MANUAL DE PREVENCIÓNDE RIESGOS LABORALES

Higiene Industrial, Seguridad y Ergonomía

INTRODUCCIÒN

Aunque a primera vista pueda no parecerlo, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales ha venido a renovar la importancia de la Medicina del Trabajo en el campo dela salud laboral. Y ello, paradójicamente, alumbrando un concepto novedoso que, en primera lectura, podría hacer pensar que viene a sustituir a la actuación médica tradicional; nos referimos a la vigilancia de la salud.

Nada más alejado de la realidad. Las prescripciones de la Ley no sólo mantienen la importancia de la actuación sanitaria, sino que la potencian, al imponer –y eso sí es novedad– su coordinación con las restantes disciplinas preventivas en el seno de los servicios de prevención.

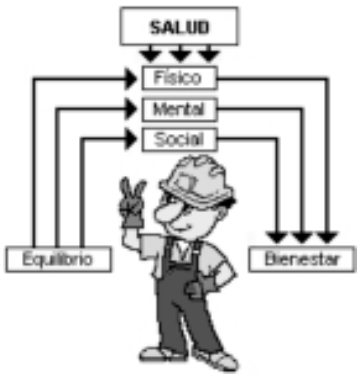
De ahí la renovada necesidad de que los especialistas en medicina del trabajo posean amplios conocimientos en las restantes disciplinas preventivas: la seguridad, la higiene, la ergonomía y la psicosociología han de ser para ellos bastante más que simples conocidas; sin que sea necesario que se conviertan en especialistas en tales materias (lo que no tendría sentido, además de ser probablemente imposible) sólo si sus conocimientos en las mismas son relativamente profundos podrán los sanitarios contribuir, con todo el potencial que su formación de base les aporta, a mejorar la salud de los trabajadores.

Porque, no lo olvidemos, de lo que se trata no es sólo de "conservar", sino de "mejorar". Por eso la Ley, en su artículo 5, señala como objetivo de la política en materia de prevención el de "promover la mejora de las condiciones de trabajo a fin de elevar el nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo".

HIGIENE INDUSTRIAL

GENERALIDADES

Aceptando la definición moderna del término *"Salud"*, en la que se contempla no tan solo la ausencia de enfermedad orgánica (funcionamiento deficiente del conjunto de células, tejidos, órganos y sistemas del cuerpo humano), si no *el equilibrio físico, psíquico y social*, podemos aceptar que el control de la "Salud Laboral", sea algo más amplio que únicamente evitar la aparición de la enfermedad profesional, definidaen el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social (Decreto 2065/74 de 30 de Mayo) en el que se dice:



"Se entiende por enfermedad profesional la contraída como consecuencia del trabajo por cuenta ajena en las actividades que se especifiquen en el cuadroque se apruebe por las disposiciones de aplicación y desarrollo de esa ley, y que esté provocada por la acción de elementos o sustancias que en dicho cuadro se indiquen para cada enfermedad profesional".



En ese sentido podemos indicar que dado que la Salud Laboral consiste en el equilibrio físico,

psíquico y social de un individuo en elentorno laboral, se deberá controlar elmantenimiento de dicho equilibrio, utilizando las técnicas más adecuadas en cada caso:

HIGIENE INDUSTRIAL: Se define como una *Técnica no médica* de prevención de las enfermedades profesionales, mediante el control en el medio ambiente de trabajo de los contaminantes que las producen. La higiene industrial se ocupa de las relaciones y efectos que produce sobre el trabajador elcontaminante existente en el lugar de trabajo.

Mencionamos aquí para distinguirlas que la ERGONOMÍA es la técnica de estudio y adaptación mutua entre el hombre y su puesto de trabajo, mientras que la MEDICINA DEL TRABAJO es la parte de la ciencia médica dedicada a la **vigilancia y prevención de** los efectos de los distintos contaminantes y agentes físicos sobre el hombre.

Dado que el objetivo fundamental de la Higiene Industrial es el de *Prevenir las Enfermedades Profesionales*, para conseguir dicho objetivo basa su actuación sobre las funciones del reconocimiento, la evaluación y el control de los factores ambientales del trabajo.

RELACIÓN ENTRE LA ENFERMEDAD PROFESIONAL Y ACCIDENTE DE TRABAJO

Desde el punto de vista técnico, la enfermedad profesional se define como un deterioro lento y paulatino de la salud del trabajador producido por una exposición continuada a situaciones adversas, mientras que el accidente de trabajo se define como un suceso normal que, presentándose de forma inesperada, interrumpe la continuidad del trabajo y causa daño al trabajador.



La similitud entre ambos radica en la consecuencia final: daño en la salud del trabajador. La diferencia, en el tiempo durante el cual transcurre la acción que acaba causando el daño. En la enfermedad, el tiempo es importante, ya que con la concentración, cantidad o energía del contaminante configura la dosis y el efecto que produce en la persona expuesta. En cambio en caso de accidente de trabajo, el tiempo es irrelevante, ya que no influye en el efecto causado; ésteaparece de manera instantánea en el momento del accidente.

FACTORES AMBIENTALES Y TIPOS DE CONTAMINANTES

El desarrollo de una actividad laboral cualquiera provoca modificaciones en el ambiente de trabajo que originan estímulos agresivos para la salud de las personas implicadas. Dichos estímulos, que reciben el nombre de contaminantes, pueden presentarse como porciones de materia (inerte o viva), así como manifestaciones energéticasde naturaleza diversa y su presencia en el entorno laboral da lugar a lo que conoce como RIESGOHIGIÉNICO.

Este concepto puede definirse como "la probabilidad de sufrir alteraciones en la salud por la acción de los contaminantes, también llamados FACTORES DE RIESGO.

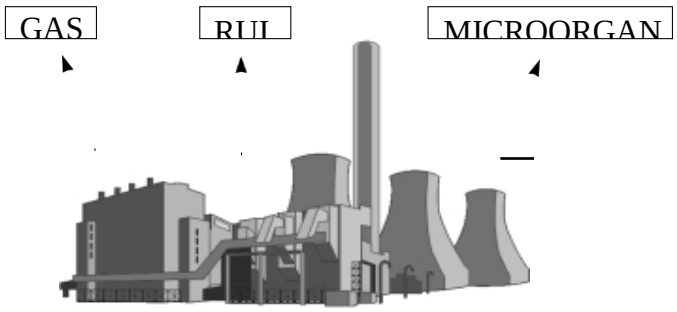


Contaminante químico es toda sustancia que durante su manipulación puede incorporarse al ambiente y penetrar en el organismo humano con efectos nocivos y capacidad para lesionar la salud de las personas que entran en contacto con él. Podemos clasificarlos atendiendo a su naturaleza, los factores de riesgo o contaminantes en:

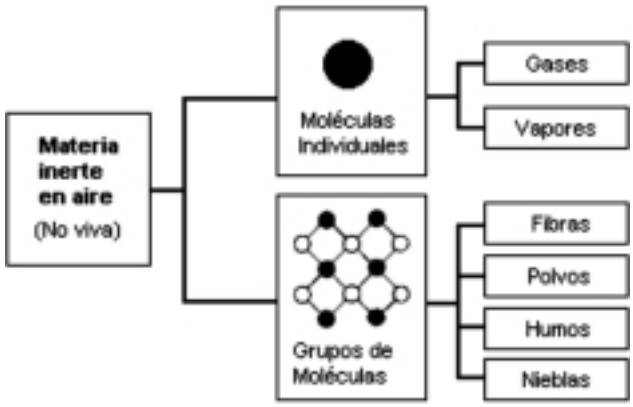
Contaminantes químicos: Se entiende por tal, toda porción de materia inerte, es decir no viva, en cualquiera de sus estados de agregación (sólido, líquido o gas), cuya presencia en la atmósfera de trabajo puede originar alteraciones en la salud de las personas expuestas. Al tratarse de materia inerte, su absorción por el organismo no provoca un incremento de la porción absorbida. Dentro de este grupo cabe citar, a modo de ejemplo, polvos finos, fibras, humos, nieblas, gases, vapores, etc.

Agentes físicos nocivos: Son manifestaciones energéticas, cuya presencia en el ambiente de trabajo puede originar riesgo higiénico. Algunos ejemplos de formas de energía capaces de actuar como factores de riesgo son: ruido, vibraciones, variaciones de la presión, radiaciones (ionizantes y no ionizantes), etc.

Contaminantes biológicos: Se considera como tal, toda la porción de materia viva(virus, bacterias, hongos...), cuya presencia en el ámbito laboral puede provocar efectos adversos en la salud de las personas con las que entran en contacto. A diferencia de lo que ocurre con los contaminantes químicos, la absorción de un contaminante biológico origina en el organismo un incremento de la porción absorbida.



En cuanto a la *forma de presentarse* los contaminantes químicos, podemos clasificarlos de la siguiente manera:



Pueden presentarse en el aire en forma de moléculas individuales (Gas o vapor) oen forma de grupos de moléculas unidas, dando lugar a los aerosoles (sólidos y líquidos). Es importante la diferencia entre ambas formas porque los aerosoles, debido a su mayor tamaño, tienen un comportamiento, en el aire y al ser inhalados, distinto del de los gases y vapores, que es idéntico al del aire por tratarse de moléculas individuales.

Aerosol: Dispersión de partículas sólidas o líquidas, de tamaño inferior a 100 micras en un medio gaseoso. Dentro del campo de los aerosoles se presentan una serie de estados físicos:

Polvos (Dust), Suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño procedente de procesos de disgregación; el tamaño de las partículas va desde la décima de micra (milésima parte del milímetro) hasta unas 25 micras. Los polvos no se difunden en el aire y sedimentan por gravedad, en ausencia de corrientes de aire o campos electrostáticos. (0.1 y 25 µ)

Nieblas (Mist), suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido que se generan por condensación de un estado gaseoso o por la desintegración de un estado líquido por atomización o ebullición, etc. El tamaño oscila desde la centésima de micra hasta unas diez micras. (0.01 y 10 µ)

Bruma (Fog), suspensiones en el aire de pequeñas gotas de líquido, apreciables a simple visto y procedente de condensación del estado gaseoso. Su tamaño va desde unas micras hasta cincuenta micras. (2 y 60 µ)

Humos (Smoke), suspensión en el aire de partículas sólidas originadas en procesos incompletos de combustión. Su tamaño es generalmente inferior a 0.1µ (< 0.1 µ)

Humos metálicos (Fume), suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas generadas en un proceso de condensación del estado gaseoso, a partir de la sublimación del metal. Su tamaño es similar al del humo.

Gases, fluidos amorfos que ocupan todo el espacio que los contiene, dando 760 mm de Hg de presión a 25 ºC. Sus partículas son de tamaño molecular y, por tanto, se pueden mover por transferencia de masa o por difusión o gravedad (hacia abajo o hacia arriba si son más ligeros que el aire).

Vapores, son la fase gaseosa de una sustancia generalmente sólida o líquida a 25ºCy 760 mm de Hg de presión. El vapor puede pasar a sólido o líquido actuando bien sobre su presión o bien sobre su temperatura El tamaño de las partículas también es molecularly es aplicable todo lo comentado para los gases.

Además de los factores ambientales existen otros factores adicionales que tienen una gran importancia en la posible nocividad de un contaminante y su acción biológica sobre el organismo. Los podemos clasificar en:

Factores intrínsecos: Aquellos sobre los que el hombre no puede ejercer ningún control (susceptibilidad del individuo, raza, edad, etc.)

Factores extrínsecos: Aquellos sobre los que se puede ejercer control (concentración del contaminante, duración de la exposición al riesgo, nutrición, sinergias debidas a la utilización de otras sustancias como tabaco, drogas, alcohol, etc.)

Los factores ambientales pueden originar sobre el individuo trastornos biológicos en su organismo y dañar su salud, ocasionando diversas respuestas (crónicas, agudas, irreversibles, reversibles, envejecimiento prematuro, situaciones de malestar o disconfort,...)

FACTORES QUE DETERMINA UNA ENFERMEDAD PROFESIONAL

La concentración del agente contaminante en el ambiente de trabajo: Existen valores máximos tolerados, establecidos para muchos de los riesgos físicos y químicos que suelen estar presentes habitualmente en el ambiente de trabajo, por debajo de los cuales es previsible que en condiciones normales no produzcan daño al trabajador expuesto.

El tiempo de exposición: Los límites comentados suelen referirse normalmente a tiempos de exposición determinados, relacionados con una jornada laboral normal de 8 horas y un período medio de vida laboral activa.

Las características individuales de cada individuo: La concentración y el tiempo de exposición se establecen para una población normal por lo que habrá que considerar en cada caso las condiciones de vida y las constantes personales de cada individuo.

La relatividad de la salud: La definición legal de la salud no coincide con la definición técnica: El trabajo es un fenómeno en constante evolución, los métodos de trabajo y los productos utilizados son cada día más diversos y cambiantes, y también lo son los conceptos que de salud y enfermedad están vigentes en una sociedad, por lo que limitarse a lo establecido oficialmente, aunque esto sea muy reciente, no es garantía de enfocar el problema de las enfermedades profesionales en su real dimensión.

La presencia de varios agentes contaminantes al mismo tiempo: No es difícil suponer que las agresiones causadas por un elemento adverso disminuyen la capacidad de defensa de un individuo, por lo que los valores límites aceptables se han de poner en cuestión cuando existen varias condiciones agresivas en un puesto de trabajo.

VÍAS DE ENTRADA DE LOS CONTAMINANTES EN EL ORGANISMO

La absorción de un contaminante químico por el organismo supone suincorporación a la sangre, tras franquear los obstáculos naturales constituidos por las diversas barreras biológicas(paredes alveolares, epitelio gastrointestinal, epidermis,tejido vascular, etc.) a las quese accede por distintas vías que son fundamentalmente lainhalatoria, cutánea, digesti- va y parenteral. También se considera una vía de entrada las mucosas (ocular, vagi- nal…), si bien pueden tener menor importancia en el plano laboral general.

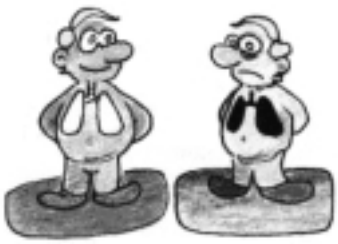


En el ámbito laboral, la inhalatoria es sin duda la más importante, ya que cualquier sustancia presente en laatmósfera de trabajo es susceptible de ser inhalada.

Vía respiratoria

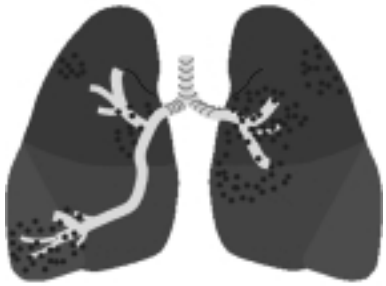
Está constituida por todo el sistema respiratorio (nariz, boca, laringe, bronquios, bronquiolos y alvéolos pulmonares).

Constituye la vía de entrada más importante para la mayoría de los contaminantes y la más estudiada, hasta el punto que los valores estándar están referidos, salvo determinados casos, exclusivamente a esta vía.



El individuo necesita oxigèno para obtener energía que le permita realizar sus funciones. Para conseguir este oxígeno aspira el aire que lerodea, mediante la nariz o la boca y lo conduce a los pulmones.

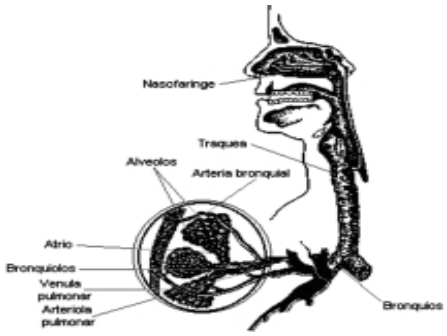
Sustancias que no estén suspendidas en el aire, la probabilidad de que produzcan peligros higiénicos es muy pequeña, siempre y cuando sean manipulados convenientemente. Cualquier sustancia suspendida en el ambiente puede ser inhalada, pero sólo las partículas que posean un tamaño adecuado llegarán a los alvéolos influyendo también su solubilidad en los fluidos del sistema respiratorio, en los que se deposita. Por tanto todas las sustancias



químicas que se encuentran en forma de gases, vapores, humos, fibras, etc… pueden ser arrastradas por corriente respiratoria de inhalación y dependiendo del tamaño y la forma de sus partículas, llegaran más o menos lejos en el recorrido de las canalizaciones que constituyen el aparato respiratorio. Así los gases y partículas más pequeñas de polvo o humos podrán llegar la sangre tal como hace el oxígeno.

El aire que es inhalado pasa en primer lugar por las fosas nasales, siendo acondicionado tanto en temperatura como en humedad. Al mismo tiempo, las fosas nasales retienen las partículas de mayor tamaño.

En la laringe y tráquea, las partículas de suficiente tamaño son retenidas por la mucosidad que recubre las paredes internas, siendo poste- riormente eliminadas por expectoración y estornudos. En ocasiones estas partículas pasan al sistema digestivo (deglución).



Los vapores, gases y aerosoles no rechazados por los mecanismos de defensa antes vistos, son capaces de llegar a los alvéolos, lugar donde se produce el paso del oxigeno a la sangre, produciendo daños locales o atravesándolos para incorporarse a la sangre y ser distribuidos por todo el cuerpo junto con el oxígeno.

Si el contaminante es un gas, un vapor o un aerosol líquido, se absorbe por difusión, sobre todo cuando se trata de un compuesto liposoluble. De este modo, una vez alcanzados los alvéolos pulmonares, atraviesa la membrana alvéolocapilar con una velocidad de difusión que será proporcional, entre otros factores, al gradiente de concentración existente entre el aire alveolar y la sangre. También se han descrito casos de lesión local (fibrosis intersticial) por la acción de ciertos contaminantes líquidos, tales como las nieblas de aceite mineral.

Si el contaminante es un sólido (polvos, fibras, humos...) o un aerosol, su acceso por esta vía está condicionado principalmente por el tamaño de las partículas. Así, mientras las mayores de 5 µm precipitan en la mucosa nasofaríngea o van quedando retenidas en el epitelio ciliado de la tráquea y bronquios superiores, las menores de ese tamaño tienen una mayor probabilidad de alcanzar la región alveolar. Una vez allí, las partículas pueden ejercer una acción agresiva local (neumoconiosis, fibrótica o no) o pasar al torrente sanguíneo a través de la membrana alvéocapilar, pudiendo realizarse básicamente por filtración, transporte (activo o pasivo) e incluso por difusión simple, teniendo una gran importancia su solubilidad. Pero además del paso directo a la sangre por los mecanismos indicados, pueden producirse una movilización de partículas libres o fagocitadas, por vía linfática.

En definitiva, la porción total de contaminante absorbida por vía inhalatoria dependerá de su concentración en la atmósfera de trabajo, del tiempo de exposición y de la ventilación pulmonar.

Vía dérmica

Los contaminantes pueden entrar en el organismo a través de toda la superficie epidérmica de la piel, que es una cubierta de espesor variable que envuelve al organismo. Su función no es exclusivamente protectora, sino también metabólica, siendo capaz de



segregar sustancias que protegen metabólicamente de agentes químicos y microbianos. La facilidad con que una substancia se absorbe a través de la piel, depende fundamentalmente de sus propiedades químicas (capacidad de disolverse en agua o en grasas) y del estado de la propia piel. Así por ejemplo una piel cuya epidermis no esté intacta ofrece una menor resistencia al paso del tóxico. Un detalle a tener en cuenta es que la ropa de trabajo impregnada con alguna substancia química puede originar la intoxicación por vía dérmica. La circulación periférica de la sangre, cuyo aumento puede provocarlo la temperatura ambiente y la carga física del trabajo, ayuda a una mejor distribución del tóxico por todo el cuerpo.

Los tóxicos que ingresan en el organismo por esta vía, deben atravesar una serie de "capas" hasta llegar a las terminaciones capilares, pudiendo incorporarse a la sangre para ser de este modo distribuidos por todo el cuerpo. La superficie de penetración es importante, así como el estado de integridad de la piel, que puede estar debilitada por lesiones o por la acción de disolventes capaces de eliminar las grasas naturales que protegen su superficie. También la temperatura y la sudoración pueden influir en la absorción del tóxico a través de la piel.

La vía cutánea es la segunda en importancia desde el punto de vista laboral y aunque la piel suele ser una buena barrera que impide el paso de los contaminantes químicos a la sangre, existen diversas sustancias para las que resulta bastante permeable. Entre dichas sustancias se encuentran algunos disolventes orgánicos (n- butanal, 2-butoxietanol, tolueno,etc.), así como ciertos compuestos inorgánicos, como algunos derivados de cromo hexavalente, que además de penetraren el organismo por esta vía pueden producir un daño local en la piel, conocido como dermatitis de contacto. Este efecto tambiénes producido por numerosas sustancias que no llegan a ser absorbidas por la piel.

La absorción a través de la piel debe tenerse muy presente en Higiene Industrial, ya que su contribución a la intoxicación suele ser significativa y para algunas sustancias es incluso vía principal de penetración. La temperatura y la sudoración pueden influir en la absorción de tóxicos a través de la piel.

Vía digestiva

Se entiende como tal el sistema formado por la boca, el estómago e intestinos. Generalmente se considera de poca importancia, salvo en casos de intoxicación accidental, o cuando se come, bebe o fuma en el puesto de trabajo. No obstante es preciso



tener en cuenta los contaminantes que se pueden ingerir disueltos en las mucosas del sistema respiratorio y que pasan al sistema digestivo siendo luego absorbidos en éste.

La ingestión de substancias químicas durante el trabajo suele ser un hecho involuntario, que casi siempre va asociado a prácticas poco higiénicas, como fumar, comer o beber en el puesto de trabajo. En general, esta vía no tiene mucha importancia en Higiene Industrial, en determinados casos debe tenerse en cuenta, por ejemplo, cuando el contacto entre el individuo y la substancia es continuo y esta se encuentra en forma de polvo.

La dosis absorbida por el organismo puede verse incrementada en estas situaciones debido a la ingestión del tóxico.
El recorrido de las substancias desde la cavidad oral, pasando por el estómago e intestinos, origina diversos grados de absorción, dependiendo de las características del producto. Esto se debe a las distintas substancias químicas que habitan en el tubo digestivo como ayuda a la digestión y que originan un "ambiente" químico diferente a lo largo del mismo.
El aseo personal, así como la prohibición de comer, beber o fumar en los puesto de trabajo, minimiza la entrada del contaminante por esta vía.

Vía parenteral

Es la penetración directa del tóxico en la sangre, a través de una discontinuidad dela piel por ejemplo, a través de una herida. Constituye la vía de entrada más grave e importante para los contaminantes biológicos.

Debe tenerse en cuenta cuando existen heridas en la piel o en aquellos casos en los que esposible la inoculación directa del tóxico.

Su carácter es mayoritariamente accidentaly tiene importancia en aquellos casos en que se manejan objetos punzantes con regularidad (por ejemplo, agujas hipodérmicas en centros sanitarios o laboratorios). Sin embargo ha de ser tomada muy en cuenta en estas ocasiones ya que el tóxico puede pasar directamente al torrente circulatorio sin que apenas existan barreras que selo impidan.

CONTAMINANTES TÓXICOS Y SUS FORMAS DE ACCIÓN

El estudio de los efectos fisiológicos que los contaminantes producen sobre el organismo humano compete a la Medicina del Trabajo, pero de todas formas conviene señalar de forma general cuáles son estos efectos para completar la formación técnica en esta materia.

El contaminante puede ser absorbido, distribuido, acumulado, metabolizado y eliminado por el organismo. Hay que tener en cuenta que muchos compuestos pueden generar más de un efecto.
Los contaminantes químicos pueden ser clasificados según los principales efectos sobre el organismo:

Efectos	
Corrosivo	Destrucción de los tejidos sobre los que actúa el tóxico
Irritantes	Irritación de la piel o las mucosas en contacto con el tóxico
Neumoconióticos	Alteración pulmonar por partículas sólidas
Asfixiantes	Desplazamiento del oxígeno del aire o alteración de los mecanismos oxidativos biológicos
Anestésicos y Narcóticos	Depresión del sistema nervioso central. Generalmente el efecto desaparece cuando desaparece el contaminante
Sensibilizantes	Efecto alérgico del contaminante ante la presencia del tóxico, aunque sea en pequeñísimas cantidades (Asma, Dermatitis)
Cancerígenos mutógenos y teratógenos	Producción de cáncer, modificaciones hereditarias y malformaciones en la descendencia respectivamente
Sistémicos	Alteraciones de órganos o sistemas específicos (hígado, riñón, etc).

TIPOS DE EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES QUIMICOS

Tóxicos sistémicos: Son compuestos que actúan sobre órganos determinados que se encuentran a cierta distancia de las vías de entrada (la mayoría de los disolventes orgánicos pertenecen a este grupo). Sus efectos son aditivos. Ejemplos: insecticidas, metanol, plomo, hidrocarburos aromáticos, etc.

Anestésicos o Narcóticos.

Compuestos que actúan sobre el sistema nervioso central, limitandola actividad cerebral. En general son substancias liposolubles, que tienenpues, la facilidad para intervenir dado el carácter lipídico de parte del cerebro. Los más conocidos son los disolventes, de gran uso industrial. Especialmente importante resulta la exposición a estos contaminantes cuando va acompañada de hábitos personales como el consumo de alcohol, ya que puede producir aditividad de efectos.

Irritantes: Son compuestos que atacan el tejido con el que entran en contacto, pudiendo afectar a la piel, vías respiratorias y ojos (producen una inflamación debida a una acción química o física). Aunque pueden tratarse de irritantes dérmicos, en general se refiere a aquellos que al ser inhalados producen irritación de las vías respiratorias Suelen ser sustancias muy reactivas y la gravedad del efecto viene dada por su concentración y no por el tiempo de exposición.

que los poco o muy poco solubles, además de este efecto, pueden dañar el tejidopulmonar (por ejemplo óxidos de nitrógeno).

Sensibilizantes.
Producen reacciones alérgicas en aquellos individuos expuestos a ellos, que pueden traducirse en afecciones dérmicas o respiratorias. El sistema inmunológico de estas personas pone en marcha el mecanismo de defensa frente a las substancias

sensibilizantes. Las erupciones en la piel o las crisis asmáticas son ejemplos de estos efectos.
Los más peligrosos son los sensibilizantes respiratorios, como los componentes de la familia de los isocianatos, ampliamente utilizados en la fabricación de espumas, pinturas…

El problema preventiva que presentan se agrava si se tiene en cuenta queprácticamente no existe una concentración segura para trabajar con ellos, pudiendo producirse la sensibilización en aquellos individuos a muy bajas concentraciones. La única medida para los individuos afectados es evitar el contacto con estos. A menido, eso significa el evitar elcontacto con estos productos. A menudo, eso significa el cambio de puesto de trabajo.

Neumoconióticos: Son compuestos en forma de polvo que se adhieren al pulmón y mediante un estímulo irritativo hacen que el parenquima pulmonar se endurezca, reduciendo la capacidad pulmonar, impidiendo la difusión del oxígeno. Existen varias enfermedades de tipo neumoconiótico, como la siderosis debido al "Fe" o la aluminosis debido al Aluminio. Mayor gravedad ofrece la silicosis, producida por partículas de sílice libre cristalina o la asbestosis generada por fibras de asbesto. La acumulación de estos compuestos en los pulmones da lugar, cuando los mecanismos de eliminación del organismo no son suficientes, a problemas respiratorios debidos a la merma de flexibilidad del tejido pulmonar.

Corrosivos: Son los productos que producen un ataque químico sobre el tejido sobre el que contactan. Los más conocidos son los ácidos. Desde un punto de vista preventivo, la acción de un compuesto corrosivo suele ser accidental, al entrar en contacto con la piel, pero actúan como potentes irritantes si son inhalados.

Asfixiantes simples: Son gases inertes que sin presentar ningún efecto específico si se encuentran en determinada cantidad desplazan al oxígeno del local de trabajo, pudiendo provocar asfixia si la concentración de oxígeno desciende por debajo del 17%, por ejemplo dióxido de carbono, nitrógeno, etc. En el caso del monóxido de carbono forma la carboxihemoglobina (molécula que transporta el oxígeno de la sangre), provocando también déficit de oxígeno en las células.

Asfixiantes químicos: Actúan entrando en la sangre, combinándose con ella a través de los pulmones, no dejando que se realice correctamente el suministro normal deoxígeno a los tejidos (monóxido de carbono, ácido cianhídrico).

Productores de dermatitis: Sustancias que independientemente de que pueden ejercer otros efectos tóxicos sobre el organismo, en contacto con la piel originan cambios en la

misma, principalmente irritación primaria y/o sensibilización alérgica.

Además podemos considerar efectos del tipo: Alérgico, Cancerígeno, Infeccioso y/o parasitario, Lesivo y/o atrofiante, Corrosivo, Mutágeno, etc.

Alergenos: Son aquellas sustancias capaces de desencadenar en el organismo una reacción antígeno-anticuerpo descontrolada. No afecta a la totalidad de individuos y sólo se presentan en individuos previamente sensibilizados. (Ej.: isocianatos, polvo de ciertasmaderas tropicales, etc.).

Carcinógenos: Son sustancias capaces de inducir proliferación celular desordenada. (Ej.: amianto, benceno, compuestos hexavalentes de cromo, etc.)

Teratógenos: Sustancias que provocan malformaciones congénitas (Ej.: dioxinas, iperita o gas mostaza, etc.).

Mutágenos: Son aquellas sustancias que, actuando sobre el material genético, provocan alteraciones hereditarias. Muchos mutágenos son cancerígenos (Ej.: benzo-a- pireno).

Efectos combinados:
Otro aspecto importante es que cuando en un medio laboral existen varios contaminante se pueden presentar efectos simples (los producidos por cada contaminante aislado), efectos aditivos (los producidos por varios contaminantes sobre un mismo órgano) y efectos sinérgicos o potenciadores (cuando varios contaminantes multiplican su interacción mutua).

CONTAMINANTES Y SUS EFECTOS

Tipo de efecto		Contaminante
Neumoconióticos		Silice. Amianto. Polvo de algodón
Irritantes	Tracto respiratorio Superior	Acido sulfúrico. Acido clorhídrico. Acido nítrico. Hidróxido sódico. Formaldehído.
	Tracto respiratorio superior y tejido pulmonar	Ozono. Cloro. Dióxido de nitrógeno. Fosgeno. Sulfato de etilo.
Asfixiantes	Simples	Dióxido de carbono. Butano. Nitrógeno.
	Químicos	Monóxido de carbono. Acido cianhídrico. Plomo.
Anestésicos y narcóticos		Tolueno. Xilenos. Acetona. Etanol. Eter etílico.
Sensibilizantes		Isocianatos. Fibras vegetales. Formaldehído. Polvo de madera Aminas aromáticas.
Cancerígenos		Benceno. Cloruro de vinilo. Amianto. Bencidina y derivados. Cadmio y compuestos. Berilio.
Tóxicos sistémicos	Sistema nervioso. central	Alcohol metílico. Mercurio. Manganeso. Sulfuro de carbono
	Riñón	Cadmio y compuestos. Manganeso y compuestos. Plomo y compuestos.
	Hígado	Cloroformo Nitrosaminas
Corrosivos		Ácidos Álcalis

POLVOS Y FIBRAS

A título ilustrativo aclararemos el concepto de polvo respirable, que permitirá una mejor comprensión del problema higiénico donde intervienen polvos.
El polvo se puede clasificar según su tamaño en visible, distinguible a simple vistacon tamaño mayor de 30 micras, sedimentable, con tamaño entre 10 y 20 micras, inhalable con tamaño menor de 10 micras, respirable, que puede penetrar en lospulmones, con tamaño inferior a 5 micras.

El polvo puede ser por sus efectos:

Polvo neumoconiótico: Produce efectos irreversibles en el pulmón, denominados genéricamente neumoconiosis. Sus efectos dependen de su fracción respirable en sílice.

Polvo tóxico: Tienen una acción tóxica primaria en el organismo y sus efectos dependen de la cantidad total de polvo suspendido (polvos metálicos por ejemplo óxido de plomo que produce saturnismo).

Polvo cancerígeno: Es todo polvo que puede inducir un tumor maligno en el hombre y someterlo a una determinada dosis, por ejemplo asbestos, ácido crómico, níquel, etc.

Polvo inerte: No contiene ningún compuesto tóxico y los productos neumoconióticos están en porcentaje inferior al 1%. La ACGIH los denomina PNCOF (partículas no clasificadas de otras formas) a las que asigna un TLV de 10 mg/m^3 de polvo total no conteniendo amianto y menos del 1% de sílice cristalina.

Por su forma:

Fibras: Son aquellas partículas cuya longitud es superior a 3 veces su diámetro medio (algodón, cáñamo, amianto, etc.). Pueden ser:

Por su composición:

-Animales: Plumas, pelos, cuero, huesos
-Vegetales: Polen, cereales, paja,
-tabaco Minerales: Metales, asbestos

Por "fracción respirable" se entiende la parte de polvo total suspendida en el aire que alcanza, por su pequeño tamaño, los alvéolos pulmonares depositándose en ellos. Elresto es retenido por las mucosas del aparato respiratorio o sedimentan por gravedad.

GASES Y VAPORES

Algunos ejemplos de gases o vapores son:



El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro e insípido algo menos denso que el aire porlo que se difunde rápidamente.

Se produce siempre que tiene lugar una combustión incompleta de carbón.

Sus efectos se deben a que su afinidad por la hemoglobina de la sangre es unas 300 veces mayor que la del oxígeno del aire, con lo que impide el transporte por la sangre deloxígeno de los pulmones a las células, produciendo una asfixia química.

El dióxido de azufre es un gas incoloro, olor picante; se emplea como agente blanqueante y en la obtención del ácido sulfúrico; se desprende en procesos de combustión ya que el azufre siempre acompaña a los carbones y petróleos. Muy soluble en agua causa irritaciones del sistema respiratorio superior.

Los óxidos de nitrógeno se obtienen como subproducto en la fabricación deproductos nitrosos, colorantes, explosivos, fertilizantes. Producen irritación del sistema respiratorio superior y edema pulmonar.

El mercurio es el único metal líquido y se evapora fácilmente incluso a temperatura ambiente. Produce la enfermedad de hidragirismo.

Cloro y sus derivados, constituyen un grupo de sustancias irritantes. El cloro es un gas amarillento verdoso de olor muy característico, más pesado que el aire. Se utiliza enla depuración de aguas y como materia prima para derivados clorados. El óxido de cloro es un gas rojizo y es muy reactivo y muy tóxico.

Los vapores de plomo son un tóxico muy peligroso que se encuentra principalmente en las industrias de fundición de plomo, plata y cinc, fabricación de minio, porcelana, vidrios, etc. El plomo desprende gran cantidad de vapores a 500 ºC y produce una grave enfermedad: el saturnismo.

El amoniaco se emplea en refrigeración en circuito cerrado y en la fabricación de abonos y explosivos; se desprende en la descomposición de sustancias nitrogenadas, en aguas negras, etc. Muy soluble en agua causa una fuerte irritación en las mucosas del aparato respiratorio.

Los cianuros tienen una toxicidad derivada de su capacidad de desprender ácido cianhídrico que inhibe la oxidación de la sangre por inactivación de las enzimas respiratorias. El ácido cianhídrico tiene un olor muy característico a almendras amargas, muy tóxico y puede penetrar en el organismo por inhalación, ingestión y por la piel.

DISOLVENTES

Son una serie de sustancias, generalmente orgánicas, que se utilizan para desengrasar, en pinturas y barnices, etc. Dada su elevada presión de vapor se encuentranen todos los ambientes donde se utilizan, incluso a temperatura ambiente.

Suelen ser mezclas de diferentes compuestos químicos y no suelen ser solubles en agua; suelen ser sustancias combustibles, dando lugar muy fácilmente a mezclas inflamables.

Su toxicidad vendrá dada por su máximo valor de concentración en el aire admisible; sin embargo debemos tener en cuenta también que a más presión de vapor del producto más cantidad de él existirá en el ambiente. Por tanto se define el índice de peligrosidad de un disolvente dividiendo su presión de vapor entre su valor de concentración admisible TLV-TWA.

La toxicidad de los disolventes acuosos está dada por las sustancias añadidas al agua, como ácidos, álcalis, oxidantes, reductores, etc. Pueden presentarse riesgos en contactos accidentales, como consecuencia de la existencia de nieblas, etc. y en general ocasionan irritaciones del sistema respiratorio.



CONCEPTO Y FUNCIONES DE LA HIGIENE DEL TRABAJO

Según la American Industrial Hygienist Assocciation (A.I.H.A.), la Higiene Industrial es la "Ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones emanados o provocados por el lugar de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades, destruir la salud y el bienestar o crear algún malestar significativo entre los trabajadores o los ciudadanos de una comunidad".

Suele definirse también como una técnica no médica de prevención, que actúa frente a los contaminantes ambientales derivados del trabajo, al objeto de prevenir las enfermedades profesionales de los individuos expuestos a ellos.

Para conseguir su objetivo la higiene basa sus actuaciones en:

Reconocimiento de los factores medioambientales que influyen sobre la salud de los trabajadores, basados en el conocimiento profundo sobre productos (contaminantes), métodos de trabajo procesos e instalaciones (análisis de condiciones de trabajo) y los efectos que producen sobre el hombre y su bienestar.

Evaluación de los riesgos a corto y largo plazo, por medio de la objetivación de las condiciones ambientales y su comparación con los valores límites, necesitando para ello aplicar técnicas de muestreo y/o medición directa y en su caso el análisis de muestras en el laboratorio, para que la mayoría de los trabajos expuestos no contraigan una enfermedad profesional.



Control de los riesgos en base a los datos obtenidos en etapas anteriores, así como de las condiciones no higiénicas utilizando los métodos adecuados para eliminar las causas de riesgo y reducir las concentraciones de los contaminantes a límites soportables

para el hombre. Las medidas correctoras vendrán dadas, según los casos, mediante la actuación en el foco, trayecto o trabajador expuesto.

Unidades de medida

La concentración de materia contaminante en el aire de origen químico ysusceptible de provocar un daño a la salud es extremadamente baja; quiere esto decir que debemos emplear unidades de medida capaces de ponderar esos bajos valores absolutos.
Por otra parte, también es necesario emplear las unidades adecuadas para los agentes físicos. Por todo ello existe cierta terminología que se debe conocer:

p.p.m. Partes por millón expresadas volumétricamente y medidas a 25ºC y760 mm de Hg.
mg/m^3 Miligramos por metro cúbico. Expresa la concentración en forma gravimétrica.
m.p.p.c.f. Millones de partículas por pie cúbico.
p.p.c.c Partículas por centímetro cúbico.
dB Decibelio (medida de nivel de presión acústica)
lux Intensidad de iluminación recibida
µm micra, millonésima parte del m.
µg microgramo, millonésima parte del gramo
µl microlitro, millonésima parte del litro
mg miligramo
m^3 metro cúbico
atm Atmósfera = 760 mm. Hg
Factores de conversión y equivalencia

$mg/m^3 = 0.041 \times ppm \times Pm$

donde Pm = Peso molecular de una sustancia en g/mol medida a 25ºC y 760 mmHgde presión y supuesto comportamiento ideal.

$$TLV \text{ en } mg/m^3 = \frac{(TLV \text{ en ppm}) \times (Pm \text{ de la sustancia en gramos})}{24.45}$$

recíprocamente, la ecuación para convertir los valores TLV mg/m3 en ppm es:

$$TLV \text{ en ppm} = \frac{(TLV \text{ en } mg/m^3) \times (24.45)}{(Pm \text{ de la sustancia en gramos})}$$

donde 24.45 es el volumen molar en litros y Pm el peso molecular.

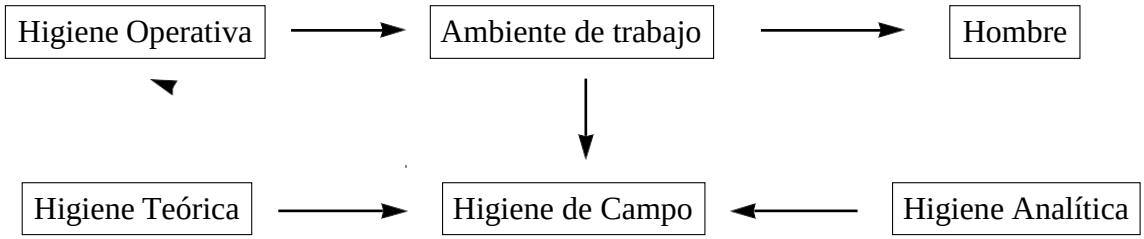
p.p.c.c = 35.5 x m.p.p.c.f.

$p.p.m. = \% \times 10^4$ (% en volumen de un gas o vapor contaminante del aire)

$mg/m^3 = 0.52 \times p.p.c.c. \times d \times D^3$ (en sólidos, d=densidad y D=diámetro)

La higiene del trabajo para evaluar y corregir las condiciones medioambientales partiendo de criterios de validez general se desarrolla a través de:

- *La Higiene Teórica*
- *La Higiene de Campo*
- *La Higiene Analítica*
- *La Higiene Operativa*



Como veremos por las funciones que competen a cada una será preciso la actuación conjunta de todas ellas ya que se encuentran íntimamente ligadas entre sí.

RAMAS DE LA HIGIENE INDUSTRIAL

Higiene teórica

Se encarga del estudio de los contaminantes y su relación con el hombre a través de estudios epidemiológicos y experimentación humana o animal, con el objeto de estudiar las relaciones dosis-respuesta o contaminante-tiempo, para establecer unos valores estándar de concentración de sustancias en el ambiente y unos periodos de exposición a los cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar continuamente expuestos dentro de su jornada laboral sin que se produzcan efectos perjudiciales para la salud.

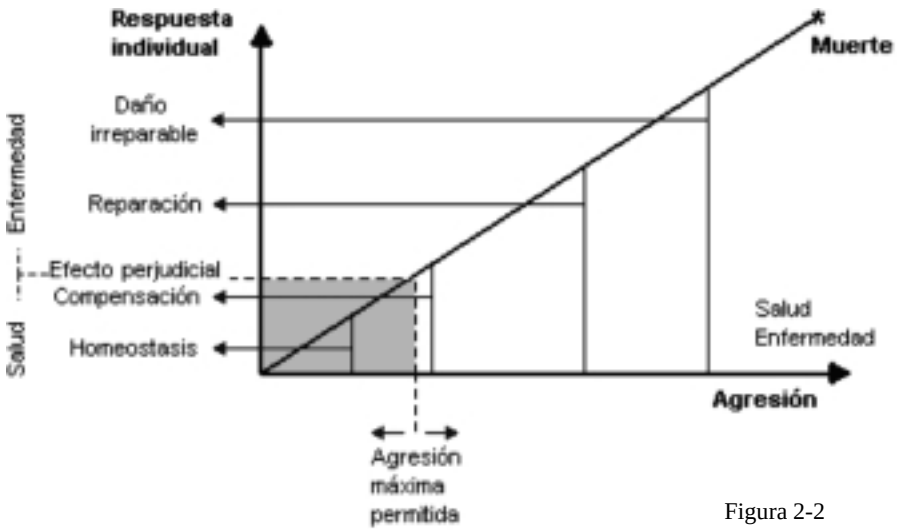


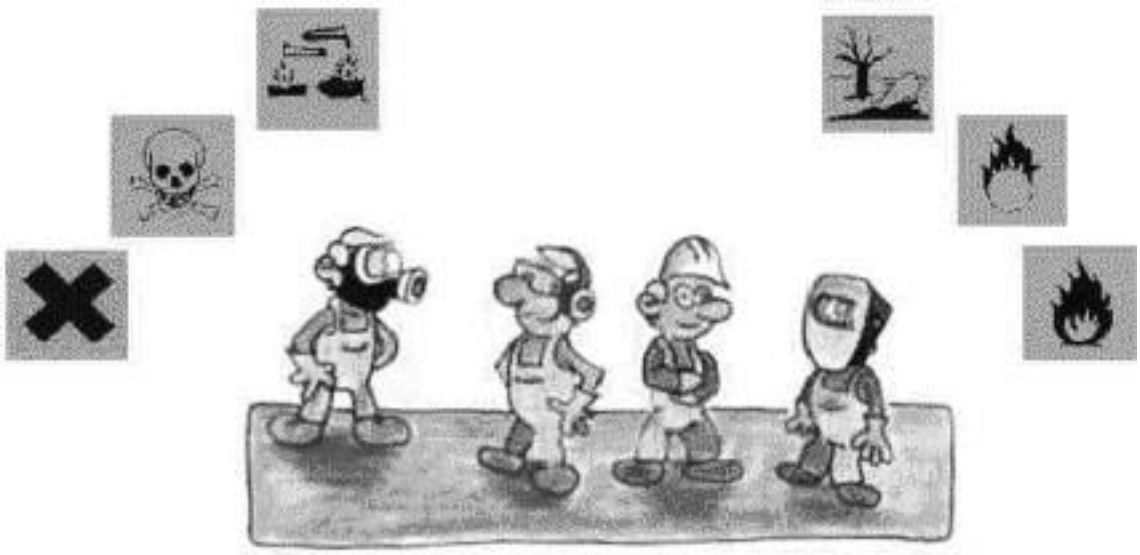
Figura 2-2

Para la fijación de los valores estándar se actúa a dos niveles:

1. A nivel de laboratorio: sometiendo a seres vivos a los efectos de contaminantes que se estudian y determinando las alteraciones funcionales que

experimentan para posteriormente extrapolar estos resultados y aplicarlos al hombre.

A nivel de campo: recogiendo información sobre los compuestos que semanipulan en los procesos industriales.



Criterios de valoración del riesgo higiénico

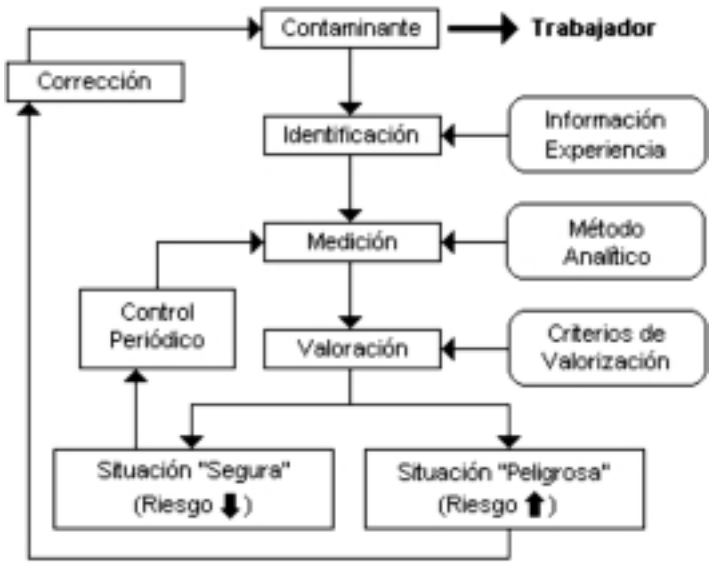


Figura 2-4

El conocimiento de la cantidad de contaminante o concentración existente en un medio laboral, unido al tiempo de exposición al mismo, permitirá al experto en Higiene del Trabajo, por comparación con los valores estándar suministrados por la higiene teórica, evaluar el riesgo existente en un determinado puesto de trabajo.

La determinación de los valores estándar depende de los criterios de valoración elegidos, siendo los más utilizados en los

distintos países aquellos que han tenido su origen en las investigaciones realizadas en este campo por los Estados Unidos y la antigua URSS.

La diferencia fundamental entre ambos criterios viene dada por su distinta concepción filosófica del riesgo higiénico y sus consecuencias para la salud:

– En la antigua URSS se siguió el criterio de no permitir ni tolerar la exposición ante cualquier sustancia que produzca algún cambio fisiológico en el hombre susceptible de ser medido, aunque sea reversible y con independencia de su viabilidad económica o cualquier otro factor.

– Estados Unidos, por el contrario, sigue el criterio de tolerar la exposición siempreque en la mayoría de las personas expuestas a determinadas concentraciones, día tras día, no se produzcan efectos perjudiciales para su salud, aunque lógicamente ello dependerá de la susceptibilidad de los trabajadores expuestos.

Los valores estándar según este último criterio están referidos a un individuo estadísticamente medio, para un ciclo de trabajo de 8 horas/día y cinco días a la semana y para un periodo de exposición de 30 a 40 años.

Los valores límites umbrales (TLV´s) se refieren a concentraciones de sustancias en el aire y representan condiciones bajo las cuales se puede confiar que la mayoría de trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos. No obstante, a causa de la gran variación que existe en la susceptibilidad individual, un pequeño porcentaje de trabajadores puede experimentar alteraciones frente a alguna substancia a concentraciones iguales o menores que los valores límite, y un porcentaje todavía menor puede ser afectado más seriamente por agravación de unas condiciones preexistentes o por el desarrollo de una enfermedad profesional.

Fumar tabaco es peligroso por varias razones; el fumar puede aumentar los efectos biológicos de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo y puede reducir los mecanismos de defensa del cuerpo frente a sustancias tóxicas.

Los individuos también pueden ser hipersusceptibles u otro tipo de respuestas inusuales a algunos agentes químicos industriales, debido a factores genéticos, edad, hábitos personales como fumar, medicación o exposiciones anteriores. Cada trabajador puede no estar adecuadamente protegido contra los efectos adversos para la salud de ciertos agentes químicos a concentraciones incluso por debajo del valor límite umbral. Un médico especialista en medicina del trabajo debería evaluar el número de trabajadores que requieren protección individual.

Los valores límite umbral TLV se basan en la mejor información disponible procedente de la experiencia industrial, experimentación con animales y experimentación humana, e incluso de una combinación de las tres fuentes. La base sobre la que se han establecido los valores puede variar de una sustancia a otra.

La entidad y naturaleza de la información disponible para establecer los valores TLV varía de una sustancia a otra; por tanto, la precisión de esos valores está sujeta a variación y debería consultarse la documentación más reciente para asesorarse sobre el contenido y extensión de los datos disponibles para una determinada sustancia.

Esos límites han sido elaborados para su uso en la práctica de la higiene industrial a título de recomendaciones sobre el control de peligros potenciales para la salud y no para otros usos como, por ejemplo, control de daños a la comunidad por contaminación del aire, estimación del potencial tóxico para exposiciones ininterrumpidas, como prueba o refutación de una condición física o enfermedad existente, etc.

Estos límites no son una frontera definida entre la concentración segura y la peligrosa, ni tampoco son un índice relativo de toxicidad y no deberán ser utilizados por personas sin preparación en la disciplina de la higiene industrial.

Los valores límite umbral (TLV) emitidos por la ACGIH son recomendaciones y deberán utilizarse como directrices para obtener buenos procedimientos. A pesar del hecho de que no es probable que lesiones graves sean consecuencia de exposiciones a concentraciones límite umbral, el mejor procedimiento es mantener las concentraciones de todos los contaminantes atmosféricos tan bajas como sea posible.

De acuerdo con los criterios expuestos los valores límites de referencia más utilizados en los diferentes países son:

Antigua URSS

Concentración máxima permitida (MAK). Concentraciones máximas permitidas que no pueden ser rebasadas en ningún momento. Son valores muy "seguros" desde el punto de vista preventivo, pero técnicamente difíciles de cumplir hoy día.

Estados Unidos y países occidentales

Entre los más conocidos criterios de valoración figuran los propuestos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) y por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

INTRODUCCIÓN A LA HIGIENE INDUSTRIAL

El criterio propuesto por la ACGIH se basa en los denominados TLV's (TLV-TWA,TLV-C y TLV-STEL) y BEIs

El criterio propuesto por el NIOSH se basa en los denominados valores REL (REL-TWA y REL-C)

Media ponderada en el tiempo (TLV-TWA) (Threshold Limit Value-Time WeightedAverage). (La denominación de TLV-TWA de la ACGIH está registrada). Concentración media ponderada en el tiempo a que puede estar sometida una persona normal durante 8horas al día o 40 horas semanales, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos. Se utiliza para todo tipo de contaminante.

Los valores TLV-TWA permiten desviaciones por encima siempre que sean compensadas durante la jornada de trabajo por otras equivalentes por debajo y siempre que no se sobrepasen los valores TLV-STEL

Límite de exposición para cortos periodos de tiempo (TLV-STEL) (Threshold LimitValue-Short Term Exposure Limit). Concentración máxima a la que pueden estar expuestos los trabajadores durante un período continuo de hasta 15 minutos sin sufrir trastornos irreversibles o intolerables, La exposición a esta concentración está limitada a4 veces por día, espaciadas al menos en una hora, y sin rebasar en ningún caso el TLV- TWA diario.

Es la concentración máxima a la cual los trabajadores pueden estar expuestos por un corto período de tiempo sin sufrir a) irritación, b) cambios crónicos o irreversibles en tejidos orgánicos c) narcosis en grado suficiente para incrementar la propensión al accidente, impedir el propio rescate, o reducir materialmente la eficiencia en el trabajo.

Para aquellas sustancias de las que no se disponen de datos relativos a valores STEL, los niveles de exposición de los trabajadores no deben superar:

3 TLV-TWA durante 30 minutos en la jornada de trabajo5 TLV-TWA bajo ningún concepto

Valor techo (TLV-C) (Threshold Limit Value-Ceiling). Corresponde a la concentra-ción que no debe ser rebasada en ningún momento. En la práctica convencional de la higiene industrial, si no es factible el control instantáneo, puede evaluarse efectuando muestras cada 15 minutos, excepto para aquellas sustancias que puedan causar irritacióninmediata en exposiciones más breves. Coincide con el concepto MAK anteriormente aludido.

Para algunas substancias como, por ejemplo, gases irritantes solamente puede ser relevante una categoría: el TLV-C.

Índice biológico de exposición (BEI). Se utiliza para valorar la exposición a los compuestos químicos presentes en el puesto de trabajo a través de medidas apropiadas en las muestras biológicas tomadas al trabajador, pudiendo realizarse la medida en el aire exhalado, orina, sangre y otras muestras biológicas tomadas al trabajador expuesto.

Los valores fijados para los TLV son objeto de modificación a medida que existennuevos conocimientos sobre los efectos que los contaminantes producen para la salud.

de plomo metálico y sus compuestos iónicos en el ambiente de trabajo (B.O.E.de 24 de abril de 1986).

Orden de 9 de abril de 1986 por la que se aprueba el Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores en presencia de Cloruro de vinilo monómero en el ambiente de trabajo (B.O.E. de 6 de mayode 1986).

Sustancia	8 h / día	Comentarios
Amianto	1 fibra/cm^3 0.6 fibras/cm^3	Excepto crocidolita, prohibida. A partir de 1. 1.93, según Directiva 91/384/CEE
Plomo	150 pLg/m^3	Nivel de acción: 75 µg/m^3
Cloruro de vinilo	7 ppm	3 ppm promedio para 1 año

(*) Se establece el valor límite bioquímico de plumbemia de 70 µg/100 ml, considerándose «expuestos» a partir de 40, y se admiten valores entre 70 y 80 si se cumplen que la protoporfirina cinc en sangre (PPZ) es inferior a 20 µg/g hemoglobina, el ácido deltaaminolevulínico en orina (ALAU) es inferior a 20 µg/g creatinina y la dehidrasa del ácido deltaaminolevulínico en sangre (ALAD) es superior a 6 unidades europeas (UE).

No obstante, desde mediados de 1999 el Instituto Nacional de Seguridad e Higieneen el Trabajo ha editado una publicación sobre los límites de exposición profesional para agentes químicos.

La Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo ha acordado recomendar:

Que se apliquen en los lugares de Trabajo los límites de exposición indicados en laguía del INSHT titulada "Documento sobre límites de exposición profesional paraagentes químicos en España" y que su aplicación se realice con los criterios establecidos en dicho documento.

Además se ha recomendado la máxima difusión de este documento así como las revisiones anuales necesarias.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TOXICOLOGÍA LABORAL

La Toxicología Laboral es la ciencia que se dedica al estudio de las acciones tóxicas producidas por los compuestos químicos utilizados en la industria y que suelen penetrar en el hombre como consecuencia de sus manipulaciones y usos.

En términos amplios, se entiende por acción tóxica o toxicidad a la capacidad relativa de un compuesto para ocasionar daños mediante efectos biológicos adversos, una vez ha alcanzado un punto susceptible en el organismo.

Para el desarrollo de la Toxicología Industrial y conocimiento de los efectos adversos que los contaminantes químicos producen sobre los trabajadores, se utilizan tres procedimientos: la experiencia animal con extrapolación al hombre, la epidemiología y la analogía química.

TOXICOCINETICA

Para que se dé una intoxicación sistemática es necesario un medio de transporte del tóxico, este medio normalmente es la sangre. Una vez que el tóxico se introduce en el flujo sanguíneo, éste circula alcanzando la zona en la que ejerce su acción. Posteriormente se deposita o se eliminará, transformándose mediante reacciones metabólicas.

Podemos considerar, secuencialmente, el movimiento del tóxico en el interior del organismo (cinética) de la siguiente forma: Absorción, Distribución, Localización, Acumulación o Fijación y Eliminación.

La Absorción consiste en el paso del tóxico al sistema circulatorio, para lo que tendrá que atravesar, en todo caso, algún tipo de membrana biológica, por ejemplo: la membrana alveolar. La membrana de la célula está formada por tres capas. Cada una de estas capas tiene un espesor de 25 A. Los dos estratos proteicos son responsables de la elasticidad, resistencia y de la hidrofilia, y estos van a estar en contacto con los medios acuosos del exterior y del interior de la célula. La capa intermedia lipídica es bimolecular y constituye el esqueleto principal. Esta estructura va a regular el paso de los tóxicos a través de ella. La córnea lipoide va a favorecer el paso de sustancias liposolubles, es decir, neutras, pero la fuerte carga eléctrica de la membrana entorpece el paso de sustancias ionizadas.

Los mecanismos por los que un tóxico puede atravesar la membrana serán: por difusión simple, por filtración, o bien mediante transporte activo. En este último caso se requiere aporte de energía, que proporciona la propia célula.

Por difusión sólo pueden penetrar moléculas neutras, y su velocidad depende del coeficiente de partición lípido/agua, o sea, la relación de las solubilidades del tóxico en esos medios, y la diferencia de concentraciones de tóxico en ambos lados de la membrana.

53

Hay una forma de absorción que es la difusión catalizada, la cual requiere la presencia en la membrana celular de un portador, que puede combinarse con la sustancia tóxica y moverse con libertad a través de la membrana. Dado que es una forma de difusión, el traslado se efectuará siempre hacia valores más bajos de un grandiente electroquímico.
Este tipo de uniones es específico, los portadores sólo se unen a un mínimo limitado de sustancias de estructura química semejante. Estas sustancias pueden competir entre sí por el portador y causar inhibición.
Por filtración pueden penetrar pequeños aniones a través de los poros que tienen ciertas células, debido a las agrupaciones de cargas positivas, que a la vez impiden el pasode los cationes.
El transporte activo, que permite el paso de sustancias cargadas eléctricamente, se produce sólo con la ayuda de enzimas específicas y con el empleo de energía, proporcionada ésta por el ATP que proviene de los procesos de fosforilización oxidativa que continuamente tiene lugar en el interior de la célula. La enzima portadora se une al tóxico a transportar, modifica su estructura de forma que facilita su paso por la membrana y una vez dentro de la célula el complejo se desdobla y el ciclo se renueva.

Absorción por la piel

En este tipo de penetración el tóxico debe cruzar muchas capas de células hasta llegar a los capilares. El tóxico debe ser más o menos soluble en las distintas capas de la piel, cada una con sus propias características químicas. En líneas generales, la absorción será más favorable para los compuestos liposolubles como los disolventes, siendo casi nula para compuestos metálicos, salvo que se produzcan fenómenos de quelación y desnaturalización de las proteínas.
Los anexos de la piel, glándulas, pelos, etc., así como las zonas deterioradas de la piel, modifican importantemente su capacidad de absorción con respecto a la capacidad transepidérmica.

Absorción por vía digestiva

En este caso, los compuestos liposolubles se absorberán fácilmente y los ionizados estarán influidos por los cambios de pH del tracto digestivo. Los estados de ionización de las moléculas variarán en función del pH y, como consecuencia, su mayor o menor facilidad para la absorción. En el estómago y en el intestino delgado existen "portadores" especializados para la absorción de iones metálicos.

Absorción por vía respiratoria

La vía inhalatoria constituye la vía de absorción más importante en HigieneIndustrial, por su facilidad de penetración y por su gran superficie de intercambio.
Los gases y vapores liposolubles llegan al volumen alveolar y se diluyen en el aire ya presente; la absorción se produce por difusión y dependerá de la concentración del tóxico en el volumen alveolar, del coeficiente de difusión a través de la membrana alveolar y del coeficiente de partición entre el aire y la sangre.
La concentración alveolar irá en función de la concentración ambiental del tóxico y del tiempo de exposición. El coeficiente de partición dependerá de la solubilidad del tóxico en los lípidos plasmáticos, su capacidad de ligarse a las proteínas plasmáticas y su solubilidad en las membranas tisulares.

Distribución: Cuando el tóxico ha pasado a la sangre, ésta lo difunde por todo el cuerpo. La incorporación a la sangre puede realizarse por simple disolución o mediante

una fijación a las proteínas o a las células sanguíneas. La rapidez de difusión del tóxico depende principalmente de la modalidad de esta incorporación a la sangre, así como de la vía de penetración seguida.

Acumulación: Los productos tóxicos distribuidos por la sangre a todo el organismo pueden fijarse en aquellos órganos por los que tengan más afinidad. Los órganos más afectados suelen ser los más vascularizados o los que poseen una constitución rica en lípidos. Cuando la fijación no origina un efecto local, constituye un proceso de acumulación, que es capaz de prolongar los efectos del tóxico, tras cesar la exposición, debido a la liberación progresiva del producto acumulado.

Metabolismo: Los compuestos químicos pueden ser alterados por su interacción con el organismo. Esta acción metabólica tiende a transformar las moléculas del compuesto en productos más solubles en agua en el plasma sanguíneo para facilitar su eliminación.
Este proceso significa una detoxificación, excepto en algunos casos en que la primera etapa del metabolismo origina un producto más tóxico que el de partida.

Eliminación: Los tóxicos absorbidos pueden ser eliminados del organismo por diversas rutas en función de varios factores.
Los productos volátiles son eliminados en parte por vía respiratoria, en un proceso contrario al de su absorción. La mayoría de los compuestos se eliminan en gran proporción por la orina, ya sea inalterados o como productos de su metabolización. Algunos tóxicos son eliminados por la bilis, en cuyo caso pueden ser reabsorbidos por el intestino, prolongándose así la intoxicación.

EXPOSICIÓN Y DOSIS.

La presencia de un contaminante en el medio ambiente en el que se halla un individuo origina la exposición de éste al contaminante en cuestión. La consecuencia de esta exposición (exposición externa) es que cierta cantidad del contaminante podrá alcanzar o incorporarse al organismo del trabajador, produciendo deter- minados efectos (intoxicación) sobre el mismo

A la cantidad de tóxico que el organismo absorbe (incorpora) se denomina dosis. Generalmente suele expresarse en mg/Kg. de peso del sujeto.



La intensidad del daño en el trabajador expuesto a sustancias tóxicas esproporcional no obstante a una serie de factores, unos propios de la naturalezahumana, otros característicos del contaminante como su toxicidad, la velocidadde absorción del

contaminante por el organismo, concentración y tiempo de exposición. Dado que los factores humanos, la toxicidad y la velocidad de absorción son constantes para cada caso, podemos decir que en una persona el concepto de exposiciòn

como magnitud, integra dos factores variables diferentes: la concentración o nivel de presencia del contaminante en el medio y el tiempo o duración de la propia exposición. E = f (c,t)

EFECTOS DE LOS TÓXICOS. TIPOS DE INTOXICACIONES

El efecto producido por un tóxico en un organismo no es sólo función de la dosis que recibe, sino también de la forma y del tiempo que tarda en administrarse esa dosis.

Se conocen tres intoxicaciones según la velocidad de penetración en el organismo:

Intoxicación aguda

Da lugar a una alteración grave del organismo y se manifiesta en un periodo corto de tiempo. Para que se dé es necesario una exposición aguda al tóxico y una absorción rápida del mismo por parte del organismo.

Intoxicación subaguda

Presenta un grado inferior de gravedad a la intoxicación aguda y sigue un curso subclínico, sin manifestaciones aparentes hasta pasado un tiempo.

Intoxicación crónica

El tóxico penetra en pequeñas dosis repetidas durante un largo periodo de tiempo de la vida del sujeto.

CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS

Hemos concretado el efecto tóxico (o intoxicación) en la capacidad que tienen los compuestos químicos de producir efectos biológicos adversos. En realidad no existen productos químicos inocuos. Entre estos efectos se dan las siguientes dualidades, que se emplean como sistema para clasificar los contaminantes químicos:

Locales y generales

Los primeros aparecen en el lugar de contacto del tóxico con el organismo y los segundos se manifiestan en puntos apartados de dicho lugar.

Agudos y crónicos

Responden a una distinción desde el punto de vista clínico según la duración de la evolución de las manifestaciones.

Reversibles e irreversibles

Hace referencia a la posibilidad de recuperación del estado normal tras la remisiónde los cambios biológicos producidos por el tóxico.

Acumulativos y no acumulativos

Diferencia entre los tóxicos que actúan por acumulación en el organismo, al ser eliminados muy lentamente, y aquellos otros cuya eliminación es mucho más rápida, y que actúan cuando la exposición es suficientemente intensa.

Estocásticos (cuantales) y no estocásticos (graduados)

En el primer grupo, la posibilidad de que se produzca el efecto aumenta con la dosis de tóxico recibida (ej.: los cancerígenos). En el segundo, es la intensidad ogravedad del efecto la que depende de la dosis (ej.: los corrosivos).

EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN

Por otro lado, los efectos pueden deberse a la exposición a un solo producto o bien a una exposición combinada, es decir, una exposición simultánea a una mezcla de substancias tóxicas. Así, pueden presentarse tres tipos de efectos combinados:

–**Independientes:** cada uno de los tóxicos concurrentes produce un efecto distinto a través de un modo de acción diferente.

–**Sinérgicos:** el efecto combinado es mayor que el de cada uno de los componentes de la mezcla. A su vez, los efectos sinérgicos pueden ser de dos clases:

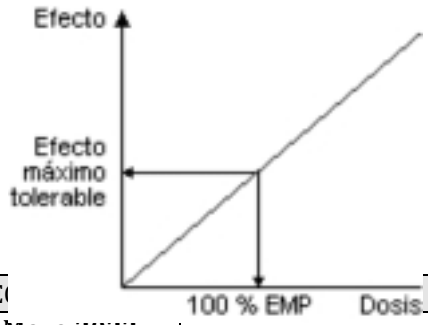
a) aditivos, cuando la magnitud del efecto combinado es igual a la suma de los efectos producidos separadamente por cada uno de los tóxicos.
b) potenciales, cuando el efecto combinado es más que aditivo.

– **Antagónicos:** el efecto combinado es inferior al aditivo.

RELACIONES DOSIS-EFECTO Y DOSIS-RESPUESTA

Se denomina relación dosis-efecto a la correspondencia entre la dosis de exposición y la magnitud de un efecto específico en un individuo determinado, y se entiende por relación dosis-respuesta a la correspondencia entre la dosis de exposición y la proporción de individuos, dentro de un grupo definido de sujetos, que presenta un efecto específico con una magnitud determinada.

Ambas relaciones pueden representarse de modo gráfico.



El conocimiento completo de estas relaciones permite la determinación de la dosis máxima con la que no se observa respuesta en condiciones definidas, es decir, el nivel umbral de respuesta, de evidente interés en

Prevención.

	NOMBRE	FECHA	CARGO
ELABORÓ	**Luz Anyela Culma**	**Emisión: Mayo 2022**	**Coordinadora SG-GGT**
REVISO Y APROBÓ	**Calos Andres Ortiz**	**Emisión: Mayo 2022**	**Gerente General**

EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD

Para determinar la toxicidad de una substancia nos hemos de asegurar en primer lugar de su grado de pureza y, si se trata de un producto mezcla de varios compuestos, cuales son estos y la proporción exacta en que se encuentran.



Una vez conocida la composición y concentración, así como sus propiedades y constantes fisico-químicas, se procede a determinar varios parámetros a fin de fijar el potencial tóxico del mismo. El más usual y útil es el cálculo de la toxicidad aguda, para lo cual se calculan las llamadas dosis efectiva 50 (DE5O) y la dosis letal 50 (DL50), sea cuál sea la vía de entrada del tóxico en el organismo, excepto para la vía respiratoria, para la que se utiliza la concentración efectiva 50 (CE50) y la concentración letal 50 (CL50).

Para el cálculo de la DE50 o la DL50 se administra a lotes de animales (ratas, cobayas...) por la vía que se desee estudiar en dosis progresivas el compuesto a investigar y se van observando los efectos producidos. Las dosis se expresan en mg/kg. de peso del animal.

Así, se llega a calcular la dosis que afecta al 50% de los animales del lote, o sea, la DE50. Si el efecto estudiado es la muerte, determina la DL50

NIVELES ADMISIBLES DE EXPOSICIÓN

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, los índices señalados no son de gran utilidad práctica, ya que no permiten deducir unos niveles admisibles de exposición.

Para establecer unas adecuadas medidas preventivas sería preciso conocer las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta de cada posible contaminante, principalmente en el punto referente a valores umbral de respuesta, para poder deducir los niveles máximos de concentración ambiental que no producen efectos nocivos ni desagradables bajo una exposición crónica. El conocimiento de estas relaciones no siempre es fácil, por lo que los niveles indicados deben establecerse en función de toda la información disponible, sea toxicológica, epidemiológica o clínica.

VALORACIÓN BIOLÓGICA

De entre todas las técnicas propuestas para el control de la enfermedad profesional, una de las más importantes es, sin duda, aquella que analiza al individuo considerándolomuestreador de su propio puesto de trabajo.

Independientemente del elevado grado de calidad que hoy día se consigue en la evaluación de la concentración de los contaminantes químicos en ambientes industriales, que duda cabe que la última respuesta a la pregunta referente a cómo se absorbió y actuósobre el organismo un determinado tóxico, debe basarse por un lado en el análisis cuantitativo de dicho tóxico y/o sus metabolitos en aire expirado, fluidos biológicos, tejidos, etc., y por otro, en la magnitud del efecto generado sobre el organismo.



Una forma de predecir la respuesta humana a un determinado tóxico es la experiencia previa con animales, ya que la experiencia con personas es el último test toxicológicoque se debe hacer. De todas formas, los límites tolerables de exposición humana solo se pueden establecer a partir de datosde experiencias con personas, ya que, desgraciadamente, no existen factores matemáticos, que aplicados a los resultados obtenidos con animales, puedan valer para el hombre.

Tampoco, a veces, son parecidos los metabolismos del xenobiótico en animales y en el hombre. Sin embargo, las

respuestas en animales pueden orientar bastante, tanto en el grado aproximado de toxicidad como en el tipo de órgano o tejido elegido por el tóxico.

Por último, y dada la variedad de respuesta del organismo en función del tipo de individuo, se hace preciso la elección de grupos suficientemente grandes. Solo así si podrán descubrir las respuestas de la mayoría de los individuos, quedando marginados tanto aquellos que se afectan por cantidades excesivamente pequeña de tóxico, como en aquellos que pueden soportar concentraciones más altas que el término medio.

HIGIENE DE CAMPO

VALORACIÓN AMBIENTAL

En gran medida el control de los riesgos higiénicos descansa en la evaluación, por lo que esta actividad se convierte en un elemento clave para la actuación preventiva.

El parámetro crítico de una evaluación es que el resultado que se obtenga sea fiel reflejo del auténtico riesgo medido; por tanto, todos los requisitos que se han de tener en cuenta en la medición, están relacionados con la representatividad. La evaluación consiste en comparar el resultado medido con el valor límite aplicable

Otros requisitos a tener en cuenta son los relativos a la coherencia de los criterios y parámetros entre ambos valores.

Fundamentación de la evaluación

Respecto a los fundamentos de la valoración o evaluación ambiental, las principales consideraciones a tener en cuenta son:

a) Exposición laboral
b) Medición/muestreo personal
c) Representatividad espacial
d) Representatividad temporal
e) Representatividad laboral
f) Tipo de límite
g) Expresión del contaminante
h) Unidades de medida
i) Procedimiento de medición/muestreo y análisis.

Exposición Laboral

El objetivo de una evaluación higiénica es determinar el riesgo a que está sometidoun trabajador, por tanto la valoración de un contaminante debe centrarse en conocer la exposición de éste.

Valoraciones dirigidas a conocer la concentración existente en un foco contaminante, pueden ser útiles para actuaciones preventivas, pero no tienen validez alguna en la evaluación higiénica del riesgo.

Medición/muestreo personal

La representatividad geográfica es imprescindible para asegurar que el resultado es válido, y pocos puestos son estables desde el punto de vista de una exposición higiénica. El trabajador suele realizar pequeños movimientos que modifican su posición relativa respecto al agente contaminante, o desplazamientos mayores impuestos por la tarea o con motivo de las naturales pausas o relaciones con terceros.

En definitiva, la medición se deberá realizar siguiendo al trabajador en todos sus movimientos, lo cuál es una tarea harto difícil. La forma de solventar este problema es utilizando equipos portátiles de pequeño peso y tamaño, que funcionen de forma autónoma y que el trabajador pueda llevar consigo.

Representatividad espacial

La localización del punto donde se realiza la toma de muestra o la medición es también un factor de especial importancia.

Cuando se trata de agentes químicos la exposición a evaluar es la correspondiente a la vía de entrada respiratoria, por tanto, el punto de captura del contaminante deberá situarse en las proximidades de la nariz y la boca. Dado que no es posible situarlo exactamente en este lugar, se considera suficiente con localizar el punto de muestro en la zona superior del pecho (sujeto al cuello de la camisa).

Representatividad temporal

La experiencia y numerosos estudios confirman que el nivel de exposición en un puesto de trabajo presenta una importante variabilidad entre muestras o mediciones de un mismo día.

En un proceso laboral estable y controlado, la variación puede ser de hasta tres veces el valor medio. No cabe duda de que la mejor representatividad temporal se alcanzacon mediciones o muestreos que cubran la totalidad de la jornada laboral, siendo éste el criterio básico de partida. De cualquier forma, en base a una buena experiencia profesional y, sobre todo, si se disponen de datos que lo confirmen, es posible reducir eltiempo de medición o muestro; en ciertas situaciones, cabe simplificar el estudio evaluando la situación más desfavorable. Todo ello forma parte de lo que se denomina "estrategia de muestreo".

Representatividad Laboral

La variabilidad anteriormente comentada se refiere a la esperable durante el trabajo habitual, pero en muchas ocasiones se dan situaciones que alteran el desarrollo de la actividad productiva.

Estas consideraciones deben tenerse presentes para realizar el proceso de evaluación o, en su caso, para aceptar la validez de los resultados.

Tipo de límite

Debe tenerse presente que la estrategia y la metodología de la evaluación, las características de los equipos, el proceso de cálculo y la mecánica de comparación de resultados, deberán ser distintos en función del tipo de límite que se deba aplicar.

El ejemplo más extremo se da comparando el procedimiento que deberá seguirse para identificar y cuantificar la concentración máxima que se produce durante la jornada, frente a determinar la concentración promedio de la jornada.

69

Expresión del contaminante

Es bastante frecuente, sobre todo en los agentes químicos, que para un mismo contaminante aparezcan distintos límites en función de la forma de presentación en el ambiente.

A título de ejemplo, no se muestrea ni se analiza igual una niebla de aceite que el vapor de ese mismo aceite.

Unidades de medida

La forma de expresar el valor límite da respuesta a una gran parte de las condiciones de la medición o el muestreo, tanto en cuanto al instrumental necesario como al proceso de toma de datos en campo.

Otro aspecto importante, en cuanto a la unidad de medida, es la propia cifra. Valores muy bajos condicionan la duración de la medición o el muestreo, pero también imponen límites de detección y cuantificación muy estrictos.

Procedimiento de medición/muestreo y análisis



Todo proceso de evaluación conviene que se realice de acuerdo con un método normalizado, de forma que se asegure que el resultado es contrastable tanto frente al propio límite aplicado, como entre mediciones consecutivas, o por comparación entre terceros.

En Higiene industrial, la legislación raramente exige la aplicación de métodos específicos, pero es muy numeroso el repertorio de los publicados por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), por UNE, por ISO, o Incluso por organizaciones de prestigio internacional tales como NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).

Si bien la aplicación sistemática de procedimientos normalizados es una práctica recomendada técnicamente, la propia legislación en el art. 5 del Reglamento de los Servicios de Prevención especifica:

".. Si existiera normativa específica de aplicación, el procedimiento de evaluación deberá ajustarse a las condiciones concretas establecidas en la misma..." Cuando "... la normativa no indique o concrete los métodos que deben emplearse... se podrán utilizar los métodos o criterios recogidos en:

- Normas UNE
- Guías del INSHT, del Instituto Nacional de Silicosis y protocolos y guías del Ministerio

de Sanidad y Consumo, así como de Instituciones competentes de las Comunidades Autónomas.

- Normas Internacionales.

−En ausencia de los anteriores, guías de otras entidades de reconocido prestigio en la materia u otros métodos o criterios profesionales descritos documentalmente que cumplan lo establecido en el primer párrafo del apartado 2 de este articulo y proporcionen un nivel de confianza equivalente."

Bases para establecer un programa preventivo

Un programa preventivo en Higiene Industrial, no debe diferir en su concepción de cualquier otra actividad de la gestión que se realice en el seno de la empresa.

En términos esquemáticos, un programa de Higiene Industrial debería contener los siguientes elementos:

Definición del objetivo

−Protección de la Salud.
−Cumplimiento de la ley.
−Evaluación de la exposición de grupos concretos a agentes concretos.
−Respuesta a las quejas de los trabajadores, etc. ...

Consensuar el objetivo del programa

−Con la dirección.
−Con los representantes de los trabajadores.

Familiarizarse con las operaciones de planta

−Obtener y estudiar los diagramas de flujo del proceso.
−Efectuar inventario de materias primas, productos intermedios, subproductos y productos acabados.
−Revisar la información toxicológica adecuada.
−Clasificar los trabajos y los potenciales agresivos ambientales.
−Revisar el estado de salud de los trabajadores.
−Revisar los estudios previos
−Estimar subjetivamente los potenciales riesgos higiénicos.

Preparar el estudio de campo

−Determinar los contaminantes a evaluar.
−Estimar el orden de magnitud de la exposición.
−Buscar o revisar los métodos de medición.
−Calibrar los equipos.
−Montar el equipo de campo.
−Obtener el equipo de protección personal necesario.

Dirigir el estudio de campo

- Comprobar que las operaciones y tareas se realizan según lo previsto.
- Avisar a los mandos y trabajadores.

- Realizar las mediciones o muestreos.
- Recoger los datos complementarios necesarios.
- Sellar e identificar las muestras que requieran análisis.
- Transportar las muestras de acuerdo con sus requisitos específicos



Figura 5-2

Evaluar los resultados

- Obtener y/o calcular los resultados de lasmediciones y análisis.
- Determinar la exposición diaria.
- Determinar las exposiciones pico o las decorta duración.
- Tener en cuenta los posibles efectos aditivos.
- Comparar los resultados con los nivelesde referencia establecidos.

Informar de los resultados

- A la dirección.
- A los representantes de los trabajadores.

Implantar las medidas correctoras

- Modificar o sustituir el proceso.
- Modificar o sustituir los equipos.
- Modificar o sustituir los materiales.
- Eliminar el agresivo en el origen.
- Desplazar y/o diluir el contaminante.
- Aislar el proceso.
- Aislar a los trabajadores.
- Métodos y hábitos de trabajo.
- Reducir el tiempo de exposición.
- Protección personal.
- Control biológico.
- Reconocimientos médicos.

Control de resultados

- Resultado de los controles médico-biológico.

- Reclamaciones de los trabajadores.
- Visitas al servicio médico.
- Costo de las bajas y tratamiento de las afecciones.
- Absentismo por enfermedad.
- Resultados de los controles periódicos de exposición.

Bases para la determinación del riesgo higiénico

El control del riesgo higiénico descansa en la evaluación del riesgo ya que de una parte, permite cuantificar la gravedad y extensión del problema, por otra, muestra la evolución en el tiempo y descubre en que medida se mejora o empeora.

Por otra parte, es el acto de comparar el resultado de una medición con el valor de referencia, es decir, en este caso con el límite que no se desea sobrepasar. Una vez diferenciadas ambas etapas, es necesario destacar que la medición no siempre tiene por objeto evaluar el nivel de riesgo; es posible enfocarla con muy diversos fines, tales como:

- Conocer el nivel real de exposición de los trabajadores.
- Confirmar si algunos puestos de trabajo están claramente por encima o por debajo de los límites aceptables.
- Identificar emplazamientos a periodos de elevada exposición.
- Localizar fuentes de emisión.
- Estimar la eficacia de las medidas correctoras implantadas.

Bases para la estrategia de la evaluación

La evaluación será función, entre otros factores, de las características propias de la actividad, de los agentes presentes y de los sistemas de control existentes.

En este apartado quedan comprendidos los siguientes puntos:

Identificación de las exposiciones potenciales

Conocer los agentes químicos presuntamente presentes en el puesto de trabajo, procedentes de materias primas, impurezas, productos intermedios, productos finales, productos de reacción y subproductos. Selección de los límites a aplicar.

Determinación de los factores de exposición en el lugar de trabajo

Las características de los procesos y de los procedimientos de trabajo (tareas, proceso de producción, sistemas de control del riesgo, carga de trabajo, etc...) son determinantes para establecer un programa de medición y evaluación apropiado.

Evaluación de la exposición

Para efectuar la comparación con el valor límite deben recogerse datos sobre la distribución temporal y espacial de las concentraciones en los puestos de trabajo, lo cualsupone realizar un proceso de medición fino.

Sin embargo, no siempre es necesario llevar a cabo estudios de tanta precisión. Si se prevé que los niveles están claramente por encima o por debajo del valor límite, es posible plantear la evaluación a tres niveles de complejidad:

- Estimación inicial
- Estudio básico
- Estudio detallado

Bases para la estrategia de la medición

La medición debe dar respuesta a los condicionantes derivados de la estrategia de la evaluación, anteriormente elaborada. Por otra parte se ha de dar un enfoque que permita obtener datos cuantitativos de la exposición, con un eficaz uso de los recursos disponibles, es decir, diseñando la medición y utilizando técnicas acordes con la precisión requerida (ver norma UNE-EN-482).

Los principales aspectos que comprende esta etapa son:

Selección de los trabajadores para las mediciones de la exposición

Por lo general, medir a todos los trabajadores supone un costo excesivo, pero el planteamiento contrario (extender el resultado obtenido en un puesto de trabajo al resto de los trabajadores) ofrece escasas garantías de fiabilidad.

No existen procedimientos de selección definidos con precisión, pero suele ser aconsejable dividir a los trabajadores por grupos de exposición presuntamente homogénea, seleccionar aleatoriamente los trabajadores a medir o muestrear, confirmar la presunción de homogeneidad y asignar el resultado obtenido a todo el grupo.

Selección de las condiciones de medición

Comprende la definición de todos los aspectos que hagan que los resultados sean representativos (muestreos personales en la zona respiratoria del trabajador), que correspondan con condiciones de trabajo y de las instalaciones normales que identifiquen las variaciones temporales (dentro de la jornada y en la jornada), etc...

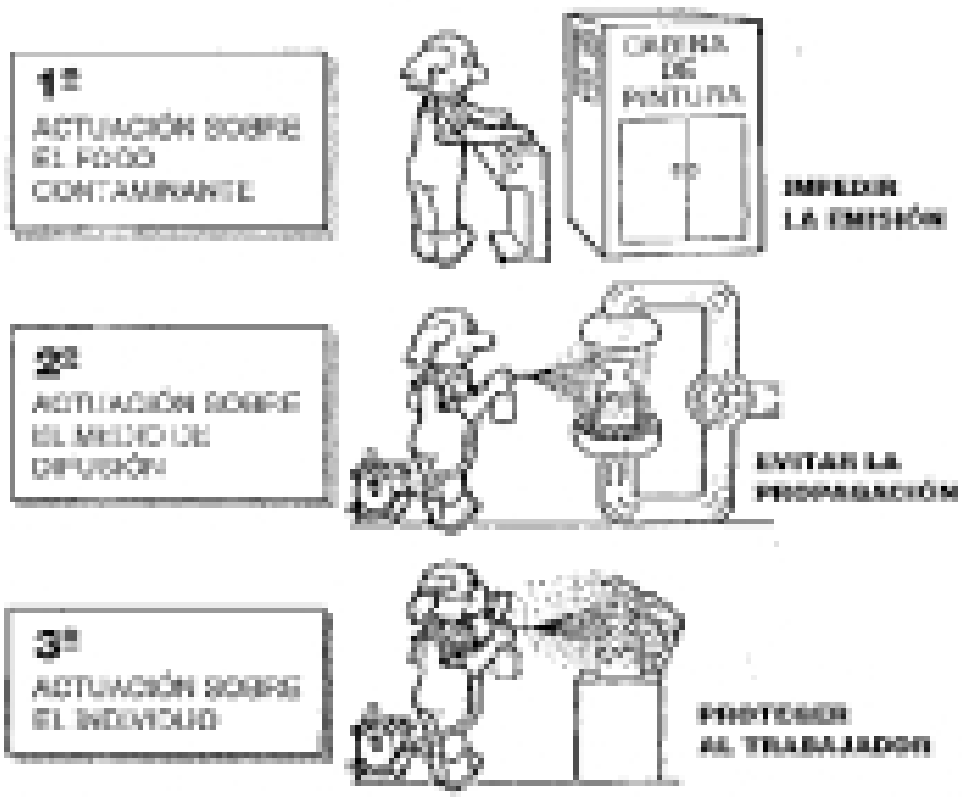
Ocasionalmente, pero siempre que sea válido para evaluar la exposición del trabajador, es posible sustituir el muestreo personal por mediciones en un punto fijo o de la situación más desfavorable.

Modelo para la medición

El muestreo debe organizarse de manera que los datos sean representativos de las tareas identificadas para periodos conocidos. Donde las tareas cambian durante el periodo de trabajo puede ser interesante iniciar un nuevo muestreo con cada cambio de actividad, o considerar las distintas situaciones que provocan variaciones de la exposición.

Procedimiento de medida

El procedimiento de medida debe incluir aspectos tales como los agentes objeto dela evaluación, el procedimiento de muestreo y análisis, la duración del muestreo, la programación temporal de muestras, etc.



Localización de la medición:

- Mediciones ambientales:
- Muestreo de un área.
- Muestreo general.
- No hay limitación en el tamaño del muestreador.
- Ubicación fija.

- Mediciones personales:
- Área del trabajador.
- Muestreadores pequeños.
- Muestreadores autónomos.

Conclusión de la evaluación de la exposición laboral

El resultado obtenido de la exposición laboral de debe comparar con el límite aplicable y es necesario alcanzar una conclusión que, necesariamente, deberá ser que la exposición es superior al valor límite, que es muy inferior y probablemente permanezca así a lo largo del tiempo, o que se está en una situación intermedia siendo necesario realizar mediciones periódicas.

Para calcular la exposición del puesto de trabajo a partir de los resultados de muestras individuales se utiliza la expresión:

$\Sigma C_i T_i / \Sigma T_i = C_1T_1 \sim + C_2T_2 + \ldots\ldots\ldots + CnTn / 8$

Donde,

Ci = concentración obtenida para una muestra. Ti = tiempo de la muestra.

8 = duración de la jornada de trabajo.

Jornadas distintas a la jornada tipo (8 horas/día) requieren corrección por tiempo de exposición.

HIGIENE OPERATIVA

La higiene operativa constituye una verdadera rama de la ingeniería por lo que También recibe el nombre de Ingeniería Higiénica. El objetivo se centra en la eliminación o reducción del grado de contaminación existenteen el ambiente de trabajo hasta los valores de referencia suministrados por la higiene teórica, utilizando para ello los conocimientos de la ingeniería. La higiene operativa, para conseguir la eliminación del riesgo higiénico, debe actuar sobre los diferentes factores que intervienen en elproceso:

1.º Foco emisor del contaminante

Con el objeto de impedir la formación del contaminante o en caso de generarse, impedir su paso hacia la atmósfera del puesto de trabajo, se puede para ello:

Sustituir el agente por otro no peligroso o al menos que no sea tan peligroso; esto es el caso de los cancerígenos o sensibilizantes ya que las otras actuaciones pueden disminuir la concentración del contaminante pero no eliminan su presencia y por tanto sus efectos, difícilmente controlables, permanecen; además cualquier fallo en el control del agente podría implicar la liberación del agente nocivo derivándose graves consecuencias.

En la fase de diseño de la instalación deben tenerse ya en cuenta los problemas en relación a la salud, eligiendo equipos diseñados para evitar la exposición a cualquiera de los agentes que puedan resultar nocivos. Esto es especialmente importante en el caso del ruido y vibraciones ya que el posterior arreglo es en muchas ocasiones imposible económicamente.

Modificar el proceso, por ejemplo automatizando para hacer innecesaria la presencia del trabajador durante su funcionamiento o utilizar productos en otro estado (por ejemplo en vez de un gas utilizar una disolución que lo contenga).

También se puede proceder al encerramiento encapsulando el proceso mediante reactores cerrados, encerrando el punto de operación de la máquina que genera el ruido o el foco emisor de radiaciones. El aislamiento en edificio aparte puede resultar muy útil ya que disminuye el número de operarios afectados.

La extracción localizada es una manera de eliminar el agente químico del ambiente en el momento en que éste se genera.

El mantenimiento preventivo de los equipos de trabajo es otra técnica complementaria que puede evitar exposiciones accidentales ante los contaminantes químicos.

2. º Medio de difusión del contaminante

Para evitar que el contaminante ya generado se extienda por la atmósfera y alcance niveles peligrosos para los operarios próximos al puesto de trabajo se puede incidir sobre:

La limpieza es un elemento clave, ya que su falta se traduce en focos secundarios de contaminación. Es fundamental limpiar suelos, paredes, maquinaria y todos los lugares donde se pueda depositar la suciedad.

La ventilación por dilución o general es una buena táctica que puede emplearse en ocasiones con contaminantes poco nocivos, siempre que no se intercambie excesiva cantidad de aire que sea necesario calentar (por su costo económico).

El aumento de distancia entre el foco contaminante y el receptor y los sistemas de alarma son un complemento de las medidas anteriores.

3. º Trabajadores expuestos

Protegiendo al operario para que el contaminante no penetre en su organismo.

Una manera de reducir el riesgo es reducir el tiempo de exposición, rotando al personal.

El encerramiento del trabajador es el inverso del encerramiento del proceso. Requiere

de un cuidadoso estudio y debe tenerse en cuenta las necesidades de relación del ser humano con el resto de sus compañeros.



Los equipos de protección individual son el último recurso y deben ser tomados como medida provisional en tanto searbitran otras soluciones; no obstante son imprescindibles en determinadas circunstancias.

Finalmente, la información y formación del trabajador debe constituir el primer eslabón en la acción preventiva que iniciemos.

Como fácilmente deducimos, las medidas más eficaces Desde el punto de vista de la higiene, son las que actúan sobre foco emisor del contaminante, actuando sobre el medio difusor cuando no ha sido posible la eliminación en el foco y por último, sólo sobre los trabajadores expuestos cuando no ha sido posible actuar sobre los anteriores estadios o como medida complementaria de otras adoptadas.

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL

Aspectos previos a la fase de diseño

La seguridad en la fase de diseño debe comenzar por un estudio de las propiedades físicas y químicas de los productos que se van a utilizar.

- Propiedades físicas y químicas. Datos de todos los productos que intervienen en eldiseño.
- Velocidad de reacción.
- Compatibilidad con otros productos. Sirven para ver la tolerancia de corrosión y los peligros de derrame o mezcla accidental.
- Toxicidad. Indica la necesidad de epi.
- Riesgo de explosión. Pueden determinar la necesidad de atmósfera inerte.
- Fiabilidad de los servicios: ayuda a diseñar las necesidades de calefacción o refrigeración en el caso de fallos del suministro eléctrico.
- Instrumentos. Consideraciones en cuanto a un diseño libre de fallos para diversasaverías en los servicios.
- Materiales de construcción. Dando tolerancias de protección extraordinarias, para plásticos, cobre u otros materiales especiales.

- Presión de la red de agua: hay que contar con las posibles necesidades de agua durante la extinción de incendios.
- Temperaturas: se deben establecer tolerancias para las condiciones de sobrecalentamiento durante los incendios y para los riesgos de personal.
- Potencial humano: se deben considerar las protecciones con procesos automatizados que exijan un empleo de mano de obra reducido.
- Inversión: gastos de seguridad que deben equilibrar también los efectos de la producción nula durante los accidentes o explosiones.
- Relación con otras unidades: la importancia de la continuidad de producción cuando una unidad produce materias primas para la alimentación

Diseño del proceso

Deben considerarse los riesgos higiénicos durante la fase de proyecto, atendiendo al proceso y los instrumentos o maquinaria, teniendo en cuenta la influencia de un área sobre otra, de su actividad sobre otras y de que tanto los sistemas como sus componentes no rebasen los valores límites umbrales TLV´s.

Hay tres parámetros a considerar en el diseño:

a) Encerramiento del proceso,

b) Automatización,

c) La integración del cálculo del balance de masas con el fin de disminuir la capacidad de formación de subproductos.

Identificación en origen o foco

Se trata de tabular todas las sustancias que puedan utilizarse, producirse o aparecer como productos intermedios en proceso de fabricación motivo de estudio y que pueden ser liberarlas a la atmósfera o contaminar la piel.

Esta información puede obtenerse por lo general de las fichas facilitadas por los proveedores en combinación con un estudio de las fases de proceso o zonas de trabajo.

Debemos de concentrar nuestra atención sobre los tipos de operaciones que poseen una probabilidad alta de generar contaminantes en el aire:

✓Operaciones en Caliente: Soldadura, fundición, com- bustión, reacciones químicas.

✓Operaciones líquidas: Pintura, rociado, limpieza, recubrimiento.



✓Operaciones Sólidas: Vertido, Mezclado, Triturado, transporte, embalaje.

✓Pulverización a presión: Desengrasado, limpieza a chorro de arena , pintura

✓Operaciones de conformación: Corte, molido, Serrado, taladrado.

Identificación

Las reclamaciones y síntomas por exposiciones significativas a sustancias tóxicas deben marcar las actuaciones y controles.

Nunca se deben descartar las reclamaciones de los trabajadores tales como irritación de ojos, dolores de cabeza, mareos, desvanecimientos, fatiga, confusión mental, etc., debiendo examinarse la posibilidad de que puedan ser atribuidas a la exposición laboral y no a otros factores.



MODELO DE ETIQUETADO

Sustitución de productos

Sustitución de un material tóxico por otro menos tóxico (ej. pinturas la plomo por otro compuesto menos tóxico).

Es de lo más eficaz y a veces relativamente económico, en ocasiones no se aplica por desconoci-miento real del riesgo o por rutina.

Al sustituir disolventes por otros de menos riesgo debe tenerse en cuenta el índice

de peligrosidad y ensayarpreviamente a pequeña escala antes de modificar todo el proceso.

En operaciones de limpieza sustituir los disolventes orgánicos por soluciones acuosas con detergentes
adecuados (ej. el tricloroetileno por el 1,1,1 tricloroetano).

- En lacas, soluciones de caucho sintético y quitapinturas se sustituye el benceno por tolueno. Igualmente se sustitu-
ye el benceno en cementos para caucho
sintético por hidrocarburos alifáticos.

- En fundiciones que usan compues-tos separadores con contenido en sílice libre alto se sustituye esta porotros polvos más inofensivos para evitar la silicosis.

- En la industria del sombrero de fieltro se utiliza el mercurio y se sustituye por otros materiales que no lo contienen.
- El cambio en las condiciones físicas en materias primas (ej. manipular materialesen forma de briquetas produce menos polvo que el mismo material en forma granulométrica irregular.)

MÉTODOS ESPECIALES DE CONTROL

Muchos de los métodos generales mencionados previamente (ya sean solos o combinados) pueden ser aplicados al control de la mayoría de los peligros ocupacionales de la salud. Algunos recursos merecen, sin embrago, una mención particular.

• El blindaje es una de las mejores medidas de control para reducir o evitar la exposición a agentes físicos que causan estrés tales como el calor o las radiaciones ionizantes. El plomo es otro material empleado para aislar salas con fuentes radiactivas.



- Reducción del tiempo de exposición (ej. ambien-tes con aire a presión, ambientes con Tª extrema,etc.)
- Uso de dosímetros radiológicos y dispositivos demedición similares
- Muestreos continuos con alarmas pre-calibradas
- Programas médicos de detección en la absorción de contam
- Utilización de pantallas para eliminar reducir o absorber contaminantes (ej. pane- les de al para hornos de tratamiento térmico.
- Iluminación suficiente y adecuada que evite deslumbramientos.

Controles administrativos

Siempre que no podamos reducir por otros medios y limitar la exposición del trabajador al tóxico podemos reducir la exposición (el tiempo es un parámetro de mucha importancia al evaluar el riesgo es función directa de la dosis), mediante controles administrativos:



- Ordenamiento de los esquemas de trabajo y su duración relativa a las exposiciones.
- Los trabajadores que hayan alcanzado su máximo limite de exposición permisible deben ser transferidos a unambiente donde no sufran exposiciones adicionales.
- Asignar a varias personas en tiempos controlados (rotación del personal) para situaciones donde el valor limite se exceda en un día. El periodo de rotación está enfunción de la concentración del contaminante

Modificaciones de proceso

Introducir modificaciones importantes en un proceso que ya está en funcionamiento suele ser una acción que implica costes elevados y resistencias aún mayores.

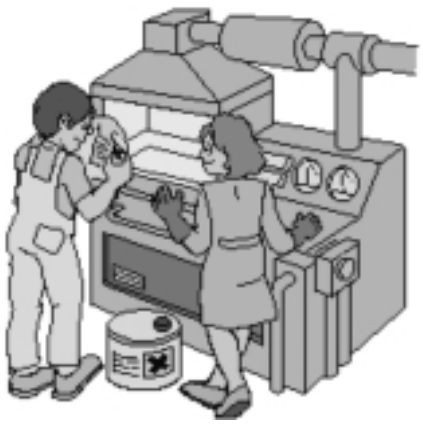
Los técnicos que diseñaron el proceso no suelen aceptar con facilidad que, en el proyecto, no se tuvieron en cuenta determinados riesgos que luego en la realidad cotidiana se han hecho evidentes.

El argumento del coste es siempre utilizado como un obstáculo para introducir cambios. Sin embargo la historia de la tecnología está repleta de ejemplos que demuestran que los cambios, al menos a la larga, son posibles. Ahí está, sin ir más lejos, el caso del amianto, que ha pasado de ser el material maravilloso e insustituible de hace cuarenta o cincuenta años, a estar casi prohibido, o al menos muy limitado su empleo, sin que se haya producido ningún cataclismo.

Otro caso similar lo vemos en la progresiva desaparición de chorro de arena, substituido por otras técnicas menos agresivas para los trabajadores. Debe también reconocerse, sin embargo que cambios importantes de proceso pueden ser inviables en muchos casos, lo cual no obsta para que se puedan emprender modificaciones parciales que pueden ser muy efectivas para la protección de los trabajadores.

Uno de los cambios de proceso que puede ser a menudo factible es la sustitución de un producto químico por otro de menor toxicidad, especialmente en el caso de substancias de carácter auxiliar, como los disolventes.

Esta es también la posibilidad frente a la que suelen plantearse oposiciones notables, alegando que el posible substituto no existe, o si existe es mucho más caro, etc. Se dan, sin embargo, abundantes ejemplos para proteger la salud de los trabajadores.



La eliminación del benceno de las pinturas y su substitución por otros disolventes menos agresivos, o el empleo de otros disolventes clorados en lugar del tradicional y bastante tóxico tricioroetileno, no son más que dos delos casos más conocidos, aunque ni mucho menos los únicos.

Habría también que recordar que cualquier medida preventiva añadida, cuando la instalación ya está en marcha, será mucho menos efectiva y mucho más cara que si se hubiera contemplado en la fase de proyecto, lo que hubiera permitido integrarla en la construcción sin tener que recurrir después a las clásicas chapuzas.

Por ello, algunas de las grandes empresas incorporan a la fase de proyecto, a los que en el futuro serán los "usuarios" de la instalación, es decir, a quienes trabajarán en ella, a fin de que la experiencia en otras instalaciones similares permita poner demanifiesto y corregir desde el principio los problemas que los técnicos, desde sus

despachos, olvidan en ocasiones.

Hay trabajos que nos permiten modificar un proceso sin cambiar el resultado de laoperación, logrando variar ampliamente las condiciones de trabajo:

- Ej. La pintura por rociado electrostático automático es mejor higiénicamente que la pintura con pistola de aire comprimido.
- Ej. La pintura a pincel o por inmersión en vez de la realizada a pistola disminuyela concentración ambiental de contaminantes aerotransportados provenientes de pigmentos tóxicos.
- Ej. En la industria del automóvil el polvo de plomo generado al esmerilar costurascon pequeños discos de alta velocidad, se redujo considerablemente al lijarlo manualmente.
- Ej. Cambio por proceso con soldadura al arco en vez del remachado.
- Ej. Desengrasado con vapor en vez de limpieza manual de partes de maquinas.
- Ej. La sustitución de discos giratorios por pulidoras de baja velocidad en los cordones de soldadura reduce el nivel de polvo.

Aislamiento

Un método empleado frecuentemente es el aislamiento de la operación u operaciones potencialmente contaminantes en un recinto específico separado del resto. De esta manera, es posible aplicar en este local específico medidas preventivas particulares, más efectivas y económicas que si estas operaciones se realizaran junto a otras en una nave común. Al mismo tiempo, esto permite minimizar el número de personas expuestas, que se limita a quienes permanecen o trabajan en el local en cuestión.

Un ejemplo típico lo constituyen las cocinas de colores en la industria textil, aunque existen otros menos habituales. Así por ejemplo, la legislación hace referencia a los locales para trabajos con plomo y dice: "cuando técnicamente sea posible, dichos locales se mantendrán aislados, a fin de evitar la contaminación de otras áreas de trabajo"

Algunas operaciones con riesgo higiénico pueden ser aisladas de los operarios cercanos.

a)
b)
c)
d)
e)
f)
g) Al operario se le puede aislar mediante una barrera física de forma que no esté en las proximidades del foco, salvo en periodos cortos.
h) Se puede aislar igualmente por el empleo del factor tiempo (suministrar un equipo semiautomático para que el trabajador no necesite permanezca constantemente cerca del foco). También pueden realizarse operaciones fuera del horario normal de trabajo.
i) Por último el factor distancia (dispositivos de control remoto)



El aislamiento es útil en trabajos donde se requieren pocos operarios y en los que el control, por otros procedimientos, es dificultoso o inviable.

Las zonas de peligro deben ser aisladas del resto y evitar la propagación, con lo que conseguimos reducir el nº de trabajadores expuestos y simplificamos los procedimientos de control.

El aislamiento total puede ser conseguido mediante mecanización o automatización.

Métodos húmedos

Cuando se trabaja con materiales que pueden desprender polvo, una buena solución, siempre y cuando se pueda aplicar, es el desarrollar las operaciones del trabajo con un alto grado de humedad. Las taladrinas que se emplean en las máquinas herramientas son un buen ejemplo de este principio, aunque como es bien sabido su finalidad principal es refrigerar la herramienta y la pieza que se mecaniza; en este caso la técnica favorece directamente las medidas preventivas.

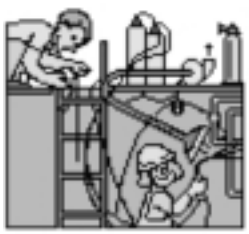
En la perforación de túneles, por ejemplo, ya es una técnica corriente el empleo de perforadoras que aportan al mismo tiempo un chorro de agua que reduce en gran medida la producción de polvo en un ambiente, el de un túnel, donde es particularmente difícil luchar contra la contaminación ambiental

Las concentraciones de polvo peligrosas pueden ser reducidas por la aplicación de agua u otro líquido sobre la fuente de polvo mediante rociado o a presión.

Su eficacia radica en la correcta realización del método, que en ocasiones puede requerir el agregado de un agente humectante, siendo necesario a su vez proceder a su eliminación antes de secarse.

Se han conseguido logros importantes en la reducción del polvo mediante el empleo de agua forzada a través de brocas en la perforación de rocas, las concentraciones de polvo aerotransportadas se pueden reducir si se mantiene húmeda la arena para los moldes, si se mojan los moldes antes de sacudirlos y si los pisos se mojan intermitentemente.

Mantenimiento



Un adecuado mantenimiento es muy importante para conseguir que los niveles de concentración ambiental se mantengan dentro de los límites de lo tolerable.

Si ello es evidente en cuanto a la generación de contaminantes (estaría el ejemplo de una máquina mal mantenida, que es mucho más ruidosa), la cuestión más importante aún

Cuando se trata del mantenimiento de instalaciones específicamente preventivas, como por ejemplo, las de ventilación.

Entre los servicios de mantenimiento, existe una cierta tendencia a dejar para más adelante el cuidado de las instalaciones no directamente productivas, como los ventiladores, los filtros de sistemas de depuración, etc. Es éste un aspecto al que hay queprestar la máxima atención, dando a este tipo de instalaciones los mismos cuidados periódicos que el resto.

Sistemas de alarmas

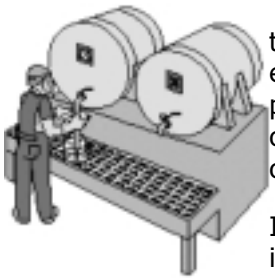
La instalación de medidores directos de contaminantes, así como su conexión a sistemas de alarma, en caso de que se superen determinados niveles en la concentración de contaminantes en el ambiente de trabajo puede ser muy útil en zonas próximas al foco emisor o donde por diferencia de temperatura, se acumula el contaminante químico.

Cuando el contaminante es susceptible de provocar efecto agudos graves, puede ser adecuada la instalación de un sistema automático de detección y alarma, en ocasiones conectado a un sistema de ventilación que se activa automáticamente.

En el mercado están disponibles este tipo de sistemas para un número cada día más creciente de contaminantes. En ciertas ubicaciones específicas, como los aparcamientos públicos, su instalación es obligatoria, pero en general, no son muchas la situaciones en las que se emplea, pues su coste es elevado y su aplicabilidad, limitada.

Orden y limpieza

El orden y la limpieza desempeñan un papel clave en la protección de la salud, evitando la dispersión de los mismos, esta disciplina debe ser inmediata con materiales



tóxicos. El polvo acumulado en un puesto de trabajo (cornisas elevadas, pisos, salientes, etc.) puede retornar a la atmósfera por el transito, las vibraciones, las corrientes de aire ocasionales, etc., por lo que debe ser eliminado antes de que ocurra esto.

Igualmente los vertidos en el suelo de disolventes, paños impregnados o materiales absorbentes, maquinaria que pierden producto, etc., acumulan dichos productos que se mezclan con el aire circundante. Se debe establecer un programa regular y efectivo, e inmediato para derrames de tóxicos y colocar recipientes metálicos herméticos para retirar residuos.

La limpieza de equipos e instalaciones debe hacerse por métodos húmedos o de aspiración nunca por soplado con chorro de aire a presión.

La limpieza es una medida preventiva importante cuando se trabaja con contaminantes que se depositan en el suelo, la máquinas o las estructuras y desde allí, pueden pasar de nuevo al ambiente. Ese paso puede ser debido a las corrientes de aire que provocan los sistemas de ventilación o al desplazamiento de objetos o personas.



En general es muy importante mantener un perfecto estado de limpieza cuando se trabaja con substancias en polvo de elevada toxicidad, como el plomo o el amianto. Poreso 1a

normativa, en el caso del amianto, ordena que en las nuevas instalaciones, las superficies de los locales sean

lisas impermeables... etc., evitándose cualquier discontinuidad,
debiéndose realizar las limpiezas de los locales de trabajo y

Figura 6-13

de las instalaciones equipos y maquinaria… al menos una vez al año. El suelo de las áreas de trabajo en las que se acumule residuos de amianto se limpiará con una frecuencia diaria, como mínimo, y cada vez que se produzca una acumulación visible de polvo de amianto.

Una limpieza cuidadosa debe extenderse también a la ropa de trabajo, en la que este tipo de contaminantes puede acumularse y, desde allí, pasar al ambiente a causa de los roces que provoca el movimiento del propio trabajador.

Higiene personal

Todo trabajador debe dispo-ner de los servicios adecuados para el aseo personal al finalizar lajornada de trabajo.

Así mismo en los puestos donde se manipulen sustanciaspeligrosas el operario dispondrá de los medios necesarios para eliminar cualquier salpicadura o resto y nunca utilizar productos de proceso como taladrinas o disol- ventes para la higiene personal.



Debe estar prohibido comer y beber donde se manipulan sustancias tóxicas quepuedan contaminar los alimentos.

Formación e información

Estas son dos de las herramientas más poderosas par lograr una mejora de las condiciones de trabajo. Esta afirmación que es válida con carácter general, lo es especialmente en el caso de la contaminación química.



Enefecto, el riesgo químico es en muchos casos indetectable mediante los órganos de los sentidos: no se oye, no se ve y, en muchos casos, no se huele. Solo el trabajador informado puede por lo tanto reivindicar medidas preventivas.

Es por ello muy importante que el trabajador Exija información sobre la peligrosidad de las substancias que emplea o manipula. Esta información ha de completarse, al menos, en dos medidas específicas. En primer lugar, los productos químicos han de venir etiquetados según la normativa vigente, es decir indicando claramente los riesgos y las medidas preventivas tomar.

En segundo lugar, han de entregarse a los trabajadores las hojas de seguridad de cada producto, hojas en las que se amplían la información que, forzosamente, solo puede resumirse en la etiqueta.

La formación es un complemento necesario de la información. No es suficiente conocer cuáles son los riesgos, ha que saber como actuar frente a ellos.

Es imprescindible que lo operarios conozcan los distintos riesgos que entraña un proceso, así como su utilización y mantenimiento de los elementos de control que les son puestos a su disposición.

Es obligación empresarial el informar a los trabajadores de los riesgos derivados de la exposición a contaminantes químicos que le rodean, su entorno, gravedad y medidas técnicas de control.

A este respecto cabe comentar la gran importancia que se le da a este aspecto en la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

- Arts. 18 y 19 de la Ley de Prevencion de Riesgos:

¿Qué se debe Informar? Sobre los riesgos inherentes al puesto de trabajo incluyendo los generales de la empresa. Medidas de prevención y protección sobre todo si son en caso de riesgo grave e inminente, resultados de las mediciones y su vigilancia.

¿A quién se debe informar? A los trabajadores por medio de sus representantes o directamente de los riesgos generales y en particular de los riesgos específicos en cada puesto.

¿Cómo se debe informar? Con independencia de la información verbal, se debe transmitir en forma escrita. Registro Documental de una información clara y concreta.

¿Qué tipo de formación? Teórica y practica, mediante instrucciones generales y específicas a cada puesto, y aleccionando sobre la forma correcta de operar, principalmente a colectivos de alto riesgo.

¿Cuándo formar? En primer lugar en el momento de su contratación, y segundo periódica según las circunstancias: a todo trabajador que cambie de puesto de trabajo o si hay cambios tecnológicos y por lo tanto posibles riesgos nuevos. Información mas completa a los representantes de los trabajadores.

¿Quién y cuándo impartir la formación? Ésta debe ser por medios propios o concertados con conocimientos suficientes. Debe ser consultada con los representantes de los trabajadores, en la jornada laboral y debe quedar registrada documentalmente.

LA PROTECCIÓN INDIVIDUAL FRENTE A LOS RIESGOSEN HIGIENE INDUSTRIAL

GENERALIDADES

Se entiende por protección personal o individual la técnica que tiene como objetivoel proteger al trabajador frente a agresiones externas, ya sean de tipo físico, químico o biológico que se pueden presentar en el desempeño de su actividad.

Los contaminantes químicos penetran en el organismo a través de diferentes vías: respiratoria, cutánea y parenteral. La protección individual se basa en impedir que estos contaminantes penetren por dichas vías mediante una serie de elementos de filtraje y/o retención.

Esta técnica constituye el último eslabón de la cadena preventiva entre el hombre y el riesgo, resultando de aplicación como técnica de seguridad complementaria de la colectiva, nunca como técnica sustitutoria de la misma.



Cuando el uso de las técnicas colectivas no resulta posible o conveniente, como medida complementaria de ella, se deberá recurrir a la protección individual.

La misión de la protección individual no es la deeliminar el riesgo de accidente, sino de reducir o eliminar las consecuencias personales o lesiones queéste pueda provocar en el trabajador.

La protección personal constituye una de las técnicas de seguridad operativas que presenta una mayor rentabilidad si se tiene en cuenta su generalmente bajo coste al grupo de protección que presenta su correcto uso.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS EPI'S DE USO MÁS HABITUAL

EPP frente a agresivos químicos.

Según se vio en el capítulo de Toxicología Laboral la absorción de un contaminante químico (tóxico), es decir, su incorporación desde el medio externo al organismo y al torrente circulatorio (medio interno) suele hacerse por la vía respiratoria y por la vía cutánea.

Es por ello, que la protección individual frente a agresivos o contaminantesquímicos se enfoque especialmente a los EPPS que protegen particularmente el aparato respiratorio y la piel.

Absorción de tóxicos por vía inhalatoria.

La vía inhalatoria constituye la ruta de absorción más frecuente y de mayor trascendencia en Toxicología Laboral. Es también la más rápida, al menos para gases, vapores de líquidos volátiles y aerosoles líquidos.

De todos es conocido que el aire inspirado contiene ciertas cantidades de polvos atmosféricos e industriales, humo de tabaco, etc. Teniendo en cuenta que un adulto respira entre 10.000 y 20.000 litros diarios de aire, podemos deducir que los gases y partículas quepenetren en el organismo con este volumen de aire son potencialmente peligrosos. La vía de entrada de sustancias tóxicas en el mundo laboral es, como acabamos de mencionar, precisamente la respiratoria y son causa de numerosas enfermedades pulmonares.

respiratoria, el hombre se encuentra expuesto a virus, bacterias, humos, polvos vapores, aerosoles contaminantes… Todas estas exposiciones pueden ser toleradas por el receptor normal, pero cuando resultan excesivas, como sucede en algunas situaciones laborales, o bien si las defensas del receptor están disminuidas por otros factores previos, las partículas inhaladas pueden provocar graves molestias, incapacidad e incluso la muerte.

Absorción de tóxicos por vía cutánea.

Al contrario de lo que ocurre por las otras vías de absorción, eltóxico que ingresa por esta vía necesita atravesar muchas capas de células para llegar a la zona de la dermis en donde se encuentran los capilares.

Sin embargo, y a pesar de la eficaz barrera multicelular que constituya la piel, la absorción a concentraciones frecuentes en la industria puede ser muy considerable. Para ello, el xenobiótico tiene



que ser más o menos soluble en los estratos de distinta naturale
za química que se encuentra a su paso.

EPP para la vía respiratoria

Son aquellos que tratan de impedir que el contaminante penetre en el mismo a través de la vía respiratoria. Técnicamente se pueden clasificar en equipos dependientes e independientes del medio ambiente.

– *Equipos de protección individual dependientes del medio ambiente:* No pueden utilizarse cuando el aire es deficiente en oxígeno, ni en aquellos casos en los que las concentraciones del contaminante sean muy elevadas.
Este tipo de equipos se caracterizan porque el aire que respira el usuario no es el del ambiente de trabajo. Se clasifican en:

– Equipos semiautónomos,
– Equipos autónomos.



Figura 7-6

a) Los equipos autónomos.

Son aquellos en los que el sistema suministrador de aire es transportado por el usuario, por lo que tienen gran libertad de movimientos. Su empleo está recomendado cuando el aire no es respirable y se requiere autonomía y libre de movimientos. Constan del adaptador facial correspondiente y recipientes portátiles con aire a presión.

Todos los EPPS de protección respiratoria tienen una característica común al producir incomodidad en el usuario e incrementar la fatiga de trabajo. Es por ello por lo que su

Utilización debe limitarse en el tiempo. En otros casos, solo podrán ser empleados por trabajadores debidamente formados y con experiencia suficiente.



REQUISITOS SOBRE EL EMPLEO DE PROTECCIONES RESPIRATORIASDEPENDIENTES DEL MEDIO AMBIENTE

– *Equipos independientes del medio ambiente:* Utilizan el aire ambiente y lo purifican, es decir, retienen o transforman los contaminantes para que el aire sea respirable.

Un equipo de estas características tiene dos partes claramente diferenciables:

* El adaptador facial
* El filtro

a) El adaptador facial.

Tiene la misión de crear un espacio herméticamente cerrado alrededor de las vías respiratorias, de forma que el único acceso del aire sea a través del filtro.

Existen tres tipos de adaptadores faciales:
– Máscara,
– Mascarilla,
– Boquilla.

La *máscara* cubre la boca, la nariz y los ojos. Debe utilizarse cuando elcontaminante tiene poder irritante, a fin de evitar su efecto sobre la mucosa ocular o en cualquier caso cuando pueda penetrar a través de ella.



La *mascarilla* cubre la nariz y la bocasolamente.

La *boquilla* ofrece una conexión entre la boca y el filtro y dispone de un sistema que impide la entrada de aire no filtrado por la nariz (pinza). Por la incomodidad que supone, su utilización se limita

a las situaciones de emergencia.

Los adaptadores faciales deben tener una serie de propiedades que se les exige a la hora de certificar u homologar su calidad; las principales son las siguientes:

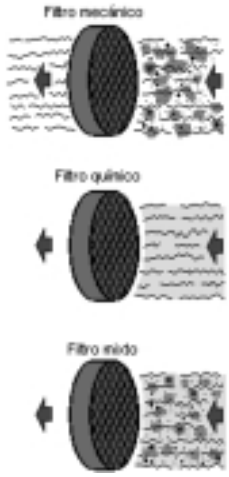
- Máxima hermeticidad.
- Resistencia mínima al paso del aire.
- Materiales de fabricación adecuados.
- Visibilidad máxima en máscaras.
- Máximo confort de utilización.

Siendo de ellas la más importante la hermeticidad.

b) Los filtros.

Tienen la misión de purificar el aire y eliminar o minimizar su contaminación. Se pueden clasificar en tres tipos:

- Filtros mecánicos,
- Filtros químicos,
- Filtros mixtos.



Los *filtros mecánicos* retienen el contaminante poniéndole trabas físicas para que no pase. Se emplean para polvo, humos o aerosoles.

Los *filtros químicos* realizan su misión filtrante disponiendo en su interior de alguna substancia química cuya misión es retener el contaminante absorbiéndolo o reaccionado con él. Los filtros químicos son específicos para una sustancia o grupo de sustancias de parecidas características químicas.

Los *filtros mixtos* realizan consecutivamente la acción de los filtros mecánicos y de los químicos.

Los filtros se clasifican en dos categorías según dos propiedades fundamentales:

a) la resistencia al paso del aire,
b) su permeabilidad al contaminante.





La resistencia al paso del aire se mide a través de la pérdida de carga y cuanto más pequeña es, más cómoda resulta la utilización del filtro.

La segunda propiedad se denomina también "penetración", que es la concentración del contaminante que atraviesa el filtro. Naturalmente la clasificación de los filtros otorga la mejor categoríao clase a aquellos cuya pérdida de carga y penetración es menor.

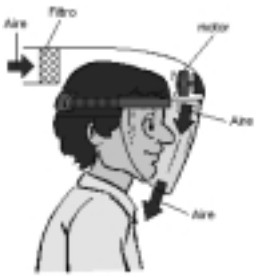
Otra característica de los filtros es su vida media, que es el tiempo que tarda un filtro en alcanzar la máxima penetración admisible para una concentración conocida**.**

c) Mascarilla autofiltrante.



Reúne, en un solo cuerpo inseparable, el adaptador facial y el filtro. Estas mascarillas solo son adecuadas para actuar como filtro mecánico(polvo, aerosoles) pero no son indicadas para protegerse de gases o vapores.La ventaja de estos protectores es su bajo peso y poca pérdida de carga, lo que las hace más cómodas que las mascarillas convencionales, aunque en general, su nivel de protección sea menor.

d) El casco con aporte de aire filtrado.



Otra modalidad de EPP peculiar en su concepción, pero queestá siendo muy utilizado en algunos trabajos (agricultura) es el casco con aporte de aire filtrado, cuya principal ventaja reside enque el usuario no ha de vencer pérdida de carga alguna. Consiste en un casco con pantalla facial transparente por cuyo interior desciende una cortina de aire filtrado a través de un mecanismo que el usuario transporta en su cintura o en el propio casco.

.

Las manos y los brazos son las partes del cuerpo que suelen entrar en contacto con las sustancias químicas con mayor frecuencia, pero no hay que olvidarse de la posible impregnación de la ropa, que de no sustituirse con rapidez puede constituir un riesgo, yano a largo plazo sino también a corto. El uso de mandiles o ropa impermeable puede prevenir el riesgo.

Frente a la posibilidad de contacto dérmico, la utilización de los EPPS es en muchas ocasiones el sistema de prevención más utilizado. A diferencia de los protectores de las vías respiratorias, su uso no supone una gran incomodidad o fatiga. Esto y el hecho de que a menudo sea la única solución razonable para prevenir un riesgo, origina una mayor tendencia a su utilización sin límite de tiempo.

Los guantes son las prendas idóneas para proteger manos. Los guantes de protección frente a agresivos químicos se fabrican de diferentes materiales (neopreno, PVC, PVA nitrilo, butilo, etc…). El material del que se componen los guantes es resistente frente a ciertos compuestos, pero no frente a otros.

A la hora de elegir un guante es preciso conocer las sustancias frente a las que debe proteger.

La certificación de un guante de protección exige unos mínimos de resistencia a latracción y a la perforación que garantice la integridad del mismo en situaciones normales de trabajo y los clasifica ensegún los productos frente a los que protege.



Otra característica a tener en cuenta en la elección de los guante son por ejemplo, la longitud del manguito (zona que forma el guante desde el borde superior hasta la muñeca), así como el forro o revestimiento. Debe buscarse la comodidad a igualdad de características protectoras.

La merma en el sentido del tacto que ocasiona el usode guantes es un impedimento para la realización de

Algunos trabajos. En estos casos, si el riesgo lo justifica, es necesario optar por la utilización de guantes de menor espesor aunque no sean los más adecuados para el contaminante presente, con la precaución de aumentar la frecuencia del cambio de los mismos.

En cualquier caso, el uso de guantes o de cualquier otro EPP debe ir precedido de una revisión visual para detectar cualquier defecto en su integridad y proceder en su caso al cambio.

Todos los EPPS deben ser de uso Personal, pero en aquellos casos que razonablemente se vea justificado, se puede compartir su uso siempre que se establezca la norma de proceder a su limpieza y desinfección una vez empleados.

UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para su utilización correcta deberán seguirse las normas fijadas por la empresa, la cual deberá informar al trabajador sobre los riesgos a cubrir y la necesidad de su uso,

debiendo hacer ver al usuario la necesidad de su empleo correcto para proteger su salud antes de recurrir a la autoridad de la empresa.

Por otra parte, todo EPI requiere de un mantenimiento adecuado de cara a garantizar su correcto funcionamiento. Esto deberá tenerse en cuenta, manteniéndolos siempre revisados, limpios, reparados o renovados cuando sea necesario, debiendoseguirse para ello las normas que sobre el particular deberán suministrar los fabricantes.

VENTILACIÓN

GENERALIDADES

La industria moderna con su complejidad de operaciones y procesos, utiliza un número creciente de sustancias y preparados químicos muchos de los cuales poseen una elevada toxicidad. El empleo de dichos materiales puede dar lugar a que en el lugar de trabajo estén presentes en concentraciones superiores a las admisibles partículas, gases y vapores o nieblas. También el estrés térmico puede originar ambientes de trabajo inseguros e incómodos. La ventilación eficaz y bien diseñada es un método muy apropiado pues consiste en la eliminación del aire contaminado de un puesto de trabajo mediante la sustitución por aire fresco.

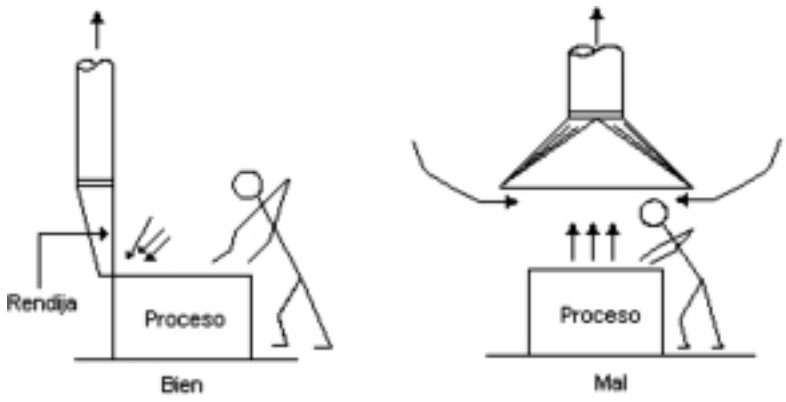
En las plantas industriales se emplean dos tipos de ventilación: Los sistemas de impulsión se utilizan para impulsar aire, habitualmente templado, a un lugar de trabajo. Los sistemas de extracción se emplean para eliminar los contaminantes generados por alguna operación, con la finalidad de mantener un ambiente de trabajo saludable.

Los sistemas de ventilación por impulsión se emplean con dos finalidades:

1) Crear un ambiente confortable en la nave industrial (generalmente calefacción orefrigeración) y
2) para sustituir el aire extraído de la nave por los sistemas de extracción.

Se distinguen dos tipos de ventilación de extracción: por dilución o general y localizada.

Con la primera se pretende la reducción de la concentración del contaminante en el lugar de trabajo, mientras que el objetivo de la segunda es el de captar el contaminante mediante una corriente de aire que es transportada hacia una campana o cubierta que permite su expulsión a la atmósfera, previamente filtrado, sin llegar a contaminar el lugar de trabajo.



Los sistemas de ventilación por dilución acostumbran a utilizarse para el control dela contaminación sólo cuando no es posible el empleo de la extracción localizada, pues las grandes cantidades de aire templado que son necesarias para sustituir el aire que se extrae pueden dar lugar a elevados costes de funcionamiento.

Los sistemas de extracción localizada se componen de hasta cuatro elementos básicos: los elementos de captación o campanas, el sistema de conductos (incluyendo la chimenea y conductos de recirculación), el depurador y el ventilador.

Definiciones básicas

La densidad (d) del aire que se define como su masa por unidad de volumen y se expresa habitualmente en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). A la presión de 1 atm. y 20ºC de temperatura, su valor es de 1,2 kg/m^3. La densidad es inversamente proporcionala la temperatura, a presión constante.

El flujo volumétrico (Q), habitualmente denominado "caudal" se define como el volumen o cantidad de aire que atraviesa una sección determinada por unidad de tiempo. Está relacionado con la velocidad media (V) y el área (A) de la sección atravesada por la expresión Q = A V

El aire como cualquier fluido circula siempre de las regiones de mayor presión a las de menor, en ausencia de aporte de energía (un ventilador). Una masa de aire en movimiento tiene asociadas tres presiones distintas, matemáticamente relacionadas:

Presión estática (PE) se define como la presión que tiende a hinchar o colapsar el conducto y se expresa en milímetros de columna de agua (mmcda), se mide normalmentecon un manómetro de columna de agua y de ahí las unidades empleadas. La presión estática puede ser positiva o negativa con respecto a la presión atmosférica del local, pero debe medirse perpendicularmente al flujo de aire, empleando un tubo de Pitot o a través de un orificio perforado en la pared del tubo.

Presión dinámica (PD) se define como la presión requerida para acelerar el aire desde velocidad cero hasta una cierta velocidad (V) y es proporcional a la energía cinética de la corriente de aire. Algunos cálculos sencillos para aire en condiciones estándar dan un valor para la presión dinámica expresado por la ecuación:

$PD = (V/4{,}04)^2$, PD en mmcda y V en m/s

La presión dinámica se ejerce siempre en la dirección del flujo y es siempre positiva.

La Presión total (PT) se define como la suma algebraica de las presiones estáticas y dinámica:

PT = PE + PD

La presión total es una medida del contenido energético del aire, por lo que siempre va descendiendo a medida que se produce el avance del aire por el interior del conducto; únicamente aumenta al pasar por el ventilador

Principios del flujo del aire

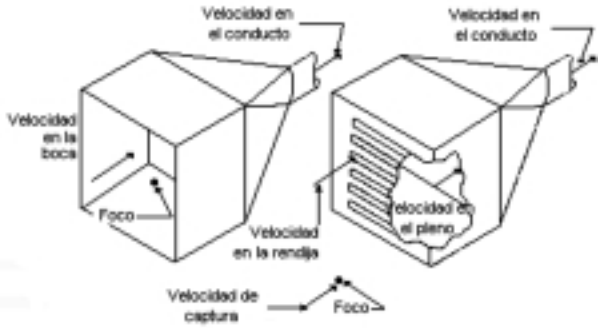
El flujo del aire en los sistemas de ventilación industrial está gobernado por dos principios básicos de la mecánica de fluidos: la conservación de la masa y la conservación de la energía. Se trabaja entonces con las siguientes hipótesis:

- Se desprecian los efectos del intercambio térmico
- Se considera que el aire es incompresible (densidad constante)
- Se supone que el aire es seco; la presencia de vapor de agua disminuye la densidad

del aire por lo que deben efectuarse en este caso correcciones.

– Se ignoran el peso y volumen de contaminantes en el aire, para las concentraciones habituales

La conservación de la masa exige entonces que el caudal que entra en una campana debe ser el mismo que el que atraviesa el conducto que sale de ella. En la unión de dos conductos, el caudal de salida debe ser igual a la suma de los caudales de cada uno de ellos, etc.



La conservación de energía exigetener en cuenta todos los cambios de energía que se producen a medida que el aire fluye de un punto a otro; en términos de las presiones previamente definidas, esteprincipio puede expresarse de la forma:

$PE_1 + PD_1 = PE_2 + PD_2 + h_p$

Donde el subíndice "1" indica un punto aguas arriba (antes del ventilador), el "2" un punto aguas abajo (recibe el aire impulsado por el ventilador) y hp valora la pérdida de energía sufrida por el aire mientras fluye de un punto a otro. Obsérvese que según esteprincipio la presión total debe disminuir en la dirección en la que discurre el flujo.

Pérdidas de carga en conductos

Existen dos componentes de la pérdida global de presión total en un tramo de conducto: 1) pérdida de carga en los tramos rectos y 2) pérdida de carga en los puntos singulares (codos, uniones, etc.)

La pérdida de carga en los tramos rectos es una función compleja de la velocidad del aire, diámetro del conducto, densidad y viscosidad del aire y de la rugosidadsuperficial del conducto.

El cálculo de ambas pérdidas se realiza mediante el empleo de ecuaciones matemáticas que facilitan la suficiente aproximación.

Características de la extracción e impulsión

Cuando el aire es impulsado a través de una pequeña abertura mantiene su efecto direccional durante una distancia considerable más allá de la abertura (por ejemplo 10% de la velocidad en la boca a 30 diámetros de distancia a la boca de impulsión).

Sin embargo, si el flujo del aire a través de la misma abertura fuese de manera que actuara como una extracción con el mismo caudal, el flujo se volvería casi no direccional y su radio de influencia se vería fuertemente reducido (por ejemplo 10 % de la velocidad en la boca a un diámetro de la boca de aspiración).

Por esa razón la extracción localizada no debe emplearse cuando un proceso no pueda desarrollarse en la proximidad inmediata de la campana de extracción. Asimismo,debido a este efecto, debe hacerse todo lo posible por encerrar la operación tanto como se pueda.

SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Ventilación por dilución

La ventilación por dilución consiste en la dilución del aire contaminado con aire sin contaminar, con el objeto de controlar riesgos para la salud, riesgos de incendio y explosión, olores y contaminantes molestos.

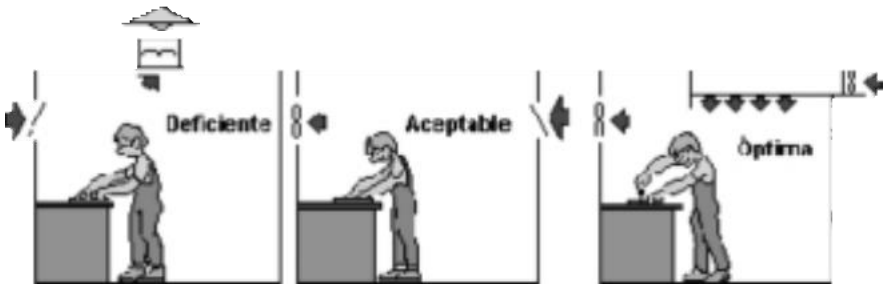
El empleo de esta forma de ventilación, de cara a la protección de la salud, está sometida a varias limitaciones:

- La cantidad de contaminante generada, no debe ser demasiado elevada, pues se necesita un caudal excesivo.
- Los trabajadores deben estar suficientemente alejados del foco de contaminación o la dispersión del contaminante debe producirse en concentraciones lo bastantebajas, para que la exposición de los operarios, no supere los valores admisibles.
- La toxicidad del contaminante debe ser baja.
- La dispersión del contaminante debe ser razonablemente uniforme.

La aplicación más frecuente de este tipo de ventilación, es el control de vapores orgánicos cuyo valor admisible sea igual o superior a 100 ppm. También se utiliza en la ventilación de locales pequeños, donde no existen puestos de trabajos fijos.

Los principios básicos de utilización deben de seguir el orden siguiente:

1. Elegir a partir de los datos disponibles, la cantidad de aire suficiente para conseguir una dilución satisfactoria del contaminante; en los manuales especializados existen tablas al efecto.
2. Situar si es posible los puntos de extracción cerca de los focos del contaminante,a fin de beneficiarse de la "ventilación puntual".
3. Situar los puntos de introducción y extracción del aire de tal forma que el aire pase a través de la zona contaminada. El trabajador debe estar situado entre la entrada de aire y el foco contaminante.
4. Sustituir el aire extraído mediante un sistema de reposición del mismo. El aire aportado debe ser calentado durante las épocas frías. Los sistemas de ventilación por dilución manejan habitualmente grandes cantidades de aire mediante ventiladores de baja presión; para que funcionen satisfactoriamente esimprescindible reponer el aire extraído.
5. Evitar que el aire extraído vuelva a introducirse en el local, descargándolo a una altura suficiente por encima de la cubierta y asegurándose que ninguna ventana u otra abertura se encuentra situada cerca del punto de descarga.



VENTILACIÓN GENERAL. DISTRIBUCIÓN DEL AIRE

El empleo de la ventilación por dilución requiere que la cantidad de contaminante generada no debe ser demasiado elevada, los trabajadores deben estar suficientemente alejados del foco contaminante, la toxicidad del contaminante debe ser baja y la dispersión del contaminante debe ser razonablemente uniforme.
La ventilación por dilución encuentra su aplicación más frecuente en el control de vapores orgánicos cuyo TLV sea igual o superior a 100 ppm. Los datos reales sobre la velocidad de generación del vapor orgánico pueden obtenerse en la propia instalación si ésta dispone de registros adecuados sobre el consumo de materiales.

La ventilación por dilución se aplica también en casos especiales por ejemplo:

– Para la prevención de incendios y explosiones (cuando no existen trabajadores y se puede superar ampliamente el TLV pero no el Límite Inferior de Inflamabilidad). Por ejemplo el TLV del xileno es 100 ppm. El LII del xileno es 1%, es decir, 10.000 ppm. Para que una mezcla de aire y xileno sea segura contra incendios y explosiones ha de ser mantenida por debajo del 25% del LII, es decir
2.500 ppm. La exposición a tal concentración puede provocar daños severos e incluso la muerte. Sin embargo, en hornos de cocción, estufas de secado, en secaderos cerrados, en el interior de conductos de ventilación, etc., debe emplearse ventilación por dilución a fin de mantener las concentraciones por debajo del LII.

– Para el control del ambiente térmico. La función primaria del sistema de ventilación es, en este caso, prevenir las molestias importantes o el posible daño de aquellas personas que trabajan en dicho tipo de ambientes. De todos modos la introducción de cualquier sistema de ventilación para estos fines, debe serprecedida de una evaluación fisiológica en términos de estrés térmico potencial para los ocupantes del ambiente caluroso de que se trate. La ventilación por extracción puede utilizarse para eliminar el calor y/o humedad excesivos siempre que se disponga de aire de sustitución más frío.

Peligrosidad del contaminante	K_1	Distancia al foco	K_2
TLV >= 500 ppm	1	Cerca de la Ventilación	1
TLV de 100 a 500 ppm	2	Mediana de la Ventilación	2
TLV <= 100 ppm	3		3
Evolución del contaminante	K_3	Efectividad	K_4
Regular	1	Buena	1
Irregular	2	Mediana	2

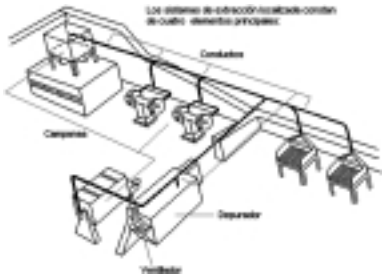
COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Cuando existe más de un contaminante se calcula el caudal necesario para diluir cada uno de ellos y se suman si sus efectos son aditivos. Si sus efectos son independientes se adoptará el mayor valor Q obtenido.

Ventilación local.

El sistema de ventilación local o por extracción localizada tiene como objetivo captar el

contaminante en la vecindad inmediata del punto donde se ha generado (el foco contaminante), evitando así que se difunda al ambiente del conjunto del local.
El ejemplo más simple, y que todo el mundo conoce, lo constituyen las campanas de cocina. Se sitúan inmediatamente encima del punto donde se producen los humos para captarlos allí, impidiendo así que toda la cocina se llene de humo. Este mismo principio es ampliamente usado en la industria.
La diferencia entre la campana de cocina y las que se emplean en la industria es que estas últimas tienen formas muy diversas, según cuáles sean las características del foco contaminante. Así, existen las conocidas cabinas de pintura, las extracciones que se emplean en las cubas de cromado o de tricloetileno, las que se instalan en las sierras circulares para madera y muchas otras.
En todo sistema de extracción localizada se distinguen los siguientes elementos principales:



a) *Campana:* (una o varias) para la captación delcontaminante en el foco.
b) *Conductos:* Para transportar el aire con el contaminante al sitio adecuado, evitando que se disperse en la atmósfera.
c) *Separador:* Para separar el contaminante de aire, recogiéndolo de forma adecuada y liberar aire limpio.
d) *Ventiladores:* Para transmitir la energía necesaria al aire y hacerlo circular a través del sistema.
e) *Purificadores* del aire (no siempre).Para purificar el aire recogido antes de su vertido al exterior.

Campanas de extracción localizada

La función esencial de una campana es crear un flujo de aire que capture eficazmente el contaminante y lo transporte hacia la campana, captando el contaminanteantes que se difunda al ambiente general del local de trabajo.

Los gases, vapores y humos no presentan una inercia significativa, al igual que las partículas pequeñas de polvo; este tipo de materiales se mueve si lo hace el aire que les rodea.

Asimismo es de muy poco valor el criterio de que el contaminante sea "más pesado" o "más ligero" que el aire; en general el contaminante se comporta "como si fuese aire", no moviéndose por su densidad, sino siguiendo las corrientes de aire. El movimiento habitual del aire asegura una dispersión uniforme de los contaminantes, salvo en operaciones con gran desprendimiento de calor o frío, o cuando un contaminantees generado en gran cantidad y se logra controlarlo antes de que se disperse.

Las campanas se clasifican en cabinas, que encierran total o parcialmente el proceso o punto de generación del contaminante, como por ejemplo una campana de laboratorio o la clásica cabina de pintura y campanas exteriores, que están situadas adyacentes al foco de contaminante pero sin encerrarlo, como por ejemplo las rendijas alo largo de la boca de una cuba o una abertura rectangular sobre una mesa de soldadura.

Una variante de la campana exterior es el sistema de impulsión-extracción donde se impulsa un chorro de aire a través del foco contaminante, hacia la campana de extracción. El contaminante es controlado, especialmente, por el chorro, mientras la función de la campana es recibir el chorro y aspirarlo, por ejemplo los sistemas empleados en las cubas abiertas para tratamientos electrolíticos. Debe ponerse especial cuidado en su diseño y uso pues es posible que el chorro de impulsión mal dirigido aumente la exposición de los trabajadores si no se utiliza debidamente.

Los principios básicos para el diseño de una campana exige la definición de tres aspectos esenciales en la misma: 1.º La geometría, 2.º El caudal de aspiración necesario y 3.º la pérdida de carga a que dará lugar.

Así debemos de tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Encerrar la fuente contaminante tanto como sea posible.
- Capturar el contaminante con la velocidad adecuada.
- Extracción del contaminante, fuera de la zona de respiración del operario.
- Adecuada velocidad de transporte, para evitar deposiciones en los conductos.
- Igualar la distribución de aire a todo lo largo de las aberturas de las campanas.
- Descarga del aire extraído lejos del punto de reposición.
- Suministro adecuado de aire, para compensar el extraído y originar una depresión.

Condiciones de dispersión del contaminante	Ejemplo	Velocidad de captura, m/s
Liberado prácticamente sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase, etc.	0,25 - 0,5
Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo.	Cabinas de pintura; llenado intermitente de recipientes; transferencia entre cintas transportadoras a baja velocidad; soldadura; recubrimientos superficiales; pasivado.	0,5 - 1
Generación activa en una zona de rápido movimiento de aire.	Cabinas de pintura poco profundas; llenado de barriles; carga de cintas transportadoras; machacadoras.	1 - 2,5
Liberado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido.	Desbarbado; chorreado abrasivo; desmoldeo en fundiciones.	2,5 - 10

ELECCIÓN DE VELOCIDAD DE CAPTURA

COMPROBACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Todos los sistemas de ventilación deben comprobarse en el momento de su instalación, a fin de verificar el caudal o caudales, para obtener información que pueda compararse con los datos de diseño. La comprobación inicial proporcionará una referencia para el mantenimiento periódico y la detección de los fallos del sistema en el supuesto que se produjera una avería.

La medición más importante en la comprobación de un sistema de ventilación es el caudal, determinando la velocidad del aire y el área de la sección del conducto o abertura en el punto de medida.

Las mediciones de la presión del aire se emplean para determinar la presión estática del ventilador, así como la pérdida de carga en campanas, equipos depuradores y otros elementos de un sistema de extracción. Las medidas de presión pueden ser útiles para localizar obstrucciones en el conducto y detectar puntos en los que se producen fugas deaire importantes.

RUIDO

Dentro de los agentes físicos que se consideran en higiene industrial, uno de los más importantes debido a su existencia en gran número de industrias es el ruido. Se suele definir el ruido como un sonido no deseado.

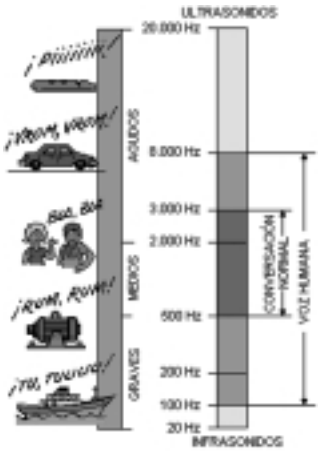
Si tenemos en cuenta el extraordinario funcionamiento del oído humano y la importancia de las relaciones sociales de todo tipo, resalta la importancia de la conservación del mismo. El ruido constituye uno de los problemas a vencer en una sociedad desarrollada, ya que produce una progresiva pérdida de la capacidad auditiva del hombre.

Mientras que la necesidad de contar con un órgano auditivo en perfectas condiciones es cada día mayor, puesto que las máquinas son cada día más rápidas y exigen tiempos de reacción menores, la realidad es que el oído pierde capacidad por efecto de la edad (presbiacusia), deterioro que aumenta aceleradamente cuando, además, el sujeto está sometido o ruidos excesivos.

TEORÍA FUNDAMENTAL DEL SONIDO

El sonido consiste en una variación de presión sobre la presión atmosférica, producida por la vibración de un cuerpo, y que el oído humano puede detectar como una sensación percibida a través del órgano auditivo. Dado que tiene su origen en un movimiento vibratorio que se transmite en un medio, ya sea sólido líquido o gaseoso, podemos definirlo como una vibración acústica capaz de producir una sensación auditiva. El ruido industrial, la música y la conversación son tres manifestaciones del sonido.

El sonido se puede considerar pues bajo dos puntos de vista:



Subjetivamente, nos referimos a la sensación auditiva en el cerebro. Un bailarín puede encontrarse en su elemento en una discoteca cuya música ambiental alcanza niveles de 100 dBA; para él la música será un sonido agradable. Pero a un vecino del mismo edificio, que pretende conciliar el sueño, y que le llega ese ruido, amortiguado, con un nivel de 40 dBA le parecerá un ruido insoportable.

En mayor o menor grado estamos continuamente expuestos al ruido, cada persona se desenvuelve en varios ambientes acústicos a lo largo de su jornada que oscilan normalmente entre 20 dBA y 110 dBA.

Como ilustración de la incultura del ruido podemos citar el walkman o equipos musicales cuyos altavoces van insertos en el oído, frecuentemente utilizados con un volumen excesivo, las condiciones acústicas inadecuadas de comedores de restaurantes, aulas de formación, etc. que hace que sean auténticas "pocilgas acústicas".

AUTSOLEN Autec & Solenergy	MANUAL DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Higiene Industrial y Seguridad	CODIGO: PN-SGC-01 VERSION: 01 PAGINA: 138 de 185 FECHA DE EMISIÓN: Mayo 2022

Objetivamente, nos referimos a los aspectos físicos del movimiento ondulatorio como frecuencia, longitud de onda, etc., magnitudes que se pueden medir todas ellas con toda precisión.

NOCIONES FUNDAMENTALES DE ACÚSTICA

Los movimientos de un cuerpo vibrante, los golpes, remolinos producidos por un escape de gas, etc. perturban la atmósfera circundante y originan contracciones y dilataciones de volúmenes de aire elementales que, en ciertas condiciones, impresionan el sentido del oído produciendo en éste una sensación que entendemos por sonido.

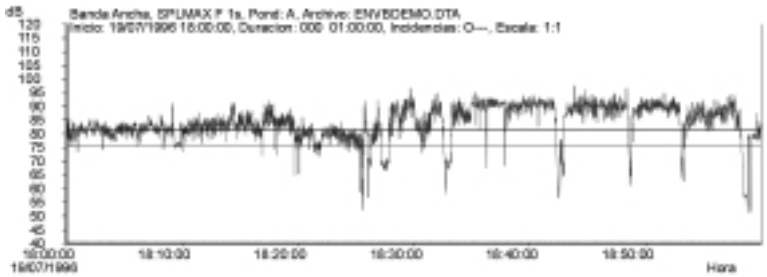
El sonido, por tanto, es producido por una serie de vibraciones que se propagan en los sólidos, los líquidos y los gases. Se necesita pues un medio elástico para que el sonido pueda originarse y transmitirse; ningún sonido puede ser transmitido en ausencia de materia (en el vacío).



Si consideramos una serie de barras colgadas de un punto y propinamos un golpe a la primera, ésta entrará en movimiento y empujará a la barra siguiente y así sucesivamente… Las moléculas de aire se comportan de modo parecido, pero en tres dimensiones cuando se propaga una onda sonora.

Un cuerpo al vibrar comprime las moléculas cercanas y crea perturbaciones (ondas) que se propagan a una determinada velocidad, en función de la densidad y elasticidad del medio; en el aire esta velocidad es de 340 m/seg. A la presión atmosférica normal.

Para una fuente de sonido determinada, la propagación tiende a ser esférica u omnidireccional si el sonido que se emite es de baja frecuencia, y plana o direccional cuando tal sonido es de alta frecuencia. En la práctica las ondas planas se dan en las tuberías y en las cercanías de fuentes sonoras de gran tamaño, pero incluso en este caso, a partir de cierta distancia el sonido tiende a propagarse esféricamente.



Potencia acústica: Cantidad de energía bajo forma acústica que emite un foco sonoro enla unidad de tiempo. Se mide en watios (W). Esta energía se transmite inmediatamente y

se reparte, teóricamente, según una superficie esférica envolvente cada vez mayor, lo queexplica la disminución del sonido a medida que nos alejamos de la fuente sonora. La potencia acústica es una característica consustancial a cada fuente sonora, independientemente de cómo y dónde esté situada. Es el criterio idóneo para comparar las características acústicas de diferentes fuentes sonoras.

Por lo general, estamos continuamente rodeados de varias fuentes sonoras que emiten ruido simultáneamente, dándose el caso de que la fuente más potente es la que predomina sobre las más débiles. Por lo tanto, para reducir el ruido, como primera medida debemos actuar siempre sobre las fuentes sonoras de mayor potencia acústica.

Cuando la fuente sonora es una máquina compuesta de diversas piezas, en la fase de rodaje es más ruidosa y luego el ruido va disminuyendo en el periodo óptimo de la máquina; posteriormente, al envejecer, comienzan a aparecer holguras y desajustes con lo que aumenta su potencia acústica hasta sobrepasar el valor inicial.

La potencia acústica oscila en un campo amplísimo de 10.000 billones de picowatios (10^{-12} watios) , desde el tic-tac de un reloj de pulsera hasta el estruendo de unvolcán en erupción (10.000 watios).

Es de destacar que la energía acústica que se presenta habitualmente es muy pequeña, en relación por ejemplo con la energía lumínica. La potencia acústica de un avión a reacción puede ser de 100 w., que equivale a la potencia lumínica de una lámpara doméstica. Sin embargo su "agresividad" es elevada pues puede romper el tímpano de una persona situada a unos metros de distancia.

Como quiera que el margen de variación de la potencia acústica es muy amplio se utiliza normalmente el nivel de potencia acústica L_w de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

siendo L_w el nivel de potencia acústica en decibelios (dB) y W_0 la potencia acústica de referencia e igual a 1 picowatio (10^{-12} watios). Esta potencia se corresponde con el nivel 0 dB de la escala de decibelios.

El nivel de potencia acústica ponderado A (Lwa) de una fuente sonora se expresa en decibelios A (dBA) y puede calcularse a partir de la medición del nivel de presión acústica en dBA. Esta es una unidad muy útil para estimar la magnitud del problema delruido y para comparar diversas fuentes sonoras en lo que se refiere a su agresividad acústica.

Intensidad acústica (I): Es la cantidad de energía que, en la unidad de tiempo atraviesa una unidad de superficie situada perpendicularmente a la dirección de propagación de lasondas sonoras. Se mide en watios/m^2. La intensidad acústica es la propiedad del sonido que hace que éste se oiga fuerte o débil. Cuanto más fuertes sean las compresiones y dilataciones de las capas de aire, más intenso será el sonido. En la escala de intensidadesel umbral auditivo es 10 -12 w/m^2 y el umbral doloroso 25 w/m^2.
A medida que una onda sonora se va alejando de su fuente de origen ha de cubrir una mayor superficie, con lo que su intensidad disminuye hasta hacerse imperceptible.
Se puede demostrar, por consideraciones de mecánica de fluidos y cálculo diferencial que la intensidad de sonido vale:

$$I = \frac{P^2}{\rho c}$$

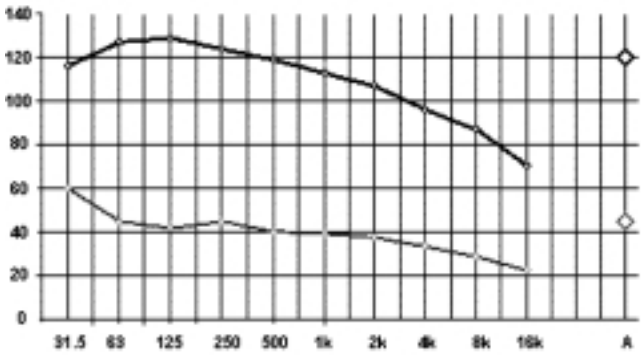
Donde "p^2" es el valor eficaz (r.m.s.) de la presión sonora, es la densidad del medio y "c" la velocidad del sonido. Como en otros conceptos se utiliza también el nivel de intensidad acústica, que se define mediante la expresión:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} dB$$

La intensidad de referencia comúnmente utilizada es 10^{-12} watios/m^2.

Duración del sonido: El sonido desaparece rápidamente en el tiempo cuando cesa la causa que lo produce, pero no así sus efectos. Por ejemplo, el ruido de una explosión, aproximadamente 140 dBA, dura menos de tres segundos pero puede producir efectos desastrosos y permanentes sobre los oídos de las personas que han sido alcanzadas por la onda sonora; por no mencionar los propios efectos destructivos de la explosión.
El ruido de la sirena de un vehículo que circula en la ciudad, de noche, a gran velocidad, 60 dBA a 50 metros, puede oírse durante unos pocos segundos, pero desvelaráa unos cuantos miles de personas.

Frecuencia (f): Número de variaciones de presión de la onda sonora, en un segundo. Se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundo.



La frecuencia principal de unsonido es lo que determina su tono característico, por ejemplo, el estruendo de un trueno lejano tiene una frecuencia baja, mientras que un silbido tiene una frecuencia alta.
Un sonido puede no tenermás que una sola frecuencia**,**

tratándose en tal caso de un "sonido puro"; lo más frecuente es que los sonidos que oímos en la práctica y sobretodo los ruidos, sean una amplia mezcla de distintas frecuencias.
El tono de un sonido compuesto está determinado por la frecuencia principal, que normalmente va acompañada de un cierto número de armónicos que determinan su timbre.
Longitud de onda (□□: Es la distancia que separa dos estados iguales de una onda sonora. Conociendo la velocidad y la frecuencia del sonido podemos calcular su longitud de onda mediante la fórmula:

Longitud de onda □= velocidad del sonido / frecuencia

Los sonidos de baja frecuencia tienen longitudes de onda largas que les permiten bordear mejor los obstáculos, por lo que son más difíciles de aislar.

Presión acústica: Energía acústica bajo forma de variación de presión (N/m^2), es decir la variación de la presión atmosférica en un punto como consecuencia de la propagación **a través del aire de una onda sonora. El margen de presión acústica capaz de oír** una persona joven y normal oscila entre 20 N/m^2 y 2 10^{-5} N/m^2 (umbral auditivo).

Como vemos, dado el amplísimo margen, las medidas acústicas se representan en escala logarítmica. Se define así el decibelio como una unidad adimensional relacionadacon el logaritmo de una cantidad medida y de otra que se toma como referencia.Para la presión acústica se toma como referencia P_0 = 2 10^{-5} N/m^2 (1 Pascal = 1 N/m^2) , que se corresponde con la menor presión acústica audible que puede detectar un oído joven y sano a una frecuencia de 1.000 Hz. Se define entonces:

Nivel de presión acústica (en dB) = 10 log $(P/P_0)^2$

También se puede definir el nivel de potencia acústica, nivel de intensidad acústica,etc. de manera similar mediante el empleo de los logaritmos.

La suma de niveles de presión acústicaCuando existen varios ruidos que presentan presiones acústicas distintas, medidas en dB, la suma de todas ellas debe realizarse teniendo en cuenta la definición de nivel de presión acústica, y por tanto no se corresponde con la suma aritmética.

Es necesario tener en cuenta que, al utilizar la escala logarítmica, pequeñas diferencias en el número de decibelios representan una diferencia importante en la energía de un ruido y por tanto en su agresividad. Si en un local existe una máquina que emite una determinada cantidad de ruido, y colocamos una segunda máquina que emita el mismo ruido que la primera, podemos suponer que se duplicará la intensidad sonora en el ambiente. Si aplicamos la fórmula que define el concepto de nivel (Level) tendremos:

$$L_2 = 10 \log \frac{2I}{} = \log 2 + 10 \log \frac{I}{} = L_1 + 3$$

Aproximadamente, cada 3 dB significa el doble de nivel de ruido

Utilizando la expresión de nivel L anterior el margen de presión acústica habitual varía entre 0 y 120 dBA, margen más cómodo y más fácil de manejar. En general podemos decir que los ruidos hasta 60 dBA resultan soportables, entre 60 y 80 dBA son fatigosos, entre 80 y 115 dBA pueden producir sordera y superiores a 120 dBA resultan dolorosos e insoportables.



Ruido de impacto: aquel en que el nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y las variaciones entre dos máximos consecutivos de nivel acústico se efectúan en un tiempo superior a un segundo, con un tiempo de actuación inferior a 0,2 segundos.

Ruido continuo: es aquel en el que el nivel de presión acústica se mantiene constante en el tiempo y si posee máximos, éstos se producen en intervalos menores de un segundo. Pueden ser estables o variables, cuando en este último caso oscila en más de 5 dB(A) a lo largo del tiempo.

Indice y factor de directividad: En general, una fuente sonora no emite radiación acústica en todas las direcciones por igual; es por tanto conveniente saber en qué dirección emite más energía y en qué magnitud. Para este cometido se utilizan dos parámetros, relacionados entre sí.

El *índice de directividad* DI en un punto determinado es la diferencia entre el nivel de presión acústica en un punto dado y el nivel promedio que correspondería a ese punto si la fuente sonora fuera omnidireccional:

$DI = Lp_{A1} - LpA\ (dB_A)$

El *factor de directividad* Q en una determinada dirección es el cociente entre la energía acústica emitida a un punto dado A_1 y la energía que correspondería a ese punto si la fuente sonora fuera omnidireccional.

Vemos entonces, que según esté situada una máquina, sujeta del techo en el aire, en el suelo, junto a dos paredes, etc., el factor de directividad puede ser 1,2,4 y hasta 8 veces. Así, por ejemplo, una máquina situada el suelo y que en el aire daría un ruedo de 80 dBA, al reflejar el sonido y emitirse a través de una semiesfera emitirá un sonido de hasta 83 dBA.

Imaginemos que el fabricante de una máquina especifica 75 dBA de nivel de presión acústica para el punto donde se situará el operador. Si el comprador instala la máquina en una esquina del local, el nivel soportado por el trabajador será de 84 dBA (75+3+3+3), a lo que habría que añadir el ruido reverberado y el ruido de fondo. Es evidente, por tanto la importancia de la situación de la fuente sonora para reducir el ruido en el puesto del operador.

EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL ORGANISMO

La acción de un ruido intenso sobre el organismo se manifiesta de varias formas, bien por acción refleja o por repercusión sobre el psiquismo del individuo. Podemos señalar las consecuencias siguientes:

– Acción sobre al aparato circulatorio: aumento de presión arterial, ritmo cardiacoy vaso-constricción periférica.
– Acción sobre el aparato muscular aumentando la tensión, sobre el aparato digestivo produciendo inhibición del mismo, sobre el aparato respiratorio modificando el ritmo, etc.

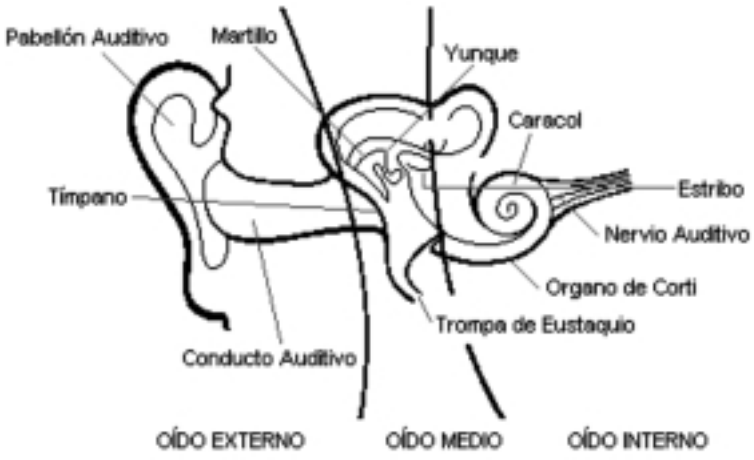
Todas estas acciones son pasajeras y se producen inconscientemente y con independencia de la sensación de desagrado o malestar.

En el orden psicológico el ruido es causa generalmente de molestia y desagrado, dependiendo de factores objetivos y subjetivos. El desagrado es más fuerte cuando los ruidos son intensos y de alta frecuencia, los ruidos discontinuos e inesperados molestan más que los habituales, el tipo de actividad desarrollada por el individuo ejerce una influencia en el desagrado que éste experimenta, etc.

Por si fuera poco, el ruido dificulta la comunicación e impide percibir las señales yavisos de peligro, hecho que puede ser también causa de accidentes.

Estructura del sistema auditivo

El oído es un órgano alojado en el hueso temporal. Desde el punto de vista anatómicoy funcional , podemos dividir el oído en tres partes: oído externo, medio **e interno.**



ANATOMÍA DEL OÍDO

Oído externo

El oído externo se divide en dos partes, fundamentalmente; la parte exterior, llamada pabellón u oreja, y el llamado conducto auditi-vo externo.

La oreja es la parte visible del sistema auditi- vo que ofrece unas carac-

terísticas morfológicas adaptables a su función como primera fase del proceso de captación sonora, con un perfil receptor.

La morfología de la oreja hace que se recojan las ondas sonoras conduciéndolas hacia el canal auditivo externo que con una longitud de unos 3 cm, termina en la membrana

del tímpano que se considera como frontera entre los oídos externo y medio.

En el conducto auditivo externo el sonido pasa a través del cerumen y llega a la membrana del tímpano, la hace vibrar comunicando este movimiento a su vez a los huesos del oído medio.

Oído medio

Es un espacio hueco llamado caja del tímpano. Está limitado en su parte más externa por la membrana del tímpano y en su parte más interna por la pared ósea del oído interno.
En el interior del oído medio se encuentra la cadena de huesecillos (martillo, yunque y extribo) que tienen por función unir la membrana del tímpano con el oído interno a través de la ventana oval ubicada en la pared ósea del oído interno.
El techo del oído medio lo constituye la separación de éste del lóbulo temporal delcerebro y la parte inferior lo separa de la carótida, así como la yugular.
En la parte frontal aparece la Trompa de Eustaquio, cuya función es de regulación de las presiones atmosféricas y la del oído medio. Por último, en la parte posterior aparecen las cavidades mastoideas.
En el oído medio se producen dos funciones fundamentales La primera de trasnmisión del sonido hasta el oído interno. La segunda, de transformación del sonido amplificándolo o amortiguándolo.
La transmisión del sonido se efectúa a partir del movimiento de la membrana del tímpano (comparable al que experimenta el diafragma de un teléfono) que lo comunica al martillo, éste a su vez lo transmite al yunque y éste al estribo que termina en la ventana oval, donde comienza el oído interno.
El movimiento de la cadena de huesecillos produce que la presión comunicada al martillo por la membrana timpánica que se ve aumentada en razón de la menor o mayor longitud del estribo.
Otro mecanismo transformador del sonido en el oído medio lo constituye el efecto multiplicador que supone la diferencia de superficies entre la membrana timpánica y la base del estribo, ésta mucho menor que aquélla.
Finalmente, la función del oído medio no es siempre amplificadora. Ante larecepción de fuertes sonidos los músculos de inserción de la cadena de huesecillos actúan en el sentido de limitar la movilidad de éstos, lo que constituye una forma de amortiguación.
En resumen:
El oído percibe las variaciones de presión en forma de sonidos cuando la frecuenciade la vibración se encuentra comprendida entre los 20 y 20.000 Hz de la siguiente manera:

a) El oído externo tiene como misión fundamental el servir de conducción del sonido actuando mediante el pabellón auditivo y el conducto auditivo, percibiéndose el origen y dirección de propagación del sonido.

b) El oído medio, que comienza en la membrana del tímpano, es el encargado de recoger las variaciones de presión que se transmiten por una serie de huesecillos (martillo, yunque, lenticular y estribo) que actúan como una sucesión de palancas constituyendo un amplificador mecánico.

Por último tenemos el oído interno, que con apariencia de caracol, es el auténtico órgano de la audición; está dividido longitudinalmente en dos partes por la membrana basilar. Las vibraciones procedentes de la ventana oval se transmiten al fluido que llena el caracol y ponen en movimiento diferentes partes de la membrana basilar en cuya carasuperior se encuentran miles de células pilosas muy sensibles (células ciliadas), de naturaleza variada -cada grupo de células es excitado por un tono de sonido determinado-que actúan como captores sensoriales y que, a través del nervio acústico, envían al cerebro los impulsos recibidos, donde son analizados e interpretados como sonidos.

El oído recibe pues dos sensaciones fundamentales: el tono que puede determinarse midiendo la frecuencia y la intensidad; también percibe el "timbre", etc.

Cuando el ruido actúa sobre el oído, dependiendo de su intensidad, el espectro de frecuencias y el tiempo de exposición, puede llegar a producir un trauma auditivo irreversible, con una lesión irreversible del órgano de Corti, dando lugar a la sordera.

Para llegar a esta situación han de darse determinadas circunstancias, bien un traumatismo lento, por actuar el ruido intenso sobre el oído y lesionar las células sensoriales o bien un accidente agudo intensivo que puede dar lugar a una deformación o lesión mecánica de la membrana basilar. Si la disminución de la capacidad auditiva es sólo temporal recibe el nombre de fatiga auditiva y desaparece a los pocos minutos de abandonar el ambiente ruidoso.

Si la exposición al ruido intenso es diaria y dura mucho tiempo, la recuperación dela sensibilidad auditiva puede ser sólo parcial. A medida que el proceso avanza se producen disminuciones de sensibilidad en la banda conversacional pasando del sordo profesional al sordo social. La sensibilidad del oído humano depende de lasusceptibilidad de las personas y de la edad, produciéndose una disminución de la agudeza auditiva a medida que aumenta aquella.

Daño auditivo

La observación y el estudio de colectivos de trabajadores sometidos al ruido industrial ha podido poner de manifiesto la presencia de mayor grado de nerviosidad y/o agresividad en los trabajadores expuestos que en los que no lo están.

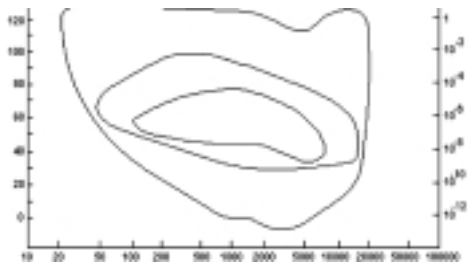
También pueden encontrarse trastornos de memoria, de atención, de reflejos e incluso una lenta merma de las facultades intelectivas de los trabajadores sometidos largo tiempo al ruido.

La alteración nerviosa producida por el ruido puede reflejarse en el aparato digestivo, provocando trastornos de la digestión, ardores, despepsias, etc.

Puede decirse, por último, que la exposición o moderados y altos niveles de ruido se corresponden con un aumento de la fatiga.

No obstante, el daño más importante que genera el ruido es el de la disminución de la capacidad auditiva.

Se puede considerar la sordera temporal (Temporary Threshold Shift desplazamiento temporal del dintel de audición o TTS) y la sordera permanente, como las dos formas de plantearse la disminución de agudeza auditiva.



La sordera temporal aparece cuando las exposiciones a niveles de ruido, generalmente llevados, producen elevaciones del umbral de Audición que se recupera posteriormente en los periodos de no exposición, no obstante, queda siempre un resto acumulativo.

En la sordera permanente, el desplazamiento del umbral de audición debido al ruido se produce cuando la recuperación del nivel auditivo hacia la situación anterior a la agresión sonora, no tiene lugar. Este desplazamiento permanente del umbral de audición

ocurre cuando la lesión se localiza en el oído interno. En estos casos dicha lesión por trauma sonoro es cóclear.

Características de la pérdida auditiva

El desplazamiento temporal del umbral de audición (TTS) conlleva una recuperación posterior de la audición normal, al cabo de un tiempo del orden de las 10 horas, siempre que no se repita la exposición al ruido.
El desplazamiento del umbral suele alcanzar un máximo para frecuencias superiores a la octava siguiente al tono predominante de la exposición. Este desplazamiento tiende a producirse durante la primera hora de exposicón y su amplitud depende del tipo de ruido; ruidos de frecuencias altas producen mayores desplazmientos que los de frecuencias bajas.
Estudios efectuados por Trittipol demuestran que la recuperación es tanto más rápida cuanto mayor ha sido el desplazamiento, existiendo un límite del orden de 50 dB. A partir de los 60 dB, la vuelta a la normalidad es mucho más lenta, sobre todo para frecuencias superiores a 4.000 Hz, pudiendo aparecer incluso desplazamientos permanentes del umbral de audición.

Sorderas de transmisión y de percepción

La sordera se produce cuando hay un corte en el camino que recorre la onda sonora desde que es recogida por el pabellón auditivo hasta que se transmite al cerebro.
El oído externo, aparte de la obstaculización a la transmisión del sonido que pueda suponer la presencia de un tapón de cerumen, no presenta patología especial en cuanto ala sordera.
En el oído medio pueden presentarse anquilosis del tímpano por esclerosis, o de la cadena de huesecillos por artrosis, lo que daría origen a disminuciones de ampliación delos sonidos recibidos por el tímpano. Se interrumpiría, por tanto, en alguna medida la transmisión del oído medio hacia el oído interno. Nos encontramos en el caso de una sordera por transmisión. Este tipo de sordera es curable mediante tratamiento médico: quirúrgico o protésico.
Las circunstancias cambian si se considera la sordera ubicada en el oído interno. No hay ninguna forma de recuperar un oído dañado en la zona coclear o en el nervio auditivo. Nos encontraríamos en el caso irreversible de sordera como es la sordera de percepción. Las sorderas de tipo profesional son, en muchos casos, sorderas de percepción.
Para definir si la caída de audición es debida a lesión en el oído medio o en el interno, y, por tanto, si es o no de carácter irreversible, se realizan dos tipos de audiometrías: la transmisión ósea y la de transmisión aérea, que dan origen a la curva de audición ósea (CO) y a la de audición aérea (CA).
Para la construcción de la curva de audición ósea, que refleje el funcionamiento real del nervio auditivo, se emplea un vibrador óseo que, aplicado al mastoides, hace llegar el sonido al oído interno sin el concurso del oído medio. Si la (CO) presenta una disminución, a distintas frecuencias , de la agudeza auditiva nos encontramos ante una sordera de percepción irreversible. Si la curva de audición aérea (CA) está separada de la (CO) y por debajo de ésta, a las distintas frecuencias, nos encontramos con una

sordera de transmisión.

RUIDO

Sordera de percepción

A diferencia de la sordera de transmisión (corte entre el conducto auditivo externoy la ventana de separación entre el oído medio e intermedio) y la sordera de percepción (corte desde la entrada hasta el cerebro), la Sordera de Recepción es la lesión del conjunto de células que constituyen el órgano de corti (caracol). Son células nerviosas que enlazan con células superficiales del cerebro.

RECONOCIMIENTO MÉDICO DE LA FUNCIÓN AUDITIVA

La exposición frecuente a elevados niveles de ruido produce un deterioro de las células pilosas, acompañado de una pérdida de capacidad auditiva que puede llegar a la sordera. Estas lesiones cursan sin producir síntomas de alarma previos, porlo que para poner remedio a tiempo a esta situación se deben realizar exámenes audiométricos del oído.

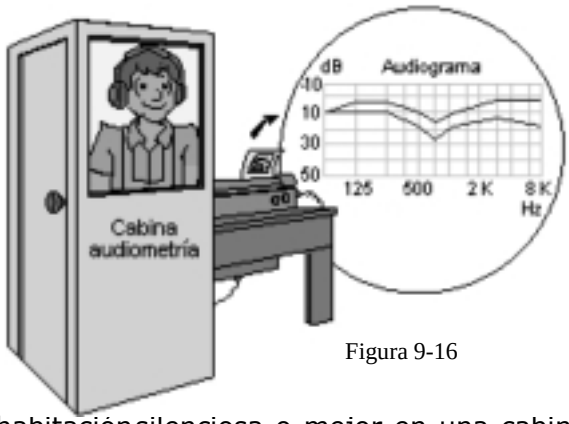


Figura 9-16

La audiometría es un examen de laagudeza auditiva, que se lleva a cabo conla ayuda de un aparato denominado audiómetro, que a través de unos auriculares, envía al sujeto en estudio unos sonidos puros de distinta frecuenciae intensidades crecientes.

El sujeto situado en una habitaciónsilenciosa o mejor en una cabina insonorizada, va indicando si oye o no tales señales. Para cada frecuencia se comienza por remitir un sonido del nivel 0 dB, que es el nivel más bajo susceptible de ser captado por un oído joven y sano (umbral de audición tipo). De esta manera se puede determinar el umbral de audición del sujeto en estudio y detectar posibles e incipientes sorderas.

CONTROL Y REDUCCIÓN DEL RUIDO


Figura 9-19

El ruido es un agente físico que nos afecta en todas partes (industria, calle, hogar) y en múltiples actividades (trabajo, comunicaciones, descanso). Todos somos productores de ruido y, por ello, debemos y podemos contribuir a su reducción, disminuyendo la potencia acústica de las fuentes sonoras. Asimismo, a veces está en nuestra mano la posibilidad de reducirnuestra propia exposición, acortando el tiempo de permanencia en ambientes ruidosos y utilizando protección auditiva.

La lucha contra el ruido consiste básicamente en considerarlo como enemigo, planteándose continuamente la pregunta ¿es posible hacerlo con menos ruido?, y actuando en consecuencia.



Acondicionamiento acústico de un local

Acondicionar acústicamente un local significa adaptarlo convenientemente, desde el punto de vista sonoro, al objeto de que en él se puedan escuchar los sonidos deseados al volumen adecuado.



Figura 9-21

Para ello hay que considerar si la fuente sonora está dentro dellocal, en cuyo caso los elementos que lo componen deberán poseer una capacidad de absorción del sonido adecuada a su utilización, o si la fuente sonora está fuera, siendo necesario entonces que el local cuente con un aislamiento acústico suficiente para que no se perturben las actividades que en él se desarrollan. Generalmente suele ser necesario poner en marcha ambas condiciones, que a vecesresultan antagónicas.

Cuando un sonido incide sobre un obstáculo su energía se descompone en tres componentes principales:

Energía reflejada que vuelve hacia el mismo lado de donde procede.

Energía disipada que se transmite estructuralmente a través del obstáculo y que se convierte parcialmente en calor.

Energía transmitida, que atraviesa el obstáculo y pasa al otro lado.

En general, se considera como absorbida toda la energía que no vuelve del mismolado en que se encuentra la fuente acústica.



Absorción y aislamiento son dos conceptos opuestos que podemos aclarar con un ejemplo. Si nos situamos dentro de un bunker de gruesas paredes de hormigón, al ser mucho el aislamiento, no escucharemos los ruidos externos o los escucharemos muy atenuados. Sin embargo los ruidos producidos en elinterior se verán aumentados y permanecerán en el tiempo, debido a la reverberación de las paredes.

En campo libre, sin obstáculos, ocurre justo lo contrario; los sonidos que nosotros producimos desaparecen rápidamente y sin embargo escuchamos los que se han producido a mucha distancia, es decir, poco aislamiento y mucha absorción.

La combinación óptima de ambas condiciones sólo se consigue en las cámaras anecoicas, recintos cuyas pesadas paredes tienen gran aislamiento y que, además, están interiormente recubiertas de material absorbente del sonido, con lo que se consigue un nivel máximo de silencio; sólo se siente el propio organismo y la permanencia en ellas por un espacio grande de tiempo puede llegar a ser "angustiosa".

Supongamos ahora que estamos en una sala cerrada y sin amueblar. Nuestras voces, debido a la reverberación, permanecerán en el tiempo y dificultarán la comprensión de laconversación. Si abrimos las ventanas mejorará la absorción de la sala y, como consecuencia, su acústica; siempre que en el exterior el silencio sea mayor que en el interior (cosa poco probable en una comunidad). A medida que se va amueblando y acondicionando la sala, con moqueta, cortinas, tapices, cuadros, muebles, etc. se va mejorando su capacidad de absorción del sonido sin disminuir su aislamiento, hasta conseguir que el tiempo de reverberación sea apropiado.

VIBRACIONES

Desde un punto de vista higiénico las vibraciones comprenden todo movimiento transmitido al cuerpo humano por estructuras sólidas capaz de producir un efecto nocivoo cualquier tipo de molestia. El fenómeno se caracteriza por la amplitud del desplazamiento de las partículas, su velocidad y su aceleración.

Frecuentemente se asocia la exposición a las vibraciones con la exposición al ruido en los procesos industriales ya que por lo general ambos se originan en la misma operación y se trata de desplazamientos oscilatorios dentro del campo de las frecuencias infrasonoras y parcialmente sonoras. Sin embargo los efectos que se producen a raíz de una exposición al ruido ya las vibraciones son completamente diferentes en su naturaleza.

Las causas comunes de la vibración son debidas a partes de máquinas desequilibradas en movimiento, flujos turbulentosde fluidos, golpes de objetos, impulsos, choques, etc. Se presenta en la mayoría de las máquinas y herramientas utilizadas por los trabajadores (vehículos de transporte por carretera, maquinaria agrícola o de obras públicas, herramientas
manuales, carretillas elevadoras, máquinas neumáticas, etc.).

En general la vibración es un fenómeno físico no deseable, aunque en ocasiones se produce para hacer funcionar un dispositivo (martillos mecánicos, cintas transportadoras vibratorias, tamices vibradores, etc.) y en esos casos el ruido resultante es inevitable, debiendo procederse al aislamiento necesario.

GENERALIDADES

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

Estas oscilaciones pueden clasificarse según:

1. La parte del cuerpo a la que afecten, en:

Vibraciones globales (afectan al cuerpo en su totalidad).
Vibraciones parciales (afectan a subsistemas del cuerpo, las más conocidas son las vibraciones mano-brazo).

2. Sus características físicas, en :

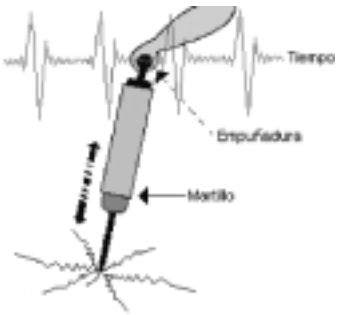
Vibraciones libres, periódicas, o sinusoidales, cuando no existen fuerzas externasque modifiquen la amplitud de las sucesivas ondas.
Vibraciones no periódicas (choques).
Vibraciones aleatorias, donde sí actúan dichas fuerzas.

3. Su origen, en:

Vibraciones producidas en procesos de transformación. Las interacciones producidas entre las piezas de la maquinaria y los elementos que van a ser transformados, generan choques repetidos que se traducen en vibraciones de materiales y estructuras, cuya transmisión se efectuará bien directamente, bien mediante medios de propagación adecuados. Como ejemplos más frecuentes, pueden citarse las originadas en prensas, tronzadoras, martillos neumáticos (figura 10-2), y algunas herramientas manuales.

Vibraciones generadas por el funcionamiento de la maquinaria o los materiales, y, dentro de este grupo, las producidas como consecuencia de fuerzas alternativas no equilibradas (motores, alternadores, útiles percutores, u otras herramientas) y las que provienen de irregularidades del terreno sobre el que circulan los medios de transporte.

Vibraciones debidas a fallos de la maquinaria, pudiendo diferenciarse: fallos de concepción , fallos de utilización, fallos de funcionamiento, o fallos de mantenimiento; en cualquier caso, generadores de fuerzas dinámicas, susceptibles de generar vibraciones. Los más frecuentes se producen por tolerancias de fabricación, desgaste de superficies, excentricidades, desequilibrio de elementos giratorios, cojinetes defectuosos, etc.



Vibraciones de origen natural, se producen de forma aleatoria, ya que dependen de fenómenos naturales, difícilmente previsibles (viento, tormentas, seísmos), y de compleja valoración, respecto a su efecto sobre el organismo. Por otro lado, su acción secircunscribe a los puestos de trabajo que se desarrollen al aire libre.

EFECTOS DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL ORGANISMO

El hombre percibe vibraciones en una gama de frecuencias que va desde una fracción de hertzios (Hz) hasta 1.000 Hz. Cuando se considera la influencia de las vibraciones en el organismo se examinan los casos de vibración del cuerpo total o vibración segmental, en el caso en que solamente esté expuesta una parte del cuerpo.

Las vibraciones de muy baja frecuencia estimulan el laberinto del oído izquierdo, provocan trastornos del sistema nervioso central y pueden producir mareos y vómitos.

Las vibraciones de baja frecuencia, entre 1 y 20 hertzios pueden producir lumbalgias, hernias, pinzamientos discales, etc. También pueden producir diversos síntomas neurológicos, dificultad del equilibrio, trastornos de visión, etc.



Las vibraciones de alta frecuencia, entre 20 y 1.000 hertzios producen trastornos osteo-articulares objetivables radiologicamente como: artrosis de codo, lesiones de muñeca, afecciones angioneuróticas de la mano.

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. Biológicamente, y fisiológicamente, no es más simple que el modelo anterior .

Los factores determinantes de los efectos producidos por la acción de las vibraciones sobre el organismo , son:

Zona afectada del cuerpo (totalidad , o parte): Las mejores estudiadas son las que afectan al cuerpo entero, y las que afectan al subsistema mano-brazo, para las que se han establecido criterios de valoración propios (Norma Básica de Vibraciones, Normas ISO, Normas AFNOR, etc.)



La sintomatología producida sobre el cuerpo entero es muy diversa , y va a depender de muchos otros factores, que se describirán más adelante. Cuando su acción se dirige al subsistema mano-brazo, aparece una sintomatología específica, conocida como "síndrome de Raynaud", o "síndrome de los dedos blancos", caracterizada por la aparición de hormigueo, entumecimiento, emblanque-cimiento, y sobrerreacciones al frío, en las falanges distales de los dedos afectados. Características físicas del entorno vibracional (dirección, frecuencia y amplitud): En general, el coeficiente de absorción de las vibraciónes para el cuerpo humano es inversamente proporcional a la frecuencia; por ello, esta última será uno de los factores determinantes de la acción de las vibraciones sobre el cuerpo humano, así como de la zona que va a ser afectada. Cuando se trata de un efecto global, las frecuencias predominantes se encontrarán en un rango entre 3 y 6 ciclos por segundo (hertzios), y 10 y 14 hertzios, según su posición, sentado o de pie. Para el subsistema cabeza-hombro, la frecuencia de resonancia se halla entre los 20 y 30 hertzios, y para cráneo-mandíbula , entre los 100-200 hertzios.

Las frecuencias que van a afectar al organismo se hallan entre muy bajos valores (menores de 1Hz), y los 1.000 Hz, aproximadamente. Atendiendo a esta característica física, y según sus efectos sobre la totalidad del cuerpo pueden distinguirse dos grupos de vibraciones:

De muy bajas frecuencias (inferiores a 1 hertzio). Cuyo mecanismo de acción se centra en las variaciones de aceleración provocadas en el aparato vestibular del oído, originando, fundamentalmente, alteraciones del sentido del equilibrio (mareos, náuseas, vómitos), frecuentes en los medios de transporte sometidos a oscilaciones angulares.

De bajas y medias frecuencias (de hertzios a decenas de hertzios). Que centrarán su acción sobre: la columna vertebral (lumbalgias, dolores cervicales, agravación de lesiones raquídeas ya existentes, a lo que pueden contribuir los vicios posturales), aparato digestivo (hemorroides, diarreas, dolores abdominales), visión (disminución de la agudeza visual), función respiratoria, y, ocasionalmente, función cardiovascular, llegando a inhibir los reflejos que intervienen en el control de los movimientos, degradando el buen funcionamiento de la motricidad del individuo afectado .

Tiempo de exposición y su reparto: Distinguiremos exposiciones breves, y de larga duración. Estas, a su vez, pueden ser contínuas o intermitentes.

Las exposiciones prolongadas suelen afectar a la región lumbar de la columna vertebral.

Las de corta duración, observadas durante o después de una jornada de trabajo, suelen dirigir su acción sobre el sistema nervioso central, causando estados de fatiga, dolores de cabeza, insomnio, y otros síntomas inespecíficos de la exposición a vibraciones.

Naturaleza de la actividad industrial y de la posición del individuo: En cuanto a la posición del individuo, se sabe que la tolerancia frente a las vibraciones es menor en un sujeto sentado que en otro que se halle de pie, como así lo reflejan los criterios de valoración.

FRECUENCIA DE LA VIBRACION	MAQUINAS HERRAMIENTAS QUE LA ORIGINAN	EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
Muy Baja Frecuencia 1 Hz	Transporte: Avión, coche, barco, tren (movimiento de balanceo)	• Estimulan el laberinto del oído izquierdo • Provocan trastornos en el sistema nervioso central • Pueden producir mareos y vómitos (mal de los transportes)
Baja Frecuencia 1 - 20 Hz	• Vehículos de transporte para pasajeros y/o mercancías • Vehículos industriales, carretillas, etc. • Tractores y maquinaria agrícola • Maquinaria y vehículos de obras públicas	• Lumbagias, hernias, pinzamientos discales, lumbociáticas • Agravan lesiones raquídeas menores e inciden sobre trastornos debidos a malas posturas • Síntomas neurológicos: Variación del ritmo cerebral, dificultad del equilibrio. • Trastornos de visión por resonancia
Alta Frecuencia 20 - 1000 Hz	• Herramientas manuales rotativas, alternativas o percutoras tales como Ejs.: pulidoras, lijadoras, motosierras y/o martillo neumático	• Trastornos ósteo-articulares objetivables radiológicamente tales como: 1. Artrosis hiperostosante de codo 2. Lesiones de muñeca • Aumento de la incidencia de enfermedades de estómago • Afecciones angioneuróticas de la mano tales como calambres.

EFECTOS PERJUDICIALES DE LAS VIBRACIONES EN EL HOMBRE

Vibraciones mano-brazo

Las vibraciones mecánicas que entran en el cuerpo a través de las manos se denominan vibraciones transmitidas a la mano o vibraciones mano-brazo (VMB). En el ámbito laboral, los procesos y herramientas que exponen las manos del trabajador a las VMB están ampliamente extendidos, alcanzando a un 3,6 % de la población laboral de los

países europeos.

Efectos de la exposición

La exposición de dedos, manos y brazos a dichas vibraciones se asocia a una serie de trastornos. El término "Síndrome de la Vibración Mano-Brazo" se refiere a un grupo de signos y síntomas que pueden catalogarse en:

Trastornos vasculares: Incluyen cualquier alteración circulatoria que, a menudo, se identifica con palidez intermitente de los dedos. Se utilizan varios sinónimos para describir los trastornos vasculares inducidos por la vibración: dedo blanco, enfermedad vasoespástica y, más actualmente, dedo blanco inducido por vibraciones.

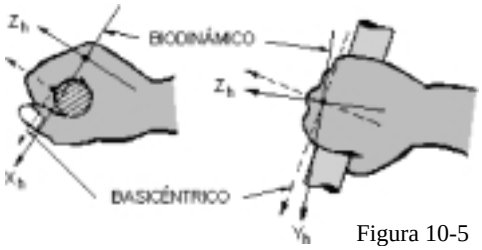


Figura 10-5

Existen pruebas de que el uso de herramientas que tienen una vibración dominante en el rango de 25 a 250 Hz produce con más frecuencia DBV que las que la tienen fuera de ese rango.

Trastornos neurológicos: Los trabajadores expuestos a vibraciones pueden presentar un aumento de los umbrales táctil y térmico así como un empeoramiento de la destreza manual. Algunas veces, los trabajadores muestran signos de neuropatias por compresión, tal como el "síndrome del túnel carpiano", un trastorno debido a la compresión del nervio mediano a su paso por el túnel anatómico de la muñeca.

Trastornos musculoesqueléticos: La mayor presencia de trastornos del esqueleto en trabajadores que manejan herramientas percutoras puede ser explicada por el esfuerzo físico y el agarre con fuerza que realizan, además de la conjugación con otros factores biomecánicos.

Los signos y síntomas incluyen dolor local, hinchazón y rigidez en varias zonas de los miembros superiores que pueden estar asociadas con degeneración de huesos y articulaciones.

Otros trastornos: Algunos estudios indican una pérdida auditiva en los trabajadores expuestos mayor de lo que se cabria esperar en función de la edad y de la exposición al ruido.

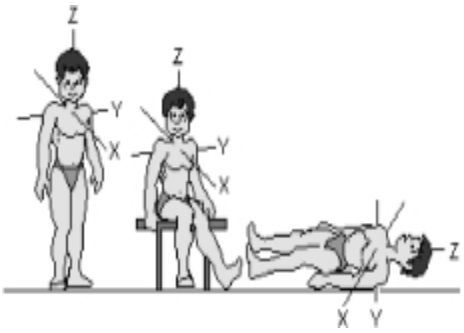
Se han observado, además, otros signos y síntomas como fatiga persistente, dolor de cabeza, irritabilidad, trastornos del sueño, etc.

Vibraciones de cuerpo completo

Se define vibración de cuerpo completo (VCC) a la vibración que ocurre cuando una gran parte del peso del cuerpo humano descansa en una superficie vibrante. En la mayoría de los casos se produce en posición sentado (transmitiéndose la vibración a través del asiento o respaldo), de pie o en posición yacente. Según la estimación realizada en varios países europeos, entre un 4 y un 7 % de los trabajadores están expuestos a VCC.

Efectos de la exposición a VCC:

Dolor y alteraciones en la espalda: Una exposición prolongada a VCCestá fuertemente, asociada con problemas en la espalda, centrándose la mayoría de las investigaciones en laparte lumbar del sistema musculoes- quelético.



163

Diversos estudios muestran que la combinación de postura sentado con una exposición a VCC puede aumentar el riesgo de daños en la columna.

Otros efectos para la salud:

- Problemas digestivos.
- Efectos sobre los órganos reproductores femeninos.
- Problemas circulatorios.
- Problemas cocleovestibulares (pérdida auditiva).

EVALUACIÓN DEL RIESGO POR VIBRACIONES

Los criterios utilizados para la evaluación del riesgo se basan en la frecuencia de la vibración así como en la localización corporal. Algunas normas de evaluación son:

Para vibraciones transmitidas por todo el cuerpo, la norma ISO 2631/1978, para vibraciones que se transmiten al cuerpo entero desde la plataforma, suelo o asiento vibratorio a través de los pies o de la pelvis, es decir, de pie o sentado. Esta norma especifica los límites para las vibraciones transmitidas entre 1 y 80 Hz.

Para vibraciones transmitidas a mano-brazo, se puede utilizar el criterio de la ACGIH basado en la norma ISO 5349/1986.

Magnitudes y Unidades

Cuando el cuerpo humano está en contacto con un dispositivo mecánico que genera vibraciones, se desplaza una cierta cantidad sobre su posición estacionaria. Por lo tanto el desplazamiento podría ser un parámetro a utilizar para describir el fenómeno vibratorio. Al ser movimiento, también se podría utilizar la velocidad y la aceleración.

La ISO 2631 fija la aceleración como un parámetro fundamental para la medida dela vibración en el cuerpo humano. Las medidas tomadas en una señal de vibración las podemos expresar en:

Desplazamientos ➡ metros Velocidad
➡ metros/segundo
Aceleración ➡ metros/seg.^{2},O también en escala logarítmica.

Equipos y técnicas de medición

La medida de las vibraciones permite determinar las vibraciones transmitidas a los trabajadores por el uso de herramientas manuales vibrantes, conducción de vehículos industriales, etc., que pueden ocasionar daño a la salud.

Los equipos hoy en día más utilizados para la medición de las vibraciones son los acelerómetros, que pueden describirse como un transductor electromecánico adherido a la superficie vibrante que produce en sus terminales de salida un voltaje proporcional a la aceleración a que está sometida.

Con estos sistemas o equipos pueden evaluarse las señales recibidas según dos métodos: Ponderación de frecuencias y Análisis de frecuencias.

Medida de la exposición mano-brazo

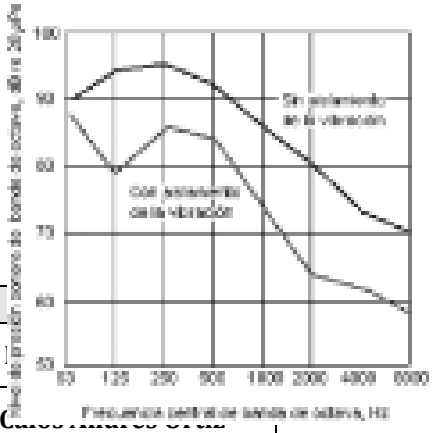
La respuesta en frecuencia del acelerómetro debe ser adecuada para el rango de frecuencias comprendidas entre 5 y 150 Hz. El transductor debe ser lo más pequeño y ligero posible.
La duración de la medida debe ser suficiente para que sea representativa de la exposición. Normalmente la exposición a vibraciones se caracteriza por ciclos cortos de trabajo, pero repetidos durante una jornada de trabajo.
La medida debe promediarse sobre un periodo que sea representativo del uso normal de la herramienta.
Idealmente las medidas deben promediarse en un periodo de varios minutos de exposición. Será preciso repetir las medidas varias veces para confirmar los resultados.
Las medidas que duren menos de 15 segundos serán muy imprecisas si se pretenden valorar componentes de baja frecuencia. La exposición a la vibración debe caracterizarse para que una presión de la mano y una fuerza estática sea representativa del acoplamiento de la mano a la fuente vibratoria cuando el trabajador realiza la tarea.

Medida de la vibración cuerpo completo (VCC)

Los criterios para la medida y evaluación de la vibración del cuerpo completosiguen lo establecido en el proyecto de Norma ISO DIS 2631-1.2.
La vibración debe medirse de acuerdo con el sistema de coordenadas basicéntricas.
La duración de la medida debe ser suficiente para asegurar una precisión estadística razonable, y para asegurar que la vibración es típica de la exposición.

CONTROL DEL RIESGO DE VIBRACIONES

Las medidas de control deberán encaminarse por una triple vía: adopción de medidas técnicas preventivas, selección de personal y control médico. Entre las medidas técnicas aadoptar podemos citar como las más importantes las siguientes:
Actuación sobre los focos productores de las vibracionesmediante la vigilancia del estado de las máquinas (rozamientos,etc.)
Modificación de la frecuencia de resonancia, variando lamasa o rigidez del elemento vibrante.
Utilización de materiales aislantes (soportes de caucho, resortes metálicos, etc.) y o absorbentes de las vibraciones queatenúen la transmisión de éstas al hombre.
Aislamiento del conductor de maquinaria mediante suspensión del asiento y/o de la cabina respecto al vehículo, etc…



MEDIDAS DE CONTROL EN VIBRACIONES

Origen	Medidas a adoptar
Herramientas vibratorias portátiles	- Diseño ergonómico de la herramienta de manera que su peso, forma y dimensiones se adapten específicamente al trabajo. - Empleo de dispositivos antivibratorios que reduzcan la intensidad de las vibraciones creadas o transmitidas al hombre.
Maquinaria agrícola o de obras públicas	- Reducción de las vibraciones propias del vehículo estableciendo suspensiones entre las ruedas y el bastidor. - Aislamiento del conductor: · Por suspensión del asiento. · Por suspensión de la cabina respecto del vehículo.

Como medidas administrativas cabe destacar la formación del trabajador en el uso adecuado del equipo y la organización en el sistema de trabajo que incluye periodos sin vibraciones.

Por último, en cuanto a las medidas basadas en el control médico, resaltaremos el registro de la exposición anterior a vibraciones, así como los reconocimientos periódicos y la advertencia a los trabajadores que usen equipos vibrantes del riesgo de exposición avibraciones de la mano y el brazo**.**

167

RADIACIONES

GENERALIDADES

Aunque el término radiación nos es familiar y solemos asociarlo a las centrales nucleares, pocas son las personas que entiende claramente lo que la palabra significa. Seempezará pues a aclarar esta cuestión.

La experiencia de nuestra vida diaria nos enseña que, cuando aportamos energía a un objeto, éste emite a continuación la energía recibida, pero esta emisión puede realizarse en forma de otra energía distinta a la que hemos comunicado al objeto. Veamosalgunos ejemplos conocidos.

Un caso muy simple de este tipo de fenómenos es el que podemos ver cuando arrojamos una piedra en la superficie tranquila de un estanque. Inmediatamente observamos que se forman unas ondas circulares que se van alejando del punto en que hacaído la piedra. La energía de la piedra (energía mecánica) es emitida en forma de vibraciones del agua (energía también mecánica) que van extendiendo por la superficie del estanque.

Otro ejemplo algo más complicado. Cuando se golpea reiteradamente una plancha de hierro con un martillo la energía mecánica que los objetos transmiten al hierro es devuelta, es decir emitida, de dos formas distintas. Primero, la plancha vibra (energía mecánica) y esta vibración se transmite al aire, que vibra a su vez y transmite su vibración a nuestro oído; así oímos el ruido que se produce. Además, la plancha se calienta y transmite ese calor (energía térmica) al aire que rodea.



Un tercer ejemplo de la vida cotidiana. Cuando conectamos una bombilla, ésta emite luz y, almismo tiempo, se calienta. La ener- gía eléctrica recibida se transforma en parte en energía luminosa y en parte en energía térmica.

Así pues, nuestra experiencia diaria nos confirma que, cuando se aporta energía a un objeto, éste la devuelve, al menos parcialmente, emitiendo a continuación energía de una o varias formas distintas.

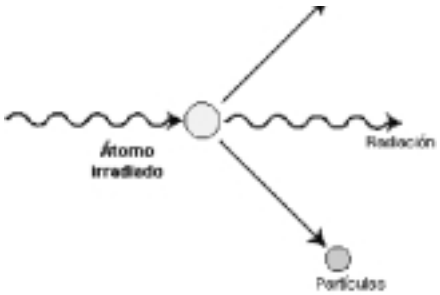
Las radiaciones son una de las muchas formas en las que los objetos nos devuelvenla energía que les hemos comunicado o que, a veces, tienen acumulada de forma natural.

La radiación que nos es más familiar es la luz. También nos resultan conocidas, aunque no podamos verlas, otras muchas radiaciones: las ondas emitidas por las antenas

de radio y televisión las microondas utilizadas en los hornos domésticos e industriales y en los sistemas de radar, los rayos X mediante los que se nos hacen radiografías.

Antes de continuar será preciso recordar unas cuestiones básicas. Todo material está constituido por átomos, la parte más pequeña que conserva las propiedades químicas de un elemento. A su vez, el átomo está dividido en dos partes: una exterior o corteza donde se sitúan los electrones (de carga eléctrica negativa) y otro central o núcleo, formada por protones (de carga positiva) y neutrones (sin carga), alrededor de la que giran los electrones.

El átomo en su conjunto es eléctricamente neutro. Por otro lado los electrones no giran alrededor del núcleo en órbitas de radio arbitrario, sino que solo existen ciertas órbitas permitidas en las que el movimiento electrónico resulta estable. Estos niveles o capas en que se agrupan los electrones se designan con las letras K, L, M, N, O, P y Q, en el orden de menor a mayor distancia del núcleo.



Los electrones se encuentran ligados en sus órbitas en estado de energía negativa, lo que se traduce en que para arrancar un electrón de un átomo se requiere aportar la llamada energía de enlace, con lo cual se separa, por una parte del electrón, quedando el resto atómico, que por su carga se denomina ión positivo. En ciertos casos, los átomos neutros tienden a captar electrones, formándose así los llamados iones negativos.

Aunque los electrones en el átomo permanecen usualmente en las órbitas más próximas al núcleo, mediante aporte de energía, los átomos pueden excitarse, esto es, desplazar los electrones a órbitas más externas, sin llegar a formar iones. Un átomo excitado resulta enérgicamente inestable y el electrón perturbado retornará en un tiempo normalmente muy corto a su órbita estable, emitiendo entonces energía en forma de radiación electromagnética.

Los electrones situados en la órbita más externa, llamadados electrones de valencia; desempeñan un papel esencial en la unión de átomos para formar moléculas. Esta capacidad de formación de compuestos se basa en que la reactividad química de los átomos (avidez de formación de moléculas) depende del número de electrones de valencia, siendo mínima cuando la capa más externa tiene configuración de gas noble, es decir, contiene 8 electrones (ó 2 en el caso particular de la capa K).

Veamos este concepto aplicado en un ejemplo, el caso del agua de fórmula H_20. Eloxigeno tiene en su capa L 6 electrones, por lo que necesitará 2 más para alcanzar el número estable de 8. El hidrógeno tiene un único electrón y necesita otro más para alcanzar la máxima estabilidad. Esta posibilidad se logra compartiendo electrones ambos tipos de átomos, con uno de H y dos de 0. Al compartir dos electrones, ambos elementos se quedan con estructura externa de gas noble, lo que le confiere al compuesto (el agua) una gran estabilidad.

En los elementos menos pesados, los núcleos de los átomos estables contienen aproximadamente el mismo número de protones que de neutrones (número másico = n° protones + n° neutrones). De igual forma, en el átomo estable, el número de electrones es igual al número de protones. Al número de protones de un átomo se le denomina número atómico. Los átomos caracterizados por su número atómico y el másico se denominan nucleidos. Los nucleidos con el mismo número de protones pero diferente número de neutrones reciben el nombre de isótopos.

Todos los isótopos de un elemento particular tienen casi idénticas propiedades químicas. Algunos nucleidos son radiactivos, es decir que sus átomos eventualmente, sufren una desintegración espontánea, con la correspondiente emisión de radiación.

El espectro electromagnético. Campos estaticos. Radiaciones de ELF.

Las radiaciones electromagnéticas son una forma de energía cuya propagación noprecisa de un soporte material, sino que pueden avanzar en el vacío a la velocidad de la luz. La fuente natural de radiación electromagnética más importante para la vida es el sol. También el ser humano emite radiaciones electromagnéticas al disipar calor por radiación, el tipo de radiación que emite se encuentra en la banda del infrarrojo.

Una radiación está compuesta por ondas electromagnéticas que se forman por la existencia simultánea de un campo magnético "H" y un campo eléctrico "E", perpendiculares entre sí y perpendicularesambos a la dirección de propagación de la onda. En las ondas, el campo magnético inicial, que varía con el tiempo, genera un campo eléctrico, que también varía con el tiempo, este campo eléctrico genera otro campo magnético similar al inicial. A medida que ese proceso se repite, la energía se propaga a la velocidad dela luz.

Así pues, las intensidades de los campos eléctricosy magnéticos varían sinusoidalmente, con una frecuencia(f), característica de la onda. El ciclo de estas variacionesse repite cada cierto tiempo (T), que es el período de la onda. La longitud de un ciclo se denomina longitud de onda (l). Estas variables se relacionan entre sí de la siguiente forma:

$$I = c/fT = I/f$$

c = la velocidad de la onda en el medio en que se propaga.

La energía W, de la onda, es proporcional a la frecuencia según la siguiente expresión:

$$W = h \times f$$

h = la constante de Planck que vale $6{,}63 \times 10^{-34}$ Julios por segundo.

Se considera que la energía necesaria para alterar estructuras moleculares (ionización) es 1'986x10^{-18} julios, por lo que las ondas electromagneticas que no poseen esa energía, suficiente para ionizar (no ionizantes), son aquellas cuya frecuencia es menor de 2'996x10^{15} hercios.

La magnitud utilizada para conocer la importancia cuantitativa de la radiación es la densidad de potencia de la onda o irradiancia "S".

Cuando se tratan los campos eléctrico y magnético por separado, se utilizan la intensidad de campo eléctrico "E" y la intensidad de campo magnético "H". Para camposmagnéticos, sobre todos generados por ondas de extremadamente baja frecuencia (ELF),el parámetro utilizado frecuentemente es la densidad del campo magnético "B".

La relación entre B y H, es tal que la 1 tesla = 7'96 A7m. Se emplea frecuentementeel gauss (G) como unidad de densidad de flujo magnético, siendo 1 tesla = 10^4 gauss.

Técnicamente se conocer a las radiaciones electromagnéticas con diferentes nombres según su frecuencia o longitud de onda.

	Tipo de radiación	Frecuencia	Longitud onda	Energía/ fotón
Ionizante		> 3.000 THz	< 100 nm	> 12,40 eV
No Ionizante	Ultravioleta (UV)	3.000 – 750 THz	100 – 400 nm	12,40 – 3,10 eV
	Visible	750 – 385 THz	400 – 780 nm	3,10 – 1,59 eV
	Infrarrojo (IR)	385 – 0,3 THz	0,78 – 1.000 µm	1.590 – 1,24 meV
	Microondas (MO)	300 – 0,3 GHz	1 – 1.000 mm	1.240 – 1,24 µeV
	Radiofrecuencias (RF)	300 – 0,1 MHz	1 – 3.000 m	1.240 – 0,41 neV
	Extrem. bajas frecuencias (ELF)	300 Hz – 0	= 5.000 km	
	Ultrasonidos	> 20 KHz	< 17 mm	

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

TIPOS DE RADIACIONES

Las radiaciones pueden ser no ionizantes o ionizantes, siendo estas últimas las quetienen capacidad o energía suficiente para expulsar a los electrones de la órbita atómica, alterando los átomos y moléculas de la materia.

Radiaciones no ionizantes

Radiación no ionizante (RNI) es un término de amplio significado que se utiliza para denominar a todas las radiaciones que, al interaccionar con la materia biológica no poseen suficiente energía para provocar una ionización, englobando a las radiaciones ultravioletas, visible, infrarroja, láser, microondas y radiofrecuencias.

Se suele incluir en las RNI a los ultrasonidos debido a que, desde el punto de vistade la prevención, los riesgos planteados por las vibraciones acústicas no audibles son muy similares a los de las RNI debido a su naturaleza ondulatoria y baja frecuencia.

En los últimos años se ha incrementado considerablemente la población trabajadora expuesta a las RNI: cada vez es mayor la utilización de lámparas UV de alta intensidad, con fines germicidas o cosméticos, en arcos de soldadura abiertos, etc…, pero el grupo de riesgo más numeroso lo componen los trabajadores al aire libre que están expuestos a la luz solar durante gran parte de la jornada laboral; los órganos dañados son los ojos y la piel, y puede desarrollarse un cáncer de piel con el paso de los años.

La radiación infrarroja (IR) se utiliza en muchas industrias como fuente directa de calor, siendo afectados por ella los trabajadores de hornos, fundiciones, etc. Un ejemplo clásico son las cataratas del soplador de vidrio, producidas por exposiciones prolongadas a radiación IR.

Las radiaciones de microondas y radiofrecuencia son las menos conocidas por el hombre. Al riesgo procedente de su posibilidad de penetración en el cuerpo humano se une la dificultad de controlarlas, ya que la contaminación electromagnética se distribuye por todo el ambiente.

Los ultrasonidos se usan cada vez con más frecuencia en operaciones tales como control de soldadura, limpieza de piezas, etc.; sus efectos sobre el organismo humano son poco conocidos, yendo desde dolores de cabeza, calentamientos locales a cambios de tipo psicológico.

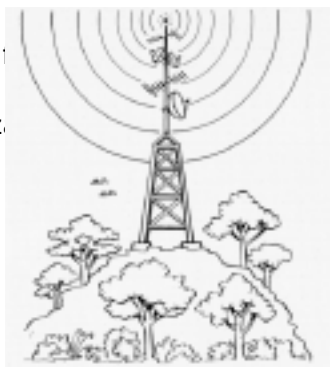
La legislación que regula el uso de las RNI es muy escasa; sin embargo se dispone de recomendaciones de valores límite umbral (TLV´s) establecidos por la Conferencia Americana de Higienistas Gubernamentales (ACGIH) para láseres, ultravioleta, microondas/radiofrecuencias y ultrasonidos, y hay también intentos para establecer un TLV para radiación visible e infrarroja, que fijan los límites de exposición para la evaluación de los puestos de trabajo.

Radiaciones microondas y radiofrecuencias

El gran desarrollo en los últimos años de los sistemas de comunicación ha dado lugar a la contaminación electromagnética debida a las radiaciones electromagnéticas. Estas radiaciones artificiales, en el caso de que alcancen altas potencias pueden ser peligrosas en determinadas circunstancias. Las microondas tienen dos aplicaciones fundamentales: como fuente de calor y como transporte de información.

a) Como fuente de calor

Hornos de microondas domésticos Secaderos de patatas
Secado de papel
Secado de chapas de madera Cocción de pollos Pasteuriz
Cerámica, Etc.



b) Como transporte de información

Radio Teléfono Televisión
detectores de radar, Etc.

En cuanto a los estudios existentes sobre la población trabajadora expuesta a MOy RF no se dispone de datos, no pudiendo establecerse una relación causal entre las condiciones y grados de exposición y los efectos biológicos observados. Falta todavía mucha información.

Existe no obstante en EEUU normas de protección contra MO y un plan de protección contra RF. En todo caso debe consultarse con un especialista los límites para los campos eléctricos y magnéticos admisibles teniendo en cuenta la frecuencia de las radiaciones y la densidad de potencia recibida.

Radiaciones infrarrojas

Las fuentes de exposición directa a RI pueden estar en muchas industrias, ya quela radiación proviene no sólo de los cuerpos incandescentes sino también de las superficies muy calientes: es el caso de los trabajos con metales en caliente, fabricación de vidrio, fotograbado, secado de pinturas y esmaltes y soldadura entre otros.

La RI no reacciona fotoquímicamente con la materia viva debido a su bajo nivel deenergía. Las lesiones que ocasionan suelen ser de naturaleza térmica y afectan a la piel yojos.

a) Ojos: Existen unos mecanismos de protección naturales como son el parpadeo y reflejo pupilar, de gran eficacia ya que la radiación infrarroja se acompaña generalmente de intensa radiación visible.
De todas maneras se pueden producir lesiones y opacidades en el cristalino (cataratas) y en ocasiones lesiones en retina.

b) Piel: Se produciría un calentamiento superficial y el riesgo de que se supere la capacidad de termorregulación del organismo, como ocurre en ciertos trabajos (fundiciones, hornos).

En general las lesiones, capilares, en terminaciones nerviosas, en piel, etc. vendrán condicionadas por diversidad de factores como características individuales, condiciones ambientales de temperatura, humedad, velocidad del aire, área corporal expuesta, protección mediante ropa, etc.

Radiaciones ultravioletas

Las fuentes de radiación ultravioleta se dividen en dos tipos: de baja intensidad (lámparas de vapor de mercurio de baja presión, tubos fluorescentes, lámparas dedescarga, llamas de corte) y de alta intensidad (lámparas de vapor de mercurio de alta presión, arcos de cuarzo y mercurio, antorcha de plasma, arcos de carbono, arco de soldadura eléctrica, etc.).

La exposición ocupacional a radiación ultravioleta es muy amplia ya que sus usos industriales son muy variados, entre ellos:

- Lámparas germicidas para esterilización y mantenimiento de material quirúrgico.
- Lámparas de fototerapia y solares, utilizadas en dermatología, odontología, bronceado con fines estéticos, etc.
- Arcos de soldadura y corte y arco eléctrico en procesos de metalizado.
- Arco eléctrico en hornos de fundición
- Fotocopiadoras de oficinas y artes gráficas

– Reflectores de alta intensidad, de usos militares y en espectáculos, que utilizan el arco de carbono, emisor de niveles peligrosos de UV
– Procesado químico de la superficie de algunos materiales, etc.

Efectos de las radiaciones ultravioleta sobre el hombre

Como consecuencia de su limitada penetración, los efectos de las radiaciones ultravioleta sobre el hombre están restringidos a piel y ojos. Los efectos agudos pueden ser:

a) *Piel*

– Oscurecimiento, bronceado de la piel
– Eritema: pueden llegar a producirse edemas y ampollas
– Interferencias con el crecimiento celular de la piel: de forma casi inmediata a la exposición, 24 horas, cesa el crecimiento de algunas células basales y epidérmicas produciéndose a continuación un aumento de la tasa de crecimiento,

Tipo de radiación	Interacción físico-química		Efecto biológico	
Ionizante	Ionización de la materia			
Ultravioleta	Rotacional-vibracional	cambios configuración electrónica	Térmico	Fotoquímico
Luz visible	Rotacional-vibracional		Térmico	
Infrarrojos	Rotacional-vibracional		Térmico	
Microondas	Rotacional		Térmico	
Radiofrecuencias	Rotacional		Térmico	

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS TIPOS DE RNI

máxima a las 72 horas, que ocasiona trastornos celulares (hiperplasia epidérmicade cinco a seis días de duración).

Se han constatado también procesos de fotosensibilización química, fotoalergias, e incluso efectos crónicos: Carcinoma basocelular, melanoma, etc.

No se ha podido establecer cuantitativamente la relación dosis/respuesta. Se puede concluir de ellos que no deberían producirse exposiciones innecesarias a radiaciones UV y en el caso de una exposición profesional, la exposición debería realizarse con las precauciones necesarias.

b) *Ojos*

La mayoría de las radiaciones UV son absorbidas por la córnea y regiones adyacentes (esclerótica y conjuntiva). El cuadro clínico más común es la fotoqueratitis o fotoqueratoconjuntivitis.

Aparece de dos a 24 horas de la exposición, dolorosa, se acompaña de lagrimeo,

fotofobia; el pronóstico es benigno y no suele dejar lesiones residuales.

El grado de la lesión es función del total de energía absorbida y de la duración de la exposición.

Se han descrito también otras lesiones en el cristalino e incluso existen algunas evidencias de daños en retina.

Protección y control de las radiaciones infrarrojas y ultravioleta

Los medios de protección serán:

1.– Actuar sobre la fuente. Puede hacerse mediante:
Diseño adecuado de la instalación
– Cerramientos (cabinas y cortinas)
– Pantallas y atenuadores.
– Aumento de la distancia.

2. – Actuar sobre el ambiente que rodea a la fuente, por medio de: Recubrimiento antireflectante de las paredes
– Señalización
– Limitando el acceso a personas autorizadas
– Ventilación adecuada para UV de longitud de onda corta, ya que se desprendeozono.
– Limitando el tiempo de exposición.

3.– Actuar sobre las personas
– Utilizando protecciones oculares.
– Utilizando protecciones de la piel. Hay que advertir que la ropa de fibrasartificiales no protege o protege parcialmente de las radiaciones UV, puesto que las absorbe. Puede ser origen de quemaduras por lo que deben utilizarse prendasde lino o algodón.
– Informando a los trabajadores de los riesgos de una exposición excesiva aradiaciones ópticas y las precauciones a adoptar.

Aunque cada vez la extensión en el uso de las radiaciones UV es mayor, las diferentes instituciones dedicadas a su estudio recomiendan "evitar cualquier exposicióninnecesaria aún con los ojos y la piel cubiertos".

Laser

Los láseres son sistemas que emiten radiación electromagnética en una estrecha banda de longitud de onda (monocromatismo), correspondiente a las radiaciones ópticas (ultravioleta, visible o infrarrojo). Las ondas que forman la radiación láser están en fase viajan en una determinada dirección (dirección del haz), con muy poco ángulo de divergencia. Estas características de los láseres hacer posible concentrar una gran densidad de energía en las superficie deseadas.

La cantidad de energía que es capaz de transmitir un láser está en función de la potencia del láser. Tanto ésta como la longitud de onda de emisión dependen del medio activo, que es un conjunto de átomos o moléculas con determinados niveles de energía, de modo que si se excitan sus electrones con una fuente de energía externa (sistema de bombeo), emiten posteriormente una cierta cantidad de energía al volver a sus niveles originales.

Esta técnica es emitida a través de ondas electromagnética cuya longitud de onda es característica de los átomos del medio, es decir, de los elementos químicos que caracterizan al láser y que sirven para identificarlo. El monocromatismo de los láseres depende además del medio activo, de la cavidad óptica que lo contiene y del sistema de

bombeo. Esto hace posible que un láser con un determinado medio activo pueda emitir en más de una longitud onda si varían, por ejemplo, las condiciones de la cavidad óptica.

La utilización es extensa, lectores de código de barras, cirugía, terapia, industria metalúrgica o aplicaciones militares.

Los riesgos para la salud debidos a la exposición a láseres dependen de la longitud de onda de la radiación óptica, de la zona del cuerpo donde incida (piel u ojos), de la potencia del láser y del tiempo que dure la exposición.

La longitud de onda fija el tipo de lesión perjudicial que puede generar el láser, según se produzca la exposición sobre la piel o ojo.

La magnitud de la exposición depende de la densidad de potencia que recibe el individuo (irradiancia) y del tiempo de exposición. El nivel máximo de exposición a radiación láser al que puede estar sometido un individuo en la piel o los ojos, se denomina exposición máxima permitida (EMP).

La filosofía de prevención de riesgos por exposiciones a láseres es más acorde conlos sistemas de prevención de accidentes que con los de prevención de enfermedades; esto se debe en gran parte a que se pueden producir daños reversibles o irreversibles en muy poco tiempo de exposición.

Los láseres que alcanzan la EMP en menos tiempo son los que tienen gran potencia de emisión. Debido a las diferentes características de los láseres y por tanto el diferente nivel de riesgo que conlleva su manipulación, se clasifican según establece la UNE EN 60825 de marzo de 1993.

Dicha Norma establece cinco clases de láseres, denominadas 1, 2, 3A, 3B y 4. Cada clase tiene asignado un nivel accesible de emisión máximo permitido que se denomina límite de emisión accesible (LEA). Estos niveles LEA varían según la longitud de onda y el tiempo de duración de la emisión:

- Los *láseres de Clase 1,* son intrínsecamente seguros. El valor de la EMP no puede ser sobrepasado en ningún momento.

- Los *láseres de Clase 2,* tienen poca potencia de salida y su longitud de onda está entre 400 y 700 nm, en la banda del visible. Aunque no son intrínsecamente seguros, la protección ocular se lee por reflejos de aversión, incluyendo el parpadeo.

- Los *láseres de Clase 3A,* son los que tienen una potencia máxima de salida de hasta 5mW para emisión continua o cinco veces el límite de los de clase 2 para pulsos entre 400 y 700 nm. La visión directa del haz con la ayuda de instrumentos ópticos (telescopios, binoculares, etc.) puede ser peligrosa.

- Los *láseres de Clase 3B,* de emisión continua (EC) no puede sobrepasar 0,5 W y para los láseres pulsados, la exposición radiante debe ser inferior a 105 J x m-2.

- Los *láseres de Clase 4,* son láseres de gran potencia que superan los LEA. Son capaces de producir reflexiones difusas peligrosas (no solo es peligrosa la visión directa del haz sino también la radiación proveniente de una reflexión sobre superficies especulares o difusas).

Los láseres deben estar etiquetados con etiquetas visibles colocadas de forma que puedan leerse sin que sea necesaria la exposición humana a una radiación que exceda el LEA de la Clase 1.

El fabricante del láser es responsable de clasificar el producto y procurarle el etiquetado correspondiente, según establece la UNE EN 60825.

La misma Norma recoge las medidas preventivas operativas organizativas o individuales, que deberían incorporarse al láser en su fabricación o servicio.

Son medidas de control de la exposición, entre otras, la sala controlada que es un espacio delimitado de acceso restringido, la carcasa protectora, el control remoto de cierre y los protectores oculares, que como equipos de protección individual (EPI), debe poseer la correspondiente certificación de la UE, que garantice cumplimiento de lo dispuesto en las Normas Europeas EN-207 "Protección ocular frente a radiación láser" o EN-208 "Protección ocular para trabajos de ajuste láser". La elección de las gafas de protección debe estar en función del tipo de láser y de las condiciones de la exposición.

Radiaciones ionizantes

Las sustancias radiactivas son emisores de energía predecibles y continuos. La energía emitida puede serlo en forma de partículas alfa, partículas beta y rayos gamma. La interacción entre estas radiaciones y la materia puede, en ciertas circunstancias, dar lugar a la emisión de rayos X y neutrones.

Los rayos gamma y X consisten en entidades físicas denominadas fotones que se comportan como partículas colisionando con otras partículas cuando interaccionan con la materia. Sin embargo, los fotones en grandes cantidades se comportan, en conjunto, como ondas de radio o luminosas. Cuanto más corta es su longitud de onda, más alta es la

Figura 11-8 energía de cada fotón. La energía de los rayos gamma

y su capacidad para penetrar la materia se debe a que sus longitudes de onda son muchomás cortas.

Los rayos X son producidos por una máquina de rayos X sólo cuando el tubo de rayos X recibe una alimentación de miles de voltios. Aunque son similares a los rayos gamma, los rayos X tienen habitualmente longitudes de onda mayores y por lo tanto portan menos energía y son menos penetrantes; (sin embargo los fotones de rayos X producidos por aceleradores pueden sobrepasar la energía de la radiación gamma y su capacidad de penetrar los materiales. Las máquinas de generar rayos X producen una cantidad de radiación generalmente cientos o miles de veces mayor que la radiación gamma emitida por una fuente radiactiva industrial típica.

Los rayos gamma provenientes del Iridio 192 tienen menos energía que los producidos por el cobalto 60. Se trata de diferencias útiles que permiten escoger entre una amplia gama de radionucleidos artificiales aquél que emite las radiaciones que más convienen para una aplicación determinada.

as partículas beta son electrones y también pueden tener una gama diferente de energía. Por ejemplo, las partículas beta producidas por un
radionucleido como el hidrógeno 3 son más lentas y por lotanto tienen casi una centésima parte de la energía de las partículas beta de un radionucleido tal como el fósforo 32

La radiación formada por neutrones puede generarsede diversas maneras. La más común consiste en mezclar una sustancia radiactiva, tal como el americio 241 con berilio. Cuando las partículas alfa emitidas por el americio
241 colisionan con el berilio, se produce una reacción Figura 11-9

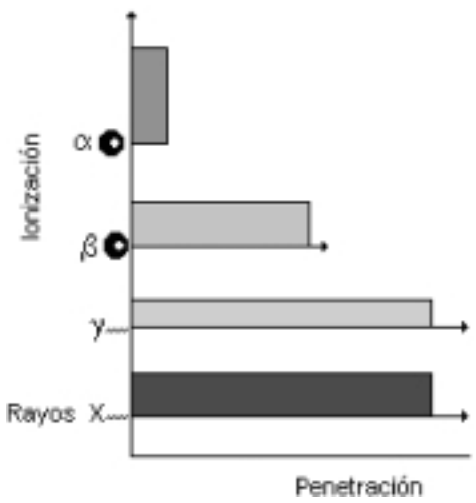
especial emitiéndose neutrones rápidos (de alta energía). El americio 241 también emite rayos gamma y de esa manera la fuente compuesta de americio 241/berilio produce neutrones y rayos gamma.

Otra manera de generar neutrones es la utilización de una máquina generadora de radiaciones con una combinación especial de alta tensión eléctrica y blancos especiales (ánodos). Las sustancias especiales situadas dentro de la máquina, combinadas con altas tensiones, pueden generar gran número de neutrones de energía sumamente alta.

Las partículas alfa en general son más lentas que las partículas beta, pero como se trata de partículas más pesadas son emitidas generalmente con una mayor energía. Las partículas alfa se usan en aplicaciones que requieren una ionización intensa en distancias cortas, tal como los eliminadores de carga estática y los detectores de humos.

RADIACIONES ONDULATORIAS	RAYOS X	Se producen en reacciones o interacciones delas capas electrónicas del átomo. En las fuentes en las que normalmente se utilizan se pueden controlar su producción.
	RAYOS □	Se producen en reacciones de núcleos atómicos inestables. Su poder de penetración es muy elevado.
RADIACIONES CROPUSCULARES	PARTICULAS □	Son núcleos de Helio. Poseen cuatro unidades de masa y dos unidades de carga eléctrica positiva Su poder de penetración es muy escaso.
	PARTICULAS □	Son electrones nucleares expulsados a gran velocidad. Su masa esprácticamente nula y posee carga negativa. Poseen penetración escasa
	NEUTRONES	Forman junto con los protones elnúcleo. No tienen masa ni carga. Poseen penetración elevada.

TIPOS DE RADIACIONES IONIZANTES



- ● : Corpusculares
- 〰 : Electromagnéticas
- Partículas α: Penetración muy escasa. Ionización alta. Máxima importancia en contaminación.
- Partículas β: Penetración escasa. Mayor importancia en contaminación.
- Radiación γ: Gran penetración. Importancia en irradiación y contaminación.
- Rayos X: Gran penetración. Importancia en irradiación.

181

Características de las sustancias ionizantes. Medida



Para expresar la energía de estos diferentes tipos de radiaciones se utiliza una unidad llamada el electrón-voltio (eV). Un electrón voltio es la energía adquirida por un electrón acelerado mediante una tensión de un voltio. de este modo 1.000 voltios crearían un espectro de energía de hasta 1.000 eV, diez mil voltios crearían rayos X de hasta 10.000 eV, etc. En la práctica se utilizan unidades múltiplo, por ejemplo el kiloelectrón voltio (1.000 eV), el megaelectrónvoltio (1.000.000 eV), etc.

Propagación a través de la materia

Cuando la radiación se propaga a través de la materia colisiona e interacciona con los átomos y moléculas que la componen. En una sola colisión o interacción la radiación generalmente cederá solo una pequeña parte de su energía al átomo o molécula. El átomo o molécula será alterado y se convertirá en un par de iones. La radiación ionizante deja una traza formada por esos átomos y moléculas ionizados, cuyo comportamiento puede entonces modificarse.

Después de sucesivas colisiones una partícula alfa pierde toda su energía y deja de moverse, habiendo creado una traza iónica corta y densa. Esto ocurrirá en un recorrido de unos pocos centímetros en el aire, en el espesor de un trozo de papel o tela o en la capa exterior de la piel de una persona. En consecuencia los radionucleidos que emiten partículas alfa no constituyen un peligro externo.

Esto significa que las partículas alfa no pueden causar daño si el emisor alfa está fuera del cuerpo. En cambio, los emisores alfa que han sido ingeridos o inhalados representan un grave peligro interno.

Sea cual sea su energía las partículas beta pueden propagarse como máximo a unospocos metros en el aire y a unos pocos centímetros en sustancias como un tejido o un plástico. Finalmente, a medida que pierde energía la partícula beta, se hace considerablemente más lenta y es absorbida por el medio. Los emisores beta representanun peligro interno y aquellos que emiten partículas beta de alta energía constituyen también un peligro externo.

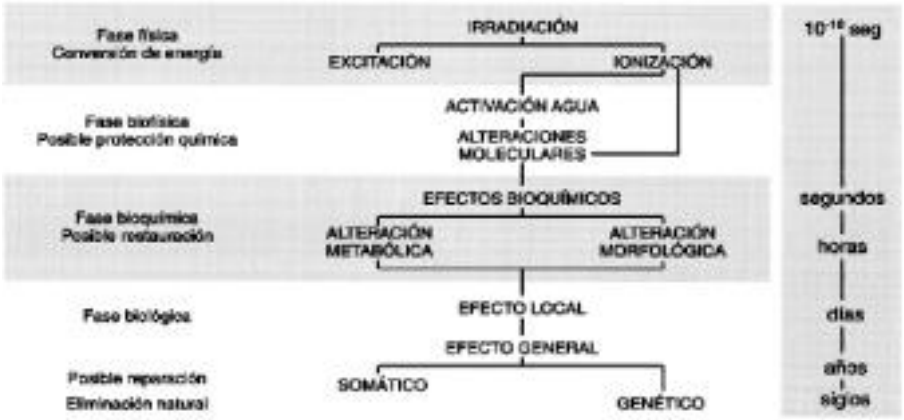
Los átomos más pesados como los del plomo, absorben una parte mayor de energíabeta en cada interacción, pero como resultado de ello los átomos producen rayos X denominados radiación de frenado. Entonces el blindaje se convierte en un emisor de rayos X por lo que se requiere aumentar el blindaje. Los materiales de peso ligero (densidad baja) son por lo tanto los blindajes más eficaces de la radiación beta, aunque se hace necesario un espesor mayor del material.

Los rayos ganma y rayos X son más penetrantes. Sin embargo, al causar ionización pueden ser eliminados del haz o perder su energía. De este modo, pierden progresivamente su capacidad de penetración y su número se reduce, vale decir, se atenúa, hasta que dejan de presentar un peligro externo grave.

Existe una manera de expresar la calidad o capacidad de penetración de los rayos gamma y X que es también un medio útil para calcular el espesor apropiado de los blindajes. El espesor hemirreductor o capa hemirreductora (CHR) es el espesor del

material que cuando se interpone en la trayectoria de la radiación la atenúa a la mitad desu valor original. El espesor que de modo similar reduce la radiación a un décimo de su valor original es la capa decimorreductora (CDR).

Los materiales que contienen átomos y moléculas pesados, tales como el acero y elplomo ofrecen los blindajes más eficaces (más delgados) para la radiación gamma y los rayos X.



ACCIÓN BIOLÓGICA DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Los neutrones se comportan de manera compleja cuando se propagan a través de la materia. Al colisionar con átomos y moléculas de mucha más masa, los neutrones rápidos se dispersan (son desviados) sin perder mucha energía. Sin embargo, en una colisión entre un neutrón y un átomo o molécula de poca masa, el átomo o molécula absorbe una parte de la energía del neutrón. El átomo que menos masa tiene, el del hidrógeno, es capaz de causar la mayor reducción de energía.

Los materiales ricos en hidrógeno, tales como el agua, petróleo, polietileno, etc. constituyen por tanto los mejores blindajes neutrónicos. Existe una complicación por el hecho de que un neutrón, cuando ha perdido casi toda su energía, puede ser capturado o absorbido en su totalidad por un núcleo. A menudo el nuevo núcleo formado resulta ser un radionucleido, el cual en muchos casos puede emitir un rayo gamma de energía sumamente alta. Los blindajes especiales de hidrógeno capaces de absorber neutrones contienen una pequeña cantidad de boro que favorece la absorción de neutrones.

El daño causado a los tejidos humanos por la radiación ionizante es función de la energía cedida al tejido. Ello depende del tipo y de las energías de la radiación que se utilicen. Por lo tanto, las precauciones necesarias para trabajar con diferentes radionucleidos dependen también del tipo y de la energía de la radiación.

Control y protección



Las sustancias radiactivas pueden producirse en cualquier forma física, gaseosa, líquida o sólida. En muchas aplicaciones médicas y la mayoría de las aplicaciones industriales se utilizan fuentes en que la sustancia radiactiva se ha sellado en una cápsula metálica o ha sido encerrada entre capas de materiales no radiactivos. A menudo esas fuentes se encuentran en "forma especial", lo que significa que

185

se han diseñado y fabricado para resistir las pruebas más rigurosas, incluidas fuerzas de impacto especificadas, fuerzas de aplastamiento, inmersión en líquidos y tensión térmica, sin que se produzca fuga de sustancia radiactiva.

Las fuentes selladas presentan únicamente un peligro externo. A condición de que la fuente no tenga fugas, no hay riesgo de que la sustancia radiactiva sea ingerida, inhalada o se introduzca en el cuerpo de una persona de algún otro modo.

Algunas fuentes no selladas permanecen dentro del recipiente, pero la contención es intencionadamente débil de modo que permita la salida de la radiación; las sustancias radiactivas no selladas presentan peligros externos e internos

Actividad de las fuentes. Medida

La actividad de las fuentes se mide en becquerelios (Bq) e indica el número de átomos del radionucleido que se desintegra por segundo (dps). 1 becquerelio equivale a un átomo desintegrado por segundo.

Las aplicaciones industriales y médicas requieren habitualmente fuentes selladas con actividades de miles o millones de becquerelios. Una forma práctica de expresar número tan elevados es usar prefijos: el kilo (1.000), mega (1.000.000), giga (1.000.000.000) y terabecquerelio (1.000.000.000.000)

La actividad de una fuente depende del período de semidesintegración del radionucleido de que se trate. Cada radionucleido tiene su período de semidesintegración característico, que es el tiempo que tarda la actividad de la fuente en disminuir a la mitad de su valor original. Los radionucleidos con períodos de semidesintegración cortos son los escogidos generalmente para fines médicos que implican la introducción en el cuerpo por vía oral, inyección o inhalación, mientras que los de período de semidesintegración relativamente largo son a menudo útiles para aplicaciones médicas terapeúticas e industriales.

Por ejemplo el período de semidesintegración del estroncio 90 es de 28 años, el deliridio 192 de 74 días, el del radio 226 de 1620 años, el del americio 241 de 458 años, el del iodo 131 de 8 días, etc.

Cuando las sustancias radiactivas se dispersan en otros materiales o se dispersan sobre otras superficies en forma de contaminación, se utilizan las unidades de medida de Bq/ml, Bq/g, Bq/m^3 ó Bq/cm^2 para la dispersión en líquidos, sólidos, gases o superficies respectivamente.

Todavía se utiliza también la unidad antigua Curio (Ci) que se definió originalmente como la actividad de un gramo de radio 226. Un curio equivale a 37 Gbq

Medida de las radiaciones

Las radiaciones ionizantes no pueden verse, ni sentirse, ni percibirse por el cuerpo de otras maneras y, como se ha observado, el daño al tejido humano depende de la energía absorbida por el tejido como resultado de la ionización. El término utilizado para expresar la absorciónde energía en una parte del cuerpo humano es la "dosis".

Puesto que la radiación se propaga en línea recta, en direcciones divergentes la tasa de dosis disminuye en proporción inversa al cuadrado de la distancia medida desde la fuente.

La unidad moderna de dosis es el gray (Gy). Sin embargo en protección radiológica práctica la unidad más utilizada es el sievert (Sv). En el caso de rayos X, radiación gamma y beta un sievert corresponde a un gray. Existen dispositivos de medida que dependen de la respuesta de una película o detectores de estado sólido.

Los medidores de tasa de dosis modernos se calibran generalmente para que indiquen los datos en microsievert por hora; otros instrumentos sigen utilizando el milirem por hora. Diez □Svh^{-1} equivalen a 1 mrem h^{-1}.

La radiación neutrónica sólo puede detectarse utilizando medidores de tasa de dosis especiales.

Definiciones empleadas en el campo de la radioprotección

Entre 1953 y 1962, el ICRP (International Commision on Radiological Protection) en colaboración con la ICRU (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radio- lógicas) establecieron las definiciones empleadas en el campo de la Radioprotección: Dosis absorbida. Exposición, Actividad y Dosis equivalente.

a) Dosis absorbida (D).

La dosis absorbida por una región determinada, se determina dividiendo la energía de la radiación por unidad de masa. Es diferente para cada parte del cuerpo Se expresa en Gray (Gy) o en rad, considerando que 1 Gy = 100 rad.

b) Dosis equivalente (H).

Aunque el daño producido por un tipo determinado de RI depende de la cantidad de energía transmitida, algunos tipos de partículas producen efectos mayores que otros de la misma energía. Por ejemplo, a igualdad de dosis absorbida, las particulas a dan lugar a un mayor daño que los protones, y estos, a la vez, producen más daño que las partículas □. En otras palabras, que la dosis absorbida en un tejido orgánico no determina el efecto biológico resultante, ya que intervienen otros factores como naturaleza de la radiación, su distribución por el tejido, etc. Así, el rem se calcula multiplicando la cantidad de rads por un denominado factor de calidad Q. El valor de Q para las partículas
□ y rayos X y □ es de 1 y para las partículas □ de 20.100 rem = 1 sievert (Sv).

c) Exposición (X).

Es la medida del grado de ionización en el aire producida por rayos X y rayos □. La Unidad de magnitud es (R) renguenio empleándose también el culombio/kg.

d) Actividad (A).

El evento básico que caracteriza un radionucleido es transformación de su núcleo en un núcleo de otra especie Esta transformación se conoce como desintegración. El número de transformaciones nucleares por unidad de tiempo se denomina actividad. La unidad es el curio (Ci) o el bequerelio. (Bq).

La dosis absorbida, la dosis equivalente y la exposición están relacionadas con la irradiación externa, mientras que la actividad lo está con la contaminación o irritación interna.

– Irradiación externa. Existe riesgo de irradiación cuando la persona está expuesta a una fuente deradiación dispersa, externa a lamisma y no se da un contacto directo con la fuente. El riesgo en elcaso de las partículas se considera despreciable y muy bajo para las mientras que es muy grande para los rayos y los neutrones.

– Contaminación radiactiva. Existe el riesgo de contaminación cuando el organismo entra en contacto con la fuente, la cual puede estar dispersa en el ambiente (gases, vapores, aerosoles) o bien depositada en una superficie. Se habla de contaminación interna si la fuente penetra en el interior del organismo yde contaminación externa si solo afecta a la superficie del mismo. En el caso de las partículas a es muy grande, de grado medio en caso de las y pequeño para los rayos

La mayoría de medidores reciben electricidad de batería que debe comprobarse. Asimismo el funcionamiento correcto del instrumento puede comprobarse poniéndolo cerca de una pequeña fuente blindada; algunos instrumentos tienen una pequeña fuente de comprobación incorporada.

Es importante que los usuarios tengan conciencia del gran peligro de confiar en mediciones realizadas empleando un instrumento defectuoso.

Un dosímetro mide la dosis total acumulada en un periodo de tiempo, algunos dosímetros pueden indicar de inmediato la dosis, otros solo pueden indicar resultados después de haber sido procesados por el laboratorio.

Los usuarios de fuentes no selladas necesitarán además otro instrumento: un medidor de contaminación de superficies. Este suele ser simplemente un detector más sensible que debe utilizarse para vigilancia de posibles derrames. Al elegir un detector de este tipo lo mejor es optar por uno que tenga una buena eficiencia de detección para el radionucleido que se utilice y dé una indicación audible. El peligro de contaminación interna creado por pequeños derrames podrá entonces descubrirse y será posible mantener una zona de trabajo segura.

Medidas y detección de las radiaciones

Normalmente lo que interesa evaluar es la dosis que produce la irradiación y puede hacerse mediante :

– Dosimetrías ambientales o de área.
– Dosimetrías personales.

Dosímetros de área: Los distintos tipos de detectores utilizados en dosimetría de área son:



Detectores de centelleo.

– Detectores de semiconductores.

– Cámaras de ionización, contadores proporcionales, Geiger Müller.

Detectores de centelleo: Están basados en la emisión de luz cuando interaccionan las radiaciones en determinadas sustancias luminiscentes, llamadas centelleadoras. La energía luminosa transformada en eléctrica es amplificada y registrada.

La elección de la sustancia centelleadora vendrá en función de las medidas que queramos realizar:

a) Para la detección de radiación electromagnética (X,□) se emplean monocristales INa de hasta un litro de volumen que asociados a un buen fotomultiplicador, constituyen detectores con eficiencias mayores al 60 por 100.

b) Para la detección de partículas □, utilizaremos centelleadores líquidos, siendo laeficacia de detección de hasta el 100 por 100.

c) Para la medida de partículas □ utilizaremos cristales de sulfuro de cinc activado con plata.

Detectores de semiconductores: Están basados en la aplicación de electrodos metálicos en las caras opuestas de un cristal semiconductor entre los que se ha establecido una diferencia de potencial.

El sistema evoluciona al paso de la radiación, como una cámara de ionización.

Son detectores con mejor resolución energética que las cámaras de ionización y mejor rendimiento para la detección de radiación □ y X.

Cámaras de ionización: Consiste en un recinto cerrado lleno de gas, que puede seraire, en donde se encuentran dos electrodos entre los que se aplica una tensión eléctrica.

Cuando la radiación ionizante interacciona con el gas, provoca la ionización de unparte de sus átomos y por consiguiente se liberan iones positivos y electrones, con ello, el gas

que primitivamente se comportaba como un aislante eléctrico, pasa a ser parcialmente conductor. Al aplicar entre los electrodos una tensión eléctrica se puede medir la corriente eléctrica que circula por la cámara y que en determinadas condiciones es proporcional a la intensidad de radiación que la atraviesa.

Las cámaras de ionización se clasifican , atendiendo a la forma de los electrodos, en

planas o cilíndricas según estén dotadas de electrodos plano paralelos, o cilíndricos. La parte exterior de la cámara no debe ser muy gruesa a fin de que pueda ser atravesada por la radiación que se quiere detectar.

Las cámaras de ionización son sensibles a cualquier tipo de radiación, pero su utilización más frecuente se aplica a la detección de fotones y partículas □.

Contador proporcional: Tiene la misma característica que la cámara de ionización su diferencia consiste en aumentar la tensión de polarización. Este instrumento es capaz

de discriminar radiaciones de distinta naturaleza. Estos contadores están indicados para detección de partículas y rayos X.

Contadores Geiger-Müller: Genera impulsos de amplitud constante con independencia de la energía cedida por la radiación incidente.

En general, estos contadores están diseñados para la detección de fotones y partículas .

La relativa lenta velocidad de operación es el principal inconveniente del detector Geiger-Müller.

Dosímetros personales

Se utilizan tres tipos de detectores en dosímetria personal:

- Cámaras de ionización de bolsillo.
- Dosímetros de película.
- Dosímetros termoluminiscentes.

Cámaras de ionización de bolsillo: Se denominan también de pluma (por su forma). El detector es una cámara de ionización de capacidad fija, que se carga con anterioridad a la medida y que bajo la acción de la radiación pierde gradualmente su carga.

Son poco precisas, debido a las fugas y a otros posibles fallos se utilizan durante períodos muy cortos de tiempo. Además, el intervalo de exposición que pueden medir es muy limitado (del orden de 0 a 200 mR).

Dosímetros de película: Se basan en el hecho de que las emulsiones fotográficas se ennegrecen por la radiación ionizante. Comparando el ennegrecimiento de la película utilizada por un trabajador expuesto, con el de películas expuestas a cantidades de radiación conocidas, se puede determinar la exposición a la que ha estado sometida la película. Una de las ventajas del uso de dosímetros de películas es que almacenan la información permanente, de forma que las lecturas se pueden repetir.

Dosímetros termoluminiscentes: La radio-termoluminiscencia es la propiedad que poseen

ciertos cristales de emitir luz al calentarlos después de haber sido expuestos a radiaciones ionizantes. La cantidad de luz es proporcional a la cantidad absorbida de la radiación. Por tanto, la intensidad de la luz emitida por los cristales termoluminiscentes es proporcional a la dosis de radiación. El instrumento se calibra midiendo la intensidad de la luz emitida por dosímetros expuestos a dosis conocidas de radiación. Tienen entre otras ventajas:

– Mayor precisión, menor umbral de detección y un intervalo útil de dosis más amplio que los dosímetros fotográficos.

Un argumento utilizado en contra de la dosimetría por termoluminiscencia es su capacidad de guardar un registro permanente. No obstante, se acepta que las lecturas registradas por un sistema dosimétrico fiable, proporcionan una documentación legal satisfactoria.

Utilización correcta de los dosímetros

Uno de los puntos básicos de un programa de vigilancia es cómo y dónde se debenllevar los dosímetros.
El dosímetro se debe colocar en la posición que será más representativa de la partemás expuesta de la superficie del tronco.
La dosis a las extremidades (especialmente manos) pueden ser algo mayores peroa menos que sea probable que estas dosis se aproximen a los tres décimos de los límites de dosis equivalentes apropiados, no será necesaria la utilización de dosímetros adicionales.

- El dosímetro debe estar perfectamente cerrado.
- Si los filtros metálicos que lleva el dosímetro están sueltos o se han desprendido,debe notificarse al Centro de dosimetría.
- Bajo ninguna circunstancia se debe manipular el dosímetro abriéndolo, ya que alcerrarlo se puede colocar de forma incorrecta.

Radiación y tiempo. Efectos

El grupo de radiaciones a que nos estamos refiriendo posee capacidad para ionizardirecta o indirectamente el medio que las absorbe, y el efecto biológico de las mismas sebasa precisamente en la acción de los iones producidos en la materia viva. Sometida ésta a una irradiación continua por radiaciones ionizantes, experimenta alteraciones proporcionales a la ionización específica, que van aumentando progresivamente con la cantidad de energía absorbida, hasta que a dosis elevadas termina por morir.
Para producir las mismas alteraciones son necesarias dosis de radiaciónenormemente distintas de una especie animal a otra, e incluso en la misma especie, según se trate de un órgano u otro, víscera o parte del cuerpo. Por eso existen dosis tolerables y órganos críticos para cada radiación ya que a causa del metabolismo de cada uno, los núclidos podrán depositarse en un lugar del organismo si por causa de inhalación o ingestión o absorción a través de la piel penetrasen en el interior del organismo.
De acuerdo con el lugar de donde proceden las radiaciones debemos de clasificarlasen externas e internas al organismo. La radiación externa, dado que los órganos más sensibles a ella se encuentran situados relativamente distantes de la piel, producirá efectos si se trata de rayos X, radiación gamma o neutrones. Las partículas beta, sobretodo si son de baja energía, y más aún las alfa pierden la totalidad de su energía en las capas más externas (piel, cubiertas vegetales, etc.) de los seres vivos.
Pero la poca peligrosidad de los emisores de partículas alfa y beta desaparece cuando se encuentran en el interior del organismo, por alguna causa penetran en su interior y se depositan en cualquier tejido orgánico dando lugar a lo que se denomina contaminación interna; a partir de dicho momento estarán irradiando de un modo continuado las células más próximas durante un tiempo que dependerá de la vida media efectiva de cada elemento, normalmente muy elevado.
Esta contaminación interna puede presentarse si no se cumplen todos los requisitos de protección necesarios o por un accidente; ésta es la causa principal de irradiación crónica. Contra ella es muy difícil luchar pues no valen los dispositivos de blindaje, ni laposibilidad de alejamiento de la fuente radiactiva, ni la limitación del tiempo de exposición. Además son nulas, en la actualidad, las posibilidades de aumentar mediante un tratamiento profiláctico o curativo, su ritmo normal de excreción.

Cuando la mayor parte del organismo ha estado expuesto a una dosis aguda alta, el síndrome de la irradiación presenta las siguientes fases:

Fase inicial, se presenta poco tiempo después de la irradiación y se manifiesta con malestar general, inapetencia, fatiga, sensación de vértigo y mareos y vómitos.

Fase de latencia, un periodo de duración variable e inversa a la dosis de radiación recibida. No se observa síntoma externo alguno, y el sujeto parece que está normal.

Periodo de estado, de duración muy variable, repiten los síntomas de la fase inicial,más graves y duraderos cuanta mayor radiación se recibió; se presentan diarreas, emisiones sanguíneas por la boca, nariz o intestinos, fiebre, profundas alteraciones en la sangre y diversos órganos.

Fase letal, como consecuencia de la agravación de las fases anteriores, preferentemente por graves alteraciones hemáticas consecutivas a los daños experimentados por la médula ósea roja. Si las dosis de radiación fueron muy elevadas puede aparecer la muerte nerviosa, como consecuencia de grandes alteraciones del sistema nervioso central que no dan tiempo a que se manifiesten otros síntomas.

Fase de recuperación o de convalecencia, de duración variable, van desapareciendo los síntomas anteriores si la evolución es favorable y se llega a la normalidad. No obstante esta normalidad es ficticia, ya que los efectos biológicos de las radiaciones son acumulativos y según las dosis recibidas puede producirse cierta regresión. Incluso puede producirse un acortamiento del periodo de vida.

No debemos olvidar tampoco que el mecanismo de la herencia es el sistema biológico más sensible a las radiaciones y pueden producirse lesiones genéticas. Incluso dosis muy pequeñas de radiación tienen la posibilidad de producir mutaciones que tengan consecuencias genéticas que se manifiestan incluso hasta pasadas varias generaciones. En el establecimiento de las dosis máximas permitidas actuales se han tenido en cuenta, de modo principal, dichos efectos genéticos.

En general, la dosis de radiación es proporcional al tiempo pasado en el campo de radiación. El trabajo en un área de radiación debe realizarse rápida y eficientemente. Es importante que los trabajadores no se distraigan en otras tareas ni en conversaciones; sin embargo, un trabajo demasiado rápido puede provocar errores. Debido a esto el trabajo se prolonga más, lo que se traduce en una mayor exposición.

En condiciones controladas de utilización, los usos industriales y médicos de las radiaciones no presentan riesgos substanciales para los trabajadores y no deben dar lugar a que las radiaciones alcancen un nivel que se considere inaceptable.

Los posibles efectos de las radiaciones son:

Efectos a corto plazo tales como quemaduras de la piel y cataratas de los ojos.

Efectos a largo plazo tales como un aumento de la predisposición a la leucemia ya los cánceres de diverso tipo.

Efectos hereditarios.

Unas recomendaciones muy elementales son:

a) No debe realizarse una aplicación de radiaciones a menos que esté justificada.
b) Todas las dosis deben reducirse al valor más bajo que sea posible, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales
c) En cualquier caso, todas las dosis deben mantenerse por debajo de los límites de dosis: 20mSv por año para los adultos (promediado a lo largo de cinco años) y1 mSv por año para individuos del público en general.

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

En los cambios que se producen en las células después de la interacción con las radiaciones hay que tener en cuenta.

– La interacción de la radiación con las células en función de probabilidad (es decir, pueden o no interaccionar) y pueden o no producirse daños.

– La interacción de la radiación con una célula no es selectiva: la energía procedente de la radiación ionizante se deposita de forma aleatoria en la célula.

– Los cambios visibles producidos no son específicos, no se pueden distinguir de los daños producidos por otros agresivos-agentes físicos o contaminantes químicos.

– Los cambios biológicos se producen sólo cuando ha transcurrido un determinado período de tiempo que depende de la dosis inicial y que puede variar desde unosminutos hasta semanas o incluso años.

La acción de la radiación sobre la célula puede ser:

– Directa: cuando el daño se produce por la ionización de una macromolécula biológica.

– Indirecta: produce daños a través de reacciones químicas iniciadas por la ionización de aguas y grasas.

Factores que influyen en la radiosensibilidad celular.

La respuesta celular a las radiaciones ionizantes pueden modificarse por distintos factores , que en unos casos potencian la radiosensibilidad (radiosensibilizantes) y en otros casos la disminuyen (radioprotectores).

Estos factores pueden ser de tipo físico, químico o biológico y los más importantes son:

a) Factores físicos

– Transferencia lineal de energía (LET): Es la energía depositada por unidad de recorrido de la partícula. La radiación con mayor LET tiene mayor capacidad deionización y por tanto es más dañina para la célula (este es el caso de las partículas).

– Eficacia biológica relativa EBR: Es la dosis requerida por radiaciones condistinto LET, para producir el mismo efecto biológico.

- Tasa de dosis: A mayor tasa de dosis se produce mayor cantidad de lesiones en la célula. El variar la velocidad de irradiación puede considerarse como una forma de fraccionamiento.

b) Factores químicos

Los efectos combinados de compuestos químicos y radiaciones ionizantes pueden aparecer de forma independiente, antagónica o sinérgica.
La presencia de agentes químicos pueden modificar la respuesta a la radiación deforma diferente:

- Radiosensibilizadores: aumentan el efecto nocivo. Ejemplo típico es el oxígeno, el cual aumenta el número de lesiones, bien por incremento de radicales libres o bien por el bloqueo de los procesos de restauración.
- Radioprotectores: reducen los efectos producidos por la radiación a nivel celular. Dentro de este grupo pueden considerarse los compuestos que en su molécula tienen un grupo sulfidrilo (SH).

c) Factores biológicos

Los aspectos más importantes son:

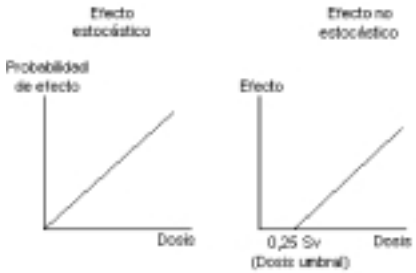
- Aspectos relacionados con la capacidad de reparación celular. Dos dosis separadas en el tiempo son menos destructoras que la misma dosis administrada de forma única.
- Fase del ciclo celular en la que se produce la irradiación . La mínima radiosensiblidad se alcanza durante la síntesis del DNA.

Clasificación de los efectos producidos por la radiación

- Somáticos: No se transmiten hereditariamente.
- Genéticos: Se transmiten hereditariamente.

* Estocásticos: La gravedad no depende de la dosis.
* No estocásticos: La gravedad depende de la dosis.

Efectos estocásticos



- Son de carácter probabilístico.
- Una vez producidos son siempre graves.
- Carecen de umbral.

Efectos no estocásticos

- Existe una relación de casualidad entre dosís-efecto.
- Tiene umbral determinado.

La respuesta de los diferentes órganos y tejidos a la radiación es variada tanto en el tiempo de aparición como en la gravedad de los síntomas producidos.

Alteraciones orgánicas generales

Aunque la respuesta varía con el tiempo de postirradiación y con la dosis, se pueden establecer una serie de normas, referidas a sistemas específicos entre los que podemos destacar:

Sistema hematopoyético: Comprende la médula ósea, la sangre circulante, los ganglios linfáticos, el bazo y el timo. Dosis moderadas de radiación ionizante pueden provocar pérdida de leucocitos, disminución o falta de resistencia ante procesos infecciosos y disminución del número de plaquetas que pueden desarrollar una anemia importante y marcada tendencia a las hemorragias.

Aparato digestivo: Está formado por parte de la cavidad bucal, el esófago, el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso. La radiación puede llegar a inhibir la proliferación celular y por tanto quedar lesionado el revestimiento, produciéndose una disminución o supresión de secreciones, pérdida de elevadas cantidades de líquidos y electrolitos, especialmente sodio, así como también puede producirse el paso de bacterias del intestino a la sangre.

Piel: Está formada por una capa externa (epidermis), una capa de tejido conjuntivo (dermis) y una capa subcutánea de tejido grueso y conjuntivo.

Después de aplicar dosis de radiación moderada o alta se producen radiaciones tales como inflamación, eritema y descamación seca o húmeda de la piel.

Sistema reproductivo:

Varón: La irradiación de los testículos puede producir un período variable de fertilidad, atribuible a los espermatozoides maduros, ya que son radiorresistentes y a este período le sigue otro de esterilidad temporal o permanente según la dosis.

En el caso del varón, la esterilidad por radiación tiene por consecuencia la pérdida permanente de la capacidad reproductora pero, debido a que la reproducción de hormonas masculinas se encuentra encomendada a células radiorresistentes, la esterilidad no afecta a los caracteres sexuales masculinos secundarios.

Hembra: Después de irradiar los ovarios con dosis moderadas existe un período de fertilidad debido a los folículos maduros que son relativamente radiorresistentes y que pueden liberar un óvulo. A este período fértil le puede seguir otro de esterilidad temporal o permanente. Posteriormente, puede existir un período de fertilidad, como consecuencia de la maduración de los óvulos que se encuentran en los folículos pequeños, que son los más radiorresistentes. La dosis necesaria para producir la esterilización varía en función de la edad, a medida que se aproxima a la edad de menopausia, la dosis esterilizante es más baja.

En el caso de la mujer la radioesterilidad produce la pérdida total de caracteres

secundarios.

Ojos: El cristalino puede ser lesionado o destruido por la acción de la radiación. Dosis moderadas del orden de 2 Gy pueden producir cataratas.

Sistema cardiovascular: Está formado por la red de vasos sanguíneos y el corazón.

Los vasos más finos son más radiorresistentes que los vasos grandes. Las alteraciones pueden manifestarse en forma de efectos tardíos.

Los efectos de dosis bajas e intermedias sólo producen en el corazón pequeños daños funcionales. Las dosis altas pueden producir pericarditis (inflamación de la membrana que recubre el corazón) y pancarditis (inflamación de la totalidad del corazón).

Aparato urinario: Las dosis altas producen pocas alteraciones renales evidentes salvo edema. Los cambios tardios, atrofia y fibrosis renal, son secundarios a lesiones vasculares y producen hipertensión y fallos renales.

Sistema nervioso central: Es el más radiorresistente. El límite umbral de radiolesiones en el sistema nervioso central se suele situar entre 20 y 40 Gy.

Hígado: Los efectos tardíos de la irradiación del hígado denominados hepatitis de radiación, son consecuencia de esclerosis vascular y consisten esencialmente en fibrosis (cirrosis) e incluso necrosis.

En las zonas controladas será obligatorio el uso de dosímetros individuales, mientras que en las zonas vigiladas se efectuarán estimaciones de las dosis que puedan recibirse. En todo caso, si existe riesgo será obligatorio el uso de equipo de protección personal adecuado.

ZONA	*DEFINICION*
ZONA DE LIBRE ACCESO	Es aquella en la que, permaneciendo en ella de una manera continuada, resulta improbable recibir dosis anuales superioresa 1/10 de los límites anuales de dosis.
ZONA VIGILADA	Es aquella en la que, existiendo riesgo de irradiación, es probable que las dosis recibidas no superen los 1/10 de los límites anuales de dosis. Resultando improbable superar los 3/10 de dicho límite.
ZONA CONTROLADA	Es aquella en la que no es improbable recibir dosis superiores a3/10 de los límites anuales de dosis.
ZONA DE PERMANENCIA LIMITADA	Es aquella en la que existe riesgo de recibir una dosis superiora los límites anuales de dosis.
ZONA DE ACCESO PROHIBIDO	Es aquella en la que existe el riesgo de recibir una única exposición de dosis superiores a los límites anuales de dosis.

DEFINICIÓN DE ZONAS DE TRABAJO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE RIESGO Los exámenes y controles de los dispositivos de protección serán efectuados por expertos cualificados a estos efectos por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Límites anuales de dosís
Las dosimetrías individuales serán efectuadas por entidades expresamente autorizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear. Se establecen una dosis total anual para

el organismo de 50 mSv (caso de exposición total y homogénea, en personas profesionalmente expuestas).

Si existe solamente una exposición parcial (exposición parcial no homogénea) se establecen los siguientes límites:

150 mSv para el cristalino del ojo

500 mSv para la piel (superficie de 100 cm^2)500

mSv para los antebrazos, pies y tobillos

Existen límites de 10 mSv para mujeres embarazadas.

Para miembros del público, no profesionales, la dosis máxima anual admitida es de15 mSv

El R.D. indica también una extensa tabla de límites derivados de la inhalación de radionucleidos en el aire, así como para la mezcla de radionucleidos.

R.D. 413/97 sobre protección operacional de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes

Este Real Decreto se refiere a la regulación de la protección radiológica operacional de aquellos trabajadores denominados "externos" que tienen que intervenir en una zona controlada de una instalación nuclear o radiactiva.

Las empresas con estos trabajadores deben inscribirse en el Consejo de Seguridad Nuclear, con una declaración jurada indicando que disponen de todos los medios técnicos y humanos para cumplir la normativa vigente.

La empresa externa deberá facilitar información y formación a sus trabajadores, controlar las dosis recibidas por éstos y mantener la vigilancia médica de acuerdo con el
R.D. 53/92 sobre protección radiológica.

La empresa titular de la instalación deberá asegurarse de que la empresa externa cumple todos los requisitos aludidos.

Los trabajadores dispondrán de un documento individual para el seguimiento radiológico donde consten todos los datos antes y después de la intervención.

MEDIDAS PREVENTIVAS

En cualquier instalación radiactiva estas son algunas de las medidas preventivas que deben tenerse en cuenta.

Delimitación de zonas. Señalización

Método de trabajo.

En el trabajo con radioisótopos se debe establecer un plan de trabajo que debe conocerse perfectamente antes del inicio de la tarea, así como las personas que lo van a llevar a cabo. Dicho plan ha de contener información sobre la medidas preventivas a utilizar, métodos de descontaminación, sistema de eliminación o gestión de residuos y acciones a tomar frente a una emergencia (plan de emergencia). A continuación se indican unas recomendaciones de tipo general para el manejo de isótopos radiactivos:

- El material que se utilice deberá ser específico y estar señalizado.

- La manipulación de los productos radiactivos deber efectuarse en bandejas de material no poroso y cubierto de papel de filtro, de manera que se impida la extensión del riesgo en casos de producirse algún incidente (derrames, roturas, etc…).

- Las superficies de trabajo deberán ser lisas, no porosas y sin fisuras.

- El trabajo se deberá realizar en lugares con un sistema de ventilación adecuado, provisto de filtro, para que en caso de producirse aerosoles, éstos puedan quedar retenidos.

- Las paredes, suelos y techos deberán ser lisos, sin poros y sin rendijas. Se emplomarán aquellos elementos que necesiten. El local deberá disponer de un sistema adecuado de extinción de incendios.

- El trabajo deberá efectuarse siempre con guantes desechables.

- En los laboratorios no se pipeteará nunca con la boca.

- En la dependencia deberá existir un control de radionucleido desde que llega hasta que los residuos son eliminados, lo que hace necesario disponer de un libro de almacén en el que se recoja toda la información, de tal manera que siempre pueden conocerse las existencias y lugar donde se encuentran. A su cargo deberá haber un responsable.

- Todo el material desechable se depositará en recipientes específicos perfectamente señalizados.

- Estará absolutamente prohibido comer, beber o fumar en la zona radiactiva y no se deberá permanecer en la misma con ropa de calle.

Medición de la radiación.

En toda instalación radiactiva deberá efectuarse un control periódico del nivel de radiación ambiental existente mediante la utilización de medidores ambientales de RI.

El personal de la instalación deberá llevar a cabo un control de la dosis individual recibida mediante el empleo de dosímetros personales. El control dosimé- trico deberá ser personalizado.

Aislar o alejar fuente emisora
Disminuir intensidad dosis
Acortar tiempos exposición
Prendas protección personal
Informar trabajador sobre: - Riesgo de su trabajo - Precauciones a tener en cuenta - Importancia cumplimiento Normas
Control y señalización locales de trabajo

Gestión de residuos.

Existen empresas autorizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), como ENRESA que se encargan de dicha gestión.

RADIACIONES IONIZANTES

Vigilancia de la salud.

Todo el personal expuesto a RI está obligado a realizar un reconocimiento médico especifico una vez al año.

El personal que se incorpore de nuevo a una instalación deberá realizar un examen exhaustivo de la salud, según especificaciones del CSN.

Se debe disponer de un informe dosimétrico individualizado de todo el personal expuesto. del

Todos estos datos, tanto dosimétricos como médicos deben conservarse hasta pasados treinta años después cierre de la instalación.

AMBIENTE TÉRMICO

GENERALIDADES

El ambiente térmico es un conjunto de factores (temperatura, humedad, actividad del trabajo, etc.) que caracteriza los diferentes puestos de trabajo. El valor combinado de estos factores origina distintos grados de aceptabilidad de los ambientes. El ambiente térmico puede suponer un riesgo a corto plazo, cuando las condiciones son extremas (ambientes muy calurosos o muy fríos), pero también, y la mayoría de las veces es así, originan inconfort térmico. A continuación describimos los mecanismos a través de los cuales el cuerpo humano recibe o cede calor al medio ambiente, las condiciones ambientales que debe reunir los lugares de trabajo según el Real Decreto 486/1997 y lasprincipales medidas correctoras ante el estrés térmico.

El hombre es un animal que necesita mantener la temperatura de sus órganos vitales dentro de unos márgenes muy estrechos, debido a que las numerosas y complicadas reacciones metabólicas que se desarrollan en su organismo, y de las que depende su vida, deben realizarse en unas condiciones de temperatura con un margen muy estrecho, para que los rendimientos de las mismas sean óptimos.

La temperatura interna media puede estimarse como de 36,8 ºC. Si la temperatura se sitúa por debajo de 35 ºC hablaremos de hipotermia, pudiendo llegarse a una situación letal a temperaturas de 25 ºC. La situación contraria se produciría cuando la temperaturacentral está en torno a 40 ºC, llegándose al riesgo de muerte cuando la temperatura rectal está sobre 43 ºC.

Se entiende por estrés térmico la presión que se ejerce sobre una persona al estar expuesta a temperaturas extremas y que, a igualdad de valores de temperatura, humedad y velocidad del aire, presentan para cada persona una respuesta distinta dependiendo de la susceptibilidad del individuo y de su aclimatación.

Nos centraremos casi exclusivamente en las consecuencias del calor.
Cuanto más intensa sea la actividad física del individuo, mayor será también la cantidad de calor que deberá eliminar para que el equilibrio térmico pueda mantenerse. La forma de liberar este calor se produce a través de tres mecanismos: la evaporación delsudor, la convección y la radiación; pero en situaciones muy calurosas sólo es posible liberar calor a través de la evaporación del sudor.

La evaporación del sudor

La evaporación del sudor es un mecanismo de eliminación de calor, pues el sudor, para evaporarse, toma de la piel con la que está en contacto el calor necesario para el paso del estado líquido a vapor. La cantidad de sudor que puede evaporarse por unidad de tiempo depende fundamentalmente de dos variables ambientales: la humedad y la velocidad del aire. Cuanto mayor es la humedad, más difícil es evaporar el sudor; asimismo, cuanto mayor es la velocidad del aire, tanto mayor es el flujo de sudor que es posible evaporar.

La convección

La convección es un mecanismo a través del cual la piel da o cede calor al aire que la rodea, cuando las temperaturas de ambos son distintas. Cuando la temperatura de la piel es mayor que la del aire, aquella cede calor a éste y cuando la temperatura del aire supera a la de la piel, es la última la que recibe calor del primero. Al variar poco la temperatura de la piel, la magnitud del intercambio que se producirá por convección dependerá fundamentalmente de la temperatura del aire.



La radiación

Es el intercambio térmico que se produce entre dos cuerpos sólidos a diferente temperatura y que se encuentren uno "a la vista" del otro. Cualquier objeto emite rayos infrarrojos en cantidad tanto mayor cuanto más elevada sea su temperatura; al mismo tiempo absorbe una parte de la radiación infrarroja que recibe de otros objetos que le rodean y refleja el resto.
Según que la temperatura del cuerpo sea superior o inferior a la temperatura media de los objetos de su alrededor, el efecto resultante será una ganancia o una pérdida de calor del cuerpo en cuestión. A la temperatura media de los objetos que rodean al cuerpo se le denomina temperatura radiante media.

BALANCE TÉRMICO

En situación de equilibrio térmico, es decir, cuando la temperatura interna del cuerpo permanece constante, las ganancias y pérdidas de calor en el organismo deben equipararse. Se puede establecer una ecuación de balance en la que se tengan en cuenta todas las variables que influyen en el mantenimiento o pérdida de este equilibrio





Donde a es la acumulación de calor, M calor producido por el metabolismo y el último término Rrepresenta la energía de radiación, C el calor de convección y E el calor de evaporación perdido.

En situa-ción de equili- brio la acumu-lación de calor será nula.



La cantidad de calor producida por elmetabolismo viene influenciada principalmente

por la actividad que desarrolla el individuo, por el tipo de trabajo y el movimiento general del cuerpo; existen tablas de valores para cuantificar el metabolismo del trabajo en función del tipo de éste. Para obtener el consumo metabólico total de energía, habrá quesumar al valor anterior el término correspondiente al metabolismo basal, necesario para mantener las funciones vegetativas y que se puede calcular fácilmente por correlaciones experimentales, ya tabuladas.

Puesto que los mecanismos de termoregulación del organismo tienen como finalidad esencial el mantenimiento de una temperatura interna constante, es evidente que ha de existir un equilibrio entre la cantidad de calor generado en el cuerpo y su transmisión al medio ambiente. La ecuación que describe tal estado de equilibrio se denomina balance térmico y se describe:

M - Ed - Es - Er - L = K = R + C

- M = Producción metabólica de calor.
- Ed = Pérdida de calor por difusión de vapor de agua a través de la piel.
- Es = Pérdida de calor por evaporación del sudor desde la superficie de la piel.
- Er = Pérdida de calor latente en la respiración.
- L = Pérdida de calor sensible en la respiración.
- K = Calor transmitido desde la superficie de la piel hasta la superficie exterior del vestido.
- R = Calor perdido por radiación desde la superficie exterior del vestido.
- C = Calor perdido por convección desde la superficie exterior del vestido

Los intercambios de calor entre el individuo y el medio ambiente se pueden desglosar en calor por radiación, convección y evaporación, los cuales están influenciados por variables como la temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire, humedad del ambiente y ropa de trabajo.



REACCIÓN DEL CUERPO AL ESTRÉS POR BAJAS TEMPERATURAS

El cuerpo humano, de sangre caliente, reacciona cuando se le somete a un ambiente térmico de frío intenso (contacto con agua muy fría, trabajos en cámaras frigoríficas industriales, etc.) produciéndose la hipotermia, puesta de manifiesto por una contracción de los vasos sanguíneos de la piel con el fin de evitar la pérdida de la temperatura basal. Como consecuencia de ello los órganos más alejados del corazón, las extremidades, son los primeros en acusar la falta de riego sanguíneo, además de las partes más periféricas del cuerpo (nariz, orejas, mejillas) más susceptibles de sufrir congelación. Otros síntomas siguen a la exposición prolongada al frío (dificultad en el habla, pérdida de memoria, pérdida de la destreza manual, schock e incluso muerte).

Prescindiendo de su estudio detallado, indicamos unos valores orientativos para los tiempos de trabajo:

A partir de cero grados: no se establecen límites si se usan ropas adecuadas.
Desde menos 18 a menos 34 ºC: Un máximo de 4 horas diarias, alternando una de exposición y una de recuperación; evidentemente con trajes adecuados.

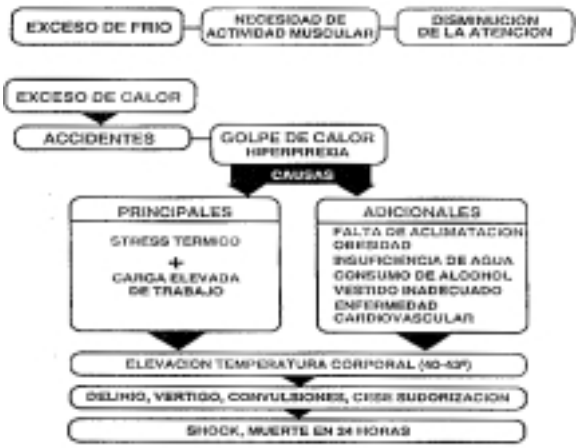
Desde menos 34 ºC a menos 57 ºC: dos períodos de treinta minutos separados cada cuatro horas.
Existen valores más detallados dados por la ACGIH, que contemplan además la velocidad del viento.
Un aspecto importante a tener en cuenta lo constituye la selección de la ropa de trabajo adecuada, ya que las ropas voluminosas dificultan el movimiento, debiendo tenerse en cuenta la evacuación de calor producido durante el trabajo y las condiciones de viento y humedad que normalmente acompañan a los ambientes fríos.

REACCIÓN DEL CUERPO AL ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

Cuando las personas se exponen a un calor excesivo se presentan diversas patologías clínicamente diferenciadas:

Agotamiento por calor: es una forma benigna de patología que remite rápidamente si se trata pronto. Suele estar acompañada por un aumento de la temperatura del cuerpo, dolor de cabeza, náuseas, vértigo, debilidad, sed y aturdimiento.

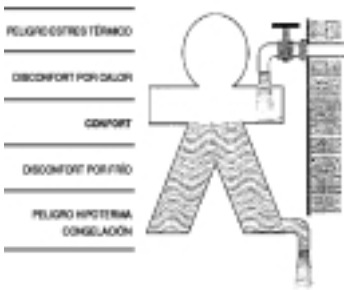
Calambres por calor: sonimputables a la continua pérdida de sal através del sudor, acompañada por una copiosa ingestión de agua sin una adecuada reposición salina.



Erupción por calor: se presenta en forma de pápulas rojas, usualmente en áreas dela piel cubierta por la ropa y produce una sensación de picazón, especialmente cuando se incrementa la sudoración. Se produce en piel permanentemente cubierta de sudor sin evaporar, aparentemente porque las capas queratinosas de la piel absorben agua, se inflaman y obstruyen mecánicamente los conductos sudoríparos. Las pápulas pueden infectarse si no reciben tratamiento.

Golpe de calor: incluye una afección importante del sistema nervioso central (inconsciencia o convulsiones), ausencia de sudoración y temperatura corporal superior a 41 ºC. El golpe de calor es una emergencia médica y cualquier procedimiento que sirva para enfriar al paciente mejora el pronóstico.

LA SENSACIÓN Y EL RIESGO DE CALOR O FRIO DEPENDEN DEL NIVEL TÉRMICO DEL CUERPO



Existen diferentes variables que influyen en la tolerancia al calor:

Aclimatación

Cuando personas no aclimatadas se exponen a ambientes con sobrecarga térmica, experimentan elevaciones en la frecuencia cardíaca, molestias y sensación de angustia que se compensan en días sucesivos por efecto de ajustes fisiológicos. Se puede hablarde aclimatación total al cabo de dos o tres semanas.



Esta adaptación a la eexposición al calor se basa principalmente en una mejora progresiva de la circulación central, con lo que el calor es transportado con mayor facilidad hacia la piel, y en un aumento de la producción de sudor, incluso con modificaciones en la composición deéste.

MEDIDAS CORRECTORAS

Aparte del daño por el frío en sí, muchos accidentes de trabajo se producen por pérdida de la destreza o capacidad intelectual del trabajador ocasionadas porexposiciones prolongadas sin haber tomado las mínimas medidas preventivas.

En el caso de trabajos que exijan destreza manual, se tomarán medidas cuando se trate de exposiciones de más de 25 minutos a ambientes por debajo de 15 ºC, con objetode que los trabajadores puedan mantener las manos calientes. Se puede recurrir a la instalación de aparatos calefactores orientados hacia la zona de trabajo o bien a la utilización de guantes. La maquinaria debe estar diseñada para poder manejar los mandos con guantes.

En situaciones de trabajo por debajo de 5 º C los trabajadores deben llevar ropa de protección, cuya elección estará en función de la actividad física a desarrollar y del nivel de frío al que vayan a estar sometidos.

Se deberá dar instrucciones a los trabajadores sobre:

Procedimientos para reincorporar calor y conocimientos de primeros auxilios.

Uso de ropa de trabajo o prendas de protección adecuadas a la temperatura del medio laboral. Esta ropa, aparte de la función protectora, deberá cumplir unos requisitos mínimos ergonómicos, debiendo asegurarnos una mínima transpiración o en su defecto una adecuada ventilación para impedir que las prendas interiores se mojen con el sudor.

Asimismo puede ser beneficiosa una capa exterior impermeable si existe riesgo de que se puedan mojar las prendas interiores.

Conocimiento de regímenes de comida y bebida apropiados. Reconocimiento de los primeros síntomas de congelación.
Reconocimiento de los síntomas de hipotermia o enfriamiento corporal excesivo.

A pesar de que no es posible establecer fórmulas de validez general frente a situaciones de estrés térmico, ya que debería efectuarse en cada caso un análisis detallado de las causas del riesgo y estudiar todos los elementos que intervienen en el problema, detallamos algunas de las medidas de prevención que se deben adoptar al realizar trabajosen ambientes calurosos:

Sobre el foco:

- Selección de equipos y diseños adecuados: elección de equipos que emitan bajascantidades de calor o que lo hagan fuera del ambiente de trabajo.
- Modificación del proceso productivo, diseñando variantes que provoquen menores emisiones de calor.
- Encerramiento del proceso, encapsulando las fuentes de calor.
- Control de las emisiones de aire caliente con la instalación de campanas deaspiración.
- Aislamiento de las fuentes de calor radiante mediante apantallamiento.

Sobre el medio de difusión:

– Ventilación por dilución utilizando el aire exterior o bien aire previamente tratado o acondicionado.

– Control de la velocidad del aire.

Sobre el individuo:

– Control de la producción de calor metabólico, disminuyendo la carga de trabajoo distribuyéndola a lo largo de toda la jornada de trabajo.

– Instalación de cabinas climatizadas.

– Utilización de áreas de descanso con aire acondicionado.

– Distribución de trabajos en función de la aclimatación de los trabajadores: los trabajadores nuevos o recién incorporados deberían realizar tareas ligeras hasta completar el período de aclimatación.

– Información sobre el reconocimiento de síntomas de sobrecarga térmica.

– Formación en primeros auxilios sobre los síntomas derivados del trabajo en ambientes calurosos.

– Control médico de los trabajadores expuestos a situaciones extremas de calor mediante exámenes previos al ingreso y periódicos, impidiendo exposiciones excesivas a los que presenten problemas circulatorios o infecciones respiratorias.

– Informar al personal sobre la necesidad de reponer las pérdidas de líquidos mediante la ingestión de agua y sal. Es aconsejable beber un vaso de agua cada 20 m. aproximadamente.

Si estas medidas no son suficientes, se recurrirá a la modificación de los ciclos de trabajo estableciendo pautas de trabajo-calentamiento y a la toma de medidas de protección colectiva si fuese posible como el apantallamiento de las zonas de trabajo para evitar elevadas velocidades del aire.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

Para conservar la destreza manual para evitar accidentes, se requiere una protección especial de las manos.

1. °- Si hay que realizar trabajos de altas exigencias en precisión con las manos al descubierto durante más de 10-20 min. en un ambiente por debajo de los 16° C, se deberán tomar medidas especiales para que los trabajadores puedan mantener las manos calientes, pudiendo utilizarse para este fin chorros de aire caliente, aparatos de calefacción de calor radiante (quemadores de fuel-oil o radiadores eléctricos) o placas de contacto calientes. A temperaturas por debajo de -1° C, los mangos metálicos de las herramientas y las barras de control se recubrirán de material aislante térmico.

2. °- Si la temperatura del aire desciende por debajo de los 16° C para trabajos sedentarios, 4° C para trabajos ligeros y -7° C para trabajos moderados, sin que se requiera destreza manual, los trabajadores usarán guantes.

Para impedir la congelación por contacto, los trabajadores deben llevar guantes anticontacto.

3. °- Cuando estén al alcance de la mano superficies frías a una temperatura por debajo de los -7° C, el encargado de la sección zzo el supervisor deberá avisar a cada

trabajador para que evite que la piel al descubierto entre en contacto con esas superficiesde manera inadvertida.

4. °- Si la temperatura del aire es -17,5° C o menos, las manos se deben proteger con manoplas. Los mandos de las máquinas y las herramientas para uso en condiciones de frío deben estar diseñadas de manera que se puedan manejar o manipular sin quitarse las manoplas.

5. °- Si el trabajo se realiza en un medio ambiente a, o por debajo de 4° C, hay que proveer protección corporal total adicional. Los trabajadores llevarán ropa protectora adecuada para el nivel de frío y la actividad física.

6. °- Apantallar el puesto de trabajo o usar una prenda exterior de capas cortaviento fácil de quitar, cuando la velocidad del aire en el lugar de trabajo sea aumentada por el viento, corriente o por equipos de ventilación artificial.

7. °- Si el trabajo en cuestión solamente es ligero y la ropa que lleva puesta el trabajador puede mojarse en el lugar de trabajo, la capa exterior de la ropa que se use puede ser de tipo impermeable al agua. Con trabajo más fuerte tales condiciones, la capaexterior debe ser hidrófuga, debiendo el trabajador cambiarse de ropa exterior cuando ésta se moje. Las prendas exteriores han de permitir una fácil ventilación con el fin de impedir que las capas internas se mojen con el sudor.

8. °- Si no es posible proteger superficialmente las áreas expuestas del cuerpo para impedir la sensación de frío excesivo o congelación, se deben proporcionar artículos de protección con calorifugado auxiliar.

9. °- Si la ropa de que se dispone no dispensa protección adecuada para impedir la hipotermia o la congelación, el trabajo se modificará o suspenderá hasta que se proporcione ropa adecuada o mejore las condiciones meteorológicas.

10.°- Los trabajadores que manipulen líquidos evaporables (alcohol, gasolina o fluidos limpiadores) a temperaturas por debajo de los 4°C, adoptarán precauciones espe-ciales para evitar que la ropa o los guantes se empapen de esos líquidos, por el peligro adicional de lesiones por frío debidas al enfriamiento adicional por la evaporación.

Temperatura del aire	Sin viento apreciable		Viento de 8 km/h		Viento de 8 km/h		Viento de 8 km/h		Viento de 8 km/h	
Cielo despejado	Periodo de trabajo máximo	Nº	Periodo de trabajo máximo	Nº	Periodo de trabajo máximo	Nº	Periodo de trabajo máximo	Nº	Periodo de trabajo máximo	Nº
ºC(aprox.)										
De -26º a -28º	(Interrup. normales)	1	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4
De -29º a -31º	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5
De -32º a -34º	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5	E**	
De -35º a -37º	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	3	E**			
De -38º a -39º	40 minutos	4	30 minutos	5	E**					
De -40º a -42º	30 minutos	5	E**							
De -40º a -42º	E**									

Nº = número de interrupciones de 10 minutos en lugar templado.

E** = El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar.

Nota: Se supone una actividad entre moderada y fuerte. Para trabajo entre ligero y moderado, aplicar el plan en un escalón inferior.

VALORES TLV. CUADRO DE TRABAJO/CALENTAMIENTO PARA UN TURNODE

CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS LUGARES DE TRABAJO

Estos niveles son criterios de confort condicionados a las características particulares del propio lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que esté ubicado. En cualquier caso, el aislamiento térmico de los locales debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo ha elaborado la Guía Técnica correspondiente a la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. Esta Guía trata de exponer los criterios y recomendaciones que pueden facilitar a las empresas y a los responsables de prevención, la interpretación y aplicación del Real Decreto 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Según este Real Decreto la exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores ni debe constituir una fuente de incomodidad o molestia para los mismos.

Las condiciones que deben cumplirse en los locales de trabajo cerrados, según el citado Real Decreto, son las siguientes:

– La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17º y 27º C.

– La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14º y 25ºC.

– La humedad relativa estará comprendida entre 30 y 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática.

– Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites: trabajos en ambientes no calurosos, 0,25m/s, trabajos sedentarios en ambientes calurosos, 0,5 m/s y trabajos no sedentarios en ambientes calurosos, 0,75m/s. Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni a las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.

– A efectos de la aplicación de las anteriores prescripciones deberán tenerse en cuenta las limitaciones o condicionantes que puedan imponer, en cada caso, las características particulares del propio lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que esté ubicado.

Según la Guía Técnica, cuando la temperatura y/o humedad excedan los valores anteriores, o, sin ser las condiciones ambientales tan extremas, el trabajo sea de tipo medio o pesado o se den ambas circunstancias, se deberá evaluar el riesgo de estrés térmico por calor, recomendándose para ello el método que figura en la norma UNE EN 27243.95.

OTRA NORMATIVA SOBRE EL TEMA

– Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº269, de 10 de noviembre.

– Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. BOE nº 97, de 23 de abril sobre lugaresde trabajo.

– Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. (Real Decreto 486/1997). INSHT.

– UNE EN 27726 (95) Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida delos parámetros físicos.

– UNE EN 28996 (95) Ergonomía. Determinación de la producción de calormetabólico.

– UNE EN 27243 (95) estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT.

– UNE EN ISO 7730 (96). Ambientes térmicos moderados. Determinación de losíndices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones de bienestar térmico.

– UNE EN 12515 (97). Ambientes calurosos. Determinación analítica einterpretación del estrés térmico basados en el cálculo de la sudoración requerida.

PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

Cada año, en el mundo, millones de trabajadores sufren accidentes de trabajo que les producen lesiones de diversa gravedad. En cada uno de estos accidentes hay dolor físico y psíquico, pérdida de la capacidad de trabajo, preocupación y sufrimiento en la familia del accidentado, y costes económicos para la empresa y la sociedad en general.

Las personas trabajan para ganar su sustento creando riqueza para los demás y los accidentes de trabajo malogran estos dos propósitos porque incapacitan al trabajador para su trabajo, bien sea temporal o definitivamente, y dañan a los bienes humanos y materiales de la sociedad.

Por todo ello es necesario evitar los accidentes de trabajo, tarea ésta en la que tienenque participar todos: los trabajadores, los técnicos y directivos de las empresas, las autoridades del gobierno, etc. Razones éticas, económicas y legales sustentan el creciente interés por evitarlos o reducirlos.

CONCEPTO Y VALORACIÓN

Para analizar el concepto de accidente de trabajo veremos los siguientes apartados:

- ❑ Definición según la Ley de la Seguridad Social y ampliación del concepto.
- ❑ Objetivos del mantenimiento preventivo frente a los de la Seguridad en elTrabajo.
- ❑ Diferencia entre accidentes de trabajo y otras agresiones a la salud y bienestar de los trabajadores.
- ❑ Daños personales derivados de los accidentes de trabajo: lesiones.
- ❑ Pérdidas ocasionadas por el accidente de trabajo.

Definición según la Ley de la Seguridad Social

Todos tienen un concepto de lo que es un accidente de trabajo y si preguntásemos responderían que se trata de accidentes que producen lesiones y ocurren cuando se está trabajando.

Esta idea coincide con la definición que da la legislación. Según la Ley de la Seguridad Social, "se entiende por accidente de trabajo toda lesión corporal que el trabajador sufre con ocasión o a consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena".

Esta definición legal se refiere tanto a las lesiones que se producen en el centro de trabajo como a las producidas en el trayecto habitual entre éste y el domicilio del trabajador. Estos últimos serían los accidentes llamados "in itinere".

embargo, todo trabajador conoce que los daños que puede sufrir en su trabajo son variados y no siempre se les llama accidente de trabajo. Es el caso de las enfermedades que se contraen en el trabajo y el caso de las molestias y fatigas superioresa lo tolerable que no produciendo enfermedad, causan daño y malestar en la realización del trabajo y al cabo de cierto tiempo acabarán por generar también lesiones.

En el trabajo se producen también incidentes, que sin haber generado lesiones han ocasionado daños materiales o han alterado la secuencia normal de desarrollo del trabajo, llegando incluso a detenerlo.

Así por ejemplo, las averías se caracterizan por que acontecen sin haberlo previsto, alterando el proceso productivo y se diferencian le los accidentes, en que en estos últimos ha existido potencialidad lesiva sobre las personas, aunque no haya llegado a materializarse. El mantenimiento preventivo tiene por objetivo principal evitar averías, a diferencia de la Seguridad en el trabajo que tiene por objetivo principal evitar accidentes.

Ampliación del concepto de accidente de trabajo

Se amplía técnicamente el concepto de accidente del trabajo, en vistas a la efectividad de las actuaciones preventivas, con la siguiente definición: Suceso no deseado que interrumpe la continuidad del trabajo y que posee potencial de daño.

TODOS LOS ACCIDENTES DE TRABAJO SON EVITABLES. MEDIANTE MÉTODOS Y ESTRATEGIAS ADECUADAS SE PODRÁN ALCANZAR NIVELES DE RIESGO TOLERABLES.

Hay que destacar el término "evitable", y que aparentemente es obvio, cuando precisamente los tópicos culturales que pesan sobre los accidentes de trabajo han asumido erróneamente que en ocasiones la fatalidad, e incluso las personas predispuestas (gafes), estaban en su origen.

Admitir que los accidentes de trabajo son evitables, es admitir las bases de trabajo de una Seguridad científica, por la cual con métodos y estrategias adecuadas, partiendo del principio de multicausalidad de los accidentes, se podrá actuar de forma eficaz para lograr niveles de riesgo tolerables. Se tratará al menos de asegurar que determinados accidentes y las situaciones de riesgo que las generan desaparezcan, para tolerar solamente aquello que potencialmente haya de ocasionar daños de muy poca consideración.

Accidentes de trabajo y otras agresiones a la salud y bienestar

Para diferenciar los accidentes de trabajo de las otras agresiones a la salud y bienestar como consecuencia de su trabajo, nos fijaremos en el agente agresivo y en la velocidad de producción del daño.

Agresiones que no generan lesiones físicas o psíquicas demostrables

Se tienen agresiones que causan malestar, insatisfacción, u otros daños inespecíficos, y que, aún prolongándose en el tiempo, no generan lesiones físicas o psíquicas claramente demostrables.

Agresiones que generan a largo plazo enfermedades diagnosticables

Estas son las que llamamos enfermedades profesionales.
Ejemplos: la inhalación repetida de polvo de sílice (silicosis), o la exposición a plomo durante cierto tiempo (saturnismo), o la exposición prolongada a niveles de ruido elevados (sordera profesional), etc.

Agresiones que producen a corto plazo lesiones identificables de carácter leve, grave o mortal

Hay agresiones que actuando sólo una vez, o en un plazo de tiempo muy corto producen lesiones identificables de carácter leve, grave o mortal: este tipo de agresiones son los accidentes de trabajo.

La limitación del periodo de latencia en la conjunción de los diferentes factores de riesgo es lo que caracteriza a los accidentes de trabajo. También puede suceder que el daño o la lesión última no se produzca en el mismo instante de producirse el accidente, pero en todo caso el tiempo transcurrido es siempre corto.

LOS ACCIDENTES DE TRABAJO SE CARACTERIZAN POR:

- ❑ LA "AGRESIVIDAD" DEL AGENTE MATERIAL
- ❑ EL LIMITADO PERIODO DE LATENCIA

Es interesante diferenciar los accidentes de trabajo de los otros tipos de lesiones porque la forma de evitarlas y en particular las estrategias preventivas de actuación pueden ser peculiares para cada una de ellas.

Los daños personales derivados de los accidentes de trabajo, que se denominan lesiones, pueden manifestarse de diferentes formas y tener diferente gravedad. Constituyen la patología específica aguda o sobreaguda del trabajo. Tales lesiones pueden diferenciarse en:

Psíquicas
Las lesiones psíquicas pueden ser muy variadas en función de las circunstancias del accidente y de la personalidad de las víctimas.

Sensorialmente dolorosas
Las lesiones sensitivo-dolorosas suelen ir siempre acompañadas de una vivencia emocional desagradable.

Funcionales o estructurales
Las lesiones funcionales constituyen trastornos en las funciones fisiológicas por el impacto energético derivado del accidente y suelen ir asociadas a lesiones estructurales, por alteraciones anatómicas ante la limitada resistencia del cuerpo humano, que se manifiestan a través de fracturas, amputaciones, heridas y contusiones, entre otras.

Muerte

La muerte es el último desenlace de una lesión funcional o estructural al afectar a órganos y funciones vitales críticas.

En todo caso, sea como fuere y al margen de la lesión o daño físico casi siempre ocasionará pérdidas.

Las pérdidas serán mayores, cuanto mayor sea la gravedad de las lesiones físicas, la importancia de los daños materiales o en último término la repercusión en el proceso productivo o servicio prestado.

Independientemente de las lesiones físicas, los daños que pueden generar los accidentes de trabajo, pueden clasificarse esquemáticamente en :

Pérdidas temporales

Representan los tiempos previstos para el desarrollo de un trabajo. Por ejemplo retrasos por alargamientos imprevistos de los tiempos programados y los paros indeseados.

Pérdidas energéticas

Representan aquellos escapes libres energéticos, incontrolados y también inútiles para el trabajo, por ejemplo una fuga de vapor, o la rotura y proyección del disco de una muela esmeril.

Daños materiales propiamente dichos

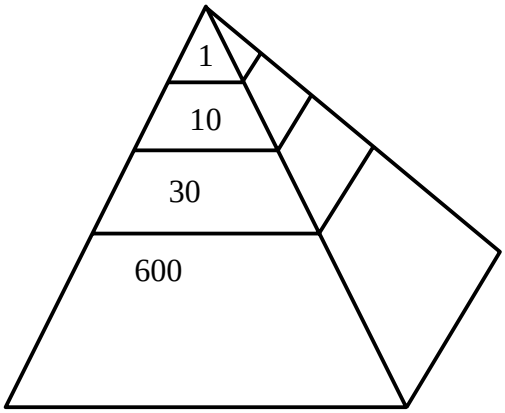
Los daños materiales propiamente dichos, representan los deterioros de materiales, productos, instalaciones o equipos, al sufrir un impacto energético sobre los mismos

Importancia de los accidentes de trabajo

Para tener una idea de la importancia de los siniestros laborales habrá que conocer su número y gravedad, y para ello hay que recurrir a las estadísticas.

Las agresiones que causan malestar e insatisfacción en el trabajo, pero que no producen lesiones a la salud diagnosticables médicamente, son muy difíciles de contabilizar y no existen estadísticas sobre ellas.

Estudios históricos, como el realizado por Bird en EE.UU. , establecía, siempre con un valor orientativo, que la relación de proporcionalidad entre accidentes de trabajo con baja, accidentes de trabajo con lesión, accidentes sólo con pérdidas materiales y accidentes blancos (sin lesión, ni pérdidas) era de 1:10:30:600.



POR CADA ACCIDENTE DE TRABAJO CON BAJA SE GENERA UNCUANTIOSO NÚMERO DE INCIDENTES CON DAÑOS.

Aunque esta relación sea diferente según sea el autor que la proponga, se evidenciala importancia del cuantioso número de incidentes que acontecen en las empresas con limitada cultura preventiva. Es sólo ignorancia lo que propicia la desacertada opinión de que en una empresa determinada "nunca pasa nada", que no favorece a la prevención de riesgos laborales, y que tampoco facilita el desarrollo de una cultura de trabajo bien hecho.

Dado que en realidad el accidente de trabajo es el resultado, en términos probabilísticos, de una situación de riesgo, cabe afirmar, que actuando de forma clara y contundente para minimizar el número de incidentes se evitarán los accidentes con lesión, y con incapacidad laboral.

No es utópico que cada vez más empresas se planteen como objetivos alcanzables el tener cero accidentes. Evidentemente se trata de evitar totalmente los accidentes de cierta importancia, lo que no es difícil si se actúa correctamente.

FASES DEL ACCIDENTE

Origen de los accidentes de trabajo

Buscar el origen de los accidentes laborales conlleva el estudio de las causas y factores que pueden ocasionarlos.

Será importante tener en cuenta el sector productivo al que pertenecen y el buscar un sistema de prevención.

Causas del elevado número de accidentes

Habrá que preguntarse por qué se produce este elevado número de accidentes de trabajo y, si se conoce la importancia que tienen, también cuál es la causa de que no se ponga remedio eficaz a los mismos.

Los motivos son diversos pero pueden destacarse los siguientes:

❑ Ya se ha advertido que las causas de los accidentes normalmente no producen molestias (un hueco sin cubrir, un cable eléctrico sin proteger, una alarma de seguridad anulada, etc.), por lo que no se tiene prisa en solucionarlas pues no entorpecen el desarrollo del trabajo. Por otro lado los accidentes pueden ocurrir o no ocurrir aunque existan las causas.

❑ A diferencia de las enfermedades profesionales o el malestar por el trabajo, que resultan de una agresión continuada que se puede detectar y corregir con el tiempo, el accidente es repentino y en muchos casos inesperado. Invertir dinero y esfuerzo en algo que puede o no ocurrir, es causa de que en muchas ocasionesse tiente a la suerte, por considerar que no va a pasar nada.

❑ En otras ocasiones se desconoce la existencia de un peligro por quienes están expuestos al mismo.

❑ Otra causa principal es la limitada conciencia social y empresarial de las pérdidas humanas y económicas que supone la ocurrencia de un accidente.

Diversidad de los factores causales de los accidentes

Los factores causales de los accidentes son muy diversos:

❑ Condiciones materiales y medio ambiente de trabajo, unos con una relación directa con el accidente y otros con una implicación más difusa.

❑ Deficiencias en la organización

Fallos de gestión

En su origen los accidentes de trabajo son debidos a fallos de gestión, por no haber sido capaces de eliminar el riesgo o en su defecto de adoptar las suficientes medidas de Control. Lamentablemente para tomar conciencia de ello se requiere profundizar en el análisis causal, además de tener sensibilidad preventiva...

❑ Comportamiento humano.

Errores humanos

Se llega a asumir con demasiada ligereza que los accidentes se deben a actuaciones peligrosas de los propios trabajadores, sin tener en cuenta que en el origen de tales actuaciones puede haber: insuficiente formación en el puesto de trabajo, ausencia de método o procedimiento de trabajo, o incorrecta planificación y organización del trabajo.

En el fondo casi siempre se puede encontrar a alguien que no diseñó acertadamente una máquina o un puesto de trabajo, o que no tuvo en cuenta las necesidades formativas en el mismo, o que no planificó adecuadamente el trabajo a realizar.

Desde el punto de vista preventivo no tiene demasiado interés averiguar quienes son los responsables de los errores. Lo importante es detectar que se han producido tales errores y saber cómo se ha de actuar para evitarlos.

Actuar sólo de forma parcial sobre algunas de las causas que generan determinados accidentes y no hacerlo sobre las más importantes y sobre todo, sobre aquellas que son determinantes en su materialización no resuelve de forma efectiva el problema, llegándose a la paradoja de que la inversión realizada se transforma en gasto.

Factor técnico - Factor humano

Históricamente se ha producido una dicotomía entre el factor técnico y el factor humano del accidente de trabajo, diferenciando así dos grandes grupos de causas originarias. Si bien es cierto que las causas más inmediatas en la secuencia final del accidente suelen tener componentes de inseguridad material y de comportamiento humano incorrecto, quedarse a ese nivel puede producir graves equívocos.

ANÁLISIS DE PELIGROS

Los accidentes en los distintos sectores productivos

Si se analiza el cuadro relativo a los porcentajes de los diferentes tipos de accidentes de trabajo en España, distribuidos por sectores, se desprenden una serie de reflexiones. para definir prioridades.

Están dirigidas en último término a actuar sobre los dos elementos necesarios paraque ocurra el accidente: la conjunción de fallos materiales, de gestión y errores humanos. Todo ello mediante adecuados procedimientos de gestión.

Clasificación según el ámbito de aplicación

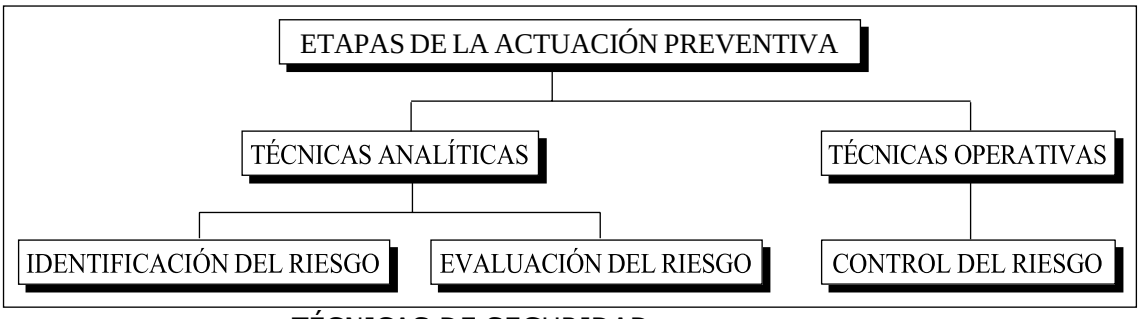
Atendiendo al ámbito de aplicación, las técnicas de seguridad, es decir el conjuntode técnicas de Prevención y Protección pueden clasificarse en:

Generales o inespecíficas
Estas técnicas son aplicables a cualquier tipo de actividad o riesgo profesional.

Específicas sectoriales concretas
La aplicación de este tipo de técnicas se limita a riesgos concretos eléctricos, químicos, mecánicos, de incendio, etc. o a ciertas actividades, por ejemplo, industrias, minería, construcción.

Clasificación en función del sistema de actuación

En función de su sistema de actuación se clasifican en Analíticas y Operativas:



TÉCNICAS DE SEGURIDAD

Técnicas analíticas de seguridad

Las técnicas analíticas tienen por objeto la detección de los factores de riesgo, la evaluación de los riesgos propiamente dichos y la investigación de las causas que han provocado accidentes para extraer experiencias.

Previas al accidente	Posteriores al accidente
Estudio y análisis documental de riesgos Análisis histórico de accidentes Control estadístico de la accidentabilidad Verificación del cumplimiento de las reglamentaciones Evaluaciones de riesgos Revisiones e inspecciones de seguridad Observaciones del trabajo Control global de la calidad del proceso productivo y de los productos	Notificación de accidentes Registro de accidentes Investigación de accidentes e incidentes Análisis estadístico de la siniestralidad

TÉCNICAS ANALÍTICAS DE SEGURIDAD

Técnicas operativas de seguridad

Las técnicas operativas pretenden disminuir las causas que originan los riesgos, tanto dirigiendo su acción hacia los aspectos técnicos y organizativos del trabajo como hacia el propio trabajador.

- *Prevención*

Elimina o disminuye el riesgo en su origen. Es siempre prioritaria.
Minimiza la probabilidad de materialización del acontecimiento indeseado. Por ejemplo utilizando una energía o un producto menos peligroso o diseñando un sistema de seguridad intrínsecamente seguro, de forma que elimine el riesgo o evite la exposición al mismo.

❑ *Protección*

Minimiza las consecuencias del accidente.
Es complementaria a la prevención. Por ejemplo, instalando resguardos en máquinaso utilizando equipos de protección individual.

❑ *Normalización*

Regula el comportamiento humano seguro.
Complementa las medidas de prevención y protección. Lo forman los Manuales de Prevención, procediemiento de trabajo, normas de materiales, etc…

❑ *Señalización*

Indica, advierte, prohibe, orienta, sobre determinados factores de riesgo. Es del todo complementaria a las anteriores.
Las informaciones destacables al ser percibidas por cualquiera de nuestros sentidos contribuirán a que las personas actúen correctamente sin dudar.

❑ *Formación e información*

Siempre imprescindible para asegurar la eficacia de las otras técnicas y sobre todo para que las personas actúen de forma segura.
Todo el personal con mando, desde los directivos a los mandos intermedios debieran impartir acciones formativas en el seno de la empresa para que sus colaboradores hagan bien y de forma segura su trabajo. También todos los miembros de la empresadebieran estar inmersos en un plan de formación continuada, básico para mantener actualizados los conocimientos y destrezas en el trabajo y favorecer el crecimiento intelectual que las personas y las organizaciones necesitan.

Cabe reseñar que el grado de efectividad de las medidas operativas es variable de tal forma, que se puede afirmar que la Prevención siempre resulta más efectiva que la Protección, como también son más efectivas todas las medidas que se hayan aplicado enla fase de concepción y diseño, frente a las medidas de corrección de situaciones deficientes, ya que además en estas últimas el coste económico de las correcciones sueleser mayor.

ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD EN LA EMPRESA

Gestión de prevención de riesgos

La entrada en vigor de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y reglamentos que la desarrollan ha supuesto una modificación importante de la concepción de la Prevención en España. A partir de este momento, la Prevención se integra en los sistemasde gestión empresarial lo que queda constatado en el artículo 1 del Reglamento de los Servicios de Prevención, Real Decreto 39/1997, al indicar "... La prevención de riesgos laborales, como actuación a desarrollar en el seno de la empresa, deberá integrarse en el conjunto de sus actividades y decisiones, tanto en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones en que éste se preste, como en la línea jerárquica de la empresa, incluidos todos los niveles de la misma ..."
La nueva óptica de la prevención se articula en torno a la planificación de la mismaa partir de la evaluación inicial de los riesgos inherentes al trabajo y la consiguiente

adopción de las medidas adecuadas a la naturaleza de los riesgos detectados. La evaluación de los riesgos es el punto de partida para conducir a la actividad preventiva necesaria a través de alguna de las modalidades de organización establecidas,

Según lo establecido en los artículos 14 y 15 de la Ley de Prevención, el empresario tiene el deber de desarrollar una política eficaz de prevención en la empresa, que se debeconcretarse en un sistema de prevención. Los elementos básicos del cualquier sistema preventivo son:

- Identificación de los riesgos laborales de los puestos de trabajo
- Evaluación de los riesgos
- Adopción de las medidas correctoras
- Implantación de dichas medidas
- Vigilancia y control del cumplimiento del sistema preventivo

La empresa, como sistema de organización de la misma, puede implantar un sistema de gestión de la prevención que incluya los elementos anteriores. Este sistema de gestión suele estructurarse en cuatro etapas:

- *Planificación*

Se definirían los objetivos de prevención, los responsables de cumplirlos y los recursos para poder conseguirlos

- *Organización*

Debería definirse la modalidad adoptada por la empresa para desarrollar la acción preventiva, asignarse las funciones de las diferentes áreas de la empresa yelaborar procedimientos de trabajo. En esta etapa, debería elaborarse un Manual de Prevención y establecerse los mecanismos necesarios para gestionar ladocumentación en materia de prevención

- *Ejecución*

Esta es la fase de puesta en marcha de las dos anteriores etapas

- *Control*

Debería comprobarse que el sistema de gestión es eficaz mediante controles, inspecciones y auditorias.

Organización de la prevención

Para desarrollar las actividades preventivas emanadas de la Ley de Prevención y sus reglamentos, el empresario debe elegir alguno de los sistemas organizativos preventivospropuestos:

- *Asumir personalmente la actividad preventiva*

Este modelo organizativo puede elegirse cuando la empresa tenga menos de 6 trabajadores y las actividades de la empresa no sean alguna de las incluidas en elAnexo I del Reglamento de los Servicios de Prevención. Además para elegir estamodalidad, el empresario debe desarrollar habitualmente la actividad en la empresa y tener capacidad suficiente en las funciones preventivas que va a desarrollar.

• *Designación de trabajadores*

El empresario puede designar a alguno de sus trabajadores para desarrollar la actividad preventiva. Los trabajadores designados deben tener la capacidad suficiente y disponer del tiempo necesario para desarrollar las actividades preventivas encomendadas

• *Servicio de Prevención PROPIO (de la empresa)*

El empresario está obligado a constituir un servicio de prevención propio cuando su empresa cuente con mas de 500 trabajadores o más de 250 si las actividades de la empresa están incluidas en el citado Anexo I.

El Servicio de Prevención propio debe constituir una unidad organizativa especifica y estar integrado por personas propias, que dediquen de forma exclusiva su actividad a las tareas preventivas. Además, el Servicio de Prevención propio debe disponer al menos de dos de las especialidades preventivas existentes.

Aún teniendo Servicio de Prevención propio las empresas pueden concertar un Servicio de Prevención Ajeno en aquellas especialidades que no puedan cubrir.

• Servicio de Prevención AJENO (concertado con una entidad acreditada)

El empresario podrá recurrir a esta modalidad organizativa cuando:

• La designación de uno o más trabajadores sea insuficiente para el desarrollode las actividades preventivas

• No se haya constituido un servicio de prevención propio

• Se haya asumido parcialmente la actividad preventiva y para el resto deactividades se desee concertarlo con una entidad acreditada

Según establece la legislación vigente los Servicios de Prevención Ajenos deben estar acreditados por la Autoridad laboral.

Identificación y evaluación de riesgos. Medidas preventivas

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece, claramente, que la acción preventiva en la empresa debe ser planificada por parte del empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores. A partir de ese momento, la evaluación de los riesgos se convierte en un instrumento de fundamental importancia con el que van a poder contar los empresarios, para poder cumplir el objetivo fundamental que persigue la Ley de Prevención de Riesgos Laborales que, en resumidas cuentas, no es otro que eliminar, reducir o controlar los riesgos para la seguridad y salud de sus trabajadores.

Como consecuencia de ello se debe considerar a la evaluación de los riesgos no como un fin en sí mismo o como una mera imposición burocrática, sino como un medio o una herramienta, que va a permitir a la empresa tomar una decisión apropiada sobre la necesidad o no de tomar medidas preventivas.

La identificación de riesgos de los puestos de trabajo, que por sí misma proporciona

una importante información para determinar las actuaciones preventivas a seguir dentro de la empresa, constituye una tarea previa a la evaluación.

El riesgo existente en cualquier actividad laboral es consecuencia de la propia actividad o tarea que desarrolla el trabajador, de las características de la instalación y ambiente o entorno de trabajo donde se desarrolla la actividad, de las características personales del trabajador y de cómo está organizado el trabajo. Por ello puede decirse que el riesgo es función de cuatro grupos de factores causales: agentes materiales, entorno ambiental, características personales y organización del trabajo.

Riesgo MUY LEVE: Nivel de riesgo para el que no se requiere acción especifica.

Riesgo LEVE: No se necesita mejorar la acción preventiva. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control

Riesgo Moderado: Nivel de riesgo que indica la necesidad de hacer esfuerzos para reducir el riesgo. Las medidas de control para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado.

Riesgo GRAVE: Nivel de riesgo que exige no comenzar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo detectado. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.

Riesgo MUY GRAVE: Nivel de riesgo que exige no comenzar ni continuar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo detectado. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

La evaluación de riesgos deberá realizarse mediante la intervención de personal competente según lo establecido en el articulo 4 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Una vez realizada la evaluación de riesgos, deben adoptarse las medidas necesarias para reducir el nivel de riesgo detectado. Debe elegirse la medida que solucione el problema planteado: sustituir un equipo por otro, mejorar el método de trabajo, señalización, formación, etc. Es de mucha ayuda para adoptar medidas de prevención eficaces apoyarse en las normas legales y técnicas existentes en la materia.

Elegidas las medidas preventivas adecuadas, es recomendable establecer un procedimiento especifico o plan de trabajo para llevarlas a la práctica. A tal efecto es aconsejable seguir la siguiente secuencia de acciones:

- Definir y asignar responsabilidades y funciones
- Establecimiento de criterios para aplicar las medidas preventivas
- Asignación de medios y recursos.
- Control y seguimiento de las actuaciones.

Planificación de la actividad preventiva

Después de la evaluación de riegos deberá establecerse un programa de actividades preventivas a desarrollar, estableciendo prioridades en dichas acciones atendiendo a la intervención inmediata para los riesgos graves o que se puedan prevenir fácilmente.

Las etapas que se siguen en la planificación de las actividades preventivas, pueden estructurarse de forma general, según el siguiente esquema:

a) Declaración de principios

Cualquier actividad preventiva estará determinada en gran medida por las actitudesque presenten los diferentes estamentos de la empresa. Por ello es importante que

la Dirección sea la primera en mostrar su interés en que la Prevención de riesgos se integre en todos los procesos de la misma, estableciendo una política de prevención, asignando las responsabilidades correspondientes.

b) Análisis de la situación inicial

El paso siguiente es conocer la situación de partida, la realidad de la empresa en ese momento en materia de prevención, lo que sin duda se puede deducir de la evaluación inicial de riesgos llevada a acabo.

c) Establecimiento de objetivos

Los objetivos en materia de prevención no difieren de cualquier otro que se defina en la empresa. Estos objetivos deberán establecerse a corto-medio plazo, que sean medibles y concretos, consensuados entre las diferentes partes integrantes de la empresa y teniendo en cuenta las necesidades y medios técnicos y humanos disponibles para alcanzarlos.

d) Plan de actuación

Es el momento de ponerse en marcha estableciendo el plan de actuación a seguir. Para ello podrán establecerse programas concretos tales como el mantenimiento preventivo, la investigación de accidentes, la formación e información de los trabajadores, la implantación de métodos de trabajo, etc.

e) Seguimiento y control de resultados

Ninguna planificación, sea del tipo que sea, tendría valor si no se llevara un seguimiento y control de dicha planificación, a fin de conocer el grado de cumplimiento de la misma.

Información y formación de los trabajadores en prevención de riesgos

La Ley de Prevención establece que el empresario debe adoptar medidas adecuadas para que los trabajadores reciban la información necesaria en materia de:

- los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo que afecten a la empresa en su conjunto y a cada tipo de puesto de trabajo
- las medidas de protección y prevención aplicables
- el plan de medidas de emergencia

Directamente relacionado con el derecho de información, el articulo 19 de la Ley establece la necesidad de la formación de los trabajadores, en los siguientes términos:

- formación teórico-práctica adecuada y suficiente
- debe darse tanto en el momento del inicio de la relación laboral como cuando se produzcan variaciones en las funciones, pudiéndo ser periódica si fuera necesario
- concreta del puesto de trabajo
- el tiempo invertido en la formación será por cuenta del empresario
- se impartirá en la propia empresa o contando con servicios ajenos



La formación en Prevención de riesgos ayuda a que los trabajadores adquieran destrezas, hábitos y actitudes positivas, así como a corregir actitudes negativas, con lo que en definitiva se consigue la implantación de una cultura prevencionista en la empresa que posibilita la mejora de la calidad del trabajo.

Con respecto a la formación de las personas que se encargan de la Prevención, la Ley exige obligatoriamente poseer una formación adecuada según las funciones preventivas a desarrollar en la empresa. La acreditación de esta capacidad se consigue mediante el desarrollo de unos cursos formativos en tres niveles de funciones, que están recogidos en los Anexos III, IV y V del Reglamento de los Servicios de Prevención.
Según las funciones preventivas a desarrollar, se establecen tres niveles de formación: nivel básico, intermedio y superior.

- Formación mínima necesaria para desempeñar las funciones de nivel básico: 30 horas o 50 horas si la actividad de la empresa está incluida en el Anexo I del Reglamento.
- Formación mínima necesaria para desempeñar las funciones de nivel intermedio: 300 horas.
- Formación mínima necesaria para desempeñar las funciones de nivel superior: 600 horas y titulación universitaria.

Registro y documentación de las actividades preventivas

Una de las obligaciones que establece la Ley de Prevención es la de documentar las actividades preventivas que se realicen en la empresa quedando a disposición de la Autoridad laboral, en cualquier momento que ésta lo solicite. La documentación que debe mantenerse es la siguiente:

- Evaluación de riesgos y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y de prevención a adoptar y material que, en su caso, debautilizarse.

- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores, que deba realizarse como consecuencia de las evaluaciones efectuadas.
- Controles de salud efectuados.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

Toda esta documentación debe ser convenientemente conservada debiendo quedara disposición de la Autoridad laboral, Autoridades Sanitarias y Delegados de Prevención (éstos con las restricciones impuestas por la ley).

Además de esta documentación, es recomendable conservar aquella otrarelacionada con la Prevención de riesgos que se utilice de forma habitual dentro de la empresa, tal como procedimientos de trabajo seguros, fichas de materiales de seguridad,catalogo de EPPS, etc.

La duración en el tiempo de los archivos viene definida, en particular, según las siguientes leyes:

- Orden Ministerial 31-10-84 relativa a trabajos con amianto
- Orden Ministerial 09-04-86 relativa al Cloruro de vinilo
- Orden Ministerial 09-04-86 relativa al plomo
- Real Decreto 1316/1989 relativa al ruido
- Real Decreto 53/1992 sobre radiaciones ionizantes

Participación de los trabajadores

La participación de los trabajadores en las acciones preventivas que se lleven a caboen el seno de la empresa se canaliza, habitualmente, a través de los delegados de prevención o del comité de Seguridad y Salud

Como se ha indicado, esta participación de los trabajadores está regulada en la Ley de Prevención de Riesgos en sus artículos 35 y 36. Los delegados de prevención tienen las siguientes competencias y funciones:

- Colaborar con la dirección de la empresa en la mejora de las condiciones de trabajo.
- Promover y fomentar la cooperación de los trabajadores en esta materia.
- Ser consultados por el empresario, entre otros aspectos, sobre planificación, organización, desarrollo de actividades preventivas y designación de trabajadorespara las medidas de emergencia.
- Ejercer una labor de vigilancia y control de la reglamentación en materia de Seguridad y Salud.
- Acompañar a los técnicos en la evaluación de riesgos.
- Tener acceso a la información en materia de Seguridad y Salud, exceptuando losdatos médicos y cualquier otra información de carácter personal y confidencial.
- Recibir información sobre actividades preventivas.
- Realizar visitas a los centros de trabajo para conocer las condiciones de trabajo.

Existe obligación legal de constituir un Comité de Seguridad y Salud en aquellas empresas o centros de trabajo con más de 50 trabajadores. Toda las consultas y la participación de los trabajadores puede canalizarse también a través de esta vía.

Son competencias de este Comité de Seguridad y Salud, entre otras, las siguientes:

- Participar en la elaboración y puesta en marcha de los planes y programas de prevención.
- Conocer la situación de la empresa en materia de prevención, así como la información generada en esta materia.
- Conocer y analizar los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- Conocer e informar la memoria y programación anual del Servicio de Prevención.

BIBLIOGRAFÍA

HIGIENE INDUSTRIAL

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist): Industrial Ventilación. Editorial Generalitat Valenciana 1993.

Albesa, A.: "Introducción a la Higiene Industrial"

Alday E. y otros: Toxicología Laboral Básica. INSHT. Madrid (1989)

Ambrosiani, J.A., Bahima, J.F., Bartual, J., Bernaola, M., Bilbao, J., Castejón, E., yotros: Higiene Industrial Básica. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Editorial INSHT (Madrid).

Bartual, J., Castejón, E., Gadea E., Guardino, X., Guasch, J., Hernández, A., Luna,
P. y Obiols, J.: Higiene Industrial. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. EditorialINSHT (Madrid) 1994.

Casarett, L. y Doull J.: Toxicology. The basic science of poisons. 3rd de. MacMillan Pub. New York. 1986.

Clayton J. D. y Clayton F.E.: Patty¢s Industrial Hygiene and Toxicology. Interscience.New York. 1981.

Constans, A: Exposición a agentes biologicos: Seguridad y buenas practicas de laboratorio. NTP 376. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.Madrid 1995.*

Cortes, J. M.ª: Técnicas de Prevención de riesgos Laborales. Editorial Tebas Flores 1996.

De la Poza, J.M.: "Seguridad e Higiene Profesional" Editorial Paraninfo, Madrid 1990.

Fernández J.G.: "Fundamentos de Higiene Industrial Moderna" Editorial Mutua MADIN 1983.

Flores, P.: Manual de acústica, ruido y vibraciones. Editorial BYC, Barcelona 1990.

Gadea, E.- Seguridad en el laboratorio: gestión de residuos toxicos y peligrosos en pequeñas cantidades.NTP 359. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en*

el Trabajo.Madrid 1994.

Gallardo, E. y otros: "Radiaciones ionizantes. Prevención de riesgos", INSHT, Madrid. 1981.

Garrido M. y Pérez P.: El trabajo en ambientes con sobrecarga térmica. Editorial INSHT (Barcelona).

Gestal S. J.: Riesgos del trabajo del personal sanitario, 2ª edición. Madrid
Interamericana/McGraw, 1993

Gómez, CT.; López, L.; Beneitez, A.; Hernando, J.R.; Velasco, J.; Arriaga, I.; Martinez, J. y Vergara, V.: Manual de prevención de riesgos laborales. Cap XIX. Ed. CISS. Valencia 1995.

González, E.: Legislación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo. Editorial Tecnos, Madrid. 1993.

González, E., Ugarte, C. y Tejedor, J.N.: Toxicocinética aplicada a la Higiene Industrial. Editorial INSHT. Madrid. 1998

Guasch, J.: Higiene Industrial. INSHT, Barcelona. 1994.

Harris, M.C.: Manual para el control del ruido. Editorial IEAL Madrid, 1997.

Hernández, A.- Contaminantes biológicos: criterios de valoración. NTP 409-1996.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid 1996.

Hernández, A. y Luna, P.: Cabinas de Seguridad Biológica. NTP 233. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1989.

Hernández, A. y Martí, M.ª C.: Contaminantes biológicos: evaluación de ambientes laborales. NTP, 203: 1-8. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid. 1988.*

INSHT: Métodos de toma de muestras y análisis. (1993) Editorial INSHT (Madrid).

Laborda R. y Velasco J.: 1993. Valoración higiénica de contaminantes químicos en el ambiente laboral, edita Asociación para la Prevención de accidentes APA, San Sebastián 1996.

Lehninger A.L.: 1979. Bioquímica. 2ª edición Editorial Omega. Barcelona.

Leidel, N.A., Busch, K.A. y Lynch, J.R.: Occupational exposure sampling strategy manual. NIOSH. Cincinnati. Ohio (1997).

López, G.: El ruido en el lugar de trabajo. INSHT, Madrid. 1992.

Manual de Fundamentos de la Higiene Industrial: Consejo Interamericano de Seguridad (CIAS). 1981.

Manual de Higiene Industrial: Fundación Mapfre. Editorial MAPFRE Madrid, 1991.

Martí A.: Aspectos analíticos en la toma de muestras, transporte y conservación. Editorial INSHT. Madrid 1983.

Martí, A., Bartual, J., Berenguer, M.J., Freixa, A. y otros: Análisis de contaminantesquímicos en el aire. Editorial INSHT. Barcelona. 1992.