

# FACTORES O AGENTES QUE AFECTAN LA SALUD

**Objetivo.** Al término de este tema, los lectores identificarán las propiedades físicas, químicas, biológicas, ergonómicas y psicosociales de los agentes de riesgo, así como las técnicas para su cuantificación y la clasificación de las enfermedades profesionales que éstas generan.

## 6.1. Exposición al riesgo

La salud es el equilibrio que debe existir entre el hombre, su medio ambiente y los agentes existentes en él, y se define no sólo como la ausencia de enfermedad sino como el más completo estado de bienestar físico, psíquico y social.

Dentro de la conservación de la salud y la higiene tiene una importancia de primer orden y ha sido definida como la ciencia de la salud que dicta reglas e implica una disciplina tendiente a la prevención de las enfermedades, manteniendo el buen estado físico y mental del hombre.

Por todo ello es necesario conocer lo referente a los agentes contaminantes derivados del progreso de trabajo, de las condiciones en que se realizan las actividades y del medio ambiente en que laboran los trabajadores, entendiéndose por "agentes" un ente que en determinadas circunstancias puede ser capaz de producir un daño al organismo de los trabajadores

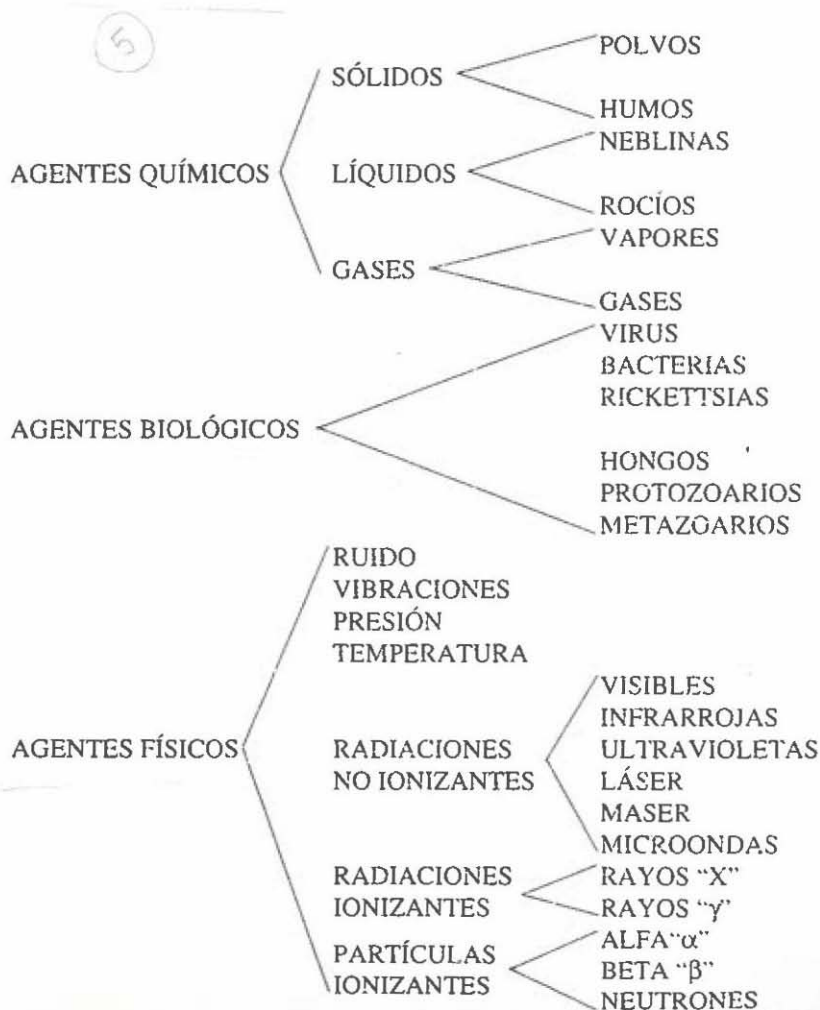
Estos factores o agentes son múltiples pero, en general, pueden dividirse en tres grupos:

- Según el agente causal, emanado del proceso de trabajo.
- Conforme a los factores relacionados con las condiciones bajo las cuales el individuo realiza sus actividades.
- Los que se derivan del ambiente en el cual se encuentra el trabajador.

De la combinación de estos tres grupos de factores se originan las causas específicas que dan lugar a las enfermedades del trabajo; empero, a continuación se exponen los principales factores que influyen en cada uno de ellos .

Los agentes contaminantes (factores del medio exterior que ejercen acción sobre el funcionamiento normal del organismo) que pueden producir enfermedades de trabajo, se dividen en cinco clases, según se ilustra en la figura siguiente:

### 6.1.1. Clasificación de agentes



AGENTES ERGONÓMICOS, AGENTES PSICOSOCIALES.

## 6.2. Agentes físicos

Se reconocen todos aquellos en los que el ambiente normal cambia, rompiéndose el equilibrio entre el organismo y su medio. Se citan defectos de iluminación, calor o frío extremos, ruido y humedad excesivos; manejo de corriente eléctrica, exceso o defecto de presión atmosférica, presencia de polvos en la atmósfera, radioactividad, etc. Estas situaciones anormales traen como consecuencia repercusiones en la salud. Ejemplos: disminución de la agudeza visual, ceguera, alteraciones del sistema termorregulador del cuerpo, vasodilatación periférica o vasoconstricción, vértigo de Meniere o mal de montaña causado por el enrarecimiento del aire y la disminución de la presión atmosférica; trauma acústico, sorderas profesionales, neurosis por ruidos, etcétera.

Entonces, los agentes físicos actúan en el individuo produciendo alteración por efecto de sus características físicas, y son:

- Temperaturas elevadas y abatidas.
- Presión.
- Ruido y vibraciones.
- Radiación.

*6.2.1. Temperaturas elevadas y/o abatidas.* Calor, su naturaleza y su transmisión: el cuerpo transmite calor con el medio ambiente por:

Radiación, convección, conducción y evaporación. Que junto con la generación de calor metabólico del organismo, producirán el balance energético que permitirá al cuerpo mantener la temperatura corporal dentro del rango de confort preestablecido (36.5° C).

Calor metabólico: Normalmente la fuente que tiene mayor ganancia de calor es el metabolismo; no es siempre lo más correcto igualar metabolismo con producción de calor, ya que la energía metabólica es convertida en trabajo con un grado de eficiencia variable, por lo que la expresión más exacta es: calor metabólico o calor de metabolismo.

La eficiencia del metabolismo es proporcional al porcentaje de energía no calórica disponible por el cuerpo. A continuación se tiene una tabla con diferentes valores y actividades.

VALORES DEL CALOR METABÓLICO

Actividad	BTU/h
Durmiendo	250
Sentado en reposo	400
Sentado con movimiento moderado de brazos y tronco	450-550
Sentado con movimiento moderado de brazos y piernas	550-650
Trabajando de pie ligeramente en máquina y caminando lentamente	650-750
Trabajo moderado caminando y empujando o levantando cargas livianas	1000-1400
Trabajando intermitentemente cargando o empujando	1500-2000
Trabajo fuerte	2000-2400

Factores que afectan el metabolismo:

- a) La talla del cuerpo.
- b) La razón básica metabólica.
- c) El crecimiento o desarrollo.
- d) La alimentación.
- e) Los ejercicios musculares.
- f) La temperatura ambiente.
- g) Las temperaturas excesivas.

**Radiación:** Una de las formas de transmisión del calor que se produce en la superficie del cuerpo, está en función de las temperaturas y naturaleza de las superficies radiantes. La radiación del cuerpo a superficies más frías, ocurre en la región infrarroja del espectro; dentro de éste rango, la piel es un perfecto radiador.

**Convección:** Se puede aumentar a la definición clásica de convección, que ésta es una vía importante de redistribución de calor dentro del cuerpo a través de la circulación sanguínea y se enmarcarían dos propósitos fundamentales:

- ✓ a) Llevar el calor metabólico a la superficie del cuerpo, donde se disipará.
- ✓ b) Transportar con rapidez el calor desde los tejidos activos, es decir: músculos, corazón, hígado y otros.

**Evaporación:** Puede señalarse que, aunque no exista el sudor, siempre se tendrá una pérdida continua de calor en forma de vapor de agua a través del cuerpo. Se tienen dos fuentes de pérdida de calor en forma de vapor de agua:

- a) Aire exalado.
- b) Por difusión a través de la piel.

Se ha demostrado que la transmisión de calor entre el cuerpo humano y el ambiente depende de manera fundamental de los siguientes factores físicos externos:

- a) Temperatura del aire.
- b) Temperatura de radiación.
- c) Humedad del aire.
- d) Velocidad del aire.

**Evaluación de factores ambientales:** Del análisis de los diferentes factores ambientales que afectan la transmisión de calor se han desarrollado varios índices compuestos que logran demostrar los efectos de esos factores sobre el humano y que caracterizan numéricamente esas incidencias.

Índice por temperatura efectiva: Es un índice arbitrario que combina en un valor simple el efecto de la temperatura, la humedad y la velocidad del aire, bajo la sensación calurosa o fría del cuerpo humano. Este valor numérico es el valor de temperatura de un aire en calma y saturado, que produciría la misma sensación que bajo las condiciones analizadas.

Respuesta y comportamiento humano: Las respuestas a los valores anormales de temperaturas que inciden sobre el cuerpo se pueden observar en la disminución de:

- a) Las posibilidades de trabajo físico.
- b) Las actividades psicométricas.
- c) Las actividades mentales.

Estas consecuencias inmediatas están acompañadas por determinados síntomas fisiológicos, tales como:

- a) Aumento de la frecuencia cardíaca.
- b) Contracción y dilatación de los vasos sanguíneos.
- c) Disminución de la tensión muscular.
- d) Incremento del ritmo respiratorio.
- e) Reacción sudorífica.
- f) Incremento de la temperatura corporal.

Valores umbrales límites para la exposición a temperaturas elevadas  
(valores en ° C temperatura de bulbo húmedo).

Régimen de trabajo	Tipo de trabajo		
	Ligero	Moderado	Pesado
Trabajo y descanso			
Trabajo continuo	30.0	26.7	25.0
75% exposición 25% recuperación	30.6	28.0	25.9
50% exposición 50% recuperación	31.4	29.4	27.9
25% exposición 75% recuperación	32.2	31.1	30.0

Control de la temperatura y la humedad: Se recomiendan algunas de las acciones siguientes como elemento de posibles soluciones:

- a) Selección del personal.
- b) Aclimatación.

- c) Programación de trabajos con tiempo de reposo.
- d) Rotación del personal.
- e) Modificaciones de métodos de trabajo.
- f) Hidratación.

### 6.2.2. Presión

6.2.2.1. Causas y efectos de la exposición a presiones anormales. Las presiones atmosféricas superiores a las que existen a nivel del mar se encuentran tanto en ambientes terrestres como marítimos. La presión atmosférica a nivel del mar es de 1033 g/cm<sup>2</sup> (14.7 libras por pulgada cuadrada), lo cual equivale a una atmósfera absoluta (ata).

Se producen exposiciones ocupacionales a exceso de presión atmosférica en operaciones en galerías de minas (túneles); de igual manera, se encuentra en ambientes acuáticos, los buzos que trabajan bajo el agua tanto por retención de la respiración durante el buceo, como por respirar aire de un respirador subacuático portátil (scuba del inglés), o por respirar mezclas gaseosas que proporcionan desde la superficie mediante compresión, aunque los buzos profesionales se sumergen por lo general a profundidades superiores a los 100 m de profundidad.

#### 6.2.2.2. Accidentes y su prevención

a) *Barotrauma*. El hombre puede soportar enormes aumentos de presión por encima de lo normal en la medida en que haya libre acceso de aire a todas las superficies corporales, incluso los pulmones, las cavidades paranasales y el oído medio. la distribución desigual de la presión puede dar lugar al barotrauma, que es probablemente la enfermedad ocupacional más frecuente entre las personas que trabajan en ambientes de alta presión. El barotrauma del oído medio (aerotitis media) es frecuente en los buzos y la obstrucción de la trompa de Eustaquio.

b) *Enfisema pulmonar*. Durante el ascenso desde aguas profundas, o durante la descompresión en cámaras cerradas, puede ocurrir el efecto contrario a la compresión pulmonar, es decir expansión del aire en los pulmones.

c) *Neumotórax*. Ocurre un neumotórax cuando el aire que se conserva en los pulmones sin despresurizar rompe la membrana alveolar, éste buscará una salida hasta llegar a las pleuras pulmonares que son dos: una interior que rodea a los pulmones y se llama pleura visceral y otra exterior que envuelve a la interior formando un espacio virtual entre las dos. La exterior se llama pleura parental, al llegar el aire entre las pleuras aumenta el espacio real presionando los pulmones.

d) *Aeroembolia*. Se produce cuando los alvéolos pulmonares estallan y el aire a alta presión que había en ellos buscará una salida y la encontrará a través de los capilares para llegar al torrente sanguíneo el cual llevará a la bur-

buja de aire hasta ocasionar un taponamiento. Si este taponamiento ocurre en el cerebro producirá una aeroembolia que puede ser mortal.

e) *Bends, enfermedad de la descompresión.* Rebasar la cantidad de nitrógeno absorbido por los tejidos del cuerpo humano, el nitrógeno es muy soluble en grasas, en proporción de 5 a 1

Saturación de líquidos por gases. Principio de HALDANE: El tejido humano, puede soportar una determinada presión y no tener problemas, siempre y cuando esta presión no disminuya repentinamente a un valor menor de la mitad de la presión a la que estaba expuesto.

*Síntomas:*

- Mirada vidriosa.
- Paso tambaleante.
- Saliva con sangre.
- Dificultad en la respiración.
- Desmayo.
- Sangre en nariz y/u oídos.

*De la nitrogenación:* Los síntomas de la nitrogenación se pueden presentar en diferentes etapas, que pueden ser:

1. Comezón.
2. Inestabilidad o pérdida del equilibrio.
3. Contorsiones en brazos y piernas.
4. Paros respiratorios o cardíacos.

Estos síntomas se presentan intempestivamente, paulatinamente o pueden presentarse hasta 24 horas después, dependiendo del tamaño de las burbujas de nitrógeno contenidas en el torrente sanguíneo.

### 6.2.3. Ruido y vibraciones

6.2.3.1. *Ruido.* Se define como una forma de energía vibratoria que se capta en los oídos y se registra en el cerebro. Posee tres características básicas que son:

— Intensidad sonora.

$$I = p^2/\rho c. = \text{watt/m}^2.$$

La intensidad mínima audible es de  $10^{-12}$  w/m<sup>2</sup>.

La intensidad del umbral de dolor es de 1 w/m<sup>2</sup>.

— Potencia sonora.

w = potencia sonora en watt.

La potencia mínima audible es de  $10^{-12}$  watts.

La potencia del umbral del dolor es de 1 watt.

— Presión sonora.

Se establece en pascales.

La presión sonora mínima audible es de  $20 \times 10^{-6}$  Pa.

La presión sonora del umbral al dolor es de 20 Pa.

Cuya característica principal es: para que las variaciones de presión puedan producir sensación auditiva es necesario que se generen rápido y en un orden de 20 a 20 000 veces por segundo, así podemos definir el campo de la audición para ruidos y se ubica en frecuencias que oscilan entre los 20 y 20 000 Hz.

Si pretendemos emplear unidades entre los límites establecidos de la presión mínima audible y la presión del umbral al dolor tendríamos que movernos en una escala de un 1 000 000 de unidades, por lo que esto ha traído como consecuencia el uso de una escala logarítmica que emplea como unidad el decibel (dB) y equivale a:

$$\text{dB} = 20 \log \frac{P_{\text{existente}}}{P_{\text{referencia}} (\text{min. audible})}$$

Así la presión correspondiente al umbral del dolor será:

$$\text{dB} = 10 \log \frac{20}{20 \times 10^{-5}} = 20 \log 10^6 = 120 \text{ dB}$$

El oído humano funciona haciendo una multitud de ajustes y registros instantáneos; sin embargo, por ser un sistema mecánico sus respuestas de protección son o resultan difíciles. En la figura siguiente se muestra la mecánica de cómo llega el sonido hasta el cerebro.



Cuando se habla de ruido como contaminante laboral, éste se define como la percepción acústica que llega a crear en las personas estado de tensión nerviosa, desagrado, molestia que les puede causar la pérdida parcial o total de su capacidad auditiva.

Es importante establecer que todos los sonidos dentro de un mismo medio se desplazan a velocidad constante. Así en el aire a condiciones normales de presión y temperatura será de 340 m/s a 4500 m/s, al chocar las ondas del sonido con los distintos cuerpos se reflejan, se absorben, se fracturan, etc. Aun tomando en cuenta esta consideración, podemos establecer la tabla siguiente de valores aproximados de ruidos:

<i>Tipos de ruido</i>	<i>Db</i>
Hojas en el aire	10
Calle sin tránsito	30
Ruidos nocturnos	40
Automóvil a 10 m	50
Interior de almacén comercial	60
Calle con tránsito intenso	70
Conversación a 1 m	70
Taladro neumático a 3 m	90
Remachado a 10 m	100
Radio de 10 w a 3 m	110

Para poder realizar una medición de ruido debemos recordar que el oído humano capta sonidos entre frecuencias de 20 a 20 000 Hz por lo que se puede dividir en partes del campo de la audición: en bandas de octava, media octava y tercia de octava.

Octava es el intervalo comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble valor de la primera.

Frecuencias preferentes según norma UNE:

Para  $\frac{1}{8}$  son:

31.5, 63, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000 Hz;

Para  $\frac{1}{3}$  de 8va:

100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000, 5 000 Hz.

Existen cuatro factores de primer orden que determinan el riesgo de pérdida auditiva:

- El nivel de la presión sonora. Éste es primordial ya que a mayor presión sonora mayor daño auditivo, aunque la relación entre ambas no es una relación lineal.
- El tipo de ruido dependerá de la frecuencia en que se presente, así como también si es estable, intermitente, fluctuante o de impacto; en general, el ruido continuo se tolera mejor que el discontinuo. Cuando el ruido se presenta en frecuencias superiores a 500 Hz., presenta mayor daño que a frecuencias bajas.

Los ruidos de impacto, cuando llegan a alcanzar los 140 dB., pueden causar trauma sonoro.

c) El tiempo de exposición se analiza desde dos puntos de vista: Hr/día u Hr/semana de acuerdo a la norma NIOSH correspondiente.

t Hr.	ISO R-1999 (dB.)	OSHA (dB.)	NIOSH (dB.)
8	90	90	85
4	93	95	90
2	96	100	95
1	99	105	100
0.5	102	110	105
0.25	105	115	110
0.125	108	120	115

*de los de hecho*  
Los monitoreos de ruido se efectúan con aparatos llamados sonómetros que poseen un selector que envía el impulso de ruido sobre una frecuencia única para poder registrarlo.

La exploración de un área ruidosa se efectúa trazando una cuadrícula dentro del área tomando el centro en cada cuadro, para reproducirlas gráficamente y obtener líneas isosónicas.

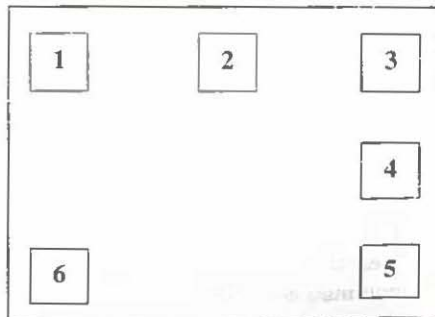
Simplificando la ecuación tenemos que para establecer el valor de ruido que producen dos máquinas, en donde la primera genera 80 dB y la segunda 90 dB en el mismo espacio:

$$dB = 10 \log (10^8 + 10^9) = 10 \log 1.1 \times 10^9 = 90.4139 \text{ dB.}$$

Así, cuando en un local tenemos la siguiente distribución de maquinaria generando cada una los correspondientes valores de ruido, ¿cuál será el valor total del local?

1. 84 dB.
2. 87 dB.
3. 90 dB.
4. 91 dB.
5. 87 dB.
6. 81 dB.

**dB = 95.6 en el área.**



(Este tema fue tomado del *Manual de Higiene Industrial Fundación Mapfre.*)

6.2.3.2. Vibraciones. En los procesos industriales es frecuente encontrar focos que generen, simultáneamente, ruido y vibraciones. Los efectos que pueden causar a los trabajadores expuestos son totalmente diferentes. En el caso del ruido, como ya se ha visto, su principal acción lesiva es sobre el oído, provocando la sordera; en el caso de las vibraciones, éstas afectarán zonas más extensas del cuerpo, incluso a su totalidad, originando respuestas inespecíficas en la mayoría de los casos.

Se dice que un cuerpo vibra cuando sus partículas se hallan inmersas de un movimiento oscilatorio respecto de una población de equilibrio, o referencia.

El cuerpo es un sistema biológico y físico muy complejo. Si se asimila a un modelo mecánico es un compendio de elementos lineales y no lineales, diferentes para cada persona

Los efectos producidos por la acción de las vibraciones sobre el organismo dependen de:

Zona afectada del cuerpo

- cuerpo en su totalidad
- parte del cuerpo, la más conocida mano - brazo

Características físicas del entorno vibracional

- dirección
- frecuencia
- amplitud

Tiempo de exposición y su reparto

- Con respecto al tiempo distinguiremos exposiciones breves y de larga duración.
- Con respecto a su reparto tendremos continuas e intermitentes.

Naturaleza de la actividad industrial y de la población. Entre estos sectores más afectados son el metalúrgico, la industria extractiva, la fundición, los astilleros, el calzado y la generación de energía eléctrica, así como el transporte aéreo.

*Evaluación de la exposición humana a las vibraciones.* Existen diversas normas referentes a la exposición humana a vibraciones : ISO, ACGIH, AFNOR, DIN y la NOM, etcétera.

*Métodos y equipos de medición.* Una correcta evaluación requerirá que los niveles de vibración se midan justo en el punto por donde van a transmitirse al cuerpo.

Para ello se utilizan los acelerómetros. Con estos sistemas pueden evaluarse las señales recibidas según dos métodos.

- Ponderación de frecuencias.
- Análisis de frecuencias.

*Equipos de medición.* Existe una gran variedad de sistemas, desde los puramente mecánicos a los integrados por sistemas mecánicos, eléctricos y ópticos.

Lo más frecuente es que estén compuestos por:

- Un transductor que transforme la energía mecánica en señal eléctrica.
- Un preamplificador, que aumentará la señal recibida convenientemente.
- Un analizador de frecuencia, en bandas de octava o de 1/3 octava.
- Un medidor, calibrado en unidades vibratorias.

(Este tema fue tomado del *Manual de Higiene Industrial Fundación Mapfre.*)

#### 6.2.4. Radiaciones

6.2.4.1. *Radiación.* Es la emisión de ondas o partículas que se propagan en el vacío o en un medio cualquiera por una fuente. Generalmente cuando hablamos de radiaciones nos referimos a las radiaciones electromagnéticas. (*Diccionario Enciclopédico Salvat*, vol. 22, p. 3143.)

*Radiaciones electromagnéticas.* Pueden describirse en función de campos eléctricos y magnéticos que varían en el tiempo y se mueven en el espacio según patrones que semejan ondas transversales entre sí. Forman ángulos rectos en la dirección de la propagación (Criterios de Salud Ambiental 16, Radiofrecuencias y microondas, Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud, Publicación Científica No. 362, Washington, 1984).

6.2.4.2. *Características.* Las características de las radiaciones electromagnéticas son:

- Frecuencia ( $\nu$ ). Número de oscilaciones por unidad de tiempo. Sus unidades son ciclos/segundo o Hertz (Hz).
- Longitud de onda ( $\lambda$ ). Es la distancia entre dos puntos en fase de ondas adyacentes. Unidades de longitud (metros).
- Energía E: es proporcional a la frecuencia. Unidades electrón voltio.

La frecuencia y la longitud de onda están relacionadas y determinan las características de la radiación magnética. A mayor longitud de onda menor energía.

Las radiaciones electromagnéticas forman el espectro electromagnético, el cual abarca desde las radiaciones de gran energía, con frecuencias elevadas y longitudes de onda corta a radiaciones, con frecuencias bajas y longitudes de onda mayores.

6.2.4.3. *Clasificación.* En función a los valores de las longitudes de onda y de frecuencias las radiaciones se clasifican en :

6.2.4.4. *Radiaciones no ionizantes (RNI).* Son consideradas de baja energía, la cual está determinada por su longitud de onda creciente y la frecuencia decre-

ciente. Estas se localizan en la zona de menor energía en el espectro electromagnético. No producen ionización.

6.2.4.4. *Radiaciones ionizantes (RI)*. Son aquellas radiaciones con gran capacidad de penetración en el cuerpo humano debido a su origen y su alto poder energético, el cual está dado por su alta frecuencia y corta longitud de onda.

Las diferencias entre ambas radiaciones son:

- Su origen.
- La cantidad de energía.
- La capacidad de penetración en la materia.
- La capacidad de incorporar o perder electrones de los átomos o moléculas de la materia (ionización).

Dentro de la región del espectro electromagnético de baja frecuencia correspondiente a la radiación no ionizante, a continuación en la tabla de la página siguiente se muestran las radiaciones, los valores y fuentes que conforman dicha región.

Dentro de los efectos biológicos que éstas producen están las del tipo térmico y fotoquímico principalmente.

La radiación visible afecta principalmente al ojo humano, debido al alto nivel de brillo, produciendo pérdida de agudeza visual y fatiga ocular.

Las radiaciones ionizantes son consideradas de alto riesgo debido a que son capaces de dañar o destruir organismos y tejidos vivos; sin embargo, estos se utilizan como medios de diagnóstico en medicina y como tratamiento en ciertas formas de cáncer.

Estas radiaciones se forman como consecuencia de la desintegración natural de átomos de alto peso atómico, produciendo el fenómeno de radioactividad y en aparatos como los tubos al vacío los cuales producen rayos X. Ambos casos tienen interés para fines de seguridad por lo que haremos referencia de cada uno para señalar algunas bases de prevención contra las radiaciones que producen.

*Radioactividad.* Es un fenómeno natural o provocado, caracterizado por la transformación espontánea de un núcleo atómico en otro, acompañado de la emisión de partículas y radiaciones electromagnéticas. Las partículas emitidas en la desintegración se denominan rayos alfa y rayos beta, la onda electromagnética constituye los rayos gama.

La radioactividad natural es producida por la ionización de los átomos de alto peso.

La radioactividad artificial es inducida por medio de bombardeos a los núcleos de los átomos de menores pesos.

<i>Radiaciones</i>	<i>Longitud de onda</i>	<i>Fuente</i>
Ultra Violeta	100-380 nm	Natural: El sol. Trabajos a la intemperie. Artificial: Procesos industriales en los que se utilizan germicidas, de fototerapia, solares UV-A, arcos de soldadura y corte, fotocopiadoras.
Visible	380-750 nm	Son de origen natural o artificial: tipo incandescente (lámparas y cuerpos incandescentes y arcos de soldadura) o de descarga de gases, tubos de neón, fluorescentes, antorchas de plasma, etc.
Infrarroja	750-10 <sup>6</sup> nm	Cualquier superficie que está a temperatura superior al receptor. Origen natural: el sol; origen artificial: cuerpos incandescentes y superficies muy calientes, las llamas, lámparas incandescentes, fluorescentes o descargas de alta intensidad, etc.
Láser	200-10 <sup>6</sup> nm	Dispositivos construidos para producir o amplificar radiación electromagnética en el intervalo antes mencionado esencialmente por el fenómeno de emisión estimulada.
Microondas	10 <sup>6</sup> -10 <sup>9</sup> nm	Se produce de forma natural, principalmente por la electricidad atmosférica que es estática, no obstante la intensidad es muy baja.
Radio-frecuencias	1-3 m	Artificialmente las fuentes pueden clasificarse: instalaciones deliberadas (estaciones radioemisoras de radio y televisión, instalaciones de radar y sistemas de radiocomunicaciones) y fuentes de radiación incidental (hornos de microondas y los equipos de MO y RF usados en procesos como soldadura, fusión, esterilización, etc.)

Unidades de radiactividad:

*Curie*. Es la cantidad de  $3.7 \times 10^{10}$  desintegraciones por segundo.

*Rutherford*. Es la cantidad de  $10^6$  desintegraciones por segundo.

Unidades de medición de la emisión de radiaciones:

*Roentgens*. Es la cantidad de radiación que produce una unidad electrostática de carga eléctrica en un centímetro cúbico de aire. La energía que re-

presenta dicha carga es de 83.7 ergios. Esta cantidad de radiación produce como energía también 93 ergios por gramo en el agua, 40 en la grasa y 900 en el hueso.

La tabla siguiente presenta la fuente, tipo de radiación, penetración y longitud de onda, de las radiaciones consideradas ionizantes.

<i>Radiación</i>	<i>Longitud de onda</i>	<i>Fuente</i>	<i>Penetración</i>
Partículas alfa	Pequeña longitud de onda	Emisión de onda electromagnética por un núcleo radiactivo	Muy escaso poder de penetración
Partículas beta		Electrones que provienen del núcleo	Escaso poder de penetración
Rayos gamma	0.25-0.001 angstrom	Onda electromagnética por un núcleo radiactivo	Alto poder de penetración
Rayos X	0.05-10 angstrom	Como consecuencia del choque de electrones acelerados sobre material de número atómico elevado	Alto poder de penetración

#### 6.2.4.6. Efectos biológicos de las radiaciones

- Produce daños por ionización de moléculas de agua y grasas en los cuerpos que penetran.
- Alteración de los tejidos vivos.
- El daño no es inmediato.
- Afectan los tejidos vivos reproductores principalmente, por lo que pueden traer deformaciones en los descendientes formados a partir de ellos.

Las vías de entrada pueden ser por la ingestión, la inhalación y la absorción por la piel, de polvos, gases o vapores radiactivados y formar dentro del organismo una fuente de radiaciones.

6.2.4.7. *Dosis máximas permisibles.* Las dosis se determinan por su medición en Rems, establecidas por las Normas Oficiales de Seguridad.

6.2.4.8. *Medición de las radiaciones.* La medición de las radiaciones pueden realizarse en el ambiente o en las personas. El equipo utilizado dependerá del tipo de emisión de que se trate.

Dentro de los aparatos utilizados tenemos:

<i>De área</i>	<i>Personales</i>
— Detectores de centelleo	— Cámaras de ionización de bolsillo
— Contadores Geiger Müller	— Dosímetros de película
— Detectores con cristales	— Dosímetros termoluminiscentes
— Desintegración del átomo	

6.2.4.9. *Iluminación.* La iluminación es un factor esencial que tiene como función la de facilitar la visualización de las cosas, de modo que permita realizar el trabajo en condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad y consecuentemente evitar fatiga ocular.

La luz es una forma visible de energía radiante. La energía visible es una porción sumamente pequeña del espectro electromagnético, comprendida entre 380 nanómetros a 750 nanómetros y el ojo sólo responde a la energía que está dentro del espectro visible. El color de la luz se determina por su longitud de onda.

*Características y medidas.* La luz es emitida por una fuente natural o artificial, con una intensidad definida, que produce o irradia un flujo luminoso en todas direcciones ocasionando una iluminación determinada en cada área, que dependerá de la distancia a la que se localice la fuente.

*Intensidad luminosa:* (I) Se define como el flujo emitido en un ángulo sólido en una dirección dada. Su unidad, la candela, equivale a la sesentava parte de la intensidad luminosa provocada por 1 cm<sup>2</sup> de un cuerpo negro a la temperatura de fusión del platino (2.04°K). Es una propiedad característica de una fuente de luz.

*Flujo luminoso:* (F) Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa y, por tanto, es una de las propiedades intrínsecas de la fuente. Su unidad es el lumen y equivale al flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente luminosa de intensidad unidad (candela).

*Iluminancia (efecto útil de la luz):* (E) Es el flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad es el lux, equivale al flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado.

*Luminancia:* (L) Es el flujo reflejado por los cuerpos, o el flujo emitido si un objeto se considera fuente de luz. Unidades candela o lumen por unidad de superficie.

*Rendimiento luminoso:* (h) Mide la cantidad de energía que se convierte en luz en relación con la energía total consumida.

*Reflectancia:* ( $r$ ) Se define como la relación de la iluminación que una superficie refleja (luminancia) en relación con la que recibe.

*Reflexión:* Se produce cuando una superficie lisa y brillante devuelve la luz que incide sobre ella.

*Refracción:* Existe cuando cambia la dirección de los rayos luminosos al pasar de un medio a otro de diferente densidad.

*Absorción:* Al producirse la reflexión de la luz, no todo el flujo luminoso que incide sobre los cuerpos se refleja; una parte de este flujo luminoso queda absorbido en mayor o menor proporción, dependiendo de los materiales componentes de cada cuerpo.

*Transmisión:* Al pasar los rayos luminosos a través de los cuerpos transparentes o traslúcidos, se dice que estos rayos han sido transmitidos.

*Difusión:* Debido a la rugosidad de la superficie que refleja o, en su caso, transmite el flujo luminoso, éste se esparce en todas direcciones en el espacio.

*Factores que afectan la calidad de la iluminación.* Entre los fenómenos que se habrán de cuidar en la iluminación están:

- El deslumbramiento, ocasionado por el brillo de la fuente, el tamaño, la posición de la fuente, contraste del brillo y tiempo de exposición.
- La producción de sombras, ya que éstos pueden ocasionar riesgos de trabajo debido a los efectos que produce.
- El color de la fuente.

*Sistemas de iluminación.* Son las diferentes formas de distribuir el flujo luminoso, por encima o por debajo de la horizontal, el cual está determinado por una curva de distribución luminosa.

<i>Sistemas de iluminación</i>		
<i>Tipo</i>	<i>Distribución del flujo luminoso en %</i>	
	<i>Hacia arriba</i>	<i>Hacia abajo</i>
Indirecta	90-100	10-0
Semiindirecta	60-90	40-10
General difusa	40-60	60-40
Semiindirecta	10-40	90-60
Directa	0-10	100-90

Curva de distribución luminosa es el resultado de tomar medidas de intensidad luminosa a diferentes ángulos alrededor de una fuente de luz o luminaria y de representarlas en forma gráfica, normalmente en coordenadas polares. La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

*Métodos de iluminación.* Se clasifican en función a la concentración de luz necesaria para efectuar una tarea determinada y su utilización depende del emplazamiento de los equipos y sus características de distribución.

- Alumbrado general.
- Alumbrado general localizado.
- Alumbrado individual.
- Alumbrado combinado.
- Alumbrado suplementario.

### Cálculo de iluminación

*Método del rendimiento* ( Procedimiento extraído del *Manual de Higiene Industrial*, Fundación Mapfre).

El cálculo del alumbrado requiere del conocimiento de las siguientes condiciones:

- Actividad a desarrollar.
- Características y dimensiones del área a iluminar.
- Nivel de iluminación (iluminancia media).
- Método de iluminación.
- Fuente de luz.
- Sistema de iluminación.

El nivel de iluminación es obtenido en las tablas elaboradas por la Illuminating Engineering Society.

El método lo elegimos en función a la concentración de luz necesaria para efectuar una tarea.

La fuente de luz se elige de acuerdo a las características del color y de la cantidad de luz.

Sistema de iluminación depende de la forma de distribución del flujo luminoso.

Con los datos anteriores podemos determinar el flujo luminoso total requerido y como consecuencia determinar el número de puntos de luz requeridos para una buena iluminación.

$$F_t = \frac{E_m S}{\eta f_c}$$

En la cual:

$F_l$  = Flujo luminoso necesario.

$E_m$  = Iluminancia media (lux).

$S_m$  = Superficie a iluminar ( $m^2$ ).

$\eta$  = Rendimiento de la iluminación.

$f_c$  = Factor de conservación de la instalación.

El rendimiento de iluminación depende del rendimiento del local  $\eta_R$  (depende de las dimensiones de éste y de los factores de reflexión del techo  $\rho_1$ , pared  $\rho_2$  y techo  $\rho_3$  y de la forma de distribución de la luz por la luminaria valores que podemos obtener de la tabla II y del rendimiento de la luminaria ( $\eta_L$ ) determinado por sus características de construcción y la proporciona el fabricante.

$$\eta = \eta_R + \eta_L$$

La influencia de las dimensiones del local en el rendimiento del mismo viene dado por un índice que las relaciona, llamado índice del local K, según las fórmulas:

K = Para luminarias de radiación directa, semidirecta, directa - indirecta Tabla II.

K = Para luminarias de radiación indirecta y semiindirecta Tabla III.

a y b = dimensiones de la superficie rectangular del recinto.

h = distancia entre el plano de trabajo (0.85 m sobre el suelo y las luminarias).

h' = distancia entre el plano de trabajo (0.85 m sobre el suelo y el techo).

Factor de conservación ( $f_c$ ). Queda determinado por la pérdida de flujo luminoso de la lámparas por envejecimiento, polvo depositado, etc.: éste valor oscila entre 0.50 - 0.80.

Número de puntos de luz. Se calcula dividiendo el valor del flujo total necesario por el flujo luminoso nominal de la lámpara o lámparas contenidas en una luminaria.

$$N = \frac{F_l}{F_n}$$

N = número de puntos de luz o luminarias.

$F_l$  = Flujo total necesario.

$F_n$  = Flujo luminoso nominal.

Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo (h)

La altura que debe tomarse para las distintas clases de iluminación viene dada por las siguientes relaciones:

Altura mínima  $h = 2/3 h'$

Altura aconsejable  $h = 3/4 h'$

Altura óptima  $h = 4/5 h'$

Distancia entre luminarias.

La distancia entre luminarias está en función de la altura  $h$  sobre el plano de trabajo.

Según el ángulo de abertura del haz de la luminaria, habrán de tomarse diferentes distancias.

Para luminarias con distribución intensiva  $d \leq 1.2 h$

Para luminarias con distribución semi intensiva o semi extensiva  $d \leq 1.5 h$

Para luminarias con distribución extensiva  $d \leq 1.6 h$

Ejemplo:

#### Alumbrado de una oficina

Datos del local

Longitud	$a = 20$ metros
Ancho	$b = 12$ metros
Altura	$H = 2.5$ metros
Altura sobre el plano de trabajo	$h = H - 0.85 = 2.5 - 0.85 = 1.65$ m
Color del techo	blanco
Color de las paredes	azul claro
Color del suelo	madera clara

Actividad desarrollada: Trabajo normal de oficina, lectura de buenas reproducciones, lectura y/o transcripciones con lápiz duro, archivos de uso común, clasificación de correspondencia.

Nivel de iluminación mínimo recomendado en cualquier momento: 1 000 Luxes

Fuente de luz: lámpara fluorescente, bajo brillo, mínimo brillo gran superficie.

Método de iluminación: alumbrado general.

Tipo de luminaria: semi indirecta, 4 tubos de 40 watts c/u, luz de día, 3.200 lúmenes por tubo, 12 800 lúmenes totales.

Flujo luminoso de la lámpara  $F_L = 12 800$  lumens

Utilizar la curva de distribución luminosa A1.1 según tabla II.

Cálculos:

$$\text{Índice del local } K = \frac{a \times b}{h(a + b)} = 20 \times 12 / 1.65 (20 + 12) = 4.5$$

Factores de reflexión

Techo = 0.5

Paredes = 0.3 (menor que en la tabla por las ventanas) según tabla I

Suelo = 0.3

Rendimiento del local  $\eta_R = 1.39$  interpolando entre  $K = 4$  y  $K = 5$  de la tabla II

Rendimiento de la luminaria = dato proporcionado por el fabricante 0.78

Rendimiento de iluminación  $(\eta) = \eta_R + \eta_L = 1.39 \times 0.78 = 1.08$

Factor de conservación 0.75

Flujo luminoso total necesario  $1000 \times 240 / 1.08 \times 0.75 = 194.4 \text{ lm}$

Número de puntos de luz =  $194.4 / 3.200 \times 4 = 15.18$

Tomamos 15 para su mejor distribución.

**TABLA I**  
**Factores de reflexión de distintos colores y materiales para luz blanca**

Color	Factor de reflexión	Material	Factor de reflexión
Blanco	0.70-0.85	Mortero claro	0.35-0.55
Techo acústico blanco, según orificios	0.50-0.65	Mortero oscuro	0.20-0.30
Gris claro	0.40-0.50	Hormigón claro	0.30-0.50
Gris oscuro	0.10-0.20	Hormigón oscuro	0.15-0.25
Negro	0.03-0.07	Arenisca clara	0.30-0.40
Crema, amarillo claro	0.50-0.75	Arenisca oscura	0.15-0.25
Marrón claro	0.30-0.40	Ladrillo claro	0.30-0.40
Marrón oscuro	0.10-0.20	Ladrillo oscuro	0.15-0.25
Rosa	0.45-0.55	Mármol blanco	0.60-0.70
Rojo claro	0.30-0.50	Granito	0.15-0.25
Rojo oscuro	0.10-0.20	Madera clara	0.30-0.50
Verde claro	0.45-0.65	Madera oscura	0.10-0.90
Verde oscuro	0.10-0.20	Espejo de vidrio plateado	0.80-0.90
Azul claro	0.40-0.55	Aluminio mate	0.55-0.60
Azul oscuro	0.05-0.15	Acero pulido	0.55-0.60
		Aluminio anodizado y abrigantado	0.80-0.85

**TABLA II**  
**Rendimiento de locales ( $\eta R$ )**

Techo	P1	0.8			0.5			0.8			0.5			0.3
Lumina- ria pared	P2	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3		
Suelo	P3	0.3						0.1						
Índice del local	K													
A1	0.6	0.06	0.55	0.54	0.60	0.55	0.61	0.56	0.78	0.69	0.56	0.68		
	0.8	0.69	0.64	0.64	0.70	0.65	0.70	0.65	0.87	0.72	0.66	0.75		
	1	0.75	0.70	0.70	0.76	0.71	0.77	0.71	0.93	0.76	0.72	0.80		
	1.25	0.81	0.76	0.75	0.82	0.77	0.83	0.78	0.97	0.86		0.84		
	1.5	0.84	0.79	0.79	0.86	0.81	0.87	0.82	0.99	0.90	0.83	0.87		
	2	0.89	0.85	0.84	0.91	0.86	0.93	0.88	1.02	0.97	0.90	0.90		
	2.5	0.92	0.88	0.87	0.94	0.90	0.97	0.92	1.04	1.02	0.96	0.93		
	3	0.94	0.91	0.90	0.97	0.93	1.00	0.95	1.05	1.06	1.00	0.95		
	4	0.97	0.93	0.94	0.99	0.97	1.04	1.00	1.06	1.11	1.05	0.97		
	5	0.99	0.96	0.95	1.00	0.98	1.06	1.02	1.06	1.14	1.09	0.98		
A1.1	0.6	0.93	0.74	0.70	0.74	0.69	0.89	0.73	0.70	0.72	0.68	0.82		
	0.8	1.01	0.82	0.77	0.81	0.76	0.94	0.78	0.77	0.80	0.76	0.93		
	1	1.05	0.88	0.82	0.86	0.82	0.98	0.83	0.82	0.84	0.81	1.00		
	1.25	1.10	0.93	0.88	0.91	0.87	1.01	0.90	0.86	0.88	0.85	1.06		
	2.5	1.13	0.97	0.92	0.94	0.90	1.03	0.93	0.89	0.92	0.88	1.09		
	2	1.17	1.03	0.97	0.99	0.95	1.05	0.97	0.93	0.95	0.92	1.14		
	2.5	1.20	1.07	1.01	1.03	0.98	1.05	0.99	0.96	0.97	0.94	1.17		
	3	1.21	1.10	1.05	1.05	1.00	1.06	1.00	0.98	0.98	0.96	1.20		
	4	1.24	1.15	1.10	1.08	1.03	1.06	1.03	1.00	1.00	0.98	1.23		
	5	1.25	1.17	1.13	1.10	1.05	1.07	1.03	1.01	1.01	0.99	1.24		
A1.2	0.6	0.72	0.48	0.42	0.47	0.42	0.68	0.47	0.41	0.47	0.41	0.40		
	0.8	0.85	0.61	0.54	0.59	0.53	0.80	0.59	0.53	0.58	0.52	0.52		
	1	0.94	0.69	0.62	0.67	0.61	0.87	0.67	0.61	0.65	0.60	0.59		
	1.25	1.01	0.78	0.71	0.75	0.69	0.92	0.75	0.68	0.73	0.68	0.66		
	1.5	1.05	0.83	0.75	0.80	0.74	0.96	0.80	0.73	0.77	0.72	0.71		
	2	1.11	0.91	0.84	0.87	0.81	1.00	0.86	0.80	0.84	0.79	0.78		
	2.5	1.15	0.97	0.90	0.92	0.87	1.02	0.91	0.85	0.88	0.83	0.82		
	3	1.18	1.02	0.96	0.96	0.91	1.04	0.94	0.89	0.91	0.87	0.86		
	4	1.21	1.09	1.02	1.02	0.96	1.05	0.97	0.94	0.95	0.91	0.90		
	5	1.23	1.12	1.06	1.04	1.00	1.06	1.00	0.96	0.97	0.94	0.92		

### 6.3. Agentes químicos

La industria moderna requiere materias primas, todas de naturaleza química que en su manejo o transformación son capaces por sí mismas o mediante sus derivados, de desprender partículas sólidas, líquidas o gaseosas que absorbe el trabajador, produciendo el cuadro cronológico de la enfermedad profesional de que se trate. La absorción de estas sustancias puede efectuarse por la piel, el aparato respiratorio y el digestivo. Ejemplo: saturnismo (plomo), dermatosis (sales tánicas, cemento, talco, cal, petróleo o sus derivados), cromismo (cromo y sus derivados, anilinas, fotografía, cromados metálicos y curtido de pieles), fosforismo (fósforo blanco) y silicosis (sílice), etcétera.

**6.3.1. Definición.** Agente químico. Es toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvo, humo, gas o vapor, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

#### 6.3.2. Clasificación

- Por la forma de presentarse.
- Por su efectos en el organismo.

##### 6.3.2.1. Por la forma de presentarse

#### \* SÓLIDOS

- Dispersos en la atmósfera
  - Polvos inertes o activos
  - Humos
- No dispersos
  - Sólidos sedimentarios

#### \* LÍQUIDOS

- Dispersos
  - Rocíos
  - Neblinas
- No Dispersos
  - Fluidos líquidos

#### \* GASES

- Gases
- Vapores

**6.3.2.2.** Por sus efectos sobre el organismo. irritantes, neumoconióticos, tóxicos, sistémicos, anestésicos y narcóticos, cancerígenos, alérgicos, asfixiantes, productores de dermatosis y efectos combinados.

6.3.3. *Vías de entrada.* Las principales formas de penetración de los contaminantes químicos en el organismo son:

6.3.3.1. *Vía respiratoria. (inhalación).* Nariz, boca, laringe, bronquios, bronquiolos y alveolos pulmonares. La cantidad absorbida del contaminante por vía respiratoria es función de la concentración en el ambiente, del tiempo de exposición y de la ventilación pulmonar.

6.3.3.2. *Vía dérmica.* Comprende toda la superficie que envuelve al cuerpo humano. Para algunas sustancias es vía principal de penetración. La temperatura y la sudoración pueden influir en la absorción de tóxicos a través de la piel.

6.3.3.3. *Vía digestiva.* Sistema formado por boca, estómago, intestinos. Es de poca importancia salvo con operarios con hábito de comer y beber en el puesto de trabajo.

6.3.3.4. *Vía parenteral.* Se entiende como tal la penetración directa de contaminantes en el organismo a través de una discontinuidad de la piel (herida, punción).

6.3.4. *Polvo.* Es toda partícula sólida de cualquier tamaño, naturaleza u origen, suspendida o capaz de mantenerse suspendida en el aire.

El término polvo incluye todos los sistemas de partículas sólidas esparcidas por un medio gaseoso. Estos sistemas se llaman dispersos y constan de una fase dispersa (partículas) y medio dispersante (aire). Cuando las partículas de la fase dispersa presentan diversidad de tamaños se llaman aerosoles polidispersos y si todas las partículas son de tamaño similar monodispersos.

*Aerosol.* Partículas suspendidas en el aire.

*Aerogel.* Mezcla de una gran proporción de partículas y proporción fase gaseosa pequeña.

Los polvos de importancia higiénica deberán ser considerados como carentes de peso y de poder de movimiento independientemente a través del aire, por lo tanto, para el control sólo hay que tener en cuenta el movimiento del aire.

6.3.4.1. *Generación y dispersión.* Se define la generación de polvo como el proceso a nivel no molecular, físico o químico por el cual las partículas quedan suspendidas en el aire desde su estado previo de reposo.

Las nubes de polvo se forman como resultado de dos acontecimientos:

— La acción primaria de generación de polvo: una acción mecánica o neumática proyecta partículas finas a alta velocidad, desde un estado de reposo, al aire de vecindad inmediata.

- Las corrientes de aire secundarias que transportan el aire polvoriento lejos del lugar de formación.

6.3.4.2. *Clasificación de los polvos.* El polvo en el campo de los contaminantes químicos industriales ocupa un lugar destacado debido a los efectos que puede tener sobre la salud de los operarios.

Los riesgos que pueden originar varían desde enfermedades como neumoconosis hasta la simple incomodidad en el puesto de trabajo.

El polvo industrial se puede clasificar en función de:

- su tamaño
- su forma
- su composición
- sus efectos.

*Por su tamaño se clasifica en:*

Sedimentable. Debido a su peso se deposita rápidamente. Con tamaño entre 10 y 15 micras.

Inhalable. Puede penetrar en el sistema respiratorio, con tamaño menor de 10 micras.

Respirable. Puede penetrar en los pulmones con tamaño inferior a 5 micras.

Visible. Distinguible a simple vista, mayor a 40 micras.

*Por su forma se clasifica en:*

Polvos. Propiamente dicho, partículas sólidas en suspensión, que no sean fibras.

Fibras. Se llaman fibras a las partículas mayores de 5 micras de longitud, con diámetro de sección transversal menor de 3 micras y una relación longitud-anchura mayor de 3. La definición de fibra en algunos países no tiene límite en cuanto al diámetro de la misma.

*Por su composición se clasifican en:*

Animal: pluma, pelo, cuero, hueso.

Vegetal: polen, cereales, paja, tabaco, cáñamo.

Mineral: metales, asbesto, etcétera.

*Por sus efectos se clasifican en:*

Polvo neumoconiótico. Produce alteraciones irreversibles en el pulmón, denominadas neumoconosis; por ejemplo: el polvo con más de 1 por 100 de sílice libre cristalina que origina silicosis.



Polvo tóxico. Tiene una acción tóxica primaria en el organismo; por ejemplo: óxido de plomo, que produce saturnismo.

Polvo cancerígeno. Es todo polvo que puede producir o inducir un tumor maligno en el hombre y someterlo a una determinada dosis. Asbestos, ácido crómico y cromatos, arsénico, cadmio, níquel, berilio.

Polvo inerte. No produce alteraciones fisiológicas importantes. Su efecto más importante es la producción de molestias en el trabajo y con frecuencia origina afecciones respiratorias benignas.

### 6.3.5. Gases y vapores

*Gas.* Sustancias gaseosas a temperaturas y presiones ambientales.

*Vapor.* Se aplica a la fase gaseosa de una sustancia que es sólida o líquida en estas condiciones.

Tanto los gases como los vapores forman verdaderas disoluciones en la atmósfera. Su propagación se realiza por su naturaleza con una gran facilidad y rapidez y aunque las concentraciones máximas se encuentran en el foco que dan lugar al contaminante, la concentración en el local es mucho más homogénea que para otros estados de agregación.

Hay muchas operaciones industriales que implican el uso de gases; por ejemplo: la soldadura oxiacetilénica con atmósfera inerte, etc., procesos que requieren la combustión, como hornos altos y hornos de cok. También se puede presentar el gas en la industria por escape de las conducciones que los transportan, igualmente hay procesos distintos a la combustión que generan gases, como el hidrógeno que se genera en cubas electrolíticas.

Los vapores proceden de líquidos más o menos volátiles o de sólidos sublimables a temperatura ambiente. Los vapores que mayormente se presentan corresponden a los vapores orgánicos, debido a la gran utilización de compuestos orgánicos en procesos industriales. Se utilizan como disolventes en pinturas, limpieza y desengrase, fabricación de plásticos, en destilación, etcétera.

6.3.5.1. *Generación y dispersión.* La presión de vapor es la presión que limita el paso de moléculas a la atmósfera.

La presión de vapor depende de la temperatura y de la naturaleza y no de la cantidad de líquido.

La velocidad de evaporación de un líquido depende de: el área superficial del líquido, de la temperatura tanto del líquido como de la atmósfera y del movimiento del aire por encima de la superficie líquida.

La presión de vapor de un líquido no es constante sino que es función de la temperatura y en el punto de ebullición de un líquido es igual a la atmósfera, es decir, se equilibra con la presión atmosférica.

Los sólidos también presentan la tendencia a pasar algunas moléculas al estado gaseoso, entonces se dice que el sólido se sublima.

En la propagación de gases y vapores corresponde a los movimientos de masa, como las corrientes de ventilación, la mayor responsabilidad en su desplazamiento a través del local. La velocidad de propagación de las corrientes de aire es muy superior a la velocidad de difusión.

Aun con aire en calma pueden existir velocidades de 0.1 a 0.2 m/s y la velocidad de difusión es de 0.01 m/s, aproximadamente. Por lo tanto, su efecto en la distribución por el local se puede desestimar.

El desplazamiento de los gases y vapores en la atmósfera dependerá de su densidad. Un gas más ligero que el aire se desplazará hacia arriba, se entremezclará con el aire y luego descenderá ya diluido; en cambio, un gas más pesado que el aire tenderá a descender antes de mezclarse. Esta tendencia puede verse frenada por las corrientes de aire del local. En la práctica es muy difícil que se acumulen gases densos a nivel del suelo.

6.3.5.2. *Principales gases y vapores.* Monóxido de carbono, presente en fundiciones, forjas, tratamientos térmicos, etc., dióxido de azufre, es un agente blanqueante y se presenta en producción de ácido sulfúrico, y es un producto de la combustión, óxidos de nitrógeno, presente en la fabricación de  $\text{HNO}_3$ , fertilizantes, colorantes y explosivos, cloro y sus derivados, se presenta en la depuración de aguas, obtención de derivados clorados etc., amoníaco, se cuenta con él en la refrigeración, obtención de la sosa solvay y en la fabricación de resinas y abonos; cianuros, se utiliza como raticida, en la galvanoplastia, en procesos termoquímicos (dureza superficial); vapor de plomo, se tiene en la producción de baterías (pilas), en la producción de algunas pinturas; vapor de mercurio, se presenta en centrales rectificadoras, producción de termómetros.

Estos gases y vapores producen inflamación en la parte por donde penetran, es decir, por la piel, mucosas y sistema respiratorio. Producen degeneración fibrótica en el tejido pulmonar, efectos diversos sobre todo el organismo (halogenados y aromáticos), son depresores del sistema nervioso e hiposolubles, causan reproducción anormal de células en individuos predispuestos; los simples como el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  inhiben la llegada de oxígeno a los tejidos y los químicos paralizan el centro respiratorio a nivel cerebro, originan irritación, sensibilización alérgica y fotosensibilización.

6.3.6. *Líquidos.* Los líquidos se clasifican en disolventes y solventes.

6.3.6.1. *Disolventes.* Los disolventes son una serie de sustancias, generalmente orgánicas, que se utilizan para desengrasar, para pinturas y barnices y para la disolución de sustancias orgánicas.

Su capacidad de evaporación hace que estas sustancias se encuentren siempre en los ambientes donde se utilizan.

Debido al gran número de sustancias disolventes existentes, las estudiaremos más detenidamente.

6.3.6.2. *Disolventes orgánicos.* Los disolventes orgánicos son los que comúnmente se designan como disolventes, están formados por una o más sustancias orgánicas en estado líquido, empleadas para disolver otras sustancias generalmente poco polares.

Sus principales características son:

- a) Líquidos volátiles con una presión de vapor elevada, la cual facilita su paso al ambiente en forma de vapor.
- b) Suele ser mezcla de varios compuestos químicos, cuyo número se eleva grandemente cuando intervienen destilados de petróleo. Muy raramente el disolvente es una sustancia química.
- c) Son sustancias poco polares, por lo que no suelen ser solubles en agua.
- d) Suelen ser sustancias combustibles, por lo que pueden dar lugar a mezclas de vapores inflamables.

Los componentes, tanto como sus proporciones, son muy variables en los disolventes, lo que hace necesario proceder a un análisis del producto para conocer la verdadera composición.

6.3.6.3. *Índice de peligrosidad de un disolvente.* La toxicidad de un producto que nos vendrá dado por su TLV no es suficiente para indicarnos su peligrosidad, ya que también influirá su capacidad para pasar al estado de vapor, que es la forma en que es absorbido por el organismo. La capacidad para pasar al estado de vapor está dado por la presión de vapor; por tanto, se define el índice de peligrosidad como una relación entre la capacidad de pasar al estado de vapor y la toxicidad propia del compuesto.

6.3.6.4. *Disolventes acuosos.* Los disolventes acuosos están compuestos de agua que actúa como disolvente propiamente dicho y otras sustancias de acción más específica que facilitan el paso de los solutos al agua. Estos disolventes se emplean para disolver sustancias polares, generalmente sustancias inorgánicas.

Sus características físicas son las del agua y las químicas dependen de las sustancias añadidas.

De acuerdo con las sustancias añadidas, éstas pueden ser: ácidos, alcalinos, salinos, oxidantes, reductores, tensoactivos, desinfectantes.

Las principales aplicaciones son: operaciones de limpieza de instalaciones industriales; operaciones de lavado; industria minera.

Los riesgos higiénicos de los disolventes acuosos son función de la temperatura de trabajo y de las sustancias químicas añadidas y pueden ocurrir por contacto directo, por las nieblas que pueden formarse y por los vapores de ciertos componentes volátiles.

El riesgo por contacto directo suele presentarse en la preparación de las soluciones y en los trabajos manuales. El riesgo por las nieblas se puede presentar cuando hay agitación o temperatura elevada. El riesgo por vapores se puede

presentar con ciertas sustancias que los desprenden como cianuros, amoníaco, etcétera.

En general, los disolventes acuosos originan irritaciones en el sistema respiratorio.

Selección adecuada de un disolvente.

- a) Siempre que el proceso lo permita, utilizar un disolvente acuoso.
- b) Entre disolventes orgánicos, utilizar los productos menos tóxicos, como pueden ser:
- c) Siempre que se deban usar productos de toxicidad media como tricloroetileno o tolueno, utilizar extracción localizada.
- d) No utilizar nunca aquellos productos cuyo uso como disolventes está prohibido, como benceno y tetracloruro de carbono.

6.3.7. *Evaluación ambiental.* Es el diagnóstico sobre una situación producida por uno o varios factores ambientales, e incluso, la acción combinada de ellos, basada en los datos obtenidos en unas mediciones o estimadores de exposición, y todo ello en relación a unos criterios higiénicos de valoración o estándares de exposición. (Comparar unos niveles de exposición con unos criterios admisibles.)

6.3.7.1. *Métodos empleados para la determinación de los límites de exposición.* Los métodos utilizados en la investigación y el desarrollo de los límites de exposición admisibles son:

- Estudios epidemiológicos.
- Analogía química.
- Experimentación y experiencias de exposición humana.
- Experimentación con animales.

6.3.7.2. *Análisis de contaminantes químicos*

- Análisis gravimétrico.
- Análisis volumétrico.
- Análisis electroquímico.
- Análisis potenciométrico.
- Análisis espectrofotométrico.
  - \* Espectrofotometría de absorción.
  - \* Espectrofotometría de emisión
    - + visible
    - + infrarroja
- Análisis cromatográfico.

6.3.8. Entendiendo por control la eliminación o reducción de la contaminación existente en el ambiente de trabajo hasta niveles considerados adecuados por la higiene teórica.

## 6.3.8.1. Métodos generales de control

- Foco de generación del contaminante con objeto de impedir la formación de éste o, en caso de generarse, impedir su paso hacia la atmósfera del punto de trabajo.
  - Medio de difusión para evitar que el contaminante ya generado se extienda por la atmósfera y alcance niveles peligrosos para el operario u otros operarios próximos al puesto de trabajo en cuestión.
  - Receptor, protegiendo al operario, para que el contaminante no penetre en su organismo.
- \* Sobre el foco puede efectuarse de diferentes formas.
    - Diseñando el proceso, teniendo en cuenta los riesgos higiénicos.
    - Sustituyendo el producto.
    - Modificando el proceso.
    - Encerrando el proceso.
    - Aislando el proceso.
    - Utilizando métodos húmedos.
    - Correcto mantenimiento.
    - Extracción localizada.
  - \* Sobre el medio se puede actuar.
    - Limpieza.
    - Ventilación general.
    - Sistemas de alarma.
  - \* Sobre el operario puede actuarse por
    - Formación e información.
    - Disminución del tiempo de exposición.
    - Encerramiento del operario.
    - Material de protección individual.
    - Higiene personal.

(Tema extraído del *Manual de Higiene Industrial Fundación Mapfre*.)

## 6.4. Agentes biológicos

Este tipo de factores tienen como origen la fijación dentro y/o fuera del organismo o la impregnación del mismo por animales protozoarios o metazoarios, parásitos o toxinas de bacterias que provocan el desarrollo de alguna enfermedad. Ejemplo: paludismo (zonas tropicales), muermo (caballerangos), tétanos (estableros) y todo tipo de enfermedades que están subordinadas a los factores biológicos del medio exterior representados por agentes microbianos o parásitos patógenos.

Entonces, los agentes biológicos alteran la salud de los trabajadores si se encuentran presentes en el ambiente de trabajo y el individuo entra en contacto con ellos, y son los siguientes:

- Virus.
- Bacterias
- Rickettsias.
- Protozoarios.
- Hongos.

— hasta aquí para el 29/7

### 6.5. Agentes ergonómicos

De fuerza de trabajo: todos aquellos que tiendan a modificar el estado de reposo o de movimiento de una parte o de la totalidad del cuerpo vivo; es decir, a modificar su situación en el espacio y capaces de provocar enfermedades o lesiones. Ejemplo: grandes esfuerzos físicos que pueden provocar desgarres musculares, hernias y eventraciones.

La ergonomía es la manera de pensar y planificar el trabajo para que éste se organice de tal manera que se adapte a la capacidad y necesidad de quien lo ejecute.

Todas las personas son diferentes: altura, contextura física, fuerza, temperamento, capacidad para resistir distintas tensiones físicas. Éstos son hechos que hay que considerar cuando se planifican las condiciones de trabajo. A pesar del desarrollo tecnológico, el diseño deficiente de las máquinas ha llevado a que las molestias en la espalda y en la columna vertebral, en los músculos y en las articulaciones se conviertan en uno de los problemas de salud más comunes en la vida laboral.

Todas estas consideraciones hay que tomarlas en cuenta para el trabajo de pie, trabajo sentado, esfuerzo físico (levantamiento de pesos) o cantidad de trabajo, iluminación, cambios en las condiciones de trabajo, condiciones visuales, mobiliario, etcétera.

En cuanto a los factores relacionados con las condiciones según las cuales el individuo realiza sus actividades, dichas cuestiones se refieren principalmente a:

- El tiempo a que está expuesto el trabajador al agente.
- La naturaleza o características de esta exposición.
- La resistencia o propensión que tenga el trabajador a contraer la enfermedad.
- El uso adecuado o inadecuado que haga de su propio equipo de protección personal, considerando éste como una última opción de prevención de riesgos.

Al realizar el estudio del lugar de trabajo entra en juego la reunión de una serie de disciplinas que conjuntamente se denominan "ergonomía".

La palabra "ergonomía" significa literalmente "los fundamentos del trabajo". Es una palabra que se usa en Inglaterra para describir el estudio de aquello que adapta una máquina o un proceso a su operador, "una máquina que se ha hecho pensando en el hombre". Su objetivo es preparar al hombre para trabajar en óptima comodidad física y mental y para que sus sentidos personales sean utilizados en la mejor forma.

Una combinación de la adecuabilidad de varias disciplinas es necesaria para comprender y desarrollar plenamente este tema, esto incluye:

- a) Antropometría o anatomía funcional.
- b) Fisiología.

*6.5.1. Antropometría.* La antropometría es el estudio de las mediciones humanas (forma y dimensiones). El tamaño del cuerpo y los datos antropométricos son muy importantes en el diseño de máquinas. El uso apropiado de los datos antropométricos elimina posiciones desgarbadas del cuerpo y, en consecuencia, el control inexacto. No existen dos personas idénticas, y el diseñador debe dar márgenes de fabricación tan amplios como sea posible mecánicamente. Es importante que se consideren el sexo y la raza cuando se diseña una pieza de equipo.

Los ángulos de comodidad están relacionados con la posición óptima de articulaciones que, por lo general, es neutral, es decir, no extendida, flexionada, ni girada. Esto permite hacer movimientos con un mínimo de fatiga.

*6.5.2. Fisiología.* La fisiología se relaciona con las condiciones ambientales y sus efectos sobre el operador. El hombre y la máquina forman un sistema que cada vez se vuelve más complejo. El hombre y la máquina tienen una relación complementaria, puesto que uno requiere del otro para desempeñar satisfactoriamente una función. Hay ciertas tareas que el hombre puede hacer mejor manualmente y otras con las máquinas.

El hombre es flexible; tiene la habilidad para programar y organizar su trabajo, y puede superar sucesos imprevistos. Aunque la capacidad y retención de memoria sean limitadas, tiene la facultad de recordar y, lo que es todavía más importante, puede ejercer el juicio. Por otra parte, una máquina puede almacenar más información con gran seguridad y es más rápida y exacta para clasificar datos. Puede trabajar por tiempo indefinido a gran velocidad, sin fatigarse. Una máquina puede generar o liberar considerable energía/fuerza, y ejercer mejor control que el hombre, quien por lo general, es lento, débil y físicamente limitado, y mostrar un rendimiento variable con posibilidad de cometer errores.

Los cinco sentidos del hombre a menudo están muy desarrollados y en general son más eficientes que los aparatos sensores mecánicos. El objetivo siempre debe ser el facilitar la recepción óptima por parte del operador con un proceso eficiente, y una condición apropiada. Cualquier condición física o mental que interrumpa este flujo debe eliminarse o reducirse.

Los factores que interrumpen el flujo son:

- Defectos de diseño que provocan incapacidad física para alcanzar los controles. A menudo hay fallas en la estandarización de controles que causan incertidumbre y confusión al operador.
- Dificultades en el manejo y control se deben al desarrollo de mayor esfuerzo físico.
- Factores ambientales que afecten al operador, como ruido, calor, frío, humos y gases.

La incomodidad, el dolor de cabeza y la fatiga son efectos frecuentes que causan la consecuente pérdida de eficiencia.

Es necesario tener operadores más inteligentes para el equipo moderno que es más complicado. Por lo tanto, una persona poco inteligente o que se haya acostumbrado a operar una máquina sencilla durante algunos años no tendrá capacidad para manejar las máquinas modernas más completas y costosas. Es decir: "es difícil enseñar nuevos trucos a un perro viejo". Si esto se ignora, serán frecuentes las fallas del operador o los daños a máquinas costosas.

Hoy en día ya no se trata sólo de mover botones y palancas. Es esencial conocer la máquina y sus funciones, y desempeñar la parte que le corresponde de su operación. Hay horas dedicadas al trabajo y al descanso, y en la mayor parte de los países hay una legislación para garantizar esto. Cada persona tiene un límite para la atención que presta a sus actividades normales, y es esencial disfrutar de un descanso antes de llegar a ese límite, ya que esto puede ocasionarle trastornos graves, o hasta causarle un accidente. El desempeñar esas actividades con el máximo de comodidad es el ideal de la mayoría de la gente.

El hombre es capaz de soportar todo género de incomodidad y molestias pero, a la vez, es también capaz de adaptarse a ellas, ya sea el equipo con el que trabaja, el ambiente que lo rodea, etc., y satisfacer sus propias necesidades.

Debido a su gran adaptabilidad, puede convertirse en un obstáculo para el trabajo del diseñador, puesto que éste por lo general desconoce las dificultades experimentadas por el operador.

El experto en estudios del trabajo emplea las técnicas que idean y evalúan los ergonomistas. Se han definido estos estudios como "una expresión genérica para técnicas, particularmente el estudio de métodos y medición del trabajo utilizados para la observación del trabajo humano en todos sus contextos, y que conduce, de manera sistemática, a la investigación de todos los factores que afectan la eficiencia y economía del estado de cosas que se analiza, a fin de lograrse un mejoramiento". Ayuda a obtener lo mejor, tanto de los hombres como del material, que forman parte del programa de trabajo y que están involucradas con el uso eficiente de la mano de obra y de la máquina. Esto también promueve el trabajo seguro.

Cuando se está estudiando un trabajo es necesario dividir una operación en sus componentes y examinar cada uno con todo cuidado. Hay que realizar un

estudio combinado sobre "qué es lo mejor" y "con qué prontitud se debe hacer". ¿Cuál es el método adecuado y el tiempo óptimo en el que debe hacerse un trabajo particular? En relación con esto último, debe recordarse que los periodos de descanso son esenciales, que puede obtenerse la máxima eficiencia cuando estos periodos tienen la duración apropiada. Estos periodos son necesarios psicológicamente, como lo indican las experiencias de los expertos en estudios del trabajo en estos asuntos.

Es importante recordar que es mayor la capacidad de recuperación de la fatiga en los primeros minutos de descanso. Por tanto, los descansos frecuentes y breves son preferibles a los menos frecuentes pero más largos.

Se observan dos aspectos de la ergonomía:

- a) Al diseñarse equipo para satisfacer los estándares físicos del operador, se pueden superar la mayoría de los problemas de naturaleza física.
- b) El comprender y el planear para la capacidad mental y para los problemas de comportamiento y reacciones humanas, los cuales a veces son impredecibles, en ocasión de emergencia, son cuestión de hábitos. Este segundo problema es el que se considera un factor casual de muchos accidentes.

Algunas veces se observa una falla en el diseño de la máquina o en su calidad, que más bien se debe al error humano. Las causas de la falla en el diseño de una máquina muy a menudo se deben a la falta de estandarización, esto nuevamente conduce al error humano en el momento de ser manejado.

## 6.6. Agentes psicosociales

Medio tensional en el cual se desempeña el trabajo, que puede causar alteraciones en la estructura psíquica (psicológica) y de personalidad de los trabajadores. Ejemplos: neurosis, psicosis, histerias, etcétera.

La capacidad y la voluntad para trabajar dependen íntegramente de la salud, o sea el grado de adaptación del individuo consigo mismo y con su ambiente; por lo tanto, la adaptación del ser humano a los elementos que componen su actitud laboral constituye un requisito indispensable para conservar y mejorar su salud. Si esta adaptación es difícil, o imposible, su salud, por este solo hecho, será precaria o desembocará en la enfermedad y la incapacidad.

Los agentes psicosociales, entonces, son el resultado de los factores que configuran la personalidad del hombre.

- Familia.
- Escuela.
- Labor.
- Medio social.

Dentro de los agentes causales se ha hablado también de los “biopsicosociales” que en realidad constituyen factores condicionantes que al combinarse entre sí o con otros aspectos favorecen la aparición de enfermedades de trabajo; estos factores pueden ser:

- Desnutrición.
- Alcoholismo.
- Tabaquismo.
- Stress.
- Económicos.
- Falta de integración familiar y personal.

Los problemas psicosociales del medio ambiente de trabajo pueden envenenar de la misma manera como lo hace, por ejemplo, un solvente químico que se introduce en nuestro lugar de trabajo; todas las personas tienen necesidad de sentir satisfacción y armonía. Si no se cumplen estos requisitos existe gran riesgo de que nos sintamos insatisfechos y aburridos frente a nuestras tareas. Es necesario realizar cambios si queremos sentir alegría y satisfacción en nuestros lugares de trabajo.

Debemos sentir que significamos algo para alguien, que tenemos un valor como persona, que podemos utilizar y desarrollar nuestras capacidades. Las personas tienen necesidad de respeto, aprecio, etcétera.

## 6.7. Las enfermedades profesionales y sus impactos

**6.7.1. Psicológico.** Las condiciones higiénicas deficientes, así como las enfermedades profesionales, desarrollan en las personas amenazadas el temor constante de verse lesionada gravemente y esto produce un ambiente de inseguridad personal que afectará su trabajo y su personalidad.

En casos normales, la inseguridad personal, el temor de morir, la incapacidad de trabajar y ganarse la vida, desarrollan en las personas cambios de personalidad que pueden variar desde leves neurosis a casos agudos de psicosis y trastornos mentales, además de la enfermedad orgánica que propiamente se ha desarrollado.

En los casos más graves, a un trastorno completo de la personalidad y capacidad de trabajo le siguen vicios, muerte o el suicidio. En la familia del enfermo se proyectan todos estos trastornos en una forma más compleja, pero es indudable que la salud mental de la familia se ve menguada.

**6.7.2. Social.** Las enfermedades profesionales merman la fuerza de trabajo de que dispone un país y por tanto afectará directamente a la sociedad, ya que aumenta el número de incapacitados a los que hay que mantener y cuidar.

Existen otros factores que aunque no muy fáciles de apreciar no por ello deben dejarse de considerar:

- a) Disminución de individuos preparados y aumento, por tanto, de la necesidad de preparar sustitutos.

- b) Malas actitudes que se desarrollan entre las personas que están cercanas a los afectados, con un aumento de vicios (drogas, alcoholismo, etc.) que entre ellas pueden desarrollarse.
- c) Pérdida de mercados extranjeros y nacionales por la disminución de la calidad y el aumento en el costo de los productos.

6.7.3. *Económico*. Es difícil de calcular, ya que en estadísticas que han efectuado organismos especiales incluyen dentro de sus cálculos los accidentes y las enfermedades profesionales; sin embargo, podríamos hacer una síntesis:

- a) Importantes pérdidas económicas para las empresas por el ausentismo y el descenso de la habilidad del personal ausente, con elevación de gastos de adiestramiento y selección de personal nuevo.
- b) Pérdida para las organizaciones en producción, calidad, tiempo, prestigio, etcétera.
- c) Pérdidas para la familia del trabajador por una baja de sus ingresos económicos y aumento de gastos al tener un enfermo en casa.
- d) Pérdidas para el Seguro Social y otros organismos similares por el aumento de sus gastos médicos, auxiliares, medicamentos, etcétera.
- e) Pérdidas económicas para el país, al perder fuerza de trabajo y potencial de mercados extranjeros.