Estandarización.

ISO2005, *Ergonomía del medio ambiente térmico – Determinación e interpretación analítica de la comodidad térmica utilizando el cálculo de los índices PMV y PPD y del criterio de comodidad térmica local*, Organización Internacional de Estandarización, Ginebra.

OSHA 2015, *Nanotecnología*

https://www.osha.gov/dsg/nanotechnology/nanotech_healtheffects.html

Prüss-Üstün, A & Corvalán, C 2006, *Evitar enfermedades a través de ambientes saludables*, Organización Mundial de la Salud Ginebra, Suiza.

Punnett, L, Prüss-Ütün, A, Nelson, DI, Fingerhut, MA, Leigh, J, Tak, S & Phillips, S 2005, 'Estimar la carga global del dolor de la espalda baja atribuible a exposiciones ocupacionales combinadas', *Revista americana de medicina industrial*, vol. 48, no. 6, pp. 459-69.

Trabajo Seguro Australia 2009, *Evaluación de Peligros de Seguridad Potencial (Fisioquímica) Asociada con el Uso de Nano materiales*, diseñados por Toxikos.

Trabajo Seguro Australia 2011, *Código de Prácticas de Tareas Manuales Peligrosas*, Trabajo Seguro Australia 2011

Takala, J, Hämäläinen, P, Saarela, KL, Yun, LY, Manickam, K, Jin, TW, Heng, P, Tjong, C, Kheng, LG & Lim, S 2014, 'Estimados globales de la carga de lesiones y enfermedades en el trabajo en el 2012', *Revista de higiene ocupacional y ambiental*, vol. 11, no. 5, pp. 326-37.