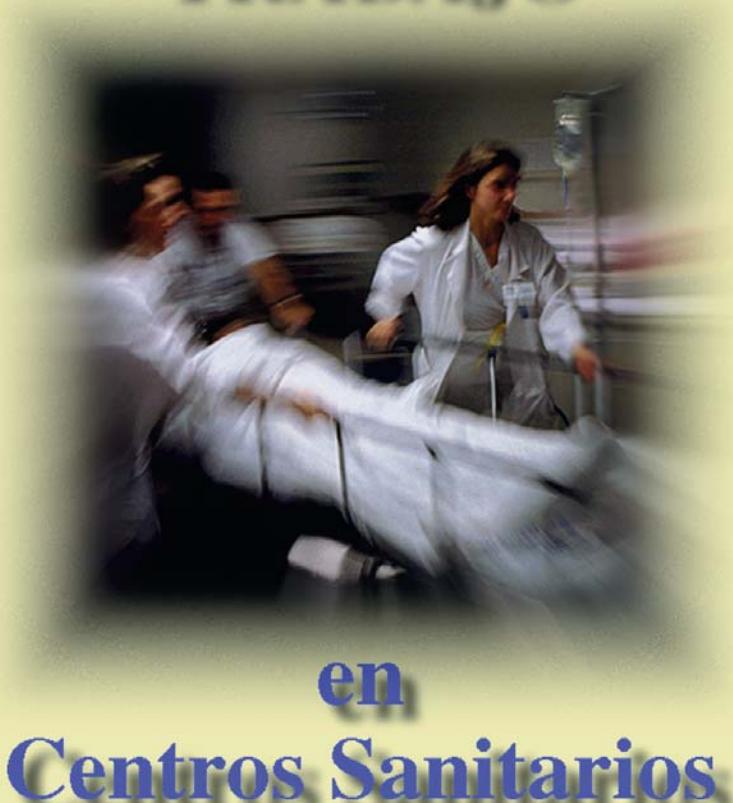


# CONDICIONES de TRABAJO



en  
**Centros Sanitarios**



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

2<sup>a</sup> Edición

**CONDICIONES DE TRABAJO  
EN  
CENTRO SANITARIOS**



# **CONDICIONES DE TRABAJO**

**EN**

# **CENTROS SANITARIOS**

**Coordinadores**

Ana Hernández Calleja

Xavier Guardino Solá

*Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSHT*

**Autores**

M<sup>a</sup> Isabel de Arquer Pulgar

Enrique Gadea Carrera

Xavier Guardino Solá

Ana Hernández Calleja

Pablo Luna Mendaza

M<sup>a</sup> Carme Martí Solé

Félix Martín Daza

Clotilde Nogareda Cuixart

Silvia Nogareda Cuixart

Tomás Piqué Ardanuy

M. Gracia Rosell Farrás

M. Dolores Solé Gómez

*Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSHT*

Carlos Heras Cobo

*Jefe del servicio de Prevención de Riesgos Laborales  
Diputación General de Aragón*

José D. Caballero Klink

*Consejería de Industria y Trabajo  
Junta de Comunidades Castilla - La Mancha*

**Diseño de la cubierta:**

Guillem Latorre Alcoverro

*Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSHT*

**Dibujos:**

Enric Mitjans Talón

*Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSHT*

**Edita:**

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

**Composición e impresión:**

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - BARCELONA

## **PRESENTACIÓN**

*Health Care for Health Care Workers: El cuidado de la salud de los trabajadores que cuidan de la salud. Parece que debería ser un problema ya solucionado, pero no es así, existiendo conciencia de esta problemática desde hace ya algunos años. En un informe de la OMS publicado en 1983 -Occupational Hazards in Hospitals. Report in a WHO Meeting. The Hague, oct. 1981. WHO, Copenhagen, 1983- se indicaba que la salud, la seguridad y las condiciones de trabajo en el ámbito sanitario de la mayor parte de países se hallaban lejos de encontrarse en una buena situación.*

*España, según este informe, no era una excepción. La salud laboral no se introdujo en los hospitales españoles hasta 1973, cuando en algunos centros se responsabilizó de este tema a los servicios de medicina preventiva propios. Estos servicios llevaban a cabo campañas de protección de la salud laboral, establecían las bases para iniciar controles ambientales, desarrollaban programas para el control de infecciones hospitalarias y recogían información epidemiológica del centro sanitario y su área de influencia. Sin embargo, su trabajo, según el citado informe, estaba dificultado por la falta de programas de actuación adecuados, de información sobre riesgos no biológicos, de poder ejecutivo y, a modo de resumen, de interés por parte del estamento médico en su conjunto.*

*La situación actual ha cambiado. Ha mejorado manifiestamente el control de los riesgos biológicos mediante profilaxis, inmunización activa y desarrollo de protocolos de actuación específicos para control del riesgo, se han establecido procedimientos de gestión de residuos sanitarios y, en su conjunto, existe una mayor concienciación frente a la eliminación o reducción de este tipo de riesgos, a la cual no ha sido ajena la aparición del síndrome de la inmunodeficiencia humana adquirida, de los nuevos virus emergentes o de los agentes transmisibles no convencionales.*

*Los riesgos de tipo físico y químico también se pueden considerar que son objeto de un mayor control y reducción. La introducción de nuevas tecnologías para el*

*diagnóstico, basadas en nuevas formas de energía, han venido acompañadas de severas medidas de control equiparables a las tomadas tradicionalmente frente a las radiaciones ionizantes, mientras que los procesos que implican la utilización de productos químicos, que pueden afectar a los trabajadores, también van siendo, paulatinamente, objeto de control. Son ejemplos de ello: la reducción de gases anestésicos residuales, el control y reducción en la utilización del óxido de etileno en esterilización, los procedimientos para la manipulación y eliminación segura de citostáticos y los programas de gestión de residuos químicos desarrollados en muchos hospitales españoles en el transcurso de estos últimos años.*

*También los aspectos relacionados con la carga física, la carga mental, la turnicidad, las jornadas extremadamente largas o el trabajo nocturno han sido estudiados y, en función de los resultados obtenidos, se han propuesto mejoras operativas. Consultar a un ergólogo el diseño de un puesto o un área de trabajo sanitaria, ya no es hoy en día una opción surrealista.*

*La entrada en vigor de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales ha actuado muy positivamente en este desarrollo, especialmente en lo que se refiere a la dotación y organización de los Servicios de Prevención y a la realización de evaluaciones de riesgos.*

*A esta mejora ha contribuido también de alguna manera el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo que, desde la década de los ochenta, ha dedicado una parte de su actividad, en el campo del estudio, la investigación y la asistencia técnica, a la protección de la salud de los que velan por nuestra salud, como se indicaba al principio de esta presentación. Fruto de esta dedicación han sido los artículos científicos, monografías y otras publicaciones, así como las actividades formativas y de divulgación que viene realizando el Instituto.*

*Este texto pretende ser una modesta y ordenada recopilación de la información y experiencia acumulada durante estos años de trabajo. El elevado número de autores del libro es una prueba de la amplitud e intensidad con la que el Instituto se ha dedicado a la tarea.*

*El libro está ordenado temáticamente, siguiendo las agrupaciones tradicionales en el campo de la prevención de los riesgos laborales, incluyendo una serie de anexos de tipo práctico e informativo. Evidentemente, no se tratan los temas con la profundidad necesaria para llegar al fondo de los mismos, pero sí con la especialización que la experiencia mencionada ha permitido.*

*Es de esperar que el texto que el lector tiene en sus manos sea de gran utilidad para el conjunto humano del que, de alguna manera, depende nuestra salud: los profesionales sanitarios.*

***Leodegario Fernández Sánchez***

*Director del INSHT*

## ÍNDICE

1 GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN EN CENTROS SANITARIOS: CONCEPTOS BÁSICOS .....	1
2 CONTAMINANTES QUÍMICOS. ASPECTOS GENERALES .....	21
3 GASES ANESTÉSICOS .....	49
4 GASES ESTERILIZANTES. ÓXIDO DE ETILENO .....	61
5 COMPUESTOS CITOSTÁTICOS .....	85
6 DESINFECTANTES .....	103
7 RADIACIONES NO IONIZANTES .....	123
8 RADIACIONES IONIZANTES .....	155
9 AGENTES BIOLÓGICOS .....	185
10 INFECCIONES NOSOCOMIALES .....	211
11 GESTIÓN DE RESIDUOS SANITARIOS .....	223
12 ERGONOMÍA .....	243
13 CARGA DE TRABAJO .....	285
14 ASPECTOS PSICOSOCIALES DEL TRABAJO .....	313
15 ASPECTOS GENERALES DE LA SEGURIDAD EN CENTROS SANITARIOS .....	333

16	RIESGO ELÉCTRICO. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN CENTROS SANITARIOS .....	343
17	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS .....	355
18	PLAN DE EMERGENCIA .....	387
19	MEDICINA DEL TRABAJO .....	403
	BIBLIOGRAFÍA .....	419

## ANEXOS

1	Identificación del riesgo químico .....	433
2	Vitrinas de laboratorio .....	445
3	Emergencias químicas .....	449
4	Accidentes químicos y primeros auxilios .....	455
5	Almacenamiento de productos químicos .....	459
6	Clasificación de los agentes biológicos en grupos de riesgo .....	461
7	Cabinas de seguridad biológica .....	469
8	Medidas y niveles de contención .....	475
9	Emergencias biológicas .....	479
10	Accidentes con riesgo biológico .....	483
11	Inmunización activa .....	489
12	Aislamiento .....	493
13	Medidas específicas en áreas de atención sanitaria.....	501
14	Medidas específicas. Laboratorios de microbiología .....	505
15	Instalaciones para animales de experimentación.....	511
16	Material que puede entrañar riesgos .....	513
17	Material de bioseguridad .....	517
18	Equipos de protección individual (EPI) .....	521

# 1

## **GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN EN CENTROS SANITARIOS: CONCEPTOS BÁSICOS**

### **INTRODUCCIÓN**

Los centros sanitarios, cuya función es velar por la salud de las personas y llevar a cabo todas las actuaciones necesarias para su recuperación en el caso de que aquella se pierda, son lugares donde tradicionalmente la salud laboral no ha sido especialmente considerada. Esta contradicción es debida, probablemente, al hecho de que en la cultura sanitaria asistencial se ha antepuesto permanentemente la curación y el cuidado del paciente a cualquier otro principio. El desinterés de los sanitarios por la preservación de su salud en el trabajo ha sido, hasta hace realmente muy poco tiempo, un ejemplo de contradicción.

A principios de los años setenta, los textos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) indicaban la preocupante situación que se vivía en la mayor parte de los hospitales españoles por la ausencia de servicios de prevención, que estaban, en el mejor de los casos, sustituidos de manera parcial por los de medicina preventiva. Tan sólo aspectos preventivos reglamentados desde hace años, como por ejemplo la exposición a radiaciones ionizantes, podían considerarse atendidos, aunque con muchas lagunas estructurales y organizativas.

Actualmente, la situación se halla en plena fase de transformación y, aunque la evaluación de los riesgos en un hospital llevaría probablemente a la detección de muchas situaciones inseguras, también es cierto que se está mejorando constantemente. Por otro lado, la plena implantación de conceptos tales como las condiciones de trabajo, la ergonomía laboral, las cargas física y mental, ha añadido una nueva área de acción a las tradicionales ideas sobre higiene y seguridad en el trabajo. A las típicas acciones que se han de emprender para un adecuado control de los productos químicos, de la tecnología em-

pleada en diagnóstico, tanto la tradicional como las nuevas formas de energía, del riesgo biológico, de la protección contra incendios, de la gestión de los residuos sanitarios o del establecimiento de un plan de seguridad, emergencia y evacuación, deben añadirse los aspectos organizativos y psicosociales especialmente importantes en organizaciones complejas y de servicios, como es el área sanitaria.

Como consecuencia de la publicación de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, que establece la necesidad de una serie de acciones de carácter organizativo y preventivo, como son la creación de un servicio de prevención, la necesidad de efectuar una evaluación de los riesgos existentes por parte del empresario o la implicación formal de la estructura jerárquica del hospital en la prevención de riesgos, se hace necesario efectuar una profunda revisión de las bases en las que se asientan los actuales criterios de organización de la prevención de la salud de los trabajadores sanitarios.

Dada esta situación, probablemente sea el área sanitaria un buen campo de pruebas para intentar la sustitución del antiguo concepto de seguridad (basado en la creencia de que los accidentes son inevitables y producto de la mala suerte, los trabajadores se accidentan porque no prestan la suficiente atención y la seguridad (del trabajador sanitario) cuesta dinero), por uno más actualizado, en el que se considera que los accidentes no son producto de la mala suerte, sino que éstos ocurren porque existen unas causas de origen técnico y organizativo, que, si los trabajadores se accidentan, es porque no están suficientemente formados e informados y que la inversión en seguridad es rentable para el hospital y la sanidad en general.

A consecuencia de esta transformación, la idea de que la seguridad es una prestación social más del hospital se debería ir abandonando y cambiando por la idea de que la seguridad es una herramienta de gestión que aumenta la calidad del trabajo y la de la relación del trabajador con el usuario y disminuye los costes, ya que son los accidentes los que cuestan dinero al hospital.

A modo de resumen, se podría decir que la expresión inglesa *health care for health care workers*, que se traduciría libremente por “el cuidado de la salud de los que cuidan de nuestra salud”, es y deberá ser cada vez más habitual en el moderno léxico prevencionista en el ámbito sanitario.

## SALUD Y TRABAJO

El ser humano se halla inmerso en un medio con el que se relaciona permanentemente, el medio ambiente. Un primer concepto de salud ya se puede establecer a partir de la idea de una buena relación hombre-medio ambiente. Cuando las condiciones ambientales cambian, el individuo que se halla en este medio sufre un proceso de adaptación a las nuevas condiciones. La antropología proporciona muchos ejemplos de la adaptación del ser humano al medio.

Sin embargo, si las condiciones ambientales cambian mucho o muy rápidamente, el hombre no tiene suficiente capacidad de adaptación y su salud se puede deteriorar.

Al trasladar este planteamiento al mundo del trabajo, ocurre que el hombre adulto pasa, por término medio, alrededor de un 15% o un 20% de su tiempo en el medio ambiente de trabajo, pudiéndose considerar éste como una parte del medio ambiente general. Según el concepto de salud que se acaba de exponer, la interrelación del individuo con el medio ambiente laboral definirá la idea de salud laboral. Un hospital sin contaminación, con instalaciones, instrumental y máquinas seguras, con una adecuada organización, con una carga de trabajo física y mental soportable y con unos puestos de trabajo adecuados a las personas que los ocupan, presentará una situación de buena salud laboral que, a su vez, repercutirá en la mejora de la calidad en la atención a sus usuarios.

Desde el punto de vista de la medicina como actividad profesional, se suelen establecer tres definiciones de salud: *somático-fisiológica*, ausencia de enfermedad, sensación de bienestar; *psíquica*, estrecha interrelación entre cuerpo y espíritu; y *sanitaria*, preservación, mantenimiento o recuperación de la salud, no solamente la individual, sino también la colectiva. Es evidente que es la última de ellas la que permite un enfoque positivista de la salud, basada en criterios de prevención y no solamente de curación.

Como “prevención” se entiende el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de la actividad del hospital con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo. Los riesgos del trabajo o laborales se definen como la posibilidad (probabilidad) de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo; para su calificación, desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo (definiciones contenidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales).

También se debe hacer referencia a la ampliamente conocida definición de salud de la OMS: salud es el estado de bienestar físico, mental y social completo y no meramente la ausencia de enfermedad. De la definición cabe destacar dos aspectos: su positividad, no mirando la salud desde el punto de vista de la enfermedad, y su universalidad, ya que cubre los tres aspectos: el físico, el mental y el social.

Desde este punto de vista, se debe considerar la salud como un proceso de desarrollo, como algo que se puede perder o lograr y que no es fruto del azar sino de las condiciones que rodean a las personas. A modo de resumen, se puede establecer que: la salud es un derecho; existen diferentes concepciones de salud, siendo muchas veces difícil establecer la frontera entre salud y enfermedad; es rentable invertir en actividades preventivas; y la salud se debe preservar siempre, por lo que nunca se deben aceptar compensaciones económicas.

micas a cambio de trabajos que impliquen manifiestamente un riesgo que se pueda eliminar o reducir.

## **DAÑO A LA SALUD. ACCIDENTE Y ENFERMEDAD PROFESIONAL**

Los cambios medioambientales que pueden afectar la salud tienen diferentes características: mecánicas, físicas, químicas, biológicas, psíquicas y sociales. Son estos cambios los que afectarán la salud del trabajador sanitario, modificando su equilibrio físico, mental y social. Describiendo las condiciones de trabajo como el conjunto de variables que definen la realización de una tarea concreta y el entorno en que se realiza, ocurrirá que estas relaciones de trabajo expresarán las relaciones del trabajador con su medio ambiente de trabajo.

Dentro de los daños para la salud causados por el trabajo, en realidad por unas malas condiciones de trabajo, se hallan las lesiones producidas por los accidentes y las enfermedades profesionales. Los accidentes son los indicadores más inmediatos de la calidad de las condiciones de trabajo. Un aumento en su número en un hospital es un indicador de un empeoramiento de las condiciones de trabajo. En cuanto a las enfermedades del trabajo o profesionales, su conocimiento, estudio y control son mucho más complicados debido a la interacción que presentan con las llamadas enfermedades comunes, siendo muchas veces imposible su diagnóstico diferencial.

### **Accidentes de trabajo**

El accidente de trabajo o laboral se define desde el punto de vista técnico como un suceso anormal, no querido ni deseado, que se presenta de forma brusca e inesperada, aunque normalmente evitable, que interrumpe la normal continuidad del trabajo y que causa lesión a las personas. Cuando este suceso ocurre, pero las personas no sufren lesiones, se conoce como “accidente blanco” o “incidente”. Los accidentes de trabajo representan para la sociedad, aparte de las consideraciones de tipo moral y afectivo, un coste muy importante, tanto desde el punto de vista de su aseguramiento y sus costes directos como por los costes indirectos, que son difíciles de evaluar pero que se sabe son superiores a los directos en un factor igual o superior a 5.

Respecto a los accidentes cabe hacer dos consideraciones: en primer lugar, los accidentes tienen una o varias causas, ya sean próximas o lejanas, que suelen ser fácilmente detectables por poco que se analicen las secuencias que los han producido. Suelen confluir normalmente tanto causas técnicas como organizativas. En segundo lugar, los accidentes son siempre evitables. No existe la fatalidad como causa de los mismos. Lo que ocurre es que, dado que se presentan de forma inesperada (si no fuera así ya no sería un accidente), se asocian normalmente con algo inevitable.

Desde el punto de vista legal, en el artículo 115 de la Ley General de la Seguridad Social se define el accidente de trabajo como “toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena”. Esta definición 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, los llamados *in itinere*. Esta definición legal de accidente deja fuera de consideración los accidentes blancos o incidentes, cuyo estudio es fundamental desde el punto de vista preventivo, ya que en un gran número de casos permitirá identificar las causas que pueden ser, en otras circunstancias, el origen de un accidente.

Desde el punto de vista preventivo un accidente laboral es siempre un fracaso. Su estudio y valoración es tan sólo una herramienta para que, a partir de la información obtenida, se puedan prevenir otros.

### **Enfermedades profesionales**

Desde un 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, sean éstas producidas por el ambiente en que se desarrolla el trabajo o por la forma en que está organizado. Desde el punto de vista legal, la Ley General de la Seguridad Social en su artículo 116 define la enfermedad profesional como “toda aquella contraída a consecuencia del trabajo ejecutado por cuenta ajena, en las actividades especificadas en el cuadro que se aprueba por las disposiciones de aplicación y desarrollo de la Ley, y que esté provocada por la acción de los elementos o substancias que en dicho cuadro se indique para toda enfermedad profesional”. Las enfermedades contraídas por el trabajador como consecuencia del trabajo y que no estén contempladas como enfermedades profesionales serán consideradas como accidentes de trabajo.

Así como en el accidente de trabajo es fácil demostrar que éste se ha producido en el desempeño del trabajo y que, como mínimo, existen unas causas inmediatas del mismo, no es tan fácil probar el origen laboral de las enfermedades profesionales, estén o no clasificadas legalmente como tales. En la mayor parte de países existe conciencia de que un gran número de enfermedades profesionales no son detectadas como tales y son tratadas como comunes. España y el ámbito sanitario por supuesto, no son una excepción en este caso.

El lento y progresivo deterioro de la salud, como se ha definido la enfermedad profesional desde el punto de vista técnico, hace que los efectos externos de la misma, que acabarán definiendo la enfermedad, puedan tardar muchos años en aparecer después de una exposición larga y continuada a unos agentes peligrosos. La aparición de una enfermedad es también señal de un fracaso desde el punto de vista preventivo y quizás aún más en el ámbito sanitario, especializado en el mantenimiento y la recuperación de la salud de sus usuarios.

La similitud entre accidente de trabajo y enfermedad profesional radica en la consecuencia final, el daño a la salud. La diferencia, en el tiempo durante el cual transcurre la acción causante del daño. Como se acaba de comentar, en la enfermedad el tiempo es importante, ya que, junto con la concentración, cantidad o energía del agente contaminante, configura la exposición al mismo (dosis). En cambio, en el caso del accidente, el tiempo es irrelevante, ya que no influye en el efecto causado, que aparece de manera instantánea en el momento del accidente.

Para poder analizar mejor los diferentes factores que hacen que se produzca una enfermedad profesional o que se desencadene o agrave una enfermedad común, se agrupan en cinco apartados: la concentración o cantidad del agente contaminante presente en el medio ambiente de trabajo; el tiempo de exposición; la presencia de varios agentes contaminantes al mismo tiempo; las características individuales del trabajador; y la relatividad del concepto de salud.

### Otras patologías derivadas del trabajo

Las lesiones debidas a los accidentes y las enfermedades profesionales son efectos negativos del trabajo sobre la salud, pero limitar la prevención solamente a la lucha contra accidentes y enfermedades, al menos tal como están definidos legalmente, supone volver al concepto de salud como ausencia de daño o enfermedad. Para plantear la labor preventiva de forma que sea una manera real y efectiva de mantener y mejorar la salud en el trabajo en el ámbito sanitario se deben tener en cuenta tres aspectos:

- La concepción legal de enfermedad profesional no se corresponde con la realidad, ya que es manifiesto que hay enfermedades que afectan la salud física del trabajador y que no se contemplan como profesionales.
- Es evidente que existen agresiones en el trabajo que pueden ocasionar trastornos que, aun sin ser de naturaleza física, pueden causar daño al trabajador. Este daño puede materializarse como una dolencia tanto de tipo somático como psicosomático, pero también puede tratarse de alteraciones de la salud perniciosas para el equilibrio mental y social, sin llegar a ser clasificables como enfermedades en el sentido más clásico del término.
- Si se enfoca el concepto de salud desde la perspectiva positivista, también habrá que considerar aquellos aspectos positivos del trabajo que acerquen a la situación del estado de bienestar que es la salud. Ello implica que no sólo hay que evitar los efectos negativos del trabajo sobre la salud sino también potenciar los efectos positivos. Desde este punto de vista, aquellas situaciones de trabajo en las que no se consideren o favorezcan los efectos positivos sobre la salud, también deberán considerarse como situaciones negativas.

La carga física, la carga mental y el diseño del puesto de trabajo son los factores más significativos que pueden afectar la salud en el ámbito sanitario.

Otros factores, relacionados con la organización, también en el ámbito sanitario, son los siguientes: la jornada de trabajo (turnicidad y larga duración), el ritmo de trabajo, las nuevas tecnologías, la comunicación; el estilo de mando, la participación, la identificación con la tarea, la autonomía, y la estabilidad en el empleo.

## RIESGO Y FACTORES DE RIESGO

El riesgo es un concepto que se utiliza continuamente, asociándolo a la idea de la probabilidad de que ocurra algo dañino o no deseado. Es un aspecto esencial en muchas actividades: en el juego, las finanzas, los seguros, en la misma salud, se menciona continuamente el riesgo. Sin embargo, a pesar de su universalidad, es difícil obtener una definición de riesgo suficientemente clarificadora.

En el ámbito laboral, el riesgo se asocia al hecho de que, en determinadas circunstancias, pueden ocurrir sucesos no deseados. La utilización de la palabra “riesgo” es frecuentemente confusa, ya que se emplea indistintamente para referirse tanto a las circunstancias (variables que contribuyen a la producción de un suceso no deseado), como a las consecuencias de dicho suceso. Tampoco acudiendo a un diccionario se lograría aclarar la definición.

Como ya se ha comentado al hablar de las diferentes concepciones de salud, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales define los riesgos del trabajo o laborales como la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo y, para su calificación desde el punto de vista de la gravedad, indica que se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo. Para poder acudir a la definición más concreta de riesgo, con especial referencia a los aspectos cuantitativos, debe recurrirse antes a la definición de factor de riesgo.

Se entiende como tal todo objeto, substancia, forma de energía o característica de la organización del trabajo que puede contribuir a provocar un accidente de trabajo, agravar las consecuencias del mismo o provocar, aun a largo plazo, daños a la salud de los trabajadores. Se trata de algo material o inmaterial pero que es observable o real y, hasta cierto punto, cuantificable.

La idea de factor de riesgo como toda fuente de posible lesión o daño para la salud, lo aproxima al concepto de peligro, aunque éste último se asocia más a la idea de inminencia de daño. Los factores de riesgo se pueden agrupar en cuatro grupos:

- *Condiciones de seguridad:* objetos, instrumental, instalaciones o situaciones que pueden ocasionar sucesos que se producen bruscamente e implican una liberación rápida de energía, que puede ser mecánica, química, eléctrica, térmica, electromagnética, etc., causando un daño inmediato: el accidente.

- *Condiciones ambientales*: substancias, energías o materia viva dispersos en el ambiente en condiciones susceptibles de producir un daño en la salud, normalmente a largo plazo: las enfermedades profesionales.
- *Aspectos psicosociales*: factores de riesgo que tienen su origen en la organización del trabajo y del hospital.
- *Carga de trabajo*: aspectos físicos (carga física) y aspectos psíquicos (carga mental).

A ellos habría que añadir la importancia del diseño del puesto de trabajo (ergonomía), los efectos de la presencia de varios factores a la vez y del tiempo de exposición. Definido el concepto de factor de riesgo, se puede definir el riesgo como la magnitud del daño que un conjunto de factores de riesgo producirá en un período de tiempo dado.

## GESTIÓN DEL RIESGO

### Criterio de valoración

Para la prevención de los accidentes se suelen emplear medidas de tipo reglamentario, que están en gran parte agrupadas en lo que viene denominándose reglamentos de seguridad industrial y que van modificándose a medida que aumentan los conocimientos tecnológicos; se trata de disponer de máquinas, instrumentos e instalaciones seguras. Es evidente, también, que existen aspectos organizativos, psicológicos y de comportamiento que afectan la probabilidad de un accidente; por ello otro requerimiento será el de disponer de normas de procedimiento que garanticen que el trabajo se efectúa en unas condiciones en las que el riesgo de accidente sea mínimo.

Sin embargo, cuando se plantea la prevención de las enfermedades profesionales, el problema es más complicado. La experiencia demuestra que la exposición a factores de riesgo ambientales físicos, químicos o biológicos es un fenómeno complejo en el que intervienen muchas variables del propio individuo, del factor de riesgo y del proceso de exposición. Su estudio exhaustivo es complejo y, en muchos casos, irrealizable por falta de suficientes conocimientos. Ello implica necesariamente una simplificación del proceso de evaluación de la exposición, consistente en la estimación de la dosis recibida y la suposición de que el efecto que produce es proporcional a ésta.

Cuando se miden, por ejemplo, contaminantes químicos ambientales en un hospital, se obtienen unos valores numéricos que expresan las concentraciones presentes de aquéllos en el aire. Estos valores, por sí solos, no tienen una significación especial, sino que se necesita disponer de una referencia para poder estimar el riesgo para la salud. Lo mismo se puede decir de las energías o microorganismos presentes en el medio.

Veamos un ejemplo referido a contaminantes químicos. Se han realizado

mediciones de gases anestésicos en un quirófano y se han obtenido los siguientes resultados: óxido de dinitrógeno, 100 ppm; anestésico halogenado (halotano, isoflurano o desflurano), 100 ppm (ppm significa “partes por millón” e indica unidades de volumen del contaminante (gas o vapor) por millón de partes de aire). A primera vista, si no se conocen los efectos de estos contaminantes en el organismo, se podría pensar que el riesgo que presentan para la salud es del mismo orden. Nada más lejos de la realidad. La concentración del óxido de dinitrógeno se halla al nivel de los límites generalmente recomendados (50-100 ppm), mientras que la del anestésico halogenado supera en mucho la concentración considerada máxima tolerable, que es de 1-2 ppm, representando un riesgo para los trabajadores del quirófano.

Este ejemplo demuestra que es imprescindible disponer de unos valores de referencia para conocer el riesgo que entraña para la salud una concentración o cantidad determinada de un contaminante en el aire. Ejemplos equivalentes se podrían exponer para los riesgos de tipo físico y biológico. En este último caso, la patogenicidad individual de los diferentes microorganismos y la respuesta de los individuos expuestos es amplísima.

En higiene industrial, que es una técnica no médica de prevención de enfermedades laborales, se entiende por “criterio de valoración” la norma (valores de referencia) con la que comparar los resultados obtenidos al estudiar un ambiente de trabajo para inferir el riesgo que para la salud puede entrañar el mismo. Existen criterios de valoración ambientales de diferentes características y aplicables a agentes químicos, físicos y biológicos. En el caso de los agentes químicos, además, se utilizan unos criterios de valoración para conocer la dosis recibida que se basan en la medición de la propia substancia o sus metabolitos en fluidos biológicos o en alteraciones de parámetros fisiológicos o bioquímicos causadas por aquellos.

### **Valoración del riesgo**

En el caso de los accidentes, el riesgo se puede valorar a partir del producto del daño esperable medio por accidente ocurrido, por los accidentes previstos u ocurridos por unidad de tiempo, normalmente años. Se puede calcular este parámetro a partir del producto de las situaciones de riesgo que tienen lugar por unidad de tiempo (exposición) multiplicado por los accidentes esperados por situación de riesgo (probabilidad).

La valoración del riesgo ambiental se lleva a cabo a través de la comparación de las medidas ambientales con los criterios de valoración. Solamente un sólido conocimiento de los fundamentos del criterio empleado permitirá efectuar una valoración con garantías respecto al propio fin preventivo del criterio. Con la valoración ambiental en realidad lo que se pretende es averiguar si la dosis que se recibe del contaminante está por encima o no de la dosis que provoca unos efectos máximos tolerables.

La valoración del riesgo psicosocial presenta dificultades, aunque se están desarrollando continuamente nuevas metodologías. Al tratar los factores de riesgo psicosociales ya se sabe de antemano que sus consecuencias para la salud son difíciles de establecer, al menos a nivel individual. Por ejemplo, un aumento del absentismo puede asociarse con relativa facilidad a una modificación negativa del ambiente social por una reorganización del servicio de urgencias, pero está claro que es una respuesta colectiva y será difícil demostrar la asociación en el caso de un individuo concreto. Por otro lado, los daños a la salud causados por un factor de riesgo de este tipo no son específicos de este factor ni, muchas veces, de factores de riesgo de tipo laboral, estando especialmente afectados por causas extralaborales.

### Evaluación del riesgo

Según el Reglamento de los Servicios de Prevención la evaluación de los riesgos laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse. El proceso, en consecuencia, implica la identificación del peligro, su estimación o medición y la valoración del riesgo.

La identificación del peligro es el primer paso. La dificultad de la identificación es muy variable. Aunque en algunos casos es muy evidente, en otros puede resultar difícil. Es lo que ocurre con los síndromes de origen desconocido, que requieren una larga investigación. La experiencia del prevencionista es fundamental en este caso.

La medición de los factores de riesgo requiere una tecnología determinada en el caso de los ambientales. La cuantificación del riesgo de accidente se basa en conocimientos previos que se pueden obtener por experiencia, estudios de accidentes causados por el mismo tipo de factor de riesgo, o acudiendo a bases de datos. La medición del factor de riesgo psicosocial es ya más compleja, aunque existen actualmente procedimientos de una cierta fiabilidad.

El conjunto de la identificación y la medición se denomina análisis del riesgo; cuando éste se lleva a cabo, se obtiene la identificación de los riesgos existentes y una idea de su importancia cualitativa y cuantitativa, pero aún no se puede emitir una opinión porque falta la valoración. Solamente cuando se ha llevado a cabo la valoración, se puede decir que se ha concluido una evaluación de riesgos. Cualquier método que permita identificar y medir riesgos pero no incluya su valoración, no será útil como procedimiento para evaluación de riesgos, ya que la evaluación requiere necesariamente la valoración.

## Corrección del riesgo

Es evidente que el fin de toda evaluación de riesgos no es únicamente conocerlos y tenerlos valorados, sino que esto sólo es un paso previo para su posterior reducción o corrección, en el lenguaje empleado normalmente en prevención. Las acciones a emprender para la adecuada corrección del riesgo son muy variadas, dependiendo del tipo de riesgo de que se trate y de las posibilidades tecnológicas disponibles. La utilización de calzado cerrado por detrás, en lugar de los tradicionales zuecos, para evitar caídas, la instalación de diferenciales adecuados para eliminar el riesgo de contactos eléctricos en la zona de autopsias, la instalación de un sistema de ventilación para evitar la contaminación ambiental en el laboratorio de anatomía patológica, cambios organizativos para reducir la carga mental en urgencias o un nuevo diseño más ergonómico de los puestos de atención al público, son ejemplos sencillos de las posibilidades de corrección del riesgo.

En otros casos, la corrección puede ser más compleja o requerir elevadas inversiones. Ciertos problemas de confort auditivo, o errores de diseño en áreas de esterilización, pueden ser de difícil solución. Otros casos requerirán procedimientos de prueba y ajuste para comprobar el grado de corrección obtenido, ya que puede ocurrir que no se disponga de modelos de referencia. Normalmente, una vez efectuada la corrección se lleva a cabo un nuevo proceso de medida y valoración para comprobar la bondad de la corrección efectuada con la consiguiente disminución del riesgo.

## Sistemas de gestión de la prevención

El concepto de gestión del riesgo implica el conjunto de acciones hasta aquí comentadas, aunque en la práctica incluye otros elementos que las complementan. Por ejemplo, la vigilancia de la salud (medicina preventiva), en estrecha relación con el proceso expuesto, formaría parte de un esquema completo de la gestión de riesgos. También la consideración de factores extralaborales, programas de formación específica de los trabajadores o campañas de información, se incluirían en el conjunto de la gestión de los riesgos.

Aunque al hablar del marco normativo básico se expondrán las responsabilidades de los actuantes en la gestión de la prevención en el hospital y las funciones del servicio de prevención, delegados de prevención, comité de seguridad y salud, etc., existen una serie de aspectos básicos de la gestión de riesgos que es conveniente comentar aquí.

La primera cuestión es la responsabilidad. Ésta es siempre del titular del centro y, en consecuencia, de todo el organigrama hasta el gerente, el director médico o el presidente del consejo de administración. Ello implica que la prevención debe estar necesariamente integrada en las funciones generales de gestión del centro. No tiene ningún sentido organizativo, ni es preventiva-

mente eficaz, pretender separar la gestión de riesgos, también llamada gestión de la seguridad, de la gestión general del hospital, aunque pueda ser complicado, especialmente en hospitales universitarios.

La gestión de riesgos debe basarse en esta integración, de la misma manera que ocurre con la gestión medioambiental y la de la calidad. Un enfoque moderno de la gestión en un hospital integrará estos conceptos en la medida de lo posible.

Las reglas generales para la implantación de un sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales se hallan contenidas en la norma UNE 81900 EX que juntamente con la 81901 EX (auditorías del sistema), 81902 EX (vocabulario) y 81905 EX (implantación de un sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales) configuran las referencias formales a esta cuestión, en estrecha relación con las de gestión medioambiental UNE 77801 y de gestión de la calidad UNE-EN ISO 9001.

Se citan como características básicas de un sistema de gestión de riesgos las siguientes:

1. *Máximo compromiso de dirección:* Por lo dicho antes, es obvio que la gestión de los riesgos laborales debe contar siempre con el máximo apoyo de los directivos del hospital, quienes en ningún caso se pueden desentender del problema.
2. *Recursos apropiados:* La gestión de la prevención debe apoyarse en recursos humanos y técnicos suficientes y adecuados para el desarrollo de la acción preventiva. Deberán existir los equipos de medición y control suficientes para las necesidades existentes y ser sometidos a un adecuado mantenimiento.
3. *Responsabilidad de la gestión en línea:* Los componentes del organigrama del hospital deben entender que una buena conducta en seguridad es parte de su responsabilidad personal. Cada jefe de departamento, sección, área, etc., debe conocer hasta qué punto sus decisiones pueden afectar a la seguridad. Pueden recibir asistencia técnica del servicio de prevención, sin evitar nunca su propia responsabilidad, esfuerzo y atención personal.
4. *Formación continuada y concienciación interna:* El hospital debe promover entre los trabajadores un alto nivel en formación y concienciación en seguridad. Los nuevos trabajadores recibirán información en seguridad a su incorporación y luego pasarán a la formación continuada.
5. *Comunicaciones externas:* El hospital debe exponer a la opinión pública, accionistas (en su caso), proveedores, clientes y personas relacionadas, sus responsabilidades en seguridad, haciendo públicos sus logros en este sentido.

En contrapartida a las características, los elementos de gestión son los componentes específicos esenciales para el buen funcionamiento de un sistema de gestión de la seguridad.

1. *Políticas y procedimientos:* El hospital debe tener una política y unos procedimientos internos escritos para la gestión de la seguridad.
2. *Nivel funcional:* Los responsables técnicos de la seguridad deben tener un nivel jerárquico elevado en el hospital, con una «distancia» mínima hasta el director del hospital.
3. *Organización de la gestión:* Independientemente de su configuración, la organización de la seguridad debe estar definida claramente, comprendida y asimilada dentro del hospital, siendo totalmente congruente con la de éste.
4. *Gestión de cumplimiento:* El hospital deberá contar en sus diferentes instalaciones con sistemas específicos para gestionar el cumplimiento tanto de las normativas legales de seguridad como de las fijadas como política interna.
5. *Proceso de planificación:* La planificación de la gestión de seguridad ha de estar estrechamente relacionada con los procesos del hospital relativos a estrategia, planificación de operaciones y presupuestos. El personal de seguridad estará informado de todas las operaciones importantes: nuevas instalaciones, instrumentos, productos, etc., para poder asegurar la suficiente disponibilidad técnica preventiva.
6. *Análisis y gestión de riesgos:* Esta actuación pretende una continua identificación de posibles nuevos peligros, la evaluación de los riesgos resultantes, sus consecuencias potenciales, la implantación de medidas, etc.
7. *Revisiones de la legislación:* El hospital necesita estar muy bien informado con respecto a los cambios de las normativas y reglamentos y su repercusión en las actividades presentes y futuras, tanto a nivel de la Unión Europea, como del Gobierno, la Comunidad Autónoma e, incluso, del Municipio, en aquellos casos en que sus normativas puedan afectar a la gestión de riesgos.
8. *Sistemas de gestión de la información:* Dirigir eficazmente una política de gestión de riesgos en una empresa puede suponer manejar un gran volumen de información técnica: inventarios, mediciones, etc., lo cual requerirá sistemas adecuados.
9. *Revisiones de proyectos y programas:* Todos los proyectos nuevos del hospital deben llevar pareja una evaluación de los riesgos asociados al diseño, construcción y funcionamiento, realizándose tan pronto como sea posible y presentando los resultados por escrito.
10. *Programas de temas específicos:* Existen programas ya establecidos que el hospital puede aplicar de manera automática: sustitución de substancias y energías peligrosas por otras que lo son menos, adecuación y mejora de las prendas de protección individual, gestión de residuos, control de la adecuada información en las adquisiciones, etc.
11. *Programa de auditoría:* Para que la dirección del centro asegure el cumplimiento de los niveles de seguridad requeridos, se deben realizar auditorías

- (inspecciones) de seguridad de manera periódica, comunicando los resultados a la dirección.
12. *Comunicación de riesgos:* El establecimiento de un proceso administrativo para que todos los trabajadores dispongan de la posibilidad de comunicar los riesgos por ellos observados, proponiendo mecanismos de corrección, es otra herramienta fundamental de la gestión de riesgos.
  13. *Investigación de incidentes y accidentes:* Finalmente, la investigación de todos los accidentes y de los incidentes relacionados con la seguridad proporcionará a la estructura de gestión de seguridad una fuente importante de información sobre las causas reales o posibles de los accidentes y, en consecuencia, la manera de eliminarlas o minimizarlas.

## MARCO NORMATIVO BÁSICO

La legislación española se halla en período de transformación y adaptación a la normativa de la Unión Europea. La publicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales a finales de 1995 representó la transposición de la Directiva Marco 89/391/CEE y un paso importante en la modernización de la legislación. A la publicación de la ley siguieron, en el transcurso del año 1997, la de diferentes reglamentos desarrollando las directivas específicas sobre aspectos concretos de la prevención de la salud en el trabajo: servicios de prevención (RD 39/1997), señalización de seguridad y salud (RD 485/1997), disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (RD 486/1997), manipulación manual de cargas (RD 487/1997), pantallas de visualización (488/1997), agentes biológicos (664/1997), agentes cancerígenos (665/1997), equipos de protección individual (773/1997) y equipos de trabajo (1215/1997), todas ellas de gran interés y amplia influencia en el campo de las condiciones de trabajo en centros sanitarios. De ámbito sectorial también se publicaron las normativas específicas sobre trabajo en buques de pesca (1216/1997), actividades mineras (1389/1997) y construcción (1627/1997).

Por otra parte, en nuestro país, y tal como queda reflejado en el texto de la ley que se comenta a continuación, la autoridad laboral es ejercida por las comunidades autónomas, cuando éstas tienen transferidas las competencias en la citada materia.

### Ley de Prevención de Riesgos Laborales

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales, conocida como la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, fue publicada en el BOE nº 269 de 10 de noviembre y entró en vigor el 10 de febrero de 1996. Contiene VII capítulos y 54 artículos.

Además de a la Directiva Marco, de la cual es transposición, hace referencia a las directivas sobre protección de la maternidad (92/85/CEE), protección

de los jóvenes (94/33/CEE) y trabajo temporal (91/383/CEE); al artículo 40.2 de la Constitución Española; al artículo 118A del Acta Única Europea y al Convenio 155 de la OIT (Organización Internacional del Trabajo). La ley se justifica en base a tener una visión unitaria, reduciendo al máximo la dispersión legislativa existente, y a llevar a cabo una actualización de legislaciones desfasadas, aspecto éste especialmente necesario. A continuación se comentan algunos aspectos específicos de la misma.

### *Principios de prevención*

La ley establece los siguientes principios básicos de prevención: evitar los riesgos; evaluar los riesgos que no se pueden evitar; combatir los riesgos en su origen; adaptar el trabajo a la persona; tener en cuenta la evolución de la técnica; sustituir lo peligroso por lo que tenga menos peligro; planificar la prevención; adoptar siempre medidas de protección colectiva frente a la individual; y dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

### *Actuación en la empresa*

Se llevará a cabo la planificación de la prevención desde el diseño, adaptando el trabajo a la persona mediante la adecuada elección del puesto de trabajo, de los equipos y métodos de trabajo y procurando atenuar el trabajo repetitivo y monótono.

El empresario designará uno o varios trabajadores con los medios, capacitación, acceso a la información y tiempo necesarios para ocuparse de la actividad preventiva, aunque en empresas de hasta cinco trabajadores podrá asumir la actividad preventiva el propio empresario. Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente, y en función de los riesgos y el tamaño de la empresa, el empresario deberá recurrir a un servicio de prevención propio o ajeno a la empresa. Se entiende como servicio de prevención el conjunto interdisciplinario de medios humanos y materiales necesario para asesorar al empresario y a los trabajadores y sus representantes de cara a garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores. El servicio de prevención puede ser propio, en cuyo caso se someterá a una auditoría, o externo, que requerirá una acreditación. Las mutuas patronales de accidentes y enfermedades profesionales podrán actuar como servicios de prevención externos.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo sean adecuados y adaptados al trabajo que se ha de realizar y, cuando presenten riesgos específicos, la utilización, conservación y reparación se reservará a los responsables de los mismos.

El empresario deberá proporcionar a los trabajadores equipos de protección individual (EPI) adecuados y velar por su uso efectivo. Estos se emplearán cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios colectivos o de organización.

El empresario deberá: analizar las posibles situaciones de emergencia; adoptar las medidas necesarias sobre primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando al personal encargado, con medios y tiempo adecuados, y comprobar periódicamente su buen funcionamiento.

Cuando los trabajadores estén o puedan estar expuestos a un riesgo grave o inminente, el empresario deberá informar lo antes posible a los afectados del riesgo y las medidas adoptadas, entre las cuales se hallará la de, caso de ser necesario, interrupción de la actividad y/o abandono del puesto de trabajo. Se tendrán en cuenta también las medidas de protección para el trabajador aislado.

El empresario garantizará a los trabajadores la vigilancia de su salud en función de los riesgos inherentes a su trabajo. Esta vigilancia tendrá las características de voluntariedad (salvo excepciones) y confidencialidad, será realizada por personal sanitario competente y podrá extenderse más allá de la finalización de la relación laboral.

El empresario garantizará de manera específica la protección de los trabajadores especialmente sensibles, las mujeres embarazadas, los menores y los que realicen trabajos temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.

Se constituirá un comité de seguridad y salud en todas las empresas o centros de trabajo que consten de 50 o más trabajadores, destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones de la empresa en materia de prevención de riesgos, que estará formado por los delegados de prevención y el empresario y/o sus representantes en igual número.

Se deberá realizar una evaluación inicial de riesgos y su actualización periódica. La evaluación inicial será la base de la planificación adecuada a la naturaleza de la actividad y se llevará a cabo una actualización cuando se produzcan modificaciones, cambien las condiciones de trabajo o se registren daños a la salud, al elegir equipos de trabajo y productos químicos y al acondicionar lugares de trabajo. Se llevará un registro y archivo de toda esta actividad.

La ordenación del conjunto de medidas de acción preventiva deberá integrar: la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales. Se llevará un control de la efectividad de dichas medidas.

La información a los trabajadores se realizará a través de sus representantes cuando se trate de riesgos que afecten a la empresa en su conjunto o a cada tipo de puesto de trabajo, e individualmente para los riesgos específicos del puesto y las medidas de prevención y protección aplicables. La formación específica se realizará centrada en el puesto de trabajo, en el momento de la contratación y cuando se produzca un cambio de función o se introduzcan nuevas tecnologías o equipos de trabajo.

Se especifican como derechos de los trabajadores la participación en las

cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos y el ser consultados sobre los siguientes aspectos: la planificación y organización del trabajo, la organización de actividades de prevención, la designación de los trabajadores encargados de actuar ante emergencias, los procedimientos de información y documentación, la organización de la formación y otras acciones que afecten a la seguridad y la salud en el trabajo.

Son obligaciones de los trabajadores: usar adecuadamente las máquinas y los equipos, utilizar correctamente los medios y equipos de protección, no poner fuera de funcionamiento los dispositivos de seguridad, informar a sus superiores de las situaciones de riesgo y cooperar con el empresario para que las condiciones de trabajo sean seguras.

#### *Obligaciones de los fabricantes, importadores y suministradores*

Los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo están obligados a asegurar que éstos no constituyen una fuente de peligro para el trabajador, siempre que sean utilizados en las condiciones, forma y fines recomendados por ellos. Por ejemplo: el envase seguro y etiquetado adecuado, con la adecuada información, de los productos químicos, la información sobre la forma correcta de utilización de los productos químicos, la efectividad de los elementos de protección de los trabajadores y la información a los empresarios sobre la adecuada utilización y manipulación de maquinaria, equipos, productos, materias primas o útiles de trabajo.

#### **Reglamento de los servicios de prevención**

El primero de los reales decretos que siguieron a la publicación de la Ley fue el de los Servicios de Prevención (RD 39/1997), el cual no se limita a regular estos servicios sino que contiene una variada normativa relacionada con la gestión de la prevención en la empresa. El reglamento establece, por un lado, la obligación de todos los niveles jerárquicos de incluir la prevención de riesgos en cualquier actividad que realicen u ordenen y en todas las decisiones que adopten; por otro, la implantación de un plan de prevención que incluya la estructura organizativa, la definición de funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios; todo ello a imagen de lo dispuesto en las normas de calidad ISO, concretamente en la ISO 9004 Sistema de calidad.

Otros aspectos que se tratan en el decreto son la necesidad y los procedimientos para la evaluación de los riesgos y para la planificación de la prevención. Se admiten diferentes procedimientos para la organización de los recursos en función del tamaño y actividad de la empresa, desde la designación de trabajadores para esta labor, hasta la necesidad de disponer de un servicio de prevención propio o ajeno.

Dado el volumen de trabajadores de la mayoría de hospitales, pero sobre todo a las características de los riesgos existentes en los mismos, la situación más corriente será la de que deban disponer de un servicio de prevención propio. Los miembros de este servicio de prevención (que debió constituirse en todo caso antes del 1.1.1999) deberán cubrir dos especialidades preventivas de nivel superior, tener dedicación exclusiva a esta labor y disponer de medios materiales y personales para el adecuado desarrollo de la actividad preventiva. también se contempla la posibilidad de concertación parcial con servicios anejos y la organización de servicios mancomunados.

Finalmente, otros aspectos tratados en el decreto son las necesidades y procedimientos de cualificación de los profesionales y de los centros formativos.

### Otras normas de carácter general

La Constitución Española, aprobada en 1978 y que es la norma básica destinada a proporcionar el marco jurídico fundamental de nuestra legislación, hace referencia directa a la prevención de riesgos en el trabajo: *los poderes públicos velarán por la seguridad e higiene en el trabajo* (art. 40.2).

El Estatuto de los Trabajadores (1980) expone claramente el derecho de los trabajadores a su integridad física y a una adecuada política de seguridad e higiene y su obligación de observar las medidas de seguridad e higiene que se adopten. Dedica un artículo completo (art. 19, del capítulo II, sección II) a la seguridad e higiene en el trabajo y establece las funciones, en este campo, de los delegados de personal y del comité de empresa (art. 62 y 64).

La Ley de Seguridad Social (de 1974, con un texto refundido publicado en 1994) es la que establece responsabilidades, cotizaciones, prestaciones sanitarias y económicas (invalidesces) y un sistema de organización de éstas y, como ya se ha comentado, define accidente de trabajo y enfermedad profesional.

Existe, por otro lado, un buen número de reglamentos de seguridad industrial que hacen referencia a las especificaciones técnicas que deben cumplir los equipos, maquinaria e instalaciones industriales, con una mecánica preceptiva de certificaciones y revisiones periódicas, que cubren en la actualidad la mayor parte de las utilizadas en la actividad industrial del país. Conviene conocerlas y aplicarlas y saber los mecanismos para comprobar si han sido verificadas, han pasado las revisiones o inspecciones correspondientes, etc.

También se deberán tener en cuenta las disposiciones emanadas de las autoridades sanitarias que, de manera directa o indirecta, afecten la seguridad y salud del trabajador sanitario.

Finalmente, debe hacerse referencia necesariamente a la cuestión de las normas y la homologación. La normalización se va extendiendo rápidamente, ya que la actual diversificación y complejidad de las actividades que se

realizan hace imposible la comparación de procedimientos, resultados y productos obtenidos si no se han llevado a cabo bajo las condiciones de una norma específica. A nivel internacional existen las normas ISO y otras de tipo específico referidas a diferentes actividades. En Europa, cada país tiene también sus propias normas, como las BS en el Reino Unido, las DIN en Alemania, las AFNOR en Francia o las UNE en España, como las citadas con referencia a la implantación de un sistema de gestión de la prevención. En el ámbito de la Unión Europea, existe el Comité Europeo de Normalización (CEN) que es el encargado de la normalización y genera las normas EN (Norma Europea). La tendencia es a la máxima internacionalización, por lo que existen normas internacionales ISO que tienen su versión EN y UNE, como algunas de las citadas anteriormente. En el campo de la prevención de riesgos se va avanzando en la generación y aplicación de normas, tanto de procedimientos como aquellas tendentes a certificar la seguridad de productos, máquinas e instalaciones.

### **Responsabilidades de tipo general**

De una manera general, la responsabilidad en la prevención de riesgos está claramente establecida tanto desde el punto de vista administrativo, como penal y civil.

Las responsabilidades de tipo administrativo son las exigidas por los órganos competentes a los sujetos que infrinjan las normas administrativas que se hallan claramente establecidas, en este caso, en el texto de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en La Ley de Seguridad Social, ya citada, que va acompañada de otra ley de infracciones y sanciones. En el primer caso se denomina responsabilidad administrativa laboral, mientras que en el segunda se la califica como de responsabilidad administrativa especial.

El Código Penal (1995) establece plenamente la responsabilidad penal para aquellos que, estando legalmente obligados, no faciliten los medios necesarios para que los trabajadores desempeñen su actividad con las medidas de seguridad e higiene adecuadas, de forma que pongan así en peligro grave su vida, salud o integridad física (arts. 316-318), contravengan las normas de seguridad establecidas en el manejo de agentes (sustancias, incluidas especialmente las radiactivas y organismos) peligrosos o en cualquier tipo de obra (Título XVII, capítulo I, sección 1<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup>). Además de ello deben tenerse en cuenta las responsabilidades de los directivos, las subsidiarias y aquellos aspectos relacionados con el medio ambiente que directa o indirectamente afecten a los trabajadores y las relacionadas con la imprudencia temeraria.

El Código Civil establece las responsabilidades tanto por acto propio, como ajeno y la responsabilidad subsidiaria. Consiste en la obligación de reparar el daño causado que tiene quien, por dejar de hacer algo, ya sea por culpa o negligencia, cause dicho daño.

## Responsabilidades específicas

Por otro lado, merece mención específica, en el ámbito de responsabilidades, la cuestión de los trabajos en coordinación y las empresas contratadas o subcontratadas, con especial énfasis en cuanto a la utilización de empresas de trabajo temporal (ETT).

Estos aspectos están desarrollados específicamente en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en los artículos 24, 28, 39.3, 42.2 y 47.17. De una manera general puede decirse que, además de la exigencia de cooperación entre las empresas que trabajen conjuntamente, queda perfectamente establecida la responsabilidad del empresario titular del centro de trabajo con los trabajadores de empresas contratadas o subcontratadas para que reciban información e instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes y las medidas de protección, prevención y emergencia correspondientes. Cuando la empresa contratada realice trabajos correspondientes a su propia actividad, la empresa contratante deberá comprobar que cumplan la normativa de prevención de riesgos laborales.

En el caso de trabajadores de ETT, la empresa contratante tendrá la responsabilidad de asegurarse de que los trabajadores temporales estén debidamente informados y formados (para lo cual, en su caso, deberá informar previamente a la ETT) y que gozan del mismo nivel de protección de seguridad y salud que los de la propia empresa.

El incumplimiento de tales responsabilidades se considera en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales como infracción grave.

El Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, ha introducido ciertas disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal, complementando lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales; en particular establece que no se podrán celebrar contratos de puesta a disposición para la realización de ciertos trabajos en actividades de especial peligrosidad, entre las que se citan los trabajos que impliquen la exposición a radiaciones ionizantes en zonas controladas, a ciertos agentes cancerígenos, mutágenos o tóxicos y a determinados agentes biológicos.

## **2**

# **CONTAMINANTES QUÍMICOS ASPECTOS GENERALES**

## **INTRODUCCIÓN**

El uso extensivo de los productos químicos que tiene lugar en la mayor parte de las actividades incluye, evidentemente, el campo sanitario. Desde los propios medicamentos, hasta los desinfectantes y esterilizantes, pasando por los productos de limpieza, los gases anestésicos, los reactivos y disolventes de laboratorio, etc., el número y variedad de productos químicos empleados en la actividad sanitaria es realmente muy elevado.

Los productos químicos, según sus características fisicoquímicas y toxicológicas, presentan una serie de peligros para la salud de las personas que los manipulan y para el medio ambiente. Estas características de peligrosidad se identifican mediante unos pictogramas, símbolos e indicaciones de peligro. Asimismo, a cada producto químico (sustancia pura o mezcla de sustancias) se le asocian también unas frases que indican el tipo concreto de peligro que presenta (frases R, de “Riesgo”) y otras que hacen referencia a consejos para su utilización y almacenamiento (frases S, de “Seguridad”). En el Anexo I se presentan estas herramientas empleadas para la identificación de la peligrosidad de los productos químicos, que están normalizadas y se basan en una legislación de aplicación a todo el ámbito de la Unión Europea (UE).

Por otro lado, existen en la actualidad bases de datos que permiten consultar de una manera muy completa la información sobre las características de peligrosidad de la práctica totalidad de productos químicos comercializados a nivel mundial. Asimismo, también se puede obtener información específica sobre el correcto etiquetado y envasado de un producto comercializado.

Es evidente, sin embargo, que la propia utilización de los productos químicos potencia o disminuye manifiestamente sus características de peligrosidad. No es lo mismo, por ejemplo, manipular un compuesto citostático en un cabi-

na de seguridad y con protecciones individuales adecuadas que efectuar operaciones de esterilización con óxido de etileno en zonas no especialmente preparadas para ello, o utilizar indiscriminadamente hipoclorito sódico o disolventes orgánicos para la limpieza general. Por ello, no es suficiente disponer de información sobre los riesgos intrínsecos de los productos químicos, sino que los procedimientos que impliquen su manipulación deben estar descritos de manera que presenten garantías de su utilización “segura”.

La información necesaria para la adecuada utilización de los productos químicos está, en primer lugar, contenida en la etiqueta, en la cual debe hallarse toda la información antes indicada, además del nombre químico del producto o productos contenidos en el envase y los datos completos del fabricante o distribuidor. En segundo lugar, una ampliación de esta información se obtendrá de la ficha de datos de seguridad que el fabricante, importador o distribuidor del producto debe facilitar al comprador en la primera entrega de un producto clasificable como peligroso. Finalmente, en tercer lugar, el procedimiento de trabajo establecido debe contemplar tanto la información adecuada para llevar a buen término la operación descrita (protocolo, método analítico, norma para actuación en caso de incidente), como toda aquella que sea necesaria para que dicha operación se lleve a cabo de manera segura para el operador y el medio ambiente.

## **PRODUCTOS QUÍMICOS EN UN CENTRO SANITARIO**

Como ya se ha dicho, la utilización de productos químicos en un centro sanitario es muy amplia. A continuación se resumen los principales grupos de productos químicos y áreas específicas de trabajo que pueden considerarse a la hora de valorar la posible contaminación química:

- Agentes anestésicos: Óxido de dinitrógeno y anestésicos halogenados.
- Compuestos citostáticos: Preparación y aplicación.
- Medicamentos y productos aplicados directamente a los pacientes, sobretodo por vía inhalatoria.
- Agentes esterilizantes.
- Agentes desinfectantes.
- Agentes conservantes y fijadores.
- Productos químicos empleados en los laboratorios de análisis clínicos, microbiología, hematología, banco de sangre, biología molecular, etc.
- Productos químicos empleados en anatomía patológica y autopsias.
- Productos de limpieza: Detergentes, hipoclorito sódico, etanol, desinsectantes y desratizantes, etc.
- Ozono.

- Resinas (metacrilato de metilo).
- Productos químicos empleados en actividades no asistenciales: mantenimiento, talleres, jardinería, etc.

## CONTAMINACIÓN QUÍMICA

La adecuada manipulación, uso, almacenamiento y eliminación de los productos químicos no evitará en todos los casos el riesgo de contaminación química en el centro sanitario. Por “contaminación química” se entiende la presencia de productos químicos en el ambiente que, en cantidad suficiente, pueden afectar a las personas que entren en contacto con ellos. A continuación se comentan brevemente las vías de entrada de los contaminantes en el organismo, así como sus efectos sobre la salud.

### Vías de entrada

Los productos químicos presentes en el ambiente pueden ser absorbidos por el organismo a través de cuatro vías de entrada: la inhalatoria o respiratoria, la dérmica, la digestiva y la parenteral.

#### *Vía respiratoria*

La vía respiratoria es la que se suele considerar siempre en primer lugar. La respiración implica la entrada en el organismo de aire ambiente que, filtrado, humedecido y calentado llega a los alveolos pulmonares donde el oxígeno es retenido por la hemoglobina de la sangre que circula por el pulmón. Todos aquellos productos químicos presentes en el aire encuentran de esta manera una vía de penetración al organismo relativamente fácil. Al estar el propio sistema respiratorio diseñado para obtener el máximo aprovechamiento en el intercambio aire-sangre, se ve favorecida también la absorción de los contaminantes que se encuentran en el aire que llega a los alveolos.

Dado que los productos químicos presentes en el aire pueden estar en forma de gas o vapor, líquido o sólido, la facilidad con que llegarán al alveolo capilar será diferente. Los gases y vapores, que acompañan al aire en su misma forma molecular, presentan una capacidad de penetración elevada que viene regulada por el ritmo respiratorio, la facilidad de atravesar la membrana alveolocapilar y la solubilidad en sangre. En el caso de los líquidos y sólidos hay que añadir, además, el tamaño de partícula (o gota); a mayor tamaño, más probabilidad de que queden retenidos por el camino (boca, fosas nasales, tráquea, bronquios, bronquíolos y alveolo) y lleguen en menor proporción a la zona de intercambio en el alveolo.

Sin embargo, no hay que olvidar que el hecho de no llegar a la sangre a través del alveolo pulmonar no implica ausencia de entrada del contaminante,

ya que éste, retenido por el camino, puede ser absorbido a través de la mucosa respiratoria en el mismo punto de contacto, en función de sus características fisicoquímicas y tamaño. Mediante esta absorción puede acabar llegando igualmente a la sangre o provocar un daño local apreciable, por ejemplo, la irritación de las mucosas o un daño irreversible en el alveolo pulmonar.

En la actividad sanitaria, todas las sustancias volátiles y las que se utilicen o apliquen en forma de aerosol o exista la posibilidad de que lo formen tienen esta vía de penetración en el organismo.

#### *Vía dérmica*

La vía dérmica consiste en la entrada de la sustancia a través de la piel, normalmente por contacto directo con la misma. La facilidad con que una sustancia se absorbe a través de la piel depende fundamentalmente de sus propiedades químicas (capacidad de penetración) y del estado de la propia piel. Pieles intactas y bien hidratadas ofrecen normalmente una mayor resistencia que pieles en mal estado y poco hidratadas.

El uso de guantes para evitar la entrada por vía dérmica está muy extendido en el ámbito sanitario, pero no hay que perder de vista que los guantes se deben escoger adecuadamente, ya que la impermeabilidad no es un concepto universal, sino que el material de que está hecho cada guante presenta unas características de impermeabilidad diferentes. En este sentido, el uso extensivo de guantes inespecíficos puede inducir a la idea de la existencia de una barrera eficaz para la penetración dérmica, cuando no es así. En el Anexo XVIII se presentan las principales características de diferentes tipos de guantes.

#### *Vía digestiva*

La ingestión de productos químicos durante el trabajo suele ser un hecho involuntario, asociado a la práctica de hábitos inadecuados durante el trabajo, por ejemplo: fumar, comer, beber, comerse las uñas, no lavarse las manos, o bien simplemente a un accidente por la ingestión equivocada de un producto.

Esta vía, considerada ampliamente en farmacología, es poco importante desde el punto de vista de la prevención en ambientes sanitarios. Unas normas de trabajo adecuadas, que incluyan los aspectos antes señalados y la prohibición de pipetejar con la boca, deberían ser en principio suficientes para reducir al mínimo la posibilidad de contaminación por vía digestiva.

#### *Vía parenteral*

La vía parenteral significa la entrada del contaminante directamente a la sangre, atravesando la piel por una herida, corte o pinchazo. Esta entrada, habitualmente poco considerada en higiene industrial, adquiere relativa importancia en el trabajo sanitario, donde la manipulación de objetos punzantes, básicamente agujas hipodérmicas, está especialmente extendida. La inoculación accidental

de un producto citostático, por ejemplo, no es un accidente inhabitual en los servicios de farmacia o unidades de oncología de los hospitales.

### Efectos de los contaminantes

En el Anexo I se resumen las características de peligrosidad (muy tóxicos, tóxicos y nocivos) de los productos químicos. Dentro del grupo de sustancias que pueden provocar efectos agudos o crónicos, e incluso la muerte, se deben señalar los efectos neumoconióticos, asfixiantes, anestésicos y narcóticos, así como diferentes ejemplos de tóxicos sistémicos.

Por lo que se refiere a las sustancias neumoconióticas, son aquellas que producen algún tipo de efecto a nivel pulmonar. Se trata generalmente de aerosoles formados por fibras o partículas que, acumuladas en el sistema respiratorio, básicamente en los alveolos y bronquiolos, generan una respuesta biológica por parte de los tejidos pulmonares que suele producir insuficiencia respiratoria e, incluso, ciertos tipos de tumores en algunos casos. Son ejemplos de ellos, el amianto, la sílice cristalina, el talco y el algodón.

Los asfixiantes son aquellos compuestos, normalmente gases, cuya presencia en el aire inhalado impide, por diversos procedimientos, que se lleve a cabo el proceso final de la respiración, la llegada de oxígeno a las células. El monóxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno son ejemplos de sustancias asfixiantes. Dentro de este grupo se incluyen también los gases inertes cuya presencia en el aire implica un desplazamiento del oxígeno; reciben el nombre de asfixiantes simples. El dióxido de carbono, el nitrógeno, el helio, el hidrógeno y muchos hidrocarburos gaseosos son algunos ejemplos de estas sustancias.

Los anestésicos o narcóticos son aquellos compuestos que actúan sobre el sistema nervioso central, limitando o reduciendo la actividad cerebral. En general, se trata de sustancias liposolubles (solubles en grasas) que se acumulan en el tejido nervioso del cerebro, de carácter graso. En el ámbito sanitario son un claro ejemplo de estos compuestos los gases anestésicos, así como buena parte de los disolventes orgánicos.

Finalmente, los tóxicos sistémicos son aquellas sustancias que presentan efectos específicos sobre determinados órganos o sistemas, normalmente alejados del lugar de penetración en el organismo. Por ejemplo: el mercurio y el metanol que afectan al sistema nervioso central, la mayoría de metales pesados que afectan al riñón, el cloroformo y otros hidrocarburos clorados que afectan al hígado o las aminas aromáticas que afectan a la vejiga urinaria.

Evidentemente, cuando se trate de la exposición por cualquiera de las vías mencionadas a principios activos o preparados farmacéuticos, habrá que considerar las características terapéuticas de los mismos y sus efectos secundarios a la hora de valorar sus efectos en el organismo, teniendo en cuenta también la vía de entrada.

## EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS

Para llevar a cabo la evaluación y el control del riesgo de exposición a contaminantes químicos se plantea el procedimiento general de la evaluación de riesgos, consistente en la identificación de los contaminantes, su medición y la valoración de la exposición. En función del resultado obtenido se deciden las acciones de corrección a realizar y el establecimiento de un programa de control del riesgo.

### Identificación

El punto de partida para el control de la exposición a un contaminante químico es su identificación. Como se ha indicado antes, con el adecuado etiquetado del producto (ver figura 1) y la disponibilidad de la ficha de datos de seguridad (ver figura 2), se podrá no solamente identificar el producto químico sino también conocer sus principales características de peligrosidad. En la labor de conseguir que todos los preparados químicos clasificables como peligrosos estén adecuadamente etiquetados deben estar involucradas las áreas no técnicas del hospital, como el departamento de compras, recabando de los suministradores el adecuado etiquetado de los productos y la inclusión de la ficha de seguridad en la primera entrega, y el almacén o almacenes del hospital, comprobando, a la llegada del producto, el cumplimiento de estos aspectos. En aquellos casos en que el suministrador no disponga de la ficha de datos de seguridad del producto comprado, se debe solicitar del mismo la comunicación por escrito de que el producto en cuestión no está clasificado

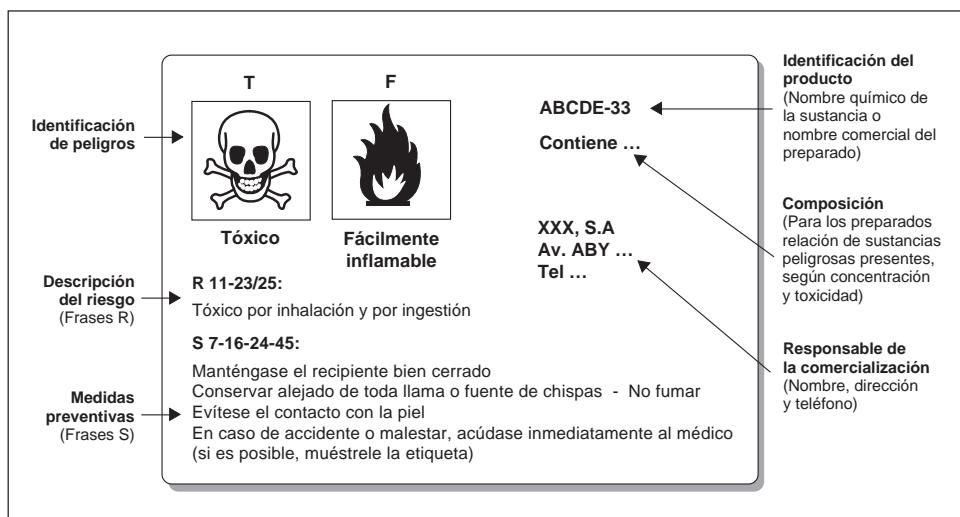


Figura 1.- Etiqueta de un producto químico

- Identificación del preparado
- Composición/información sobre los componentes
- Identificación de los peligros
- Primeros auxilios
- Medidas de lucha contra incendios
- Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental
- Manipulación y almacenamiento
- Controles de exposición/protección individual
- Propiedades físicas y químicas
- Estabilidad y reactividad
- Informaciones toxicológicas
- Informaciones ecológicas
- Consideraciones relativas a la eliminación
- Informaciones relativas al transporte
- Informaciones reglamentarias
- Otras informaciones

Figura 2.- Apartados de una ficha de datos de seguridad (FDS)

tección de los lugares de emisión del contaminante y el correspondiente riesgo de inhalación, sino también los posibles puntos de contacto dérmico.

## Medición

La determinación de los contaminantes en el aire se puede llevar a cabo por diferentes procedimientos, que dependen del contaminante que se vaya a evaluar, de las características de la exposición y de la disponibilidad de los diferentes equipos necesarios para una correcta medición de la exposición. La elección se debe efectuar cuidadosamente valorando tanto los requerimientos de estrategia (qué, cómo, dónde y cuándo medir), como los tecnológicos (equipos adecuados y/o disponibles). La higiene industrial ofrece en este último campo diferentes posibilidades que se agrupan en sistemas de lectura directa y de toma de muestras y análisis:

### Lectura directa

Representa la determinación *in situ* de la concentración del contaminante, de manera puntual, continua o discontinua. Este tipo de medición suele ser rápida y poco costosa, aunque su fiabilidad es muy variable, dependiendo del equipo utilizado.

como producto químico peligroso. En caso de duda, se debe exigir la ficha de datos de seguridad, de la cual se desprenderá la peligrosidad real del producto.

Si se trata de una mezcla generada o preparada en el propio centro sanitario, deberá también etiquetarse adecuadamente en función de las características de peligrosidad de los componentes de la misma.

En aquellos casos en que la posible contaminación química no se deba a la manipulación directa de un producto, se deberá recabar información sobre el procedimiento que se está desarrollando y averiguar, a partir de él, cuáles pueden ser los principales focos de contaminación a lo largo del proceso o procedimiento de trabajo. Esta identificación de los focos de contaminación debe contemplar no solamente la de-

Para la determinación de gases y vapores se suelen emplear líquidos, tubos y papeles colorimétricos que, mediante un cambio de color, indican la concentración del contaminante presente en el aire. También se utilizan monitores específicos, cuya tecnología, basada en diferentes principios físicos, ha mejorado considerablemente en los últimos años, existiendo en el mercado monitores que acumulan gran número de medidas que pueden ser tratadas posteriormente de manera informática. Sus principales inconvenientes pueden ser, por este orden: su fiabilidad, su especificidad y su sensibilidad. Para la adquisición de estos instrumentos y su adecuada utilización se debe solicitar al fabricante una información detallada sobre los mismos y, a ser posible, utilizar el instrumento durante un período de prueba aplicándolo a las determinaciones específicas a las que se va a destinar.

Para la lectura directa de aerosoles se emplean instrumentos ópticos y eléctricos que, al igual que ocurre con los empleados para gases y vapores, han sido optimizados en los últimos años.

#### *Toma de muestra y análisis*

El procedimiento de toma de muestras y análisis es el aplicado tradicionalmente en las determinaciones de contaminantes químicos en el aire. Consiste en el muestreo del contaminante en el lugar escogido y su determinación cualitativa y cuantitativa en el laboratorio. El transporte y conservación de la muestra son los aspectos más importantes de esta manera de proceder, que muchas veces no son suficientemente considerados y que, obviamente, afectan a la fiabilidad del resultado obtenido en el conjunto del proceso; las instrucciones sobre estos aspectos deben estar cuidadosamente detalladas en el método analítico. Los procedimientos de toma de muestras ambientales se clasifican en activos y pasivos según se emplee o no un sistema dinámico para mover el aire que se vaya a muestrear.

Los sistemas activos utilizan bombas de aspiración para forzar el paso del aire a través de los soportes de retención de los contaminantes. Estos soportes consisten, básicamente, en filtros de diferentes materiales (celulosa, cloruro de polivinilo, etc.), en tubos llenos de sólidos adsorbentes o de sólidos porosos impregnados por líquidos absorbentes y en soluciones absorbentes, según las características físicoquímicas de los contaminantes a determinar.

La correcta calibración de las bombas de aspiración, los mecanismos de comprobación de las mismas y, en definitiva, el mantenimiento de estos equipos permite asegurar una adecuada captación de los contaminantes presentes en el aire.

La utilización de bombas portátiles permite tomar muestras personales; es decir, muestras que, en la medida de lo posible, sean representativas del aire respirado por la persona cuya exposición se pretende medir. Suele ser el método tradicionalmente empleado en la determinación de contaminación química ambiental en higiene industrial.

Existe una alternativa que consiste en la captación del contaminante sin proceder a su concentración en un soporte de retención, empleando para ello bolsas inertes (u otro tipo de recipiente inerte) que se llenan con el aire que se ha de muestrear. Este procedimiento se emplea cuando la fijación en un soporte de retención del contaminante es problemática o se desconocen los gases y vapores presentes en el aire que se pretende medir.

Los sistemas pasivos se fundamentan en los principios de difusión y permeación, según los cuales las moléculas de un gas, en constante movimiento, son capaces de difundir en el aire y fijarse en un adsorbente o absorbente de manera cuantitativa en función del tiempo y de la concentración existente del gas. Conociendo la cantidad de contaminante captada, el tiempo de muestreo, el coeficiente de difusión del gas y las características propias de diseño del muestreador (estas dos últimas englobadas en una constante propia del binomio contaminante-muestreador conocida como *sampling rate*) se calcula la concentración presente en el aire.

Como referencia del proceso de medición se emplea la norma UNE-EN 482 de 1995 “Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos”. Los métodos analíticos utilizados deben haber sido sometidos a un proceso de validación y deben estar, en la medida de lo posible, normalizados.

La determinación analítica en el laboratorio se lleva a cabo empleando procedimientos analíticos, instrumentales o no, característicos de la química analítica. Existen diferentes colecciones de métodos analíticos normalizados y validados que incluyen las condiciones de toma de muestra (NIOSH, OSHA, INSHT, HSE, etc.), aunque muchas veces, cuando se trata de un producto relativamente nuevo en el mercado o de un subproducto de una actividad, hay que recurrir a procedimientos descritos en la bibliografía, aplicarlos con las modificaciones requeridas y habiendo realizado los ensayos previos de comprobación. El laboratorio debe trabajar bajo unos criterios de calidad (teniendo establecido un plan de aseguramiento de la calidad basado en normas tipo EN 45001, GLP, etc.) y, cuando el procedimiento analítico aplicado no haya sido previamente validado, deberá hacerlo constar al emitir los resultados.

## Valoración

Una vez identificado el contaminante, se procederá a su valoración. Si se trata de un riesgo de contacto dérmico, la valoración efectuada deberá incluir la frecuencia e intensidad del posible contacto, así como el nivel de protección que ofrecen los guantes u otra protección dérmica empleada.

En el caso de que se trate de un riesgo de inhalación, deberá valorarse a partir de la medición de la concentración del contaminante en el aire, del tiempo de exposición y de la comparación de la exposición estimada con los valores de referencia, obtenidos en los criterios de valoración. Para ello, la deter-

minación del contaminante en el aire deberá haber sido efectuada también en función del criterio de valoración a aplicar, sobre todo en cuanto a la especificación temporal del mismo: puntual, corta exposición, jornada laboral, etc.

#### *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España*

El INSHT, de acuerdo con las disposiciones del Artículo 5 del R.D. 39/1997, Reglamento de los Servicios de Prevención, ha adoptado los valores límite de exposición profesional a agentes químicos. Los valores adoptados son el resultado de una evaluación crítica de los valores límite de exposición establecidos por distintas entidades de reconocida solvencia. Estos valores tienen carácter de recomendación y constituyen solamente una referencia técnica.

Los Valores Límite Ambientales (VLA) son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 semanales, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud. Se consideran dos categorías de valores límite: Valor Límite Ambiental - Exposición Diaria (VLA-ED) y Valor Límite Ambiental - Exposición de Corta Duración (VLA-EC).

La primera categoría es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas.

La segunda categoría es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior.

#### *Valores Límite Umbral (TLV)*

Cuando la sustancia que se ha de valorar no dispone de un criterio establecido, que fije por sí mismo las condiciones de medida, la estimación de la exposición y el valor de referencia, se emplean normalmente los valores TLV (*Threshold Limit Values*) propuestos anualmente por la ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) de Estados Unidos. Los TLV incluyen tres tipos de valores: los TWA (*Time Weighted Average*), valores promedio para 8 horas/día y 40 horas/semana por debajo de los cuales la mayoría de los expuestos no sufrirá efectos adversos para su salud; los C (*Ceiling*), concentraciones máximas admisibles que no deben ser sobrepasadas en ningún instante; y los STEL (*Short Term Exposure Limit*), fijados para exposiciones de corta duración. Para la mayor parte de compuestos existe un valor TWA, que en algunos pocos casos va acompañado de un STEL, y el resto corresponden a valores tipo C (techo).

En la tabla 1 se incluyen los valores límite ambientales (VLA) y los valores TLV para algunas sustancias de uso habitual en los centros sanitarios.

Tabla 1

Valores límite ambientales para algunas sustancias de uso corriente en un centro sanitario

Sustancias	ACGIH (USA) 1997		ESPAÑA (*)
	TLV- TWA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED (mg/m <sup>3</sup> )	
Acetaldehido	C 45 A3		46
Acetato de etilo	1440	1460	
Acetileno	Asfixiante simple	Asfixiante simple	
Acetona	1188 A4	1188	1782
Acetonitrilo	67 A4	68	102
Ácido acético	25	25	37
Ácido acetilsalicílico	5		
Ácido clorhídrico	C 7,5	7,6	15
Ácido fosfórico	1	1	2
Ácido nítrico	5,2	5,2	10
Ácido pícrico	0,1	0,1	
Ácido sulfúrico	1	1	3
Ácido tricloroacético	6,7 A4		
Acrilonitrilo	4,3 A2 (dérmica)	4,4 C2 (dérmica)	
Agua oxigenada	1,4 A3	1,4	
Aguarrás	556	567	
Alcohol etílico	1880 A4	1910	
Alcohol isopropílico	983	998	
Alcohol metílico	262	266	
Alcohol propílico	492 (dérmica)	500 (dérmica)	625 (dérmica)
Algodón en rama, polvo	0,2 <sup>(1)</sup>		
Amoníaco	17	18	25
Argón	Asfixiante simple	Asfixiante simple	
Benceno	1,6 A1 (dérmica)	16 C1 (dérmica)	
Bencidina	A1 (dérmica)	C1 (dérmica)	
Bisulfito sódico	5 A4	5	
2-Butanona (ver Metiletilcetona)	-		
Carbón, polvo	2 <sup>(2, 3)</sup>	2	
Carbonato de calcio	10 <sup>(4)</sup>	10	
Celulosa	10	10	
Ciclohexano	1030	1050	2100
Ciclohexanol	206	208	
Ciclohexanona	100 A4 (dérmica)	102	
Cloroformo	49 A3	50	
Cloruro de hidrógeno (ver Ácido clorhídrico)	-		
Cloruro de metileno	174 A3	177	
Cresol	22 (dérmica)		
Diclorometano (ver Cloruro de metileno)	-		
N,N-Dimetilformamida	30 (dérmica)	30 TR2 (dérmica)	
Dióxido de carbono	9000	9150	27400
Dióxido de nitrógeno	5,6 A4	5,7	9,6
Disulfuro de carbono	31 (dérmica)	31 (dérmica)	
Etanol (ver alcohol etílico)	-		

Continuación

Etanolamina	7,5	7,5 (dérmica)	15 (dérmica)
Éter etílico	1210	1230	1540
Éter isopropilglicidílico	238		
Éter isopropílico	1040	1060	1310
Etilmetilcetona (ver Metiletilcetona)	-		
2-Etoxietanol	18 (dérmica)	18 TR2 (dérmica)	
Fenol	19 (dérmica)	20 (dérmica)	
Formaldehído	C 0,37 A2		0,37
Formol (ver Formaldehído)	-		
Gases licuados del petróleo	1800		
Glicerina, nieblas	10	10	
Glutaraldehído	C 0,2		0,2
Halotano	8 <sup>(5)</sup>		
Hexaclorobenceno	0,025 A3 (dérmica)	0,002 (dérmica)	
n-Hexano	176	179	
Hexano, otros isómeros	1760	1790	3580
Hexanona (ver Metil-n-butilcetona)	-		
Hidrógeno	Asfixiante simple	Asfixiante simple	
Hidróxido cálcico	5	5	
Hidróxido potásico	C 2		2
Hidróxido sódico	C 2		2
Hierro, sales solubles como Fe	1	1	
Isobutilmetilcetona (ver Metilisobutilcetona)	-		
Isopropanol (ver Alcohol isopropílico)	-		
Iodo	C 1,0		
Mercurio metálico	0,025 A4	0,025 (dérmica)	
Metacrilato de metilo	410	208	416
Metanol (ver Alcohol metílico)	-		
Metil-n-butilcetona	20 (dérmica)	21 (dérmica)	
Metilcloroformo	1910 A4	1110	2220
Metiletilcetona	590	600	900
Metilisobutilcetona	205	83	208
Naftaleno	52 A4	53	80
Nitrobenceno	5 A3 (dérmica)	5 (dérmica)	
Nitrógeno	Asfixiante simple	Asfixiante simple	
Nitroglicerina	0,46 (dérmica)	0,5 (dérmica)	
Oxicloruro de fósforo	0,63		
Óxido de aluminio	10 A4 <sup>(4)</sup>		
Óxido de calcio	2	2	
Óxido de dinitrógeno (ver Óxido nitroso)	-		
Óxido de etileno	1,8 A2	1,8	
Óxido nítrico	31		
Óxido nitroso	90 A4	92	
Ozono			
Trabajo fuerte	0,1	0,1	
Trabajo moderado	0,16	0,16	
Trabajo ligero	0,2	0,2	
Percloroetileno (Tetracloroetileno)	170 A3	172	689
Peróxido de hidrógeno (ver Agua oxigenada)	-		
Piridina	16	16	

## Continuación

1-Propanol (ver Alcohol propílico)	-		
2-Propanol (ver Isopropanol)	-		
2-Propanona (ver Acetona)	-		
Sulfato de bario	10 <sup>(4)</sup>	10	
Sulfato cálcico	10 <sup>(4)</sup>	10	
Talco (sin fibras de amianto)	2 <sup>(3)</sup>	2	
Tetraclorometano (ver Tetracloruro de carbono)	-		
Tetracloruro de carbono	31 A3 (dérmica)	32 (dérmica)	64 (dérmica)
Tetrahidrofurano	590	150 (dérmica)	300 (dérmica)
Tetróxido de osmio	0,0016	0,002	0,006
Tolueno	188 (dérmica)	191 (dérmica)	
1,1,1-Tricloroetano (ver Metilcloroformo)	-		
Tricloroetileno	269 A5	273	546
Triclorometano (ver Cloroformo)	-		
Xilenos, todos los isómeros	434	441 (dérmica)	661(dérmica)
Yodo (ver Iodo)	-		

*NOTA: Las concentraciones de gases y vapores en aire se pueden expresar también en ppm(v/v). Para transformar m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> en ppm, debe dividirse por el peso molecular del compuesto y multiplicar por un volumen ..... (24,04 a 20°C y 24,45 a 25°C)*

C Concentración que no debe ser excedida en ningún momento de la exposición laboral. Este compuesto no tiene valor TWA.

A1 Cancerígeno confirmado en humanos.

A2 Cancerígeno sospechoso en humanos.

A3 Cancerígeno en animales.

A4 No clasificado como cancerígeno en humanos.

A5 No sospechoso como cancerígeno humano.

C1 Sustancia carcinogénica de primera categoría. "Sustancias que, se sabe, son carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997.

C2 Sustancia carcinogénica de segunda categoría. "Sustancias que pueden considerarse como carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997.

TR2 Sustancia que puede y debe considerarse perjudicial para la fertilidad de los seres humanos o produce toxicidad para su desarrollo.

1 Partículas de polvo sin fibras.

2 Valor para polvo conteniendo menos del 5% de sílice cristalina.

3 Valores para la fracción respirable del polvo.

4 Polvo total sin amianto y menos del 1% sílice cristalina.

5 El valor de 404 mg/m<sup>3</sup>, adoptado en la tabla original de los TLVs de la ACGIH, es aplicable solamente al proceso de fabricación. El valor indicado aquí se halla propuesto en la Documentación de TLV y BEI de la ACGIH.

\* Las diferencias observadas en los valores de referencia entre los establecidos por la ACGIH y los adoptados por el INSHT, se deben a que los de la ACGIH están calculados a una temperatura de 25°C y los adoptados por el INSHT y el resto de Europa, están calculados a una temperatura de 20°C.

Para el conjunto de la evaluación de la exposición se utiliza la norma UNE-EN 689 de 1996 “Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con valores límite y estrategia de la medición”.

## **Corrección y control**

Una vez establecido el nivel de exposición a un contaminante, las acciones encaminadas a reducir el riesgo se dirigirán básicamente hacia la disminución del tiempo de exposición y/o la reducción de la concentración ambiental. La primera vía es obvia, pudiéndose aplicar mediante la reducción de la jornada laboral o la rotación de puestos de trabajo. A continuación se comenta brevemente la segunda.

Para la reducción de la concentración ambiental de contaminante se puede actuar a tres niveles, siempre en el orden en que se citan a continuación.

### *Actuación sobre el contaminante en el foco*

La primera acción en este sentido sería actuar directamente sobre el producto empleado, origen de la contaminación. Un principio preventivo básico es el de la sustitución de un producto peligroso por otro que lo sea menos. Las campañas de sustitución de productos son habituales en la práctica preventiva. Hecha esta salvedad, se puede actuar sobre el foco de emisión, eliminando el contaminante en su origen, por ejemplo mediante el uso de la extracción localizada, o evitando que el contaminante llegue a difundirse en el ambiente, por ejemplo: trabajando en circuitos cerrados, aislando el proceso, aislando al trabajador y llevando a cabo un buen mantenimiento de la instalación.

### *Actuación sobre el medio de propagación del contaminante*

Las acciones sobre el medio de propagación son la ventilación general mediante la que se consigue, normalmente por dilución, la reducción de la concentración del contaminante en el aire ambiente. Hay que tener presente que esta acción tiene una serie de limitaciones que hacen desaconsejable su uso generalizado, entre ellas: la peligrosidad del contaminante, la cantidad en que se genera y la distancia al foco de contaminación.

Otra de las acciones sobre el medio es el empleo de sistemas de limpieza adecuados, de modo que éstos permitan la máxima eliminación de contaminante y minimicen su dispersión. Los sistemas de alarma para detectar fugas o contaminaciones accidentales, como se suelen utilizar en las unidades de esterilización con óxido de etileno, son también una buena herramienta preventiva.

### *Actuación sobre el individuo*

Finalmente, y no por ello menos importantes, se hallan las acciones sobre

el individuo. Se trata, por un lado, de acciones formativas e informativas sobre el trabajador sanitario expuesto, para que disponga del adecuado conocimiento del riesgo y la manera de reducirlo. Por otro lado, y solamente en aquellos casos en que la reducción de la contaminación ambiental no sea posible de otra manera, se recurre a la utilización de equipos de protección individual (EPI), recomendados en operaciones de corta duración y riesgo de contaminación elevado, tanto por vía inhalatoria como dérmica.

### **Establecimiento de controles periódicos**

Una vez se ha evaluado el riesgo de exposición y la situación se puede considerar controlada, se debe diseñar un procedimiento que permita, mediante un sistema de control periódico, comprobar que el nivel de exposición existente, considerado aceptable, no aumenta. Esto se puede llevar a cabo repitiendo periódicamente la evaluación ambiental de los contaminantes o también estableciendo, cuando se crea conveniente, un sistema de control biológico de la exposición.

El control biológico de la exposición se basa en la realización de controles periódicos de la dosis interna de las personas expuestas y se lleva a cabo mediante la determinación del contaminante, sus metabolitos o de efectos causados por aquellos en el organismo. Existen publicados diferentes valores de referencia, siendo los más conocidos los valores BEI (*Biological Exposure Indices*) de la ACGIH y los BAT (*Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte*) empleados en Alemania.

El control biológico presenta algunas ventajas, básicamente relacionadas con la integración de las vías de entrada (el control ambiental no valora, lógicamente, la vía dérmica), y se considera normalmente un importante complemento del control ambiental.

## **CONTAMINANTES CARACTERÍSTICOS**

Los gases anestésicos, el óxido de etileno, los desinfectantes y los compuestos citostáticos son tratados específicamente en los capítulos siguientes. A continuación se comentan brevemente otros contaminantes químicos que pueden encontrarse en un hospital.

### **Metacrilato de metilo**

El metacrilato de metilo es utilizado como cemento acrílico en los quirófanos para la fijación de prótesis aplicadas a los huesos en intervenciones quirúrgicas, como por ejemplo en las de cadera-fémur. Se parte de dos componentes, uno líquido, metacrilato de metilo con 1% de N,N-dimetil-p-toluidina, y otro sólido, polimetacrilato de metilo, que son mezclados inme-

diatamente antes de su aplicación. La operación no lleva más de dos minutos. Si se emplean preparaciones al vacío listas para su uso, que permiten realizar la operación de manera automática, la emisión de vapores de metacrilato de metilo al aire ambiente del quirófano queda especialmente reducida.

En estudios realizados por el INSHT en quirófanos de traumatología se midieron concentraciones personales de hasta 50 ppm durante la preparación del cemento; sin embargo, las concentraciones residuales son prácticamente indetectables.

Los vapores de metacrilato de metilo, único compuesto volátil de la preparación, tienen un olor muy penetrante con un umbral olfativo muy bajo (0,02-0,08 ppm). Es un compuesto irritante que a elevadas concentraciones (400 ppm) puede llegar a afectar al sistema nervioso central. En exposiciones crónicas puede afectar al hígado, existiendo datos que le confieren carácter mutagénico. El valor TLV-TWA es de 100 ppm (410 mg/m<sup>3</sup>).

Dado el corto tiempo de exposición, normalmente no es necesario proceder a su control ambiental mediante toma de muestras y análisis, que se lleva a cabo mediante captación en un tubo de carbón activo y posterior análisis por cromatografía de gases.

Es recomendable evitar el contacto directo con el producto y emplear guantes impermeables al metacrilato durante la preparación del cemento. Es conveniente también, de cara a la eliminación de malos olores y efectos irritantes, realizar la operación en pequeñas cabinas de extracción, tipo sobremesa, dotadas de filtro para vapores orgánicos o con extracción al exterior, siempre que ésta no afecte al funcionamiento normal de la ventilación general del quirófano, cuya adecuada eficacia reducirá rápidamente los olores molestos que pueda generar la manipulación.

### **Medicamentos y productos administrados por vía oral, dérmica o parenteral**

La exposición por vía oral, dérmica o parenteral a medicamentos aplicados a los pacientes se debe evitar siempre. Hay que tener en cuenta que esta exposición puede tener lugar, además de en la preparación y administración de los medicamentos, en la recogida de las excretas de los pacientes tratados. Respecto a los posibles efectos de estos productos en el organismo, se debe considerar que tales efectos estarán relacionados con los correspondientes terapéuticos o preventivos de dichos productos, aunque tampoco hay que descartar los posibles efectos alérgicos en algunos casos. Un caso característico de este tipo de exposición se da en la aplicación de citostáticos, que se trata en un capítulo específico.

La recomendación general para evitar la exposición a estos productos es la aplicación de adecuadas prácticas de trabajo, para lo cual el trabajador debe estar correctamente formado e informado, seguir las indicaciones generales de higiene personal y la utilización de equipos de protección individual (EPI)

adecuados al riesgo que se quiere prevenir. A este respecto, hay que indicar que la utilización de EPI se debe reducir a los estrictamente necesarios e imprescindibles, para no dificultar la relación con el paciente y no darle la sensación de que se le está aplicando una terapia especialmente peligrosa, lo que en algunos casos es realmente cierto.

Tampoco hay que olvidar las precauciones que se han de tener en cuenta durante los procesos de limpieza y desinfección del instrumental que no es de un solo uso.

### **Medicamentos y productos administrados en forma de aerosol**

Por otro lado, la administración de medicamentos vía aerosol (terapia por aérosol o aerosolterapia), cuando se aplica a pacientes con enfermedades infecciosas, genera, además de la necesidad de una importante protección frente a la exposición al propio medicamento, la de la protección activa o pasiva frente a las expectoraciones y emisiones del paciente a lo largo del tratamiento, tanto por la presencia residual del medicamento o sus metabolitos, como por el riesgo de contagio de la propia enfermedad o de infecciones oportunistas asociadas.

En la aplicación de estos medicamentos, es conveniente la utilización de unas cabinas acristaladas o de metacrilato, con entrada de aire y extracción con filtración, en el interior de las cuales se instala el paciente y que, con un diseño adecuado, permiten eliminar la sensación de claustrofobia y efectuar el control del mismo desde el exterior, siempre, naturalmente, que el medicamento en cuestión sea autoaplicable. También existen procedimientos de aplicación específicamente diseñados que emplean bolsas flexibles que aislan al paciente y permiten una aplicación automática del producto, sobre todo en pacientes pediátricos.

Al igual que en el caso anterior, tampoco hay que olvidar las precauciones que se han de tener en cuenta durante los procesos de limpieza y desinfección del instrumental que no es de un solo uso.

A continuación se incluyen algunos ejemplos de los medicamentos aplicados por aerosolterapia:

#### *Ribavirina*

Es un medicamento antiviral que, después de ser usado durante años por vía digestiva, se aplica actualmente por vía de aerosol a pacientes pediátricos de corta edad para tratar ciertas neumopatías severas causadas por virus. Normalmente el suministrador del producto también suministra el sistema aplicador (por ejemplo, el SPAG: *Small Particle Aerosol Generator*). Sus efectos, en caso de exposición laboral, son de tipo irritativo del tracto respiratorio, mucosas y piel, sequedad y cefaleas.

Las principales medidas preventivas generales son: utilizar los aplicadores suministrados por el fabricante, realizar la aplicación en salas de aislamiento con ventilación independiente, con filtros HEPA y a presión negativa, con un mínimo de seis renovaciones por hora.

Las principales medidas preventivas individuales son: informar de las características de peligrosidad del producto a los trabajadores y familiares, directamente y mediante información escrita colocada en la sala de aplicación, reducir al máximo el tiempo de exposición, no emplear lentes de contacto, poner el dispositivo en marcha mediante un mando a distancia, esperar cinco minutos después de la aplicación, recoger el aerosol depositado en las superficies evitando que pase al aire, lavarse las manos antes y después de la aplicación y, cuando no se disponga de equipo aplicador, emplear protecciones personales dérmicas y respiratorias con acreditación CE. Se recomienda evitar la exposición de mujeres embarazadas o en edad de procrear.

#### *Pentamidina*

Se emplea en el tratamiento de la neumocitosis (neumonía por *Pneumocystis carrii*), la infección oportunista más frecuente en enfermos de SIDA; se suministra como tratamiento preventivo a todos los pacientes seropositivos con una tasa baja en linfocitos T4. Se suele aplicar mediante un nebulizador de un solo uso, aunque existen otras alternativas.

Sus efectos, en el caso de exposición laboral, son de tipo irritativo con tos, broncoespasmos, respiración dificultosa, sabor metálico, cefaleas y náuseas. Se debe prestar especial atención al riesgo de contagio, sobre todo de la tuberculosis.

Las principales medidas preventivas de tipo general se inicián con una reducción al máximo de su uso, aplicándola solamente a los pacientes con indicación expresa. Se recomienda la utilización de las cabinas y demás indicaciones mencionadas en el caso de la ribavirina.

Las principales medidas preventivas individuales también son las mismas que para la ribavirina, pero con especial atención al riesgo de contagio de la tuberculosis. Se recomienda vigilancia médica de los trabajadores. Se recomienda evitar la exposición de mujeres embarazadas o en edad de procrear.

#### *Óxido de nitrógeno (NO)*

El óxido de nitrógeno se emplea para el tratamiento respiratorio en recién nacidos con problemas respiratorios debidos, normalmente, al insuficiente desarrollo de su sistema pulmonar por ser prematuros. Suele aplicarse directamente en las incubadoras, mediante aparatos de suministro y control específicos

Su principal efecto, en las personas profesionalmente expuestas, es la metahemoglobinemía. Sin embargo, no se debe descartar su oxidación a

dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) de características más peligrosas por acción irritante del sistema respiratorio y posibilidad de provocar edema pulmonar. A bajas concentraciones atmosféricas la reacción de oxidación es muy lenta.

EL óxido nítrico tiene establecido un valor TLV-TWA de 25 ppm, mientras que el del dióxido de nitrógeno es 3 ppm, con un STEL de 5 ppm.

Las medidas preventivas de carácter general se basan en conocer las características del producto y el procedimiento de aplicación adecuado. La exposición más corriente suele tener lugar por fugas o mal uso del aparato suministrador. No se recomiendan medidas de protección individual. Si se sospecha la presencia de ambos gases en el aire, se puede proceder a su determinación ambiental, para la que existen diferentes sistemas: medida directa y toma de muestra y análisis mediante captación activa y pasiva.

### *Antibióticos*

Además de la ribavirina y la pentamidina, se ha ido extendiendo el uso de antibióticos por terapia de aerosol, como es el caso de los sulfatos de tobramicina y colistina, entre otros.

Aunque los efectos de la mayor parte de estos productos en las personas profesionalmente expuestas no revisten la gravedad de los comentados anteriormente, no se deben olvidar tres cuestiones básicas al respecto: en primer lugar, se debe evitar siempre toda aquella exposición laboral que sea susceptible de ello; en segundo lugar, existe siempre el riesgo de contagio de la infección tratada o de otra oportunista asociada; y, en tercer lugar, existe siempre la posibilidad de una sensibilización al producto aplicado por parte del trabajador sanitario, de que presente un estado general de salud alterado que lo haga más susceptible, o de embarazo, con lo que la exposición puede representar un elevado peligro para la salud. Téngase en cuenta, en este último caso, que de un buen número de medicamentos no se conocen sus posibles efectos sobre el feto y sobre el proceso de la reproducción en general.

### *Broncodilatadores y tratamientos de asma*

La aplicación, mediante inhaladores nebulizadores, de medicamentos broncodilatadores, mucolíticos, etc. (*ventolin, becotide, bromuro de ipratropio, salbutamol, mesna, etc.*) no presenta en general problemas, con la excepción de lo comentado en el apartado anterior y teniendo en cuenta, además, que se trata casi siempre de autoaplicación. Sin embargo, no se debe perder de vista que buena parte de estos productos llevan como propelentes clorodifluorocarbonos (freones), cuyo uso está restringido por sus efectos medioambientales, concretamente el deterioro de la capa de ozono. Aunque en la mayor parte de casos el uso de estos productos está autorizado como excepción específica, se debe evitar el empleo indiscriminado de los mismos.

### Agentes conservantes, fijadores y colorantes

Los agentes conservantes se tratan ampliamente al abordar las substancias desinfectantes y esterilizantes de uso más corriente. En cuanto al empleo de fijadores y colorantes histológicos, hay que tener en cuenta que presentan una gran variedad química. En consecuencia, los riesgos que para la salud pueda generar la exposición a los mismos también es amplia, asociada naturalmente a las características específicas que han generado su uso.

En algunos casos, el hecho de que se utilicen en cantidades muy pequeñas y que normalmente reviertan en su polimerización o solidificación puede minimizar el problema de su eliminación (una excepción al respecto es la utilización de derivados mercuriales), no así el relacionado con los riesgos que su exposición entraña. En otros casos, como el bromuro de etidio, que se comenta como ejemplo más adelante, su adecuada eliminación implica una serie de operaciones y comprobaciones descritas y discutidas en la bibliografía. La mejor herramienta preventiva a emplear siempre es también la formación y la información del trabajador.

En primer lugar, debe exigirse del fabricante o suministrador el adecuado etiquetado del producto, así como el suministro de la preceptiva ficha de datos de seguridad, como ya se ha indicado al principio del capítulo. El argumento de que se trata de productos muy específicos, con vías de distribución comercial muy limitadas, no debe ser en ningún caso un obstáculo para recabar de los mismos la información necesaria para su adecuada manipulación y eliminación y, en fin, el cumplimiento de la normativa vigente al respecto.

Por otro lado, las instrucciones para su uso correcto y la descripción de sus características de peligrosidad y procedimientos de eliminación se pueden obtener con facilidad en la bibliografía especializada.

Cuando el riesgo provenga de la vía respiratoria, el trabajo en vitrinas de laboratorio, aunque sea en modelos pequeños de sobremesa equipados con filtros químicos, suele ser suficiente para evitar su inhalación. Para prevenir el contacto directo se deben emplear guantes protectores cuya eficacia de impermeabilidad frente al compuesto en cuestión esté garantizada por el fabricante de los mismos. Su evaluación ambiental no suele estar indicada.

Algunos ejemplos típicos de productos de este tipo son el bromuro de etidio y compuestos relacionados, como el yoduro de propidio, que están siendo extensamente usados en biología molecular como colorantes para fluorescencia debido a su propiedad de intercalarse entre las bases de las moléculas de ADN. Las características que los convierten en reactivos especialmente útiles son las que generan los principales peligros en su uso. Es este caso, el efecto mencionado les confiere un gran poder mutagénico. Otros ejemplos son IPR, OPD, acrilamida, ciertos halogenados, etc., así como todos los compuestos con capacidad metilante (sulfato de dimetilo y relacionados) cuya acción sobre el organismo es equivalente.

En todos estos casos, además de una adecuada política de formación e información dirigida a los usuarios de estos productos, se deben establecer normas estrictas de trabajo en función de las frases de riesgo (frases R) y de seguridad (frases S) asignadas a cada producto. A título de ejemplo, en la figura 3 se indica la información sobre el bromuro de etidio.

<b>Bromuro de etidio</b>	
Característica de peligrosidad: MUY TÓXICO, T+	
Frases R:	39/26/27/28, 46 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión. Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
Frases S:	7/8, 20/21, 56, 60 Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco. No comer, no beber, no fumar durante su utilización. No verter en desagües o en el medio ambiente; elimíñese en un punto autorizado de recogida de residuos como residuo peligroso.

*NOTA: Consultar los procedimientos de eliminación específicos y de comprobación de la misma.*

Figura 3.- Información sobre el bromuro de etidio

### **Disolventes y otros productos químicos empleados en los laboratorios**

El término genérico de “disolvente” comprende un gran número de productos químicos provenientes de la destilación del petróleo (hidrocarburos alifáticos y aromáticos), de síntesis (tetrahidrofurano, dioxano, etc.) o halogenados, de uso habitual en los laboratorios en general y en los de los hospitales en particular. Muchos de estos compuestos también son extensamente empleados en otras áreas del hospital como agentes limpiadores y desengrasantes, en operaciones de mantenimiento, pintura, impresión, etc.

Por tratarse de compuestos volátiles, la vía de entrada más importante en el organismo es la respiratoria, aunque muchos de ellos presentan un importante poder de penetración a través de la piel y también se debe considerar la vía digestiva en caso de accidente.

Dado que se trata de compuestos de diferente composición química y se trabaja muy a menudo con mezclas de ellos, los posibles efectos en el organismo son muy variados. Sin embargo, suele ser común a la mayor parte de ellos el efecto depresor del sistema nervioso central, provocando dolor de cabeza, mareos, náuseas y malestar. También son irritantes moderados del tracto respiratorio superior y los ojos y, en caso de contacto directo, afectan la piel por deshidratación. En exposiciones a largo plazo, se han asociado también a efectos negativos hepáticos (especialmente los clorados) y renales y sobre los sistemas cardiovascular y hematopoyético.

En la tabla 1 se han incluido los valores límite ambientales para los productos químicos de uso corriente en la mayor parte de los laboratorios de un hospital, que incluye los disolventes habituales. Para su determinación ambiental se emplea normalmente el muestreo con carbón activo (tanto mediante captación activa como por difusión) y su posterior análisis por cromatografía de gases.

La primera acción de control y reducción de la exposición es una adecuada política de substitución (eliminación del riesgo). La progresiva substitución del benceno por otros disolventes menos tóxicos, del n-hexano por mezclas de sus isómeros o las propuestas existentes para substituir el xileno como disolvente en las preparaciones de anatomía patológica por compuestos parafínicos o terpélicos son ejemplos de esta política de substitución.

Cuando la substitución no es posible o suficientemente eficaz, se debe recurrir a medidas de ventilación localizada empleando extracción localizada y aislamiento de la fuente, trabajando bajo campanas o en vitrinas de laboratorio. También se deben contemplar los peligros de los disolventes en cuanto a su inflamabilidad y explosividad.

La utilización de EPI, en especial de guantes, es una buena medida para evitar el contacto directo con la piel. Sin embargo, como ya se ha comentado también anteriormente con respecto a otros compuestos, se debe disponer de información acreditativa, por parte del fabricante, de sus características de impermeabilidad, empleándose en cada caso los guantes adecuados a los disolventes manipulados. Las protecciones de tipo respiratorio se deben reservar para aquellas operaciones que no permitan otra alternativa y que se realicen de manera muy esporádica. Esto raramente ocurre en los hospitales excepto en algunas operaciones de mantenimiento. El empleo de batas, delantales y gafas de seguridad para evitar salpicaduras se ajustará también a las características de los disolventes manipulados y, sobre todo, a las operaciones realizadas con ellos.

También en este caso, los trabajadores deben estar formados para conocer los peligros de los disolventes que manipulan y los efectos que su exposición produce. Debe existir por parte de los responsables el debido control para que se realicen las operaciones con estos productos bajo campana y siguiendo los procedimientos adecuados de trabajo. Debe estar completamente prohibido fumar, comer y aplicarse cosméticos en áreas en las que se manipulen disolventes.

El control de la exposición a disolventes puede realizarse a través del control biológico, llevando a cabo fundamentalmente determinaciones de los disolventes o sus metabolitos en orina o aire exhalado. En la tabla 2 se indican, a título de ejemplo, valores de índices de exposición biológica (BEI), equivalentes a concentraciones biológicas estimadas para la exposición a los valores TLV antes comentados.

**Tabla 2.**  
**Valores de índices biológicos de exposición**

Producto	Determinante	Observaciones
<b>Acetona</b>	Acetona en orina al final de la jornada: 50 mg/l	Determinante normalmente presente en la sangre. Determinación no específica.
<b>Alcohol metílico</b>	Alcohol metílico en orina al final de la jornada: 15 mg/l	Determinante normalmente presente en la sangre. No específico.
<b>Benceno</b>	Ácido S-fenilmercaptúrico en orina al final de la jornada: 25 µg/g creatinina.	
<b>N,N-Dimetilformamida</b>	N-Metilformamida en orina al final de la jornada: 15 mg/g creatinina. N-acetyl-S-(N-metilcarbamoyl) cisteína en orina antes de la última jornada de la semana de trabajo: 40 mg/g creatinina.	Determinación semicuantitativa. Para usar como <i>screening</i> .
<b>Disulfuro de carbono</b>	Ácido 2-tiotiazolidin-4-carboxílico en orina al final de la jornada: 5 mg/g creatinina.	
<b>2-Etoxiethanol y acetato de 2-etoxietilo</b>	Ácido 2-etoxiacético en orina al final de la jornada del último día de la semana: 100mg/g creatinina.	
<b>Fenol</b>	Fenol total en orina al final de la jornada: 250 mg/g creatinina.	Determinante normalmente presente en la orina. No específico.
<b>n-Hexano</b>	2,5-Hexanodiona en orina al final de la jornada: 5 mg/g creatinina.  n-Hexano en aire exhalado.	Determinante normalmente presente en la sangre.  Determinación semicuantitativa. Para usar como <i>screening</i> .
<b>Mercurio metálico</b>	Mercurio inorgánico total en orina antes de la jornada: 35 µg/g creatinina.  Mercurio inorgánico total en sangre al final de la jornada del último día de la semana: 15 µg/l	Determinante normalmente presente en la orina.  Determinante normalmente presente en la sangre.

Continuación

Producto	Determinante	Observaciones
<b>Metilcloroformo</b>	<p>Metilcloroformo en aire exhalado (final) antes de la última jornada semanal: 40 ppm</p> <p>Tricloroacético en orina al final de la semana laboral: 10 mg/l</p> <p>Tricloroetanol total en orina al final de la jornada del último día de la semana: 30 mg/l</p> <p>Tricloroetanol total en sangre al final de la jornada del último día de la semana: 1 mg/l</p>	<p>No específico. Determinación semicuantitativa. Para usar como <i>screening</i>.</p> <p>No específico. Determinación semicuantitativa. Para usar como <i>screening</i>.</p> <p>No específico. Determinación semicuantitativa. Para usar como <i>screening</i>.</p> <p>No específico.</p>
<b>Metiletilcetona</b>	Metiletilcetona en orina al final de la jornada: 2 mg/l	
<b>Metilisobutilcetona</b>	Metilisobutilcetona en orina al final de la jornada: 2 mg/l	
<b>Nitrobenceno</b>	<p>p-Nitrofenol total en orina al final de la jornada del último día de la semana: 5 mg/g creatinina.</p> <p>Methemoglobina en sangre al final de la jornada: 1,5% de hemoglobina.</p>	<p>No específico.</p> <p>No específico. Determinación semicuantitativa. Para usar como <i>screening</i>.</p>
<b>Percloroetileno (Tetracloroetileno) (propuesta)</b>	<p>Percloroetileno en aire exhalado antes de la última jornada de la semana: 5 ppm</p> <p>Percloroetileno en sangre antes de la última jornada de la semana: 0,5 mg/l</p> <p>Tricloroacético en orina al final de la semana laboral: 3,5 mg/l</p>	<p>No específico. Determinación semicuantitativa. Para usar como <i>screening</i>.</p>
<b>Tetrahidrofurano</b>	Tetrahidrofurano en orina al final de la jornada: 8 mg/l	
<b>Tolueno</b>	<p>Tolueno en sangre venosa antes de la última jornada laboral de la semana: 0,05 mg/l</p> <p>o-Cresol en orina al final de la jornada</p>	<p>Determinante normalmente presente en la sangre</p> <p>Determinante normalmente presente en la orina</p>

Continuación

Producto	Determinante	Observaciones
<b>Tricloroetileno</b>	Ácido tricloroacético en orina al final de la semana laboral: 100 mg/g creatinina.	No específico.
	Ácido tricloroacético y tricloroetanol en orina al final de la jornada del último día de la semana: 300 mg/g creatinina.	No específico.
	Tricloroetanol libre en orina al final de la jornada del último día de la semana: 4 mg/l	No específico
	Tricloroetileno en sangre.	Determinación semicuantitativa. Para usar como <i>screening</i> .
	Tricloroetileno en aire exhalado.	Determinación semicuantitativa. Para usar como <i>screening</i> .
<b>Xilenos, todos los isómeros</b>	Ácidos metilhipúricos en orina al final de la jornada: 1,5 g/g creatinina.	

### Productos de limpieza

Los productos de limpieza y detergentes en general son también ampliamente empleados en los hospitales ya que son imprescindibles de cara a disponer de las necesarias condiciones higiénicas y reducir al mínimo los problemas causados por infecciones nocosomiales.

El hipoclorito sódico (lejía), el etanol, el isopropanol, los aldehídos, las sales de amonio cuaternario, etc., se comentan ampliamente al hablar de los desinfectantes. Respecto a la lejía, solamente cabe añadir que su extenso uso a nivel doméstico en nuestro país ha creado un nivel de familiarización que conlleva muchas veces un uso descuidado y con pocas precauciones frente a su poder irritante. Hay que tener en cuenta que las soluciones de hipoclorito sódico se consideran corrosivas cuando la concentración de cloro libre es igual o superior al 10% (las lejías comerciales oscilan entre el 4 y el 8%) y, que a efectos de desinfección y limpieza, se suelen diluir.

Por lo que se refiere al alcohol etílico o etanol, cabe señalar que, aunque su valor límite ambiental es muy elevado (TLV-TWA 1880 mg/m<sup>3</sup>, lo que daría idea de que su peligrosidad es baja), sus efectos son aditivos con los que provienen de su ingestión, por lo que bebedores habituales pueden alcanzar niveles en sangre elevados en caso de exposición laboral, aún bastante por debajo del valor TLV.

Las precauciones a emplear con ambos compuestos son las equivalentes a las descritas para los disolventes, con especial atención a los efectos irritantes de la lejía, lo que implicará el imprescindible uso de guantes, batas, delantales o ropa que, cubriendo todo el cuerpo, sean resistentes a sus efectos; en caso de aplicación extensiva, también gafas de seguridad contra salpicaduras.

Los detergentes, muchas veces acompañados de germicidas o biocidas, son los principales causantes de dermatitis en el ámbito hospitalario, ya que su aplicación frecuente, con el correspondiente desengrasado de la piel, es un factor determinante para ello. Cuando la aplicación del detergente no sea directa, es decir, no vaya destinada a la limpieza de la piel del usuario, es conveniente emplear guantes impermeables. La información sobre la composición (aunque sea orientativa) del detergente y, sobre todo, si contiene o no biocidas y de qué clase, debe ser siempre requerida al fabricante.

### **Desinsectadores y desratizadores**

Igual que se ha comentado con los productos de limpieza, la realización de campañas de desinsectación y desratización en los hospitales no es infrecuente ni mucho menos. La aplicación debe ser realizada siempre por una empresa especializada.

La actuación correcta en estos casos consiste en recabar de la empresa especializada, que debe estar registrada como empresa de aplicación ambiental de plaguicidas, el uso de productos registrados para este fin, ya que el uso de productos fitosanitarios de características equivalentes no es adecuado. Deben concretarse *a priori* las zonas a tratar, el producto y tipo de tratamiento y la definición de las zonas de acceso prohibido (a clausurar) cuando el producto tiene un plazo de seguridad, que, evidentemente, debe respetarse. Estas zonas se deben señalizar y clausurar y ser especialmente cuidadosos con los plazos y la información al personal que trabaja en ellas.

También es recomendable emplear los productos que llevan la indicación específica de “apto para uso hospitalario”. El motivo de esta recomendación es totalmente lógica desde el punto de vista preventivo, ya que los posibles afectados, aparte de los trabajadores, son los enfermos, que son, en su conjunto, personas con la capacidad inmunológica disminuida y que pueden presentar problemas metabólicos y de eliminación de los productos que se emplean en estos tratamientos.

### **Ozono**

Tampoco es extraña la presencia de ozono en ciertas áreas hospitalarias, debido tanto a su generación por el uso de energías que lo pueden formar (alta tensión, luz UV) como en ciertos tratamientos dermatológicos, como herramienta terapéutica.

La recomendación general en este sentido es disponer de información sobre las posibilidades de su formación y paso al ambiente, y mantener las áreas donde su presencia es posible suficientemente ventiladas. La experiencia disponible indica que las concentraciones generadas en departamentos de dermatología donde se aplican los mencionados tratamientos, aun con ventilación escasa, son muy pequeñas.

## **Mercurio**

El mercurio no se emplea como producto sanitario, aunque sí algunas de sus sales y el óxido. Su presencia ambiental en centros sanitarios suele ser debida a vertidos ocasionados por instrumentos que lo contienen en forma líquida, especialmente los termómetros. La experiencia demuestra que en un hospital de una cierta antigüedad es fácil detectar la presencia en aire de vapores de mercurio provenientes de la evaporación del mercurio que impregna suelos y superficies en general por vertidos no recogidos adecuadamente. Los procedimientos recomendados para ello se citan en el capítulo 11.

## **Productos químicos empleados en actividades no asistenciales**

La relación de productos químicos empleados en actividades no asistenciales como mantenimiento, reparaciones, jardinería y en los talleres sería interminable. La recomendación general en este sentido es, por un lado, aplicar los criterios básicos de prevención y protección en el uso de los productos en los talleres, con especial referencia a la utilización siempre de productos adecuadamente etiquetados y de los que se disponga de las correspondientes fichas de datos de seguridad. En cuanto a la utilización de productos en el medio ambiente general del hospital, debe hacerse con una especial prudencia, valorando los posibles efectos negativos de su presencia en el aire, aun en bajas concentraciones. Debe existir un control estricto de los productos que se emplean, especialmente en los casos en que existe una probabilidad razonable de su inhalación o contacto por parte de los enfermos, como ya se ha comentado anteriormente. Esto se debe tener especialmente en cuenta cuando se realizan operaciones de limpieza, mantenimiento o reparaciones en salas de hospitalización y, sobre todo, en áreas de vigilancia intensiva, quirófanos, etc.



## 3

### GASES ANESTÉSICOS

#### INTRODUCCIÓN

Fue en la década de 1840-1850 cuando se inició la utilización de los anestésicos por vía inhalatoria. Los primeros en ser empleados fueron el éter dietílico, el óxido de dinitrógeno (óxido nitroso, protóxido de nitrógeno) y el cloroformo. Muchos años más tarde, hacia 1930-1940, se introdujeron como anestésicos el ciclopropano y el tricloroetileno, en la década 1950-1960 se empezaron a utilizar el fluoroxeno, halotano y metoxiflurano; hacia a finales de los sesenta, el enflurano; posteriormente, en la década de los ochenta, se introdujo el isoflurano y, en los años noventa, es el desflurano el anestésico inhalatorio más utilizado. En la tabla 1 se resumen las características fisico-químicas de los anestésicos más empleados: metoxiflurano, enflurano, halotano, isoflurano, óxido de dinitrógeno y desflurano.

Todos ellos, con excepción del óxido de dinitrógeno, que es un gas, son hidrocarburos o éteres clorofluorados líquidos que se aplican por vaporización. El desflurano es el compuesto más volátil, el que presenta menor grado de metabolización y también el de menor solubilidad en sangre.

Normalmente el óxido de dinitrógeno se utiliza mezclado con un anestésico halogenado, aunque en ciertos casos se pueden emplear por separado, según sean las características de la anestesia que se quiere obtener, las del paciente y las del hábito de trabajo del anestesista. Las concentraciones de la mezcla más habituales son: óxido de dinitrógeno, entre un 50 y un 66% y anestésico halogenado, entre un 2 y un 3%, el resto, hasta el cien por cien, suele ser oxígeno.

El proceso de anestesia del paciente suele iniciarse con la administración intravenosa de un fármaco anestésico para, a continuación, aplicarlo por vía inhalatoria. El caudal ventilatorio aplicado normalmente es de entre 4 y 5 l/min.

	Isoflurano (Isoflurane, Forane)	Enflurano (Enflurane, Éthrane)	Halotano (Halothane, Fluothane)	Metoxiflurano (Methoxyflurane Penthrane)	Óxido de dinitrógeno (Nitrous oxide)	Desflurano (Desflurane, Suprane)
<b>Fórmula química</b>	$\begin{array}{c} \text{F} & \text{H} & \text{F} \\   &   &   \\ \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} & \text{Cl} & \text{F} \\   &   &   \\ \text{F} & \text{Cl} & \text{F} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{H} & \text{F} & \text{F} \\   &   &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{F} \\   &   &   \\ \text{F} & \text{Cl} & \text{F} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} & \text{F} & \text{F} \\   &   &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} \\   &   &   \\ \text{F} & \text{Cl} & \text{F} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} & \text{F} & \text{H} \\   &   &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} \\   &   &   \\ \text{C}_1 & \text{F} & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{N} \equiv \text{N} = \text{O} \\   \\ \text{N} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} & \text{H} \\   &   &   \\ \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} & \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} \\   &   &   \\ \text{C}_1 & \text{F} & \text{H} \end{array}$	
<b>Peso molecular</b>	184.0	184.5	197.4	165.0	44.0	168.0
<b>Punto de ebullición</b>	48.5°C	56.5°C	50.2°C	104.7°C	--	22.8
<b>Densidad</b>	1.50	1.52 (25°C)	1.86 (22°C)	1.41 (25°C)	--	1.47 (15°C)
<b>Presión de vapor a 20°C</b>	250.0	175.0	243.0	25.0	--	885.1
<b>Olor</b>	Agradable, picante	Agradable, a éter	Agradable, dulce	Agradable, agriado	Agradable, dulce	Inodoro
<b>Coeicientes de partición</b>						
Sangre/gas	1.40	1.9	2.3	13.0	0.47	0.42
Cerebro/gas	3.65	2.6	4.1	22.1	0.50	--
Grasa/gas	94.50	105.0	185.0	890.0	1.22	--
Hígado/gas	3.50	3.8	7.2	24.8	0.38	--
Músculo/gas	5.60	3.0	6.0	20.0	0.54	--
Aceite/gas	97.8	98.5	224.0	930.0	1.4	18.7
Agua/gas	0.61	0.8	0.7	4.5	0.47	0.23
Goma/gas	0.62	74.0	120.0	630.0	1.2	--
<b>Metabolización</b>	0.20	2.4	15-20	50.0	--	<0.1

Tabla 1 - Características físicocíquicas de los anestésicos

Una parte del oxígeno y de los gases anestésicos que lo acompañan es asimilada por el paciente, mientras que el resto puede ir a parar directamente al ambiente o retornar al respirador, dependiendo entre otras cosas del tipo de mascarilla utilizada, de si se intuba o no al paciente y de si se dispone o no de sistema de retorno. Cuando existe un sistema de retorno, el aire puede ser reutilizado previa depuración, enviado al ambiente, expulsado al exterior del quirófano o eliminado mediante su aspiración por una fuente de vacío. La reutilización de los gases anestésicos (círculo cerrado) no es un procedimiento habitual, mientras que sí son frecuentes los respiradores sin sistema de eliminación, por lo que, en muchos casos, el aire exhalado por el paciente pasa en su totalidad al quirófano y con él, los gases anestésicos residuales.

El colectivo de trabajadores expuestos profesionalmente a los gases anestésicos residuales es elevado, e incluye además de a los anestesistas y sus ayudantes, a las demás personas que se encuentran en el quirófano (cirujanos, enfermeras y auxiliares), a los dentistas que practican intervenciones odontológicas, al personal de sala de partos y también al de unidades de vigilancia intensiva, donde puede haber pacientes sometidos a anestesia inhalatoria. Otras zonas en las que se detecta la presencia de gases anestésicos son las salas de reanimación debido a los gases exhalados por los pacientes en fase de recuperación, y en las áreas adyacentes a los quirófanos, ya que no debe olvidarse que éstos, por asepsia, se mantienen a sobrepresión, lo que favorece la contaminación de su entorno.

## EFFECTOS SOBRE LA SALUD

Aunque a los pocos años de empezar a utilizarse la anestesia inhalatoria ya surgieron sospechas de la existencia de una relación entre las enfermedades como asma o nefritis, que afectaron a algunos de los primeros anestesistas profesionales y su trabajo como tales, no fue hasta los años sesenta cuando se empezó a estudiar seriamente el problema de la toxicidad de los gases anestésicos.

En este sentido, la aparición de la encuesta *Vaisman*, un amplio estudio epidemiológico realizado entre más de 300 anestesistas en la antigua Unión Soviética, fue el punto de partida, en la década de los setenta y primera mitad de los ochenta, de un gran número de trabajos epidemiológicos y toxicológicos para el estudio de los efectos de los gases anestésicos, principalmente óxido de dinitrógeno y halotano, en las personas profesionalmente expuestas.

Los efectos evaluados en la mayor parte de estos estudios son: aumento de abortos espontáneos en mujeres expuestas durante o previamente al embarazo, e incluso en mujeres parejas de hombres expuestos, aumento de malformaciones congénitas en hijos de madres expuestas, aparición de problemas hepáticos, renales y neurológicos y de algunos tipos de cáncer. Aunque los

efectos tóxicos sobre el organismo de los diferentes gases anestésicos halogenados y del óxido de dinitrógeno no son exactamente los mismos, es habitual que se evalúen conjuntamente, dada la simultaneidad de la exposición.

Contemplados los trabajos en su conjunto se podría deducir una aceptable correlación entre exposición y aumento del riesgo, sobre todo en lo que respecta a abortos espontáneos en madres expuestas durante el embarazo y a malformaciones congénitas (ver tabla 2).

Autores (año)	Abortos espontáneos	Malformaciones congénitas
Vaisman (1967)	+	-
Askrog, Harvald (1970)	+	
Cohen et al. (1971)	+	
Knill-Jones et al (1972)	+	+
Rosemberg, Kirves (1973)	+	
Corbett et al. (1974)		+
Cohen et al. (1974)	+	+
Garstka (1974)	+	+
Uhlírova, Pokorný (1974)	+	
Cohen et al (1975)	+	-
Knill-Jones et al. (1975)	+	+
Mirakhur, Badve (1975)	+	+
Pharaoh (1977)	-	+
Rosemberg, Vanttinien (1978)	-	
Tomlin (1978)	+	+
Cohen et al. (1980)	+	
Axelsson, Rylander (1982)	+	
Johnson et al. (1987)	-	
Saurel-Cubizolles (1994)	+	-

(+) indica que se ha encontrado diferencia significativa entre expuestos y grupo control.  
 (-) indica que no se ha encontrado diferencia significativa.

Tabla 2.- Trabajos publicados sobre abortos espontáneos y malformaciones congénitas en personal expuesto a gases anestésicos residuales.

Los trabajos publicados por *Cohen*, que realizó un amplio estudio para la Sociedad Americana de Anestesiólogos (ASA), corroboran estas conclusiones. Revisiones posteriores admiten estas correlaciones, aunque no sin una fuerte crítica a diferentes aspectos técnicos de los muestreos realizados, entre los que destacan: la adecuada elección del grupo control, la existencia de información fiable sobre las concentraciones a las que han estado sometidas las personas expuestas, la eliminación de falsos positivos, los hábitos no controlados (tabaco y alcohol), la historia ginecológica previa o la infertilidad voluntaria. También es importante remarcar que algunos trabajos son considerados inaceptables y sus conclusiones no válidas.

Por otro lado, los estudios toxicológicos realizados con animales tampoco son concluyentes, si se exceptúan aquellos que se han llevado a cabo a concentraciones anestésicas o subanestésicas, lo que desvirtúa totalmente su eficacia científica. En general se puede afirmar, con cierta garantía, que es constatable una ralentización de los procesos de desarrollo, crecimiento y aprendizaje de los animales expuestos a concentraciones ambientales de anestésicos equivalentes a las existentes como residuales en los quirófanos.

Aunque es notoria la preocupación generada por el convencimiento de la existencia de una relación exposición-efecto en las personas expuestas, es muy difícil concretar esta relación de manera rigurosa desde el punto de vista estadístico y siguen existiendo discrepancias sobre estas correlaciones, incluso en los trabajos publicados más recientemente. Los estudios del cariotipo también proporcionan resultados ambiguos.

A la vista de lo expuesto, y admitiendo que es difícil demostrar, con todo tipo de garantías, la existencia de efectos nocivos ocasionados por la exposición a gases anestésicos residuales, en la práctica se detecta su presencia o la de sus metabolitos en el aire ambiente de los quirófanos, en el aire exhalado y en los fluidos biológicos. Por ello, y desde el punto de vista de protección de la salud, se debe considerar esta situación de manera negativa siendo recomendable tomar medidas para reducir las concentraciones de gases residuales presentes en el aire ambiente de los quirófanos y áreas adyacentes, sobre todo, teniendo en cuenta que esta reducción es técnicamente posible.

## VALORES DE REFERENCIA

Los valores límite de exposición profesional a agentes químicos adoptados por el INSHT recomiendan para el óxido de dinitrógeno un valor VLA-ED de 92 mg/m<sup>3</sup>.

La *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) tiene adoptado un valor límite ponderado en el tiempo (TLV-TWA del inglés *Threshold Limit Values - Time Weighted Average*) de 90 A4 mg/m<sup>3</sup> para el óxido de dinitrógeno y de 404 mg/m<sup>3</sup> para el halotano. El valor para este úl-

timo, sin embargo, está propuesto para el proceso de su fabricación, indicándose que en los quirófanos su concentración se debería mantener en un valor de 8 mg/m<sup>3</sup>.

El *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) establece un valor de 25 ppm para el óxido de dinitrógeno y de 1 ppm para los anestésicos halogenados, con la recomendación adicional de rebajar este último valor hasta 0,5 ppm cuando se aplique conjuntamente con el óxido de dinitrógeno.

Por lo que se refiere a valores biológicos, se propone una concentración de óxido de dinitrógeno en orina, al final de una jornada de 4 horas, de entre 13 y 19 µg/l, como la correspondiente a la exposición a una concentración ambiental media de 25 ppm, y de entre 21 y 39 µg/l para la exposición a una concentración ambiental media de 50 ppm. En caso de exposición conjunta a un anestésico halogenado y a óxido de dinitrógeno se suele emplear la determinación de este último como procedimiento de control de la exposición, ya que su uso en concentraciones más elevadas facilita su cuantificación.

## ESTIMACIÓN DEL RIESGO

### Concentraciones residuales habituales en el aire de los quirófanos

En ausencia de medidas preventivas, como la extracción de los gases residuales o una adecuada renovación del aire del quirófano, se han determinado concentraciones personales de más de 6000 ppm de óxido de dinitrógeno y de 85 ppm de halotano y ambientales de hasta 3500 ppm y 20 ppm, respectivamente. Con la aplicación de medidas correctoras adecuadas se logra reducir estas concentraciones a valores inferiores a los límites ambientales anteriormente citados.

### Factores que afectan a la concentración residual de gases anestésicos

Los factores que afectan más directamente a la presencia de gases anestésicos residuales en el ambiente de los quirófanos son los siguientes:

#### *Tipo de anestesia*

El tipo de anestesia utilizado es el primer factor que se debe considerar. El hecho de intubar o no al paciente o la utilización de diferentes tipos de mascarilla es determinante en este sentido. En aquellos casos en que no se intuba al paciente, por ejemplo en intervenciones odontológicas o laringológicas, suele ser habitual la emisión al ambiente de los gases exhalados, a no ser que se empleen sistemas específicos de extracción localizada en el área respiratoria del paciente.

### *Proximidad al foco de emisión*

Como es habitual en higiene industrial, cuando existe un punto de emisión concreto de contaminante, la proximidad al mismo es uno de los aspectos que mayor importancia tiene en la exposición personal. En este caso son los anestesistas y sus ayudantes las personas más directamente afectadas por la emisión de gases anestésicos residuales, habiéndose medido concentraciones personales del orden de dos veces las ambientales promedio medidas en el aire del quirófano.

### *Tipo de circuito*

Es evidente que en los pocos casos en que se emplean circuitos cerrados, con reinspiración, previa depuración y aporte de oxígeno y anestésicos necesarios, no tendrá lugar emisión al ambiente, excepto en caso de mal funcionamiento o existencia de fugas. En otros casos dependerá de las características propias del sistema empleado, así como de la posibilidad de aplicar sistemas de extracción o no al circuito de anestesia.

### *Concentraciones de gases anestésicos empleadas*

Otro factor a tener en cuenta es la concentración de anestésicos aplicada, ya que, como es obvio, existe una relación directa entre esta concentración y la presente en el aire del quirófano. Este aspecto es especialmente importante cuando se trata de intervenciones de larga duración.

### *Tipo de intervenciones*

La duración de las intervenciones, el tiempo transcurrido entre una serie de ellas llevadas a cabo en un mismo quirófano y las características propias de la intervención, asociadas muchas veces a las de la anestesia, son otros aspectos que se han de considerar.

La duración de la intervención afecta directamente a la concentración residual de anestésicos en aire. En quirófanos en los que se llevan a cabo intervenciones sucesivas, el tiempo transcurrido entre ellas afecta también a la presencia de gases residuales. Los estudios realizados en grandes hospitales en los que tiene lugar un uso continuado de los quirófanos, o en los que se realizan intervenciones de larga duración, por ejemplo, transplantes, o laringotomías, se detectan concentraciones importantes de gases residuales antes de iniciar la primera intervención de la jornada, lo que contribuye a aumentar su presencia a lo largo de las siguientes intervenciones.

Por otro lado, algunos tipos de intervenciones implican un cese temporal en la aplicación de la anestesia inhalatoria, por ejemplo, las que incluyen circulación extracorpórea, con la consiguiente interrupción de emisión de gases anestésicos residuales al ambiente del quirófano.

### *Características propias del quirófano*

Estudios realizados en quirófanos de diferente volumen, diseño y tipo de ventilación han demostrado que estas características influyen de manera importante en la concentración residual existente de gases anestésicos. En quirófanos grandes y no sectorizados, se suelen medir concentraciones residuales de anestésicos más bajas, mientras que en quirófanos pequeños, por ejemplo los pediátricos, las concentraciones residuales medidas son normalmente más elevadas.

El sistema de ventilación general del quirófano y su adecuado control es un factor fundamental para la reducción de la concentración residual de gases anestésicos; el diseño del sistema de ventilación afecta también a la circulación de los gases residuales en el interior del quirófano y su concentración en diferentes puntos y a diferentes alturas, cuestión que es fácil de comprobar con la determinación de muestras puntuales.

### *Características propias del aparato de anestesia*

Como ya se ha comentado al citar el tipo de anestesia y el tipo de circuito empleado, las características propias del aparato de anestesia son determinantes en la emisión de gases al ambiente del quirófano. Su propio diseño, que tenga o no un sistema de retorno, o una conexión a un sistema de vacío o al exterior del quirófano, la existencia de fugas, de posibles desconexiones, etc. son aspectos directamente relacionados con la presencia de gases residuales en el quirófano.

### *Factores propios del anestesista y su grupo de trabajo*

El anestesista y su equipo de trabajo son el último elemento que se debe considerar y no por ello el menos importante. El conocimiento de los equipos de anestesia, de los problemas existentes y del nivel de mantenimiento de los equipos, tanto por parte del departamento de mantenimiento del hospital como de los propios profesionales, son factores que afectan muy directamente a la emisión de gases residuales al aire ambiente del quirófano.

Está demostrado que, incluso aplicando tecnología adecuada, la reducción de la concentración ambiental de gases anestésicos no es factible si no existe en los procedimientos de trabajo del anestesista y de su equipo de colaboradores una filosofía preventiva.

## **METODOLOGÍA ANALÍTICA**

Para la determinación de gases anestésicos residuales en aire, la captación de aquellos se realiza mediante adsorción en un soporte adecuado o en un recipiente o bolsa inerte. El análisis es por cromatografía de gases o espectroscopía por infrarrojo (IR), (ver tabla 3).

<b>Gases anestésicos en aire</b>		
<b>Gas anestésico</b>	<b>Tipo de muestra</b>	<b>Análisis</b>
N <sub>2</sub> O en aire	Lectura directa	IR
N <sub>2</sub> O en aire (1)	Bolsas inertes	CG-ECD
Halotano en aire	Carbón activado	CG-FID
Isoflurano en aire (2)	Chromosorb 106	Desorción térmica CG-FID
<b>Control biológico</b>		
<b>Gas anestésico</b>	<b>Tipo de muestra</b>	<b>Análisis</b>
N <sub>2</sub> O en orina	10 ml orina	Espacio de cabeza CG-ECD
Isoflurano en aire (3) aire exhalado	Chromosorb 106	Desorción térmica CG-FID

*IR= Espectroscopia de infrarrojo.*

*CG-ECD= Cromatografía de gases con detector de captura de electrones.*

*CG-FID= Cromatografía de gases con detector de ionización de llama.*

Métodos aceptados por el INSHT:

- (1) Determinación de óxido de dinitrógeno en aire-método de captación directa con bolsas inertes/cromatografía de gases. MTA/MA-020/A91.
- (2) Determinación de isoflurano en aire-método de captación con muestreadores pasivos por difusión-desorción térmica/ cromatografía de gases. MTA/MA-027/A95.
- (3) Determinación de isoflurano en aire exhalado-método de captación en tubo absorbente/desorción térmica/cromatografía de gases. MTA/MB-021/A92.

TABLA 3.- Métodos analíticos. Gases anestésicos. Control biológico

Para la determinación de gases anestésicos en fluidos biológicos, las determinaciones en orina del óxido de dinitrógeno, antes y después de la exposición, y del isoflurano en el aire exhalado, son una buena medida del nivel de exposición a estos gases; sin embargo, no es habitual la determinación de metabolitos del halotano e isoflurano dado su escaso grado de biotransformación (ver tabla 3).

## MEDIDAS PREVENTIVAS

Las acciones preventivas básicas para una reducción efectiva de la exposición profesional a gases anestésicos residuales se pueden resumir en los seis puntos que se describen a continuación.

### *Consideración de los gases anestésicos como tóxicos laborales*

Aunque desde el punto de vista científico no se pueda considerar totalmente demostrado que los gases anestésicos causen efectos nocivos graves en la salud de las personas profesionalmente expuestas, existe una elevada probabilidad de que algunos de los efectos comentados anteriormente estén directamente relacionados con la exposición a los gases anestésicos residuales, por lo que es recomendable su consideración como tóxicos laborales.

### *Utilización de sistemas de eliminación de gases residuales (scavenger)*

La utilización de sistemas de eliminación de gases residuales es la herramienta técnica más eficaz para reducir la presencia de los gases residuales en el aire del quirófano. Estos sistemas deben cumplir dos principios básicos: almacenar y/o eliminar adecuadamente la totalidad del volumen de aire espirado por el paciente y tener un diseño que garantice la no influencia en la respiración del paciente ni en las características de trabajo del aparato de anestesia, y deben incluir diferentes medidas de seguridad al respecto. En la figura 1 se muestra el esquema de un *scavenger*.

Los procedimientos más empleados son: conexión directa a un sistema de vacío con un depósito flexible regulador teniendo en cuenta la emisión de gases

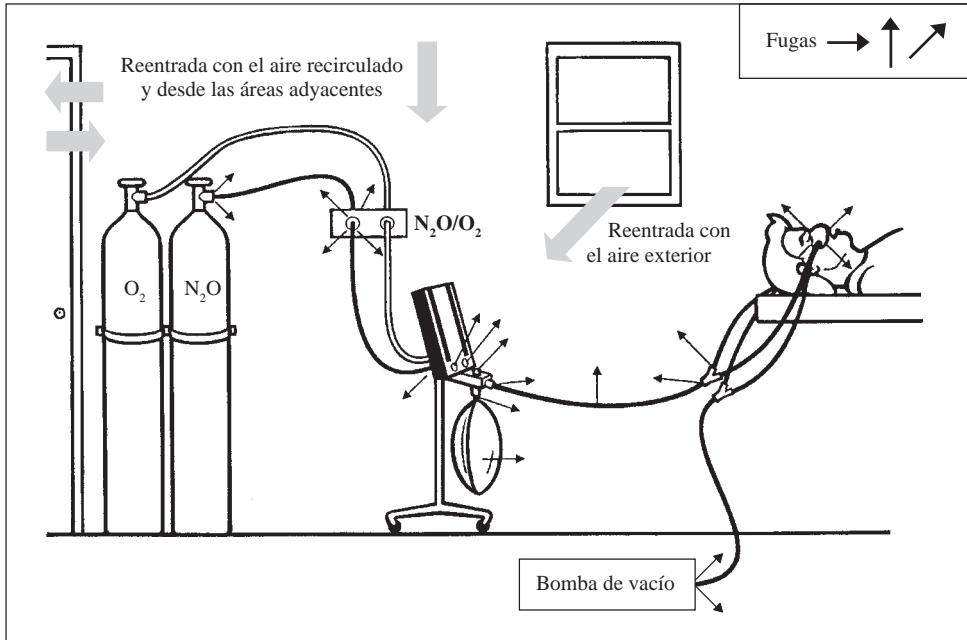


Figura 1.- Esquema de un *scavenger*

discontinua que genera el ritmo respiratorio, envío de los gases exhalados por el paciente a una corriente de vacío sin conexión directa, envío de los gases procedentes del paciente al retorno del sistema de ventilación del quirófano y envío de estos gases al exterior del quirófano y del edificio. Todos estos sistemas son de fácil aplicación y bajo coste, aunque es recomendable disponer de respiradores que los lleven acoplados en origen.

En aquellos casos en que, por las características propias de la intervención, no puedan aplicarse sistemas de eliminación directa de los gases anestésicos, se puede recurrir a la utilización de extracciones localizadas cerca del foco de emisión, teniendo en cuenta que no afecten al sistema general de ventilación ni a la sobrepresión del quirófano.

#### *Existencia de sistemas de ventilación general forzada de aire del quirófano*

La ventilación general del quirófano debe estar perfectamente regulada y no sólo atender al principio de sobrepresión del local y a las características termohigrométricas del ambiente, sino que debe garantizar, como mínimo, unos caudales de aire de renovación de 10 litros/segundo y ocupante del quirófano, siendo todo el aire exterior. Además, se deben establecer programas de mantenimiento preventivo que aseguren su perfecto funcionamiento y en los que se incluyan operaciones de limpieza de las instalaciones.

#### *Plan de mantenimiento preventivo del circuito de anestesia*

Debe existir un control preventivo que incluya las revisiones periódicas de los respiradores. La verificación de la ausencia de emisión de gases al ambiente debe formar parte del protocolo establecido para la puesta en marcha y comprobación de su adecuado funcionamiento desde el punto de vista de la seguridad del paciente. Se debe comprobar el buen estado del circuito de anestesia mediante la búsqueda de fugas, la sustitución periódica de los filtros y la comprobación de las válvulas de seguridad.

#### *Controles ambientales y biológicos*

La realización de controles ambientales y biológicos periódicos proporciona información sobre el adecuado funcionamiento de los elementos técnicos, eliminación de gases y ventilación general y sobre si los procedimientos de trabajo son adecuados para la minimización de la emisión de gases residuales al aire. Estos controles no presentan hoy en día problemas técnicos y se pueden llevar cabo con unos costes no demasiado elevados, por lo que es recomendable su establecimiento.

#### *Información y formación del personal expuesto*

La información y formación del personal expuesto, sobre los riesgos que comporta la inhalación de gases anestésicos residuales y los métodos para su

prevención, son imprescindibles para lograr una eficaz reducción de la exposición laboral a gases anestésicos en los quirófanos.

## **CONCLUSIONES**

Los quirófanos y zonas adyacentes son áreas de exposición a gases anestésicos residuales. Lograr una reducción de su presencia en el aire es técnicamente posible con un coste bajo. Sin embargo, el problema no se puede dar en ningún caso como solucionado solamente con la utilización de instrumental adecuado y la realización de su revisión y control, sino que una adecuada política preventiva debe incluir, además, controles ambientales y biológicos y, sobre todo, acciones informativas y formativas a todo el personal expuesto, especialmente a los anestesistas y sus ayudantes, los principales afectados por el problema, ya que las condiciones propias del trabajo en los quirófanos, los procedimientos y hábitos de trabajo que éstos desarrollen serán muy importantes de cara a la reducción de la emisión de gases al ambiente del quirófano.

## 4

# GASES ESTERILIZANTES ÓXIDO DE ETILENO

## INTRODUCCIÓN

El óxido de etileno se utiliza, fundamentalmente, como producto de síntesis en la industria química y como agente esterilizante en la industria y en los hospitales.

El uso del óxido de etileno no es nuevo; en los años veinte se utilizaba ya como insecticida y fungicida, y posteriormente, en los años treinta, para la esterilización de las especias. La necesidad de esterilizar materiales sensibles al calor y a la humedad hizo que el óxido de etileno se convirtiese en el agente esterilizante por excelencia en los procesos de esterilización en frío.

El riesgo potencial derivado de su utilización se encuentra justificado porque su propio destino como agente esterilizante le exige poseer todas las cualidades necesarias para la destrucción de los microorganismos y, en determinadas condiciones, por comprometer la salud de las personas.

Otra cuestión que hay que tener en cuenta es que, a corto plazo, este compuesto parece insustituible, aunque se encuentren disponibles tecnologías alternativas.

Este planteamiento realista ha conseguido que tanto los fabricantes como las administraciones pongan en marcha una serie de mecanismos tendentes al control del riesgo. Los primeros, mediante el perfeccionamiento de sus equipos e instalaciones y el desarrollo de tecnologías alternativas, y los segundos, mediante la revisión y actualización de las normativas.

## PROPIEDADES DEL ÓXIDO DE ETILENO

En la figura 1 se muestran los datos de identificación del óxido de etileno. En condiciones normales de temperatura y de presión, el óxido de etileno es

un gas incoloro, más pesado que el aire, y en concentraciones elevadas presenta un olor parecido al del éter. En la figura 2 se recogen sus principales características físicas.

El óxido de etileno es un compuesto extremadamente reactivo. Reacciona fácilmente y de manera exotérmica con todas las sustancias que poseen un átomo de hidrógeno libre, por ejemplo: ácidos, bases, amoníaco, aminas, alcoholes, etc. Estas reacciones, cuando tienen lugar de una forma descontrolada, pueden producir explosiones.

A temperatura ambiente, el óxido de etileno se polimeriza fácilmente, mediante una reacción fuertemente exotérmica. Esta reacción se acelera por la acción de la luz y del calor; la polimerización se acelera igualmente en presencia de diferentes sustancias que actúan como catalizadores como sales y óxidos metálicos, por ejemplo, cloruros de hierro, de estaño y de aluminio, compuestos organometálicos ácidos, hidróxidos de metales alcalinos, aminas, etc.

El óxido de etileno se puede descomponer espontáneamente y de manera explosiva, formando metano, óxido de carbono, etano, hidrógeno y carbono.

PRODUCTO:	Óxido de Etileno
NOMBRE QUÍMICO:	Óxido de Etileno
SINÓNIMOS:	1,2 Epoxietano; Oxirano
FÓRMULA:	$\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2\backslash\text{O}$
PESO MOLECULAR:	44,05
Nº CAS:	75-21-8
Nº EINECS:	603-023-00-X

Figura 1.- Identificación

Punto de ebullición:	10,4 °C (1 atm)
Punto de congelación:	-112,5 °C
Punto crítico:	195,8 °C a 7190 kPa
Densidad del gas:	1,49 (aire = 1)
Tensión de vapor:	65,82 kPa a 0 °C 145,8 kPa a 20 °C 288,4 kPa a 40 °C
Punto de inflamación (Flash point):	Inferior a -18 °C
Temperatura de autoignición:	430 °C en mezcla con aire 560 °C para el gas puro
Límites de explosividad en volumen:	Límite inferior: 3% en aire Límite superior: 100% en aire
Solubilidad en agua:	195 cm <sup>3</sup> /l (agua a 20 °C y 101 kPa)
Solubilidad en disolventes orgánicos:	Buena en casi todos

Figura 2.- Características físicas del óxido de etileno

El riesgo de descomposición crece con la temperatura y varía en función de la presión, la forma del recipiente, la fuente de energía, etc.

El óxido de etileno no es corrosivo para los metales ni para diversos tipos de cauchos o de materias plásticas.

El óxido de etileno puede formar mezclas explosivas con el aire entre los límites de 3% a 100% en volumen. La energía de inflamación de estas mezclas es muy variable.

Las soluciones acuosas pueden también inflamarse en concentraciones inferiores al 5%. En ambos casos el riesgo de inflamación es especialmente elevado a temperaturas superiores a los 30 °C.

Para reducir el riesgo de inflamación y explosión se utilizan frecuentemente mezclas de óxido de etileno con otros gases como el dióxido de carbono, diclorodifluorometano y cloro tetrafluoroetano.

## DATOS TOXICOLÓGICOS DEL ÓXIDO DE ETILENO

### Toxicidad experimental

#### *Aguda*

La DL<sub>50</sub> en ratas (dosis letal para el 50% de la población) de óxido de etileno, administrado por vía oral en solución acuosa del 1%, es de 330 mg/kg.

La CL<sub>50</sub> (concentración letal para el 50% de la población), es de 800 ppm para una exposición de 4 horas en ratas.

Concentraciones de óxido de etileno superiores a 1000 ppm producen en la rata irritación de las mucosas y depresión del sistema nervioso central.

La aplicación de compresas empapadas con una solución acuosa al 10% - 50%, produce una reacción inflamatoria en la piel del conejo.

#### *Subaguda y crónica*

La ingestión de 100 mg/kg de óxido de etileno en aceite de oliva, 5 veces/semana, durante 3 semanas, provoca en la rata pérdida de peso, irritación gástrica y alteraciones hepáticas moderadas.

Existen numerosos estudios experimentales, realizados con diferentes especies animales, sobre los posibles efectos crónicos causados por la inhalación de óxido de etileno. Los principales efectos conocidos para exposiciones repetidas de alrededor de 200 ppm son: irritación de las vías respiratorias, alteraciones reversibles del sistema nervioso central y neuropatías periféricas difícilmente reversibles.

#### *Efectos mutagénicos*

A partir de varios estudios (NIOSH,1981 Lynch,1984, Yager y Benz,1982),

se ha puesto de manifiesto la existencia de mutaciones puntuales, aberraciones cromosómicas, cambios cromatínicos y alteraciones del ácido desoxirribonucleico (ADN).

#### *Efectos carcinogénicos*

Al igual que para los efectos mutagénicos, diversos estudios han puesto en evidencia el potencial carcinogénico del óxido de etileno. La administración por vía oral 2 veces/semana, durante 107 semanas de 7,5 a 30 mg/kg de peso, produce en la rata un aumento de la incidencia de tumores de estómago, especialmente de carcinomas de células escamosas.

En ratas expuestas a dosis de 0, 10 y 100 ppm, 7 h/día, 5 días/semana, durante dos años, se observó una mayor incidencia de leucemias mononucleares, tumores cerebrales, lesiones proliferantes en la corteza suprarrenal en animales de ambos性os y mesotelioma de peritoneo y tumores de pituitaria en los machos.

Para el ratón, la inhalación de 0, 50 y 100 ppm, 6 horas/día, 5 días/semana, durante 102 semanas, produce un aumento de la frecuencia de tumores bronco-pulmonares, en ambos性os y adenocarcinomas uterinos, carcinomas mamarios y linfomas malignos en las hembras.

La inyección subcutánea de una solución de óxido de etileno provoca en los ratones un aumento de la relación dosis-respuesta de tumores locales, especialmente de fibrosarcomas.

#### *Otros efectos*

Se han descrito efectos sobre la reproducción para las ratas con exposiciones a 204 ppm, 7 h/día y 5 días/semana durante 25 semanas, con alteraciones testiculares.

Igualmente se conoce una reducción significativa de la fertilidad para las ratas expuestas a concentraciones de 100 ppm, 6 h/día y 5 días/semana, durante 12 semanas.

### **Toxicidad para el hombre**

#### *Aguda y subaguda*

Las características más conocidas del óxido de etileno se refieren a su efecto como irritante local, sobre los ojos y la piel, y a los efectos producidos por la exposición aguda, vía inhalatoria, que pueden provocar fenómenos de irritación de las vías respiratorias, causando: disnea, cianosis e incluso edema pulmonar, trastornos en el aparato digestivo (náuseas, vómitos y diarreas) y trastornos neurológicos (cefaleas, somnolencia, descoordinación).

Exposiciones repetidas a óxido de etileno pueden producir dermatosis

alérgicas, siendo éstas poco frecuentes. Para concentraciones moderadamente altas, se han descrito casos de polineuritis sensitivomotoras reversibles y alteraciones del sistema neuro-vegetativo. Y en el caso de exposición a concentraciones elevadas, cataratas.

#### *Efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos*

Los efectos genotóxicos atribuibles a las exposiciones crónicas al óxido de etileno, con propiedades alquilantes, son objeto de máximo interés científico y suscitan, a su vez, inquietud en el ámbito laboral.

#### **Sensibilización ante el riesgo**

Son todavía muchos los profesionales que, desde distintas áreas y manteniendo una postura similar a la del avestruz, se resisten a aceptar el posible efecto cancerígeno del óxido de etileno sobre las personas a pesar de que la comunidad científica internacional acepta este potencial efecto y recomienda la adopción de las medidas correctoras.

No se trata de cerrar las centrales de esterilización ni de desterrar el uso del óxido de etileno, sino más bien de determinar las condiciones bajo las cuales se garantice la salud de los trabajadores que operan en dichas centrales.

Los conocimientos científicos actuales no permiten establecer un nivel de garantía por debajo del cual no existan riesgos para la salud; no obstante, una reducción de la exposición a agentes carcinógenos hará disminuir dichos riesgos.

La adopción de unos valores límite umbrales, la calidad de los equipos e instalaciones, el control ambiental, un método de trabajo adecuado y la preparación y protección de los trabajadores, conformarán los pilares para la consecución de un adecuado nivel de prevención en las áreas de esterilización.

#### **VALORES DE REFERENCIA**

Inicialmente el valor de la concentración máxima permitida para el óxido de etileno, venía dado en función de sus efectos irritantes, adoptando un valor de 50 ppm. Posteriormente, y debido a su actividad biológica, se tuvieron en cuenta sus posibles efectos mutagénicos y carcinógenos por lo que los valores máximos permitidos se redujeron drásticamente.

Los valores límite de exposición profesional a agentes químicos adoptados por el INSHT recomiendan para el óxido de etileno un valor VLA-ED de 1,8 mg/m<sup>3</sup>.

*La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), establece un valor TLV-TWA, para el año 1998 de 1,8 mg/m<sup>3</sup> A2. La*

<b>Frases de riesgo</b>	
R-45	Puede causar cáncer.
R-46	Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
R-12	Extremadamente inflamable.
R-23	Tóxico por inhalación.
R-36/37/38	Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias
<b>Frases de prudencia</b>	
S-53	Evitar exposición, facilitando instrucciones especiales antes de su utilización.
S-45	En caso de accidente, consultar con el médico (si es posible, mostrar la etiqueta).

Tabla 1.- Frases de riesgos específicos y frases de prudencia

*International Agency for Research on Cancer (IARC)*, clasifica al óxido de etileno en el grupo 2A que significa: producto con alta probabilidad de ser cancerígeno para el hombre.

A partir de la entrada en vigor del R.D. 365/1995, reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, el óxido de etileno está clasificado como cancerígeno de segunda categoría y tiene asignada la frase R45, es decir, producto que puede causar cáncer (ver tabla 1). Por todo ello, es de aplicación el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, relativo a la protección de los trabajadores frente a riesgos relacionados con la exposición a los agentes cancerígenos durante el trabajo. En esta reglamentación no se

determinan unos valores límite aunque sí se establece que los valores deben ser tan bajos como sea razonablemente posible.

## ESTERILIZACIÓN POR ÓXIDO DE ETILENO

Entre el 50% y el 60% de la industria fabricante de material para uso médico utiliza como agente esterilizante este compuesto, el resto (40-50%) utiliza la radiación procedente de una fuente de cobalto-60 que, aun teniendo un elevado costo inicial, permite una gran capacidad de producción.

En los hospitales, por el contrario, según el volumen de material que se tenga que procesar y las características propias de las centrales, el agente esterilizante más utilizado es el vapor de agua saturado, seguido del óxido de etileno. En España, la relación entre estos dos métodos es de 0,2 esterilizadores de óxido de etileno por uno de vapor de agua. Esta relación es sensiblemente menor que en los países de nuestro entorno.

La esterilización por óxido de etileno surge como alternativa al vapor para el procesado de equipos y materiales sensibles a éste, y tras numerosas pruebas y estudios con diferentes compuestos como: óxido de propileno, peróxido de hidrógeno, formaldehído, ozono, dióxido de cloro o etilenamina.

La extremada reactividad del óxido de etileno, incluso a bajas temperaturas, su poder de penetración y su buen comportamiento como agente

esterilizante, así como su economía, han hecho que su uso se haya extendido en los hospitales.

## PROCESO DE ESTERILIZACIÓN POR GAS ÓXIDO DE ETILENO

La esterilización de diversos materiales de uso hospitalario se deberá abordar con criterios de efectividad y seguridad de acuerdo con el desarrollo tecnológico de nuestros hospitales.

Los parámetros fundamentales que inciden en el proceso de esterilización por gas son cuatro: la temperatura, la concentración, la humedad relativa y el tiempo. El desequilibrio o descontrol de algunos de estos parámetros rompe el círculo de garantía de calidad y seguridad en el proceso.

### Equipos

Para poder controlar los parámetros exigibles al proceso, se hace necesario disponer de equipos esterilizadores capaces de garantizar que en todo momento se cumplen las características esperadas según el diseño del ciclo. Estos equipos y sus instalaciones auxiliares deben garantizar también la seguridad de los operadores.

Un aparato esterilizador consiste básicamente en una cámara de exposición, de capacidad variable (para hospitales, entre varias decenas de litros y varias centenas) en las que se coloca el material a procesar.

Existe una gran variedad de equipos, con diferentes grados de tecnificación: desde un mero cajón metálico carente de dispositivos de control, sin sistema de eliminación de gases ni garantías de hermeticidad, hasta equipos sofisticados de la última generación, con los dispositivos necesarios de control y medidas de seguridad añadidas.

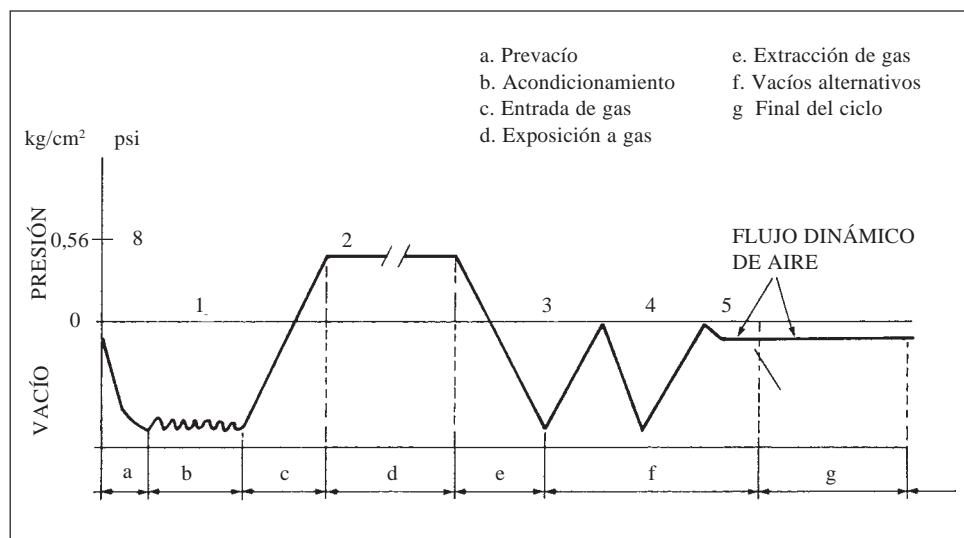
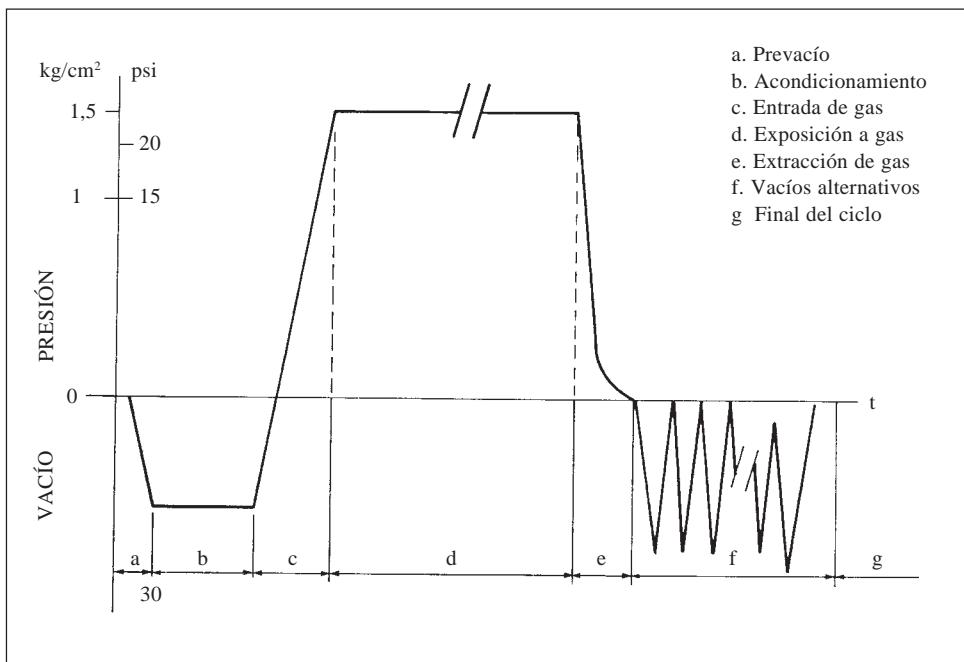
### Ciclos de esterilización

Básicamente, un ciclo de esterilización consta de tres partes bien diferenciadas: el acondicionamiento de la carga, la exposición al gas y la extracción del gas. A su vez, cada una de estas partes del ciclo se subdivide en varias fases que diferencian unos equipos de otros en función de la tecnología utilizada (ver figuras 3, 4 y 5).

Algunos aspectos del equipo de esterilización que pueden tener interés desde el punto de vista preventivo son los que a continuación se detallan.

#### *Calentamiento de la cámara*

La temperatura alcanzada en la cámara define el tipo de ciclo, «caliente» o «frío», y el tiempo de duración del ciclo. La temperatura en el ciclo frío oscila alrededor de 35 °C, y en el caliente, alrededor de 54 °C.



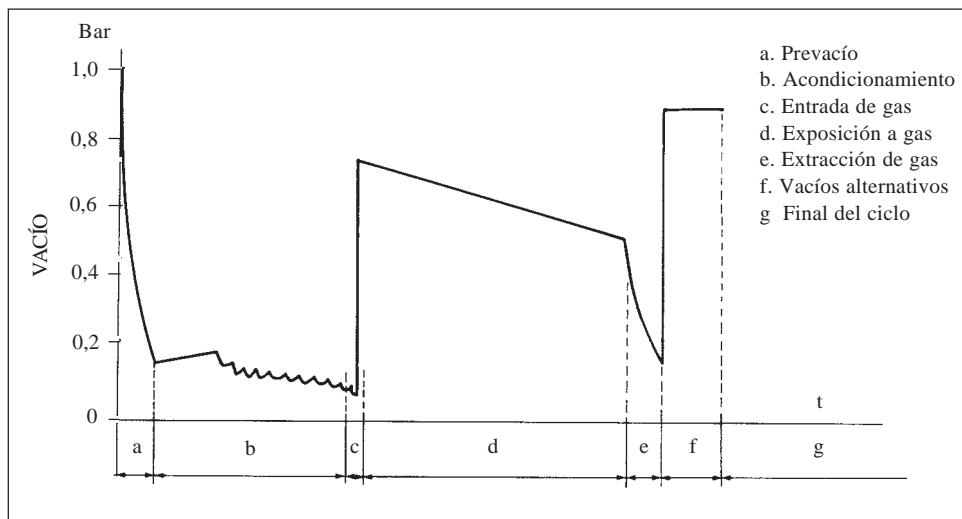


Figura 5.- Esterilización en depresión

### Número de puertas

En función del diseño de la central y de la tecnología del equipo, podemos encontrar esterilizadores con dos puertas, una que se abre a la sala llamada «de sucio», y la otra que se abre a la sala llamada «de limpio», y esterilizadores con una sola puerta.

### Sistema de cierre

El sistema de cierre, cuya hermeticidad deberá garantizar la ausencia de fugas, varía igualmente en función de la tecnología utilizada, siendo los más comunes: cierre de palanca, cierre mediante volante, puerta deslizante neumática (junta dinámica de aire comprimido), puerta deslizante neumática (junta dinámica de mezcla de óxido de etileno) y cierre de tornillo.

### Entrada de gas

La entrada de gas a la cámara variará según la forma de presentación del gas, que podrá ser:

- Óxido de etileno 100%, que se presenta en cartuchos monodosis. El ingrediente activo es óxido de etileno al 100% en peso.
- Óxido de etileno - 10%/CO<sub>2</sub> - 90%, se presenta en balas. El ingrediente activo es óxido de etileno al 10% en peso y el ingrediente inerte es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), al 90% en peso.
- Óxido de etileno, que se presenta en balas y en cartuchos monodosis. El ingre-

diente activo es óxido de etileno al  $8,6 \pm 0,2\%$  en peso y el ingrediente inerte es clorotetrafluoroetano (Freon 124), al  $91,4 \pm 0,2\%$  en peso.

- Óxido de etileno, que se presenta en balas. El ingrediente activo es óxido de etileno al  $10 \pm 0,5\%$  en peso y los ingredientes inertes son el clorotetrafluoretileno (Freon 124), al  $63 \pm 3\%$  en peso, y el clorodifluorometano (Freon 22), al  $27 \pm 3,5\%$  en peso.

Los dos últimos sistemas de entrada de gas van dejándose de utilizar progresivamente por la tendencia actual a eliminar la fabricación y el uso de fluorocarbonos en base a los consecutivos convenios internacionales para la protección de la capa de ozono.

## PROCEDIMIENTOS DE CONTROL

A continuación se tratan los aspectos relacionados con el control sobre el foco de contaminación, el medio en el que se dispersa el contaminante y sobre el receptor.

Debe insistirse en la necesidad de la aplicación del RD 665.97 sobre trabajo con agentes cancerígenos.

### Control sobre el foco

#### *Calidad de los equipos*

Un equipo de calidad deberá garantizar la estanqueidad durante el proceso y la eliminación total del gas al finalizar el ciclo de trabajo del esterilizador. Las nuevas generaciones de esterilizadores ofrecen equipos con aireación incorporada, evitando, incluso, el trasiego innecesario del material.

#### *Sustitución de equipos*

Aquellos equipos que por su diseño y tecnología no garanticen la estanqueidad del sistema, deberían ser sustituidos lo antes posible ya que suponen un riesgo evidente para los profesionales.

#### *Extracciones localizadas*

Aún disponiendo de equipos de calidad, es recomendable la instalación de sistemas de extracción localizada en los puntos de generación del gas para su control y, en especial, en las operaciones de descarga de material, en el punto de descarga de la purga del gas, en el cambio de bala y, según los modelos, en la válvula de seguridad.

Los equipos que trabajan a presión negativa disponen de una línea de ventilación independiente al exterior para el gas de la purga.

Estos sistemas, junto con el conducto de extracción de la cámara de aireación deberán formar un circuito independiente con vertido directo a la calle, lejos de ventanas y tomas de aire hacia el interior del edificio.

En la figura 6 se muestran dos esquemas de esterilizadores de óxido de etileno, uno de ellos alimentado con cartuchos de gas y con aireación incorporada y, el otro, alimentado por bombonas y con aireación independiente.

Todos los sistemas de extracción, una vez instalados, deberán ser comprobados para verificar su eficacia. Posteriormente se realizarán revisiones periódicas que garanticen el correcto funcionamiento del sistema.

#### *Otros dispositivos*

Son el conjunto de sistemas y equipos auxiliares del esterilizador, destacando de entre ellos los siguientes: depósito de gas, circuito de alimentación de gas, circuito de purga, compresores y circuitos de aire, campanas y conductos de extracción y equipos de vacío. Todos estos sistemas y sus respectivos elementos deberán ser compatibles con el óxido de etileno y de calidad comprobada.

La calidad en el diseño de los circuitos de alimentación y salida de gas y el cálculo correcto de los mismos juegan un papel importantísimo en la reducción del riesgo de fugas y en la total eliminación de los gases de salida.

#### *Mantenimiento preventivo*

Es importante disponer de programas de mantenimiento preventivo de los esterilizadores que permitirán garantizar el adecuado funcionamiento de los mismos, según los requisitos de diseño. En estos programas se deben incluir el propio equipo de esterilización y las instalaciones auxiliares.

Las casas comerciales, con la instalación de un equipo de esterilización, entregan un manual de uso y mantenimiento específico. El seguimiento y cumplimiento de las instrucciones reflejadas en el mismo será la primera norma de mantenimiento preventivo.

Se pueden distinguir tres tipos de mantenimiento en función de la persona responsable de su ejecución: las tareas que se han de realizar por el servicio de esterilización, las tareas que se han de realizar por el servicio de mantenimiento y las tareas que se han de realizar por el servicio técnico autorizado por el fabricante.

Los principales objetivos que se pretenden conseguir con el programa de mantenimiento preventivo son la «FIABILIDAD», que es la garantía de funcionamiento en el tiempo de los equipos e instalaciones, de acuerdo con los requisitos del proyecto; la «SEGURIDAD», que supone el funcionamiento correcto de los dispositivos de seguridad y hermeticidad de los circuitos y cámaras y la «ECONOMÍA», que comporta la consecución de una esterilización idónea a un precio razonable, evitando repetición de ciclos y fallos en la esterilización.

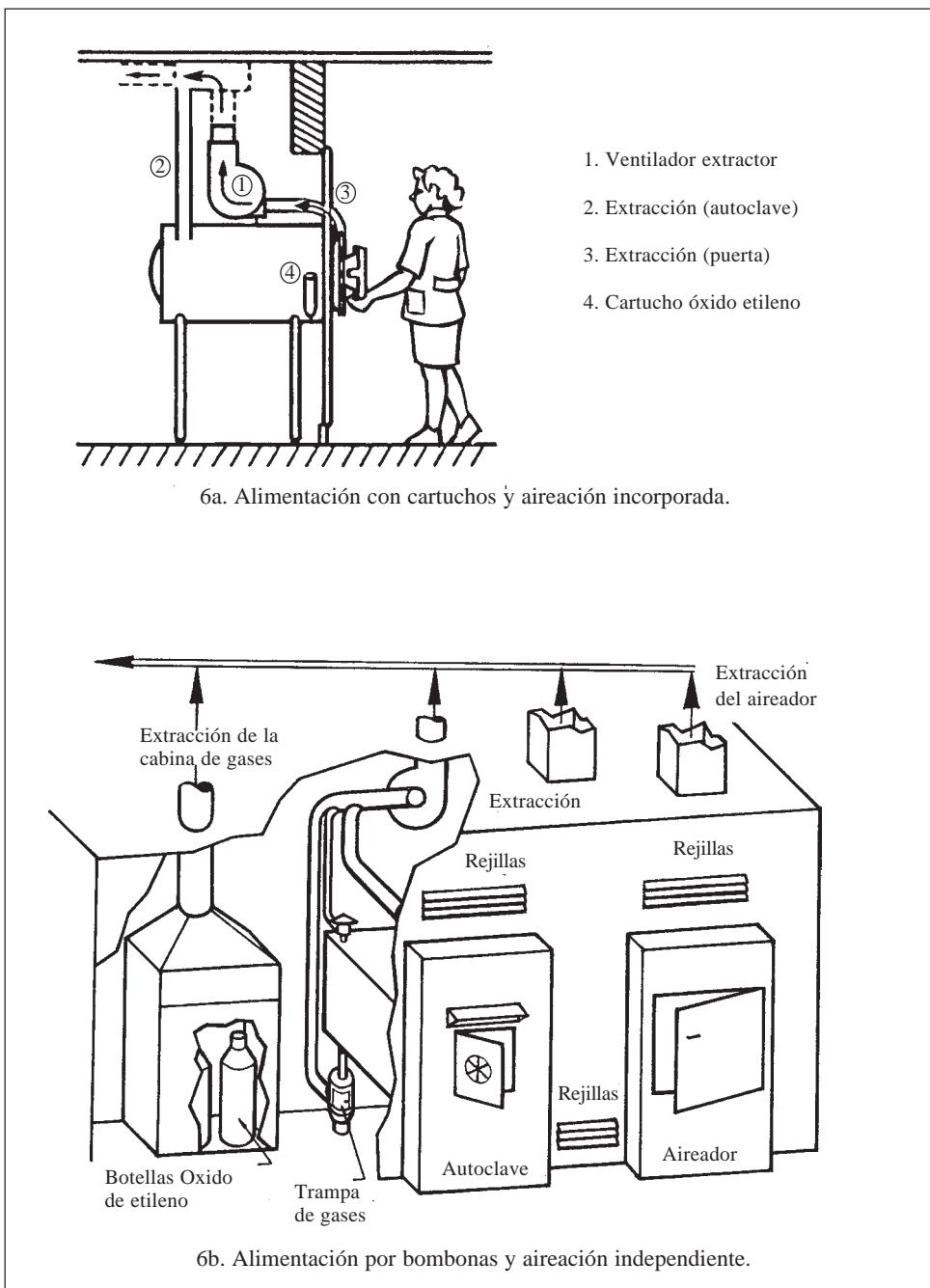


Figura 6.- Esquema de un esterilizador de óxido de etileno.

El logro de los objetivos marcados se alcanzará reduciendo el número de fallos del sistema y detectando de manera precoz aquellos que se produzcan.

Es imprescindible la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo que contemple las revisiones necesarias y la periodicidad de las mismas; por ejemplo, se deberían realizar pruebas periódicas de estanqueidad prestando especial atención a los puntos de conflicto y la válvula de seguridad debería probarse al menos una vez al año utilizando aire o nitrógeno.

Además, se debería disponer de un listado de piezas de recambio y el calendario de reposición según las indicaciones del fabricante.

Cada esterilizador y aireador debería disponer de una ficha de mantenimiento en la que se reflejen los fallos y reparaciones efectuadas, así como las revisiones periódicas. Todas estas actuaciones deberían quedar reflejadas y firmadas por la persona que las realiza. La ficha de mantenimiento deberá ser detallada y estará en poder de los servicios de mantenimiento y de esterilización.

### Control sobre el medio

#### *Ubicación del equipo*

Para conseguir un adecuado ambiente en la sala, debería tenerse muy en cuenta la situación relativa del esterilizador con respecto a los puntos de impulsión y extracción del sistema de renovación general de aire dentro del local (ver figura 7). La verificación de las corrientes de aire dentro de la sala evitará la colocación del esterilizador en zonas muertas de ventilación. En términos generales, una buena ubicación del esterilizador correspondería a una zona próxima al punto de extracción del aire y dentro de la corriente de barriodo de la sala.

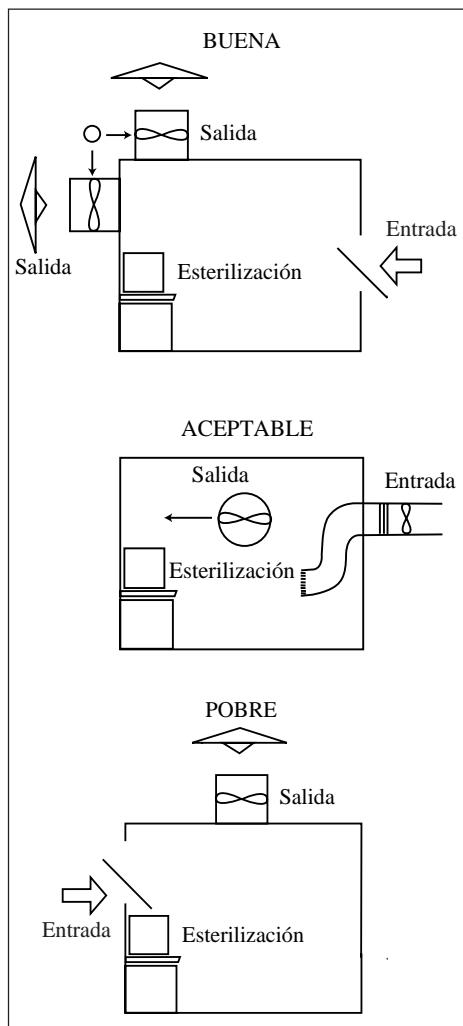


Figura 7.- Ubicación recomendada del equipo de esterilización/aireación en relación con las entradas y salidas de aire del local

Para nuevas instalaciones, o cambios en las ya existentes, es recomendable que el esterilizador, en especial los que sólo tienen una puerta, y el aireador se ubiquen en una sala independiente. De esta forma es posible reducir el número de personas expuestas y el tiempo de exposición, ya que sólo se accederá a la sala para la introducción y extracción del material. Esta sala deberá estar en depresión con respecto a las de permanencia de los operadores.

Como medida complementaria de prevención existe la posibilidad de instalar sistemas de accionamiento a distancia, reduciendo la permanencia de los operadores en la sala del esterilizador.

#### *Ventilación por dilución*

La ventilación por dilución es útil para reducir los niveles de óxido de etileno proveniente de fugas del sistema.

La ubicación del equipo, comentada en el apartado anterior, deberá tenerse muy en cuenta a la hora de diseñar y calcular un sistema de ventilación por dilución. La situación de los puntos de entrada y salida de aire y el volumen de aire necesario vendrán dados en función de la renovación necesaria y de la demanda de aire de las extracciones localizadas. Los puestos de los operadores quedarán siempre entre el punto de entrada de aire limpio y el esterilizador.

La ventilación por dilución es un complemento necesario para los sistemas de extracción localizada, ya que controla el gas desprendido en tareas puntuales (extracción y transporte de material) o en escapes accidentales (circuitos de alimentación o purga y cambio de bala).

#### *Señalización*

Los objetivos fundamentales de la señalización consisten en proporcionar la información suficiente para advertir del riesgo, en este caso exposición a óxido de etileno, y limitar el acceso a las personas que no están directamente relacionadas con el trabajo que allí se realiza.

#### *Valoración de la exposición ambiental*

Existen varios métodos para la determinación del óxido de etileno presente en los ambientes de trabajo. De una manera sencilla, se pueden clasificar en métodos de lectura directa, es decir: tras la captación del contaminante se puede conocer la concentración, y métodos con toma de muestra, en este caso es precisa la colaboración del laboratorio para el análisis de las muestras tomadas. Este último método proporciona un mayor grado de fiabilidad, pero tiene costes económicos más elevados, así como tiempos de respuesta más largos.

La elección de uno u otro método vendrá dada en función de las necesidades propias de cada centro, de la disponibilidad técnico-analítica y del resultado del estudio económico previo.

En las tablas 2, 3, 4 y 5 se resumen los diferentes métodos aplicables para la determinación de óxido de etileno en aire. Independientemente del sistema elegido, se hace necesario el establecimiento de una estrategia de seguimiento, que deberá constar de las siguientes fases:

- Evaluación inicial. Consiste en un estudio inicial en profundidad de las exposiciones personales, abarcando las distintas tareas y situaciones, incluso entre turnos, con la suficiente representatividad y, si fuese necesario, mediante la toma de muestras ambientales.
- Medidas correctoras. Tras el análisis de los resultados obtenidos en el estudio inicial, se aplicarán las medidas correctoras que se consideren necesarias, procediendo posteriormente a valorar la eficacia de las mismas.
- Control periódico. Una vez conseguidos unos niveles aceptables, será necesario establecer una política de seguimiento que garantice el mantenimiento, en el tiempo, de las condiciones ambientales. Se deberán realizar, por lo tanto, controles personales con una determinada periodicidad y siempre que se produzca cualquier cambio que pueda alterar las condiciones ambientales.

#### *Detectores automáticos*

Algunos equipos llevan incorporados sistemas capaces de detectar concentraciones muy bajas de estos gases. No se deben confundir estos sistemas con los equipos para la medición de la exposición de los operadores.

Estos equipos, de acuerdo con las especificaciones del fabricante, utilizan un método indirecto de detección de óxido de etileno, que consiste en el reconocimiento del gas que acompaña al óxido de etileno.

Este sistema, deberá entenderse más bien, como detector-avisador de escapes de cierta consideración, desencadenando de manera automática una actuación del servicio de mantenimiento para la localización de la fuga y control de la misma.

La selección de la ubicación del detector debe realizarse con cuidado, ya que una localización incorrecta llevaría a una estimulación demasiado frecuente de la alarma, haciendo caso omiso de ella a los pocos días, o por el contrario, si el punto se encuentra en una zona muerta de ventilación, no se estimulará nunca, dejando de ser representativo.

#### **Control sobre el receptor**

##### *Formación e información*

Todos los trabajadores potencialmente expuestos deberán ser informados de los riesgos que conlleva la exposición a óxido de etileno y de las medidas necesarias que se deben adoptar para la disminución o eliminación de dichos riesgos, de manera que los propios trabajadores estén en condiciones de asegurar que se toman las medidas adecuadas.

En muchos hospitales, una práctica habitual ha consistido en dotar a las centrales de esterilización de personal poco especializado y de permanencia reducida en un mismo puesto de trabajo. Esta sistemática es impensable para las actuales centrales, que debido a la sofisticación de los equipos y rigurosidad exigida en los controles demandan un alto grado de especialización. Un operador con la formación e información necesarias será siempre un trabajador muy seguro.

#### *Método de trabajo*

En las operaciones normales de una central de esterilización está demostrado que más del 80% de la dosis se recibe en menos del 10% de la jornada, coincidiendo con la terminación del ciclo, extracción del material y transporte de éste a la cámara de aireación.

Todo el proceso en general y estas operaciones en particular deben estar programadas con criterios de eficacia, rapidez y seguridad. Dado que la dosis está directamente ligada con el tiempo de exposición, será conveniente tener en cuenta la posibilidad de rotación, especialmente para tareas de mayor riesgo.

#### *Protección individual*

Por lo general y en condiciones de trabajo normales, no se considera necesario el uso de equipos de protección individual (EPI) de las vías respiratorias, salvo en caso de escape de consideración o mal funcionamiento de alguno de los sistemas de control.

En cualquier caso, el uso de dichos EPI, que deberán contener la marca CE, será siempre provisional, mientras se subsana el problema.

Los EPI más idóneos serían, según los casos:

- Adaptador facial y filtro de carbón activo, distintivo marrón, para concentraciones superiores a los valores de referencia.
- Equipo de autosalvamento para situaciones de emergencia en caso de grandes fugas. Estos equipos sólo se utilizarán para escapar, o bien para el acceso a zonas muy contaminadas para el control de la fuga. Para tiempos mayores deberán utilizarse equipos autónomos.
- Para la protección de las manos en la operación de extracción de materiales se podrá utilizar guantes o manoplas de tela.

#### *Reconocimientos médicos*

Los trabajadores expuestos a óxido de etileno deberán ser sometidos periódicamente a reconocimientos médicos específicos, dentro de un programa de vigilancia de la salud. (Ver capítulo Medicina del Trabajo).

Tabla 2.- Métodos NIOSH

METODO	1614 (8/87)	3702 (8/87)
CAPTACIÓN	Tubo carbón activo (100/50)+ HBr  (Fijación del óxido de etileno como 2-bromoetanol)  Flujo 0,05-0,15 l/min  Volumen máximo 24 l	Aire ambiente, directamente con una jeringa  Bolsas llenadas a un flujo entre 0,02 y 4 l/min
DESORCIÓN	Dimetilformamida, 5 min, con agitación inicial durante 10 s	--
DERIVATIZACIÓN	Añadir 20 $\mu$ l de la disolución de desorción a 2 ml de 2% HFBI (v/v) en isoctano  Agitar 1 min  Dejar a temperatura ambiente 5 min  Añadir 2 ml. H <sub>2</sub> O y agitar 1 min  Se separa 1 ml de isoctano de la capa superior y se inyecta al cromatógrafo de gases	--
CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS	Columna de vidrio 10% SP. 1000 sobre Chromosorb W HP (80/100), 4 m x 3 mm  Portador, N <sub>2</sub> , 25 ml/min  Detector ECD  Temperaturas: Inyector 200° C Detector 300° C Columna 100° C  Inyección: 3 $\mu$ l, tapón de disolvente	Columna PTFE, rellena con CarboPack BHT (40/100), 1,2 m x 3 mm  Portador aire ultrapuro, 15 ml/min  Detector, PID (fotoionización)  Temperaturas: No especificadas  Inyección, 1 ml  (Se emplea un cromatógrafo portátil con detector PID)
INTERVALO DE TRABAJO	2 a 42 $\mu$ g/muestra	0,001 a 1000 ppm
LÍMITE DETECCIÓN	1 $\mu$ g/muestra	0,001 ppm (2,5 pg, 1 ml inyección)
PRECISIÓN (s <sub>r</sub> )	0,13	<0,05

Tabla 3.- Métodos OSHA

MÉTODO	Nº 49 (11/84)	Nº 50 (1/85)
CAPTACIÓN	<p>Monitores pasivos 3M mod. 3550/3551, específicos para óxido de etileno.</p> <p>(Fijación del óxido de etileno como 2-bromoetanol)</p> <p>Velocidad de captación (SR): 49,3 ml/min</p> <p>Velocidad mínima del aire: 3,7 m/min</p>	<p>Tubo carbón activo (100/50)+HBr</p> <p>Flujo 0,1 l/min</p> <p>Volumen máximo 24 l</p>
DESORCIÓN	Tetrahidrofurano, 24 horas	Dimetilformamida, 5 min, con agitación inicial durante 10 s
DERIVATIZACIÓN	<p>Añadir 25 µl de la disolución de desorción a 1 ml de 2% HFBI (v/v) en isooctano</p> <p>Agitar 1 min</p> <p>Dejar a temperatura ambiente 5 min</p> <p>Añadir 1 ml de H<sub>2</sub>O + 50 mg Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y agitar</p> <p>Se separa la capa superior de isooctano y se inyecta al cromatógrafo de gases</p>	<p>Añadir 10 µl de la solución de desorción a 1 ml de 2% HFBI (v/v) en isooctano</p> <p>Agitar</p> <p>Dejar a temperatura ambiente durante 5 min</p> <p>Añadir 1 ml de H<sub>2</sub>O y agitar</p> <p>Se separa la capa de isooctano y se inyecta al cromatógrafo de gases</p>
CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS	<p>Columna acero inoxidable, 10% SP-1000 sobre Supelcopor (80/100), 3 m x 4 mm</p> <p>Portador, argón/metano, 25 ml/min</p> <p>Detector ECD</p> <p>Temperaturas: Inyector 200° C Detector 300° C Columna 100° C</p> <p>Inyección: 0,4 µl</p>	<p>Columna de vidrio, 10% SP-1000 sobre Supelcopor (80/100), 3 m x 2 mm</p> <p>Portador, argón/metano (95/5), 15 ml/min Flujo auxiliar, 25 ml/min</p> <p>Detector ECD</p> <p>Temperaturas: Inyector 260° C Columna 85° C Detector 305° C</p> <p>Inyección: 2 µl (Cromatógrafo no automático)</p>
INTERVALO DE TRABAJO	0,7 ppb - 3000 ppm	0,3 ppb - 16 ppm
LÍMITE DETECCIÓN	0,03 µg/muestra	0,14 µg/muestra
PRECISIÓN (error estándar)	6,4%	6,3%

Tabla 4.- Otros métodos

MÉTODO	MTA/ MA - 022/A 91
CAPTACIÓN	Monitores pasivos 3M mod. 3550/3551, específicos para óxido de etileno. (Fijación del óxido de etileno como 2-bromoetanol) Velocidad de captación (SR): 49,3 ml/min Velocidad mínima del aire: 3,7 m/min
DESORCIÓN	A temperatura ambiente con una solución al 10% de cloruro de metileno en metanol durante 30 min.
CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS	Columna de vidrio 5% D.E.G.S. sobre Chromosorb G (80-100) Portador, N <sub>2</sub> (columna + auxiliar) 75 ml/min Detector: E.C.D. Temperaturas: Columna 120° C Detector e Inyector 200° C Inyección: 1-5 µl, tapón de disolvente
INTERVALO DE TRABAJO	0,2-300 ppm
LÍMITE DE DETECCIÓN	1µg/muestra (operativa). 0,003 ppm en 8 horas, 0,75 ppm en 5 min
PRECISIÓN (C.V.)	6,8%

Tabla 5.- Medidores de lectura directa

MÉTODO	COMENTARIOS
ANALIZADOR MIRAN 103	Sensibilidad insuficiente
EO SELF SCAN (7)	Intervalo de aplicación de 0,2 a 3,5 ppm
CG/PID PORTÁTIL	Ver Tabla 2, método NIOSH 3702

## RECOMENDACIONES GENERALES

Debe llevarse a cabo una política de minimización en el uso del óxido de etileno, aplicándolo solamente a aquellos materiales no esterilizables con autoclave de vapor por no resistir temperaturas superiores a los 115°C. Cuando ello ocurra, deben sustituirse los equipos, que por su diseño y tecnología no garanticen la estanqueidad y eliminación del gas, por nuevos equipos con sistemas de extracción incorporados y con aireación en el interior de la propia cámara. Mientras no se proceda a su sustitución deberán colocarse extracciones localizadas y asegurarse que el sistema de ventilación general forzada del aire (que debe existir siempre) garantice el aporte de aire necesario.

El aislamiento del equipo de esterilización en una sala independiente que esté en depresión con respecto a los locales adyacentes es imprescindible.

Otras recomendaciones son: evaluación periódica de la exposición de los trabajadores y vigilancia de la salud, información y formación continuada, implantación de métodos de trabajo seguros que contemplen la rotación del personal, instalación de detectores provistos de alarma para detectar fugas e instrucciones de actuación en su caso, y establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo que contemple el seguimiento individualizado de cada equipo mediante el uso de fichas de control y registro de actuaciones.

## POSIBILIDADES DE SUSTITUCIÓN DEL ÓXIDO DE ETILENO

Atendiendo lo establecido en el RD 665.97 sobre sustitución de agentes cancerígenos y siendo éste un principio básico de prevención se han puesto a punto diversos equipos de esterilización que utilizan nuevas sustancias como agentes esterilizantes con lo que se consigue evitar el riesgo de exposición a óxido de etileno. Básicamente están disponibles tres tecnologías: el sistema Sterrad, el sistema Plazlite y el empleo de glutaraldehído.

### Sistema Sterrad

El equipo consta de una cámara de esterilización en la que se dispone el material que se va a procesar, un generador para la emisión de radiofrecuencias (RF) y un recipiente que contiene peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) en solución acuosa al 58%.

El ciclo se inicia con un profundo vacío (0,3 mm Hg) previo a la inyección por perforación automática de las celdas del recipiente que contiene el peróxido de hidrógeno. El vacío permite la difusión de este compuesto antes de aplicar las radiofrecuencias; el vapor de peróxido de hidrógeno se descom-

pone en radicales libres y otras especies reactivas responsables del efecto esterilizante. Terminada la fase de plasma, las especies reactivas se recombinan en especies químicas estables, predominando el agua.

Los riesgos potenciales del peróxido de hidrógeno y sus soluciones acuosas son similares a los de cualquier peróxido, con pictogramas en su etiqueta de corrosivo y comburente, para soluciones con contenido superior al 60%, y sólo el pictograma de corrosivo, para concentraciones superiores al 20%.

#### *Toxicidad para el hombre*

En cuanto a los efectos agudos, está descrito como un producto irritante para la piel y las mucosas oculares a elevadas concentraciones.

La inhalación de vapores o de nieblas de peróxido de hidrógeno concentrado pueden provocar, en un primer momento, una inflamación severa de las vías respiratorias. Si la exposición persiste, se pueden producir: edema pulmonar, trastornos neurológicos y digestivos.

Por lo que respecta a los efectos crónicos, las exposiciones repetidas a vapores de una solución de peróxido de hidrógeno caliente provocan la aparición de placas pigmentarias cutáneas amarillentas, asociadas a una decoloración de los cabellos. Estos efectos desaparecen una vez que cesa la exposición.

La ACGIH establece un valor de 1 ppm como límite de exposición ambiental para una jornada de 8 horas/día. El valor límite es el mismo que el establecido para el óxido de etileno. Igual ocurre con el valor VLA-EO.

No se dispone de información que evidencie efectos carcinogénicos ni mutagénicos en el hombre.

#### *Sistemas de seguridad*

La única fase del proceso en la que el peróxido de hidrógeno se encuentra en fase líquida es cuando se encuentra en el recipiente. Este recipiente está protegido por plástico y lleva incorporado un detector colorimétrico de las fugas que pudieran ocurrir en caso de rotura, de esta forma se advierte de los riesgos que llevaría consigo su manipulación. Una vez se ha colocado el recipiente con el peróxido de hidrógeno en el equipo esterilizador (cada 10 ciclos), la perforación del recipiente y su eliminación se realiza de forma automática.

La fase de exposición del material al peróxido de hidrógeno se realiza en depresión, de modo que no es posible la salida de vapor al exterior.

Una vez terminado el ciclo, el vapor de la cámara pasa por un filtro catalizador, que descompone el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno antes de su eliminación al ambiente.

Mediciones ambientales a 50 cm del material esterilizado han dado como resultado concentraciones inferiores a 0,06 mg/m<sup>3</sup>.

### Sistema Plazlyte

El equipo consta de una cámara de esterilización en la que se coloca el material que se va a procesar, un magnetrón generador de microondas, un contenedor con una solución, para varios ciclos, de peróxido de hidrógeno al 22%, ácido peracético al 5%, ácido acético al 5% y el resto agua, y un sistema de alimentación de gases oxígeno, hidrógeno y argón.

El ciclo se inicia con un profundo vacío previo a la inyección automática de vapor de la solución, consiguiendo una concentración en la cámara de 0,5 mg/l.

Tras el período de exposición al agente esterilizante, se realiza un nuevo vacío, extrayendo el vapor de la cámara. Con la ayuda de la bomba de vacío, se abre la válvula de entrada del gas, pasando a través de los generadores de plasma, para pasar éste, posteriormente, a la cámara de esterilización.

Esta secuencia fase de vapor-fase de plasma puede repetirse varias veces.

Los riesgos potenciales del ácido peracético son similares a los de los demás peróxidos orgánicos, con pictogramas en su etiqueta de corrosivo y comburente, en concentraciones superiores al 40%.

Los efectos agudos y crónicos son muy similares a los descritos para el peróxido de hidrógeno, afectando igualmente a los ojos, piel y vías respiratorias.

La ACGIH no ha establecido ningún valor límite para exposiciones crónicas al ácido peracético. Tampoco hay VLE.

Las características toxicológicas del ácido acético le atribuyen efectos irritantes sobre los ojos, piel y vías respiratorias con producción de tos y disnea.

### *Sistemas de seguridad*

La solución se suministra en recipientes de plástico de fácil manejo, cuya manipulación, una vez colocado en el equipo, es totalmente automática.

Una vez desactivado el plasma, los elementos activos, al igual que en el sistema anterior, tienden a recombinarse formando compuestos y/o elementos más estables, como peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y oxígeno.

La eliminación de la solución de peróxido de hidrógeno, del ácido peracético y del ácido acético de la cámara, se realiza a través de un sistema de extracción incorporado al propio equipo.

### Glutaraldehído

Los usos del glutaraldehído son ampliamente conocidos en el mundo hospitalario, especialmente como desinfectante líquido en frío, para endoscopios. (Ver el capítulo Desinfectantes). La solución más utilizada contiene un 2% de glutaraldehído, y, de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, debe aplicarse durante más de 10 horas.

Tanto la preparación de la solución como del baño y la posterior inmersión y extracción de materiales son las operaciones en las que puede existir un cierto grado de exposición a glutaraldehído.

La proliferación de técnicas de endoscopia, la descentralización de las mismas y la necesidad de una localización *in situ* obliga a disponer de un número variable de baños/recipientes repartidos por el hospital. Esta situación dificulta la unificación de criterios tendentes a la adopción de las medidas de prevención necesarias, incluyendo las de control ambiental.

#### *Riesgos*

La adopción de medidas de control se justifica en el cada vez mejor conocido efecto tóxico del producto, siendo clasificado como «muy tóxico». Los valores límite de exposición profesional a agentes químicos adoptados por el INSHT recomiendan para el glutaraldehído un valor VLA - EC de 0,05 ppm.

En exposiciones agudas actúa como irritante de ojos, piel y vías respiratorias. En exposiciones crónicas, produce enrojecimiento e hinchazón en piel y ojos, habiéndose descrito alteraciones sobre la reproducción. Puede causar reacciones alérgicas.

#### *Control de riesgos*

Frente a estos riesgos cabe plantear las siguientes medidas correctoras: substitución del producto, modificación del proceso, hermeticidad de los recipientes, métodos de trabajo adecuados, sistemas de extracción localizada y equipos de protección individual.

Existen al menos dos sistemas comercializados que sustituyen el agente esterilizante, y a su vez utilizan un sistema cerrado que minimiza los riesgos de exposición ambiental.

El primero, Steris system, emplea una solución de ácido peracético al 35%, que se utiliza para dosificar la solución de uso con una concentración de ácido de 0,2%. Esta solución inunda la cámara de exposición de manera ascendente para eliminar las bolsas de aire, y circula posteriormente siguiendo el circuito del sistema a través de un filtro de agua estéril. El control sobre los parámetros del proceso, concentración, temperatura y tiempo, se realiza automáticamente. Una vez terminado el proceso, el ácido peracético diluido, en una solución inocua, es eliminado por el desagüe.

El segundo sistema, VHP-100, utiliza una solución acuosa al 35% de peróxido de hidrógeno contenida en un depósito de plástico de 200 ml, con una autonomía que oscila entre 30 y 40 ciclos. Una vez agotada la solución y de forma automática, actúa un disolvente que neutraliza el posible efecto corrosivo del peróxido de hidrógeno, antes de su eliminación.

Tras un vacío previo el peróxido de hidrógeno en fase de vapor, a una con-

centración de 2 mg/l, circula por la cámara y el interior de los conductos, durante el período de exposición.

En este proceso los parámetros críticos, concentración, temperatura y tiempo, son controlados automáticamente. Una vez finalizado el ciclo, mediante un catalizador, el peróxido de hidrógeno pasa a agua y oxígeno para su eliminación al ambiente.

Estos sistemas consiguen sustituir el producto (glutaraldehído), encerrar el proceso, dificultando el paso de vapores al ambiente, y mejorar sensiblemente las condiciones de seguridad de los trabajadores, ya que eliminan la posibilidad de contacto con el producto.

## 5

# COMPUESTOS CITOSTÁTICOS

## INTRODUCCIÓN

A finales de la década de los setenta se inician las sospechas sobre los posibles efectos negativos de los fármacos citostáticos sobre la salud de los trabajadores sanitarios encargados de su manipulación. Algunos de dichos efectos fueron confirmados por los estudios desarrollados en la siguiente década, poniendo en evidencia la carencia de sistemas de prevención en la manipulación de los fármacos citostáticos, o bien la no idoneidad de los equipos y de las protecciones utilizadas.

Los sistemas y medidas preventivas han debido recorrer un largo camino hasta llegar a implantarse de una forma eficaz y aún subsisten aspectos discutibles en la teoría que, desde luego, son mejorables en la práctica. Las dificultades para elaborar técnicas preventivas eficaces arrancan directa o indirectamente de los siguientes factores: una marcada acción biológica de buena parte de estos agentes, la complejidad de los centros hospitalarios, las diversas posibilidades de aplicación de los tratamientos, la diversidad de sus formulaciones y aplicaciones y la inestabilidad del fármaco preparado.

Los cuatro objetivos de la prevención en el trabajo con estas sustancias son los siguientes: la seguridad del preparado, la del paciente, la del trabajador y la del ambiente. A continuación se consideran con detalle cada uno de estos aspectos.

### Seguridad del preparado

Algunos fármacos citostáticos muestran una relativamente baja estabilidad, una vez preparados en condiciones de administración. No es por tanto posible mantener *stocks* de preparados intermedios, lo cual reduciría la car-

ga de trabajo y facilitaría las manipulaciones, implicando mayor seguridad en éstas.

Junto a la diversidad de las prescripciones, la mencionada inestabilidad plantea la necesidad de preparar a demanda la totalidad de las reconstituciones, con el fin de que sean administradas de la forma más inmediata posible.

Por otra parte, la necesaria esterilidad del preparado requiere un espacio de trabajo, un equipamiento y unas técnicas especiales. Estabilidad, diversidad y esterilidad se reunen en el trabajo de preparación de los fármacos, haciendo de ésta una de las tareas más minuciosas y exigentes que puedan desarrollarse con sustancias químicas.

Finalmente, habrá que considerar la posibilidad de la inclusión de materiales extraños en la reconstitución del fármaco, provenientes de tapones, vidrios fragmentados, o incluso de materiales inapropiados que puedan introducirse en el área de trabajo.

En resumen, la seguridad del preparado requiere garantizar los siguientes aspectos: estabilidad, esterilidad y ausencia de materiales extraños.

### **Seguridad del paciente**

Los aspectos recién mencionados revierten en la seguridad del paciente como receptor de los fármacos. Existen otros aspectos que se han de contemplar desde el punto de vista de la seguridad del paciente, tales como las posibles extravasaciones, si bien éstas quedan fuera del propósito de esta obra.

### **Seguridad del trabajador**

Los trabajadores expuestos a compuestos citostáticos conocen la información toxicológica relativa a estos compuestos y, por tanto, entre ellos existe una lógica preocupación que surge del conocimiento de la potente acción biológica que estos compuestos tienen sobre los pacientes y por los posibles efectos para el personal sanitario expuesto.

Evidentemente, en cualquier caso se estudian las mismas sustancias, pero es necesario tener en cuenta la notable diferencia que, en términos de dosis, se recibe entre los dos diferentes colectivos. En otras palabras, la prevención para el personal expuesto debe basarse en la lógica que plantea las dosis a que pueden quedar sometidos, evitando la idea que puede generar el hecho de contemplar exclusivamente los estudios referentes a los efectos secundarios de las administraciones.

En referencia a la seguridad del trabajador se pueden considerar los siguientes aspectos: efectos sobre la salud, niveles de exposición y organización del trabajo.

## Seguridad del ambiente

Las posibles contaminaciones ambientales, que se pueden generar al preparar estos productos en condiciones de trabajo no controladas, vienen determinadas por la presencia de polvo, al trabajar con sustancias sólidas, o por la generación de aerosoles, al manipular soluciones líquidas con jeringuillas o viales. Asimismo, se puede dar la contaminación del ambiente durante la administración del fármaco al paciente, debido a derrames y vertidos ocurridos durante el transporte de los productos ya preparados o por el tratamiento inadecuado de las excretas y de los residuos.

Por otra parte, se puede producir la contaminación de las instalaciones al realizar las tareas en condiciones no estudiadas, por manipulaciones incorrectas o bien por falta de medios materiales. El problema reviste especial gravedad si se preparan fármacos citostáticos en áreas no preparadas para ello. El mayor afectado será, evidentemente, el trabajador que se ocupa de reconstituir el fármaco; pero además, si el área es reducida y no está correctamente ventilada, podrían quedar expuestos los trabajadores que comparten el área, e incluso podrían originarse contaminaciones ambientales residuales.

### *Valoraciones ambientales*

Habitualmente, en las situaciones de posible riesgo higiénico, el procedimiento de valoración se basa en la realización de muestreos ambientales y personales. Sin embargo, valorar mediante muestreos personales la situación higiénica de un trabajador encargado de preparar estos fármacos es una tarea no abordable. En la bibliografía sobre el tema, aparecen escasos estudios dedicados a la estimación ambiental de la presencia de algunos agentes citostáticos durante su manipulación. Estos estudios, por otra parte, deben salvar las dificultades que entraña el hecho de no disponer de métodos de muestreo y análisis normalizados, así como las de llevar a cabo las captaciones ambientales en circunstancias muy variables.

## EFECTOS PARA LA SALUD

El poder mutagénico, carcinogénico o teratogénico de algunas sustancias citostáticas está suficientemente demostrado. El paso de los años ha ido incrementando el número de sustancias cuya actividad biológica se asocia a alguno de estos efectos, de modo que paulatinamente se ha ido concretando el panorama toxicológico de estos fármacos.

En 1979 se describe la presencia de compuestos mutágenos en muestras de orina. En la década de los ochenta, se encuentran alteraciones asociadas, seguramente, a unas deficientes condiciones de manipulación y/o a exposiciones importantes; mientras que otros estudios señalaban la ausencia de tales alteraciones cuando los fármacos se preparaban en cabinas de flujo laminar vertical.

Efectos, en principio, más leves, tales como mareos, sensación de vértigo, náuseas, etc., se asocian a trabajos que se llevan a cabo sin la adopción de las medidas preventivas necesarias.

Existe abundante información sobre la relación entre la exposición del personal sanitario a fármacos citostáticos y una elevación significativa de la tasa de abortos espontáneos, así como sobre algunos casos de embarazos ectópicos, malformaciones y leucemia.

En los estudios descritos en la bibliografía aparecen ciertas discrepancias en cuanto a los resultados de las diferentes pruebas de laboratorio, en ese sentido, y a título de ejemplo, se encuentran, casi en idéntico número, estudios que evidencian un aumento significativo de la mutagénesis en orina y estudios negativos con respecto a esta prueba.

Los efectos locales asociados a los fármacos citostáticos se recogen en la tabla 1. Asimismo, en la tabla 2 se recogen algunos de los efectos generales (sistémicos) manifestados por el personal sanitario expuesto y su relación con las condiciones de trabajo existentes.

Como se ha mencionado anteriormente, la existencia de numerosos estudios que evidencian o niegan la relación existente entre exposición profesional y efectos a largo plazo, ha podido contribuir a la creación de una cierta confusión entre los profesionales relacionados con el tema.

Así, por ejemplo, hay estudios que evidencian un aumento de la mutagenicidad en orina, mientras que otros no detectan ese aumento; algunos estudios demuestran la presencia de los fármacos o de sus metabolitos (ciclofosfamida, tioéteres o derivados del platino) en orina, en otros, por el contrario, no se detectan; en el mismo sentido, existen estudios que demuestran efectos citogenotóxicos (cambios en las cromátidas hermanas, anomalías cromosómicas linfocitarias o anomalías cromosómicas), en tanto que otros no los reflejan.

En términos generales, una de las posibles explicaciones a estas discrepancias asocia los resultados positivos con alguna práctica de trabajo deficiente, las más significativas serían la realización del trabajo en cabinas de flujo laminar horizontal, el tipo de guantes utilizados o exposiciones elevadas debidas a la frecuencia de las perfusiones.

No obstante, la dificultad para demostrar la evidencia de los efectos a largo plazo todavía persiste y podría ser debida a diversas circunstancias que se analizan en los párrafos siguientes.

#### *Colectivo de trabajadores expuestos*

Los trabajadores más expuestos son habitualmente los encargados de la reconstitución del fármaco. En un centro hospitalario el número de trabajadores encargados de este proceso es relativamente bajo, lo que dificulta la posibilidad de reunir un grupo de tamaño suficiente para la realización del estudio.

Fármaco	Efecto local
Actinomicina D	Extremadamente corrosivo para tejidos blandos.
Amsacrina	Irritante piel y mucosas en ácido láctico. (*)
Asparaginasa	No irritante.
Bleomicina	Possible absorción a través de la piel. Reacciones alérgicas. Irritante piel y mucosas. (*)
Busulfan	Irritante piel y mucosas. (*)
Carmustina	Irritante piel y mucosas. (*)
Cisplatino	Reacciones alérgicas en pacientes sensibles al platino.
Ciclofosfamida	Raramente produce irritación en la piel. Irritante piel y mucosas, alérgeno. (*)
Citarabina	No se absorbe a través de la piel intacta.
Dacarbazina	Irritante para piel y mucosas.
Dactinomicina	Vesicante, muy cáustico. (*)
Daunorrubicina	Irritante para piel y mucosas. Vesicante. (*)
Doxorubicina	Irritante para piel pero no se absorbe si está intacta. Vesicante, irritante, alérgeno. (*)
Estramustina	Irritante, nunca deberá ponerse en contacto la solución con piel o mucosas.
Fluorouracilo	La piel en contacto sufre una inflamación local leve. Irritante, inflamación si piel lesionada, alérgeno. (*)
Hidroxiurea	Irritante.
Ifosfoamida	Ocasionalmente puede causar irritación. Irritante. (*)
Lomustina	Altamente tóxico; nunca deberá ponerse en contacto con piel ni mucosas. Vesicante, irritante cutáneo y nasal. (*)
Melfalan	No causa irritación en la piel. Irritante Piel y mucosas. (*)
Metotrexato	Irritante. Alérgeno. (*)
Mitramicina	Raramente irritante. Vesicante, irritante. (*)
Mitomicina	Irritante. Vesicante. (*)
Mitoxantrona	Irritante cutáneo y ocular. (*)
Clormetina	Vesicante e irritante nasal.
Picamicina	Irritante piel y mucosas. (*)
Tiotepa	Irritante piel y mucosas. (*)
Vinblastina	Irritante. Vesicante. (*)
Vincristina	Irritante. Vesicante. (*)
Vindesina	Irritante en contacto. Vesicante, irritante, ulceración de córnea. (*)

*Nota : Los asteriscos señalan discrepancias entre diversas fuentes, o bien la ausencia del fármaco considerado en los listados de alguna de ellas.*

Tabla 1.- Efectos locales de los fármacos citostáticos

Efectos observados	Condiciones de trabajo
Sensaciones de ebriedad, vértigos, enrojecimiento facial.  Náuseas, cefaleas, vértigos, caída de cabello, irritaciones nasales.  <i>Rashs</i> urticarios con náuseas, vómitos, cefaleas, etc. De 5 minutos a 3 horas tras exposición.	Farmacéuticos manipulando cisplatino y dicarbacina. Sin adoptar precauciones.  Preparaciones y administraciones de diversos citostáticos. Locales de trabajo inadecuados.  Enfermeras manipulando amsacrina. Los síntomas desaparecen tras la instalación de cabina laminar vertical.(Cabina de seguridad biológica clase 2)
Alteraciones hepáticas (1 citolisis y 2 fibrosis) acompañadas de cefaleas y caída de cabello.	Citostáticos diversos. En particular bleomicina, ciclofosfamida y vincristina. Mejora tras el cese de la exposición.

Tabla 2.- Efectos tóxicos generales de algunos fármacos citostáticos sobre el personal sanitario.

### *Diferencia entre las condiciones de trabajo en distintos centros*

Entre diferentes unidades existen grandes diferencias en cuanto al número de preparaciones y administraciones que de estos fármacos se realizan. Este es un factor que produce una notable dispersión de los resultados que pudieran obtenerse. Por otra parte, las diferentes condiciones de manipulación de los fármacos, de las instalaciones, de los equipos de protección individual utilizados, etc., también pueden contribuir a la pérdida de la necesaria homogeneidad de los estudios.

### *Ámbito en estudio*

Cada investigador cuenta con un ámbito concreto, por lo que es muy posible que las diferencias entre esos ambientes puedan producir un sesgo en las condiciones de partida e incluso en los resultados finales.

### *Validez de los tests de control*

Este es quizás el aspecto que genera más dudas en cuanto a la fiabilidad de los resultados obtenidos o, dicho de otra forma, en cuanto a la aplicabilidad de algunas pruebas para el seguimiento de las exposiciones a largo plazo y/o a bajos niveles de exposición.

### *Encuestas*

La dispersión del colectivo mencionada con anterioridad, obliga a realizar ciertos estudios a través de encuestas. Los propios autores evidencian las limitaciones del sistema, y se ven obligados a seleccionar y reducir muy considerablemente la información recibida, con lo cual el colectivo en estudio queda seriamente reducido, así como la validez de las posibles conclusiones.

### *Grado actual de protección*

Es un hecho constatable que las condiciones de trabajo con los fármacos citostáticos van mejorando paulatinamente, cuestión ésta en la que se ponen de acuerdo los distintos autores. Esta circunstancia supone la reducción progresiva de las exposiciones, aunque desde el punto de vista de la investigación dificulte el seguimiento y estudio de los posibles efectos.

Al margen de las discrepancias entre los resultados obtenidos por diferentes autores, y a la espera de nuevas pruebas más sensibles y específicas, se puede concluir que la exposición laboral a agentes citostáticos generaría dos tipos de riesgos claramente diferenciados: riesgos inmediatos y riesgos a largo plazo.

Los riesgos inmediatos se deberían a manipulaciones indebidas o bien a incidentes que derivan en contactos accidentales. Los efectos pueden ser, entre otros, irritaciones agudas locales, cutáneas o de las mucosas. Pueden revestir gravedad y merecerán la elaboración de protocolos y técnicas seguras que impidan o minimicen las posibilidades de contacto.

Los riesgos a largo plazo se deberían a contactos cutáneos repetidos y, sobre todo, a la inhalación de polvo en suspensión o de aerosoles. Se requerirán, por tanto, procedimientos especiales, con particular atención para los trabajos de reconstitución de los fármacos.

### **Estimación del nivel de exposición de los trabajadores sanitarios**

La estimación del nivel de exposición de los trabajadores que trabajan con productos citostáticos es una labor que debe tener en cuenta, en primer lugar, el número de manipulaciones que se han de realizar. Esta estimación puede constituir una base para establecer el punto de partida sobre el que aplicar las medidas preventivas; no obstante, se debe ser consciente de que ese dato no es fijo, puede variar por aumentos del trabajo o por rotaciones de los trabajadores, por lo que se debe revisar periódicamente, así como las medidas preventivas aplicables a cada situación.

El *Centre National d'Information sur le Medicament Hospitalier* francés (CNIMH) ha elaborado un criterio de clasificación basado en la frecuencia e intensidad de la preparación y administración de citotóxicos, llamado Índice de Contacto Citotóxico (ICC) que permite estimar la intensidad del contacto. Tiene un valor indicativo y permite obtener una aproximación más objetiva de los niveles de exposición. Esta clasificación se basa en la frecuencia de preparación y administración durante un período definido y, para un mismo trabajador, en su tiempo de presencia durante el mismo período.

El índice define tres niveles crecientes de exposición, cada uno de los cuales impondrá medidas particularizadas:

Nivel 1:  $ICC < 1$ . Corresponde a la preparación y administración ocasionales. Este nivel lleva asociado un mínimo de recomendaciones.

Nivel 2:  $1 < \text{ICC} < 3$ . Corresponde a la preparación y administración en cantidades moderadas. Se asocia a áreas de trabajo aisladas específicas.

Nivel 3:  $\text{ICC} > 3$ . Corresponde a la preparación y administración intensiva y rutinaria. Se asocia a una unidad de farmacia centralizada, equipada y adaptada a tal fin.

La expresión para realizar el cálculo estimativo sería la siguiente:

$$\text{ICC} = (\text{n}_R + \text{n}_A)/\text{n}_H$$

siendo:

$n_R$ : Número de preparaciones realizadas por un trabajador durante un tiempo determinado t.

$n_A$ : Número de administraciones realizadas por el trabajador durante un tiempo determinado t.

$n_H$ : Horas de presencia del trabajador durante el mismo período t.

Por ejemplo, para un trabajador que preparara y administrara 10 prescripciones en una semana de 40 horas de trabajo, su ICC sería:  $(10+10/40) = 0,5$ .

Se deben tener en cuenta, además, los pronósticos sobre posibles aumentos de los tratamientos y la variabilidad de los productos utilizados, en particular la introducción de nuevos fármacos.

Evidentemente, la protección de los trabajadores se debe fundamentar en el desarrollo de técnicas preventivas eficaces.

## **DESARROLLO DE TÉCNICAS PREVENTIVAS**

El diseño de una técnica preventiva adecuada a cada ámbito concreto constituye una labor que se debe apoyar en tres puntos fundamentales: la constitución del grupo de trabajo, un planteamiento integral y el estudio de guías preventivas ya existentes.

### **Grupo de trabajo**

Para abordar el tema es imprescindible una labor de grupo. Este grupo debería estar integrado por personal de los servicios preventivos y del colectivo dedicado a los trabajos con estos fármacos, así como por un prevencionista, aunque sea ajeno al centro o institución que se plantee el trabajo. Este prevencionista puede valorar la diferencia que supondrá en cada caso concreto la adopción de medidas preventivas alternativas, como pueden ser espacios de trabajo (tipos de cabinas), materiales auxiliares, ciertas protecciones individuales, etc. Evidentemente, un centro de dimensiones relativamente reducidas, en cuya plantilla no se incluyan prevencionistas y farmacéuticos, deberá solicitar el apoyo de centros o de técnicos especializados.

## Planteamiento integral

El deseable planteamiento integral exigirá incluir en la guía preventiva todos y cada uno de los aspectos preventivos relacionados con el manejo de estos fármacos, desde la información y la formación del personal, hasta la consideración de los últimos avances en medios y materiales que permitan reducir los riesgos, pasando evidentemente por la propuesta de metodologías de trabajo. Por otra parte, es necesario un esfuerzo de actualización de las guías preventivas.

Como ya se ha indicado, la aparición de nueva información y la previsible utilización de nuevas sustancias no permitirá una actuación preventiva estática. Por ello, es frecuente que los organismos creados específicamente para estudiar el tema, además de ciertas asociaciones profesionales, vayan presentando ediciones actualizadas de sus documentos preventivos. Y es frecuente también que las medidas técnicas en los centros sanitarios se vayan incrementando con nuevos equipos o materiales que proporcionen una mayor seguridad en el trabajo.

El prevencionista, por tanto, no podrá considerar cerrada su actuación en este campo, sino que deberá considerar las innovaciones que se vayan presentando, los beneficios que comportan y las posibilidades de aplicación en su ámbito inmediato.

## Estudio de guías preventivas

La adopción de medidas concretas en un determinado centro o ámbito hospitalario o incluso la necesaria revisión periódica de las mismas se puede apoyar en los documentos de organismos o comisiones de expertos en el tema, y adaptarlas a las necesidades de su caso concreto. Es muy posible que aquellos que tienen la responsabilidad de proponer, adoptar y hacer cumplir las técnicas preventivas observen dificultades al aplicar a sus condiciones específicas las diferentes recomendaciones, ya sea por las discrepancias que se pudieran encontrar entre las publicaciones, por diferentes puntos de vista iniciales, o, incluso, por la inconcreción de alguna legislación. Sin embargo, es un hecho que existe documentación suficiente como para servir de sólida base a cualquier interesado en el tema, debiendo dirigir el esfuerzo hacia la correcta adaptación de las bases preventivas propuestas a las propias necesidades.

A partir de estas bases, ¿cuál debe ser el planteamiento para elaborar o actualizar técnicas preventivas adaptadas a cada caso concreto? La respuesta pasa por tener en cuenta los diferentes aspectos que se consideran a continuación.

## ASPECTOS A CONSIDERAR POR LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN

Los servicios de prevención del centro sanitario han de conocer en profundidad la situación generada por el manejo de los citostáticos, lo cual supone

tener en cuenta: la legislación al respecto, el número de tratamientos realizados en un plazo determinado, el colectivo humano implicado en el manejo de los citostáticos, el grado de formación e información del colectivo, el lugar, las instalaciones y el procedimiento de reconstitución de los fármacos, el área, el servicio o las plantas donde se efectúan las administraciones, los procedimientos seguidos en las administraciones, las posibles administraciones en el exterior del centro, el personal implicado en los trabajos externos y el tratamiento y eliminación de los residuos, los desechos, las excretas y los materiales contaminados.

La consideración de este conjunto de temas conducirá a un compromiso de actuación para los servicios preventivos que podría formularse a través de los siguientes objetivos a alcanzar:

- Una actualización continuada de la información relativa a las sustancias activas y las posibles nuevas drogas que se vayan introduciendo. Propuesta y ejecución de controles médicos del personal expuesto.
- Propuesta de emplazamientos, instalaciones y equipos de protección individual con el fin de evitar contaminaciones ambientales y/o personales debidas a la manipulación de los fármacos, con la consiguiente redacción de protocolos de trabajo y de protocolos de actuaciones en casos de accidentes o incidentes
- Investigación de accidentes e incidentes, así como el control y seguimiento periódicos de las actuaciones que incluyan: reuniones periódicas con responsables de áreas, redacción de informes periódicos de situación. En todas estas actuaciones se debe asegurar la participación de los trabajadores.

### **Política de vigilancia y seguimiento del nivel de información y de formación del personal**

Otro aspecto que debe plantearse el servicio de prevención es la política de vigilancia y control del personal en sus aspectos de formación, información, hábitos de trabajo y sensibilidad hacia los posibles riesgos. Los aspectos que se deben vigilar son los siguientes: la experiencia del personal en la preparación y el manejo de los fármacos citostáticos, el nivel de entrenamiento que hayan recibido para el manejo, la consideración del personal sobre la calidad del entrenamiento recibido, el protocolo que se debe seguir para la reducción del riesgo manejando los productos y la percepción de los riesgos asociados al manejo de agentes citostáticos.

Restan por revisar las prohibiciones o normas que deben observar los trabajadores encargados de la manipulación de estos productos, que no son otras que las recomendadas para el trabajo con sustancias peligrosas: estará prohibido fumar, comer o beber en el área de trabajo, así como introducir o almacenar comida y bebida, se evitará la aplicación de cosméticos en el área de

trabajo, la ropa de trabajo y los equipos de protección individual se almacenarán en el lugar y la forma apropiados y se comunicará, lo más rápidamente que sea posible, cualquier incidente o accidente ocurrido durante el trabajo.

Los hechos comunicables sobre accidentes-incidentes cubren aspectos tan variados como el posible vertido de un producto o el corte del fluido eléctrico, pasando, evidentemente, por cualquier fallo del equipo o instrumental utilizados. A este respecto, se resalta la gran utilidad de la técnica de investigación de accidentes e incluso incidentes, no como sistema de búsqueda de responsabilidades y posteriores sanciones, sino como vía para mejorar las condiciones de trabajo. Un detenido estudio de las circunstancias o causas que han provocado un incidente revelará el motivo por el que se ha producido, de modo que podrá ser corregido evitando nuevos sucesos.

Por último, merece ser comentado un aspecto que se observa en los colectivos de profesionales, y en particular en los de alta cualificación cualquiera que sea su especialidad. Estos colectivos muestran cierta tendencia a asumir los riesgos que tradicionalmente se han asociado a su profesión. Es cierto que existen aspectos de tipo ético o profesional que derivan hacia estas actitudes. En el sector hospitalario, y al margen del contacto con el paciente, es necesario sustraerse de tales condicionamientos y fomentar una mentalidad preventiva que de ningún modo puede vulnerar los principios éticos de la profesión. Con la mencionada salvedad, no se debe asumir ningún riesgo sea cual sea el trabajo que se ha de realizar.

### **Vigilancia médica del personal expuesto**

La vigilancia médica del personal expuesto se puede llevar a cabo a través de dos bloques de reconocimientos médicos, en primer lugar, los reconocimientos médicos habituales o rutinarios y, en segundo lugar, los reconocimientos específicos encaminados a detectar posibles exposiciones a agentes mutagénicos.

Los controles médicos convencionales deberán prestar especial atención a la identificación de posibles signos de toxicidad aguda en piel, mucosas y ojos, así como considerar y registrar todo tipo de incidentes o accidentes que el personal haya sufrido durante la manipulación de estos productos.

Con respecto a los reconocimientos específicos antes mencionados, es de señalar que en la actualidad todavía existe cierta controversia respecto a las pruebas que puedan revelar una evidencia específica de las exposiciones a los agentes citostáticos. Sin embargo, se citan a continuación las pruebas que se están llevando a cabo.

#### *Prueba de determinación de anomalías cromosómicas*

La evidencia de resultados positivos tras la aplicación de esta prueba, es decir, del incremento de anomalías cromosómicas, indicaría la consecuente

exposición y absorción de sustancias peligrosas, haciendo necesaria la aplicación de medidas preventivas urgentes.

#### *Prueba de micronúcleos*

Esta prueba está recomendada para grandes grupos de trabajadores con el fin de evidenciar diferencias entre poblaciones o entre distintas condiciones de trabajo.

#### *Tasa de intercambio de cromátidas hermanas (SCE)*

El método detecta cambios recíprocos entre cromátidas. El método es sensible y detecta cambios que podrían deberse a dosis muy bajas de sustancias mutágenas. Se debe realizar inmediatamente tras la recogida de las muestras, no tiene valor retrospectivo y los resultados pueden estar afectados por otras circunstancias al margen de la exposición a los agentes citostáticos.

Algunas guías preventivas indican que todavía estas pruebas de laboratorio no son lo suficientemente sensibles ni se encuentran validadas para proporcionar información acerca de los niveles de riesgo del personal expuesto, no recomendando su utilización indiscriminada. En un apartado anterior ya se han tratado las discrepancias existentes puestas en evidencia por algunos autores, que llegan a concluir que los mutágenos, los tioéteres y cambios en cromátidas hermanas no son marcadores específicos de exposición a fármacos citostáticos, no detectarían bajos niveles de exposición y, dado que los marcadores reflejarían únicamente exposiciones recientes, son inadecuados para seguir exposiciones prolongadas.

Por otra parte, algunos autores concluyen que *la prueba sobre mutagenicidad en orina mediante Salmonella es la más sensible* para el control del personal que manipula los fármacos citostáticos. La prueba de intercambio de cromátidas hermanas sería también una prueba válida aunque con el inconveniente de atribuir los cambios a exposiciones presentes o pasadas. También indican la necesidad de trabajar con grupos numerosos y protocolos adecuados de estudio para poder establecer comparaciones entre grupos.

Se ha llegado a argumentar que un programa de control, incluyendo pruebas de este tipo, podría constituir un medio de relacionar la detección de anormalidades con exposiciones laborales a los agentes citostáticos, proporcionando, de este modo, una señal de aviso para el caso de fallos de equipos, malas prácticas o defectos en la protección. Sin negar en absoluto estas sugerencias, desde un punto de vista prevencionista, no se pueden aceptar en los términos expresados, ya que los fallos en equipos, la realización de prácticas incorrectas, los defectos en los equipos de protección individual o cualquier otro problema de este tipo, deberían ser inmediatamente detectados por los responsables de la prevención o por los responsables de las áreas correspondientes.

## RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE FÁRMACOS CITOSTÁTICOS

Las recomendaciones para el manejo de estos productos, las instalaciones y medios requeridos, las posibilidades de actuación y otros aspectos, se describen en profundidad en una monografía publicada por el INSHT. A continuación se presentan una serie de puntos relativos al tema, como base para establecer protocolos seguros de manipulación de los fármacos citostáticos.

En principio, la localización de las reservas de fármacos debe estar centralizada y controlada, además de supervisada por un responsable. El control sobre estos fármacos debe comprender aspectos tales como la idoneidad de los envases que contienen el producto y el correcto almacenamiento de estas sustancias teniendo en cuenta sus características fisicoquímicas, incompatibilidades, etc.

Por lo que respecta a la preparación, es recomendable centralizar las tareas en los servicios de farmacia del hospital, con lo cual se obtienen las siguientes ventajas: la proximidad de las reservas al área de preparación y la ubicación en una zona concreta, dotada con los equipos e instalaciones adecuados y de personal cualificado, en la que se realicen todas las tareas de preparación de los fármacos.

La propia manipulación de fármacos citostáticos exige unos planteamientos iniciales sobre determinados aspectos (además de la formación e información del personal), que podrían resumirse en los siguientes: la elaboración y establecimiento de protocolos de trabajo, la participación de los trabajadores, el control de locales e instalaciones, el desarrollo de técnicas asépticas, la preparación previa al trabajo de equipos y materiales y el control de la situación y movimiento de materiales.

### Cabinas de seguridad biológica. Técnicas de trabajo

En el anexo VII se resumen las características de este tipo de cabinas, en principio pensadas para realizar el trabajo con agentes biológicos, pero aplicables a la manipulación de sustancias químicas peligrosas. En el anexo se describen los tres tipos básicos de cabinas y las diferentes características que permiten el trabajo en condiciones de esterilidad del producto manipulado y de protección para el trabajador. De los tipos descritos las más recomendadas para el trabajo con agentes citostáticos son las de clase II B y clase III.

A continuación se consideran con cierto detalle algunos aspectos concretos del trabajo con agentes citostáticos en este tipo de cabinas.

Un aspecto importante es el grado de abertura de la ventana frontal de la cabina; por ejemplo, una altura de la ventana algo superior a la del codo del trabajador creará una barrera física entre el área de trabajo y el rostro del operador, de este modo se conseguirá una visión correcta de los materiales y una protección frente a las salpicaduras.

Antes de iniciar el trabajo en las cabinas se debe planificar el mismo, de modo que se preparen e introduzcan en la cabina todos los materiales que se vayan a precisar; esto evitará la alteración de las condiciones de funcionamiento de la cabina y la introducción de posibles elementos contaminados. Una vez introducidos los materiales y antes de empezar el trabajo, se deberá esperar unos minutos a que se reconstituya el flujo laminar.

El conjunto de materiales necesarios para el trabajo incluirá la solución desinfectante, recipientes para desechar residuos y materiales inservibles, sellantes estériles (etiquetas) para proteger los orificios creados por las agujas en materiales elásticos, gasas estériles, tapones para jeringuillas, etc., además, lógicamente, del material primario como puede ser el fármaco original, recipientes intermedios y finales, jeringuillas y agujas. Obviamente el propósito es no introducir en la zona de trabajo algún agente externo y no permitir, por el movimiento de salida de los brazos al exterior de la cabina, el escape de contaminante.

Los materiales de trabajo se deben situar separados unos de otros, nunca superponiéndolos para evitar contaminaciones y facilitar en todo momento el barrido de los mismos por aire controlado.

Las superficies de trabajo pueden ser lisas, en cuyo caso las rejillas de circulación de aire estarán situadas en el frente y en el fondo de la cabina, o bien pueden consistir en placas totalmente perforadas, con el fin de perturbar lo menos posible la circulación regular de aire. Si éste es el caso, se deberá evitar colocar sobre esta superficie bandejas de tamaño apreciable u otros materiales como papeles de filtro o películas plásticas, ya que provocarían importantes perturbaciones en la circulación de aire y se podrían producir escapes al ambiente del local.

Los sellos de los viales se deben esterilizar con solución desinfectante antes de ser perforados por las agujas. En el caso en que el fármaco original venga en ampollas, el cuello de las mismas se debe desinfectar y la posterior fractura debe realizarse de forma cuidadosa y ejecutada con el auxilio de gasas que inmediatamente serán colocadas en el depósito de desperdicios. En estos casos, además, las agujas incorporarán filtros que impidan el paso de partículas de vidrio a la preparación. Se recuerda que estos filtros, cuya finalidad es retener partículas sólidas, no deben tener un tamaño de poro inferior a las 5 micras y que será necesario especial cuidado al manipular los émbolos de las jeringuillas cuando se opere con agujas que incorporen tales filtros.

Es recomendable, así mismo, disponer en el fondo de los contenedores de materiales de desecho, de gasas que empapen restos de solución o de fármaco original y que se podrían verter posteriormente. Con respecto a estos contenedores, es conveniente indicar que los destinados a la recepción de las agujas no deben incluir ningún mecanismo de acción sobre ellas, puesto que al separar éstas de las jeringas o al cortarlas se pueden provocar desprendimientos del fármaco.

La gran atención y minuciosidad que requiere este trabajo llevan a recomendar la rotación de personal con el fin de minimizar la carga que supone trabajar en estas condiciones durante períodos de tiempo largos.

### Técnicas para evitar la formación de aerosoles

Si va aumentando la presión de un vial durante su manipulación, es posible que se produzcan emisiones de aerosoles a la zona de trabajo. Por otra parte, si la sobrepresión se genera en la jeringuilla, al separarla del vial, se producirá un derrame del contenido en forma de goteo.

En principio, a fin de evitar la formación de aerosoles líquidos, se podrían seguir tres técnicas diferentes: el adiestramiento del personal para manejar jeringuillas, frascos y viales con técnicas de presión negativa, la utilización de agujas suplementarias de ventilación (conjunto aguja-filtro) y la utilización de agujas dotadas de filtro y válvula (conjunto aguja-filtro-válvula); en el mercado están disponibles elementos similares que en lugar de aguja metálica disponen de un punzón de material plástico.

### Utilización de aisladores

En textos especializados se alude a la posibilidad del uso de «aisladores», término que se refiere a zonas de trabajo totalmente cerradas, por elementos construidos en materiales rígidos o flexibles, a base de láminas de PVC, que van equipados con filtros absolutos (HEPA) y las opciones de circulación de aire, presión y grado de renovación del aire pueden ser diversas en función del sistema o modelos elegidos.

Los aisladores ofrecen ventajas frente a los recintos «limpios» puesto que el trabajo con los fármacos citostáticos requiere condiciones asépticas pero con cantidades muy bajas de sustancias y materiales, reduciéndose por tanto los costes de mantenimiento. Los aisladores rígidos tienen el inconveniente de su escaso volumen, lo cual es un factor limitante para trabajos muy continuos. Sin embargo, es fácil y rápida su desinfección y son muy adecuados para trabajos cortos y a pequeña escala. Los aisladores flexibles resuelven el problema del espacio pero plantean otros problemas, como son la desinfección, las perforaciones y la transferencia de materiales. El aislador puede incluir una «media escafandra» interna, de la cual hace uso el manipulador para realizar los trabajos.

Los inconvenientes descritos para esta clase de medios hacen referencia a sensaciones claustrofóbicas del personal, según sea el modelo elegido, y a la ejecución de las necesarias descontaminaciones. Comparando cabinas y aisladores se podría concluir que el principal inconveniente de las cabinas de régimen laminar vertical se puede derivar de las turbulencias de aire provocadas en las cercanías de la cabina, cuestión ésta sin importancia en el caso de uti-

lizar aisladores. Sin embargo, la transferencia de materiales es inmediata en las cabinas y generalmente es más complicada en el caso de los aisladores.

No obstante, ya existen comercializados aisladores que permiten una rápida salida de productos mediante conductos especiales a través de los cuales circula una corriente de aire con velocidades de paso que alcanzan cifras superiores a los 0,5 m/s, de modo que se evita el acceso de contaminación hasta el aislador. Éste puede contener, incluso, en su interior refrigeradores para mantener, en las adecuadas condiciones, los fármacos que se han de manipular.

## **TRATAMIENTO DE EXCRETAS**

Las excretas de los pacientes tratados se deben considerar como material contaminante, de modo que la lencería sanitaria que haya entrado en contacto con aquéllas, debe sufrir un tratamiento diferente al de la lencería convencional.

En rigor, la recomendación adecuada es la de desechar el material contaminado, sobre todo cuando la cantidad de lencería contaminada es escasa. El problema puede ser importante cuando el volumen de ropa contaminada sea considerable. Algunas guías recomiendan recoger la lencería contaminada en bolsas lavables y transportarlas hasta la lavandería contenidas en otras bolsas impermeables, resistentes y convenientemente etiquetadas. Ya en la lavandería, es necesario efectuar un prelavado de la ropa contaminada antes de someterla al ciclo de lavado convencional. La cuestión a considerar es en qué medida los residuos alcanzan la red de vertidos y en qué medida también, tras el prelavado y el ciclo de lavado convencional, la ropa queda descontaminada y apta para un nuevo uso.

Es conveniente recordar que, por razones de seguridad e higiene, las bolsas destinadas a la lencería convencional deberían ser siempre de material lavable o soluble en las máquinas de lavado, con lo cual el personal de la lavandería evita los riesgos de contacto e incluso de cortes y erosiones con materiales que accidentalmente o por descuido vienen incluidos en las bolsas de ropa.

## **TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE DESECHOS Y RESIDUOS**

Todo tipo de material utilizado con los fármacos citostáticos debe ser desechable, retirarse y eliminarse según estrictos procedimientos. El lugar donde se genera mayor cantidad y diversidad de material contaminado es en la zona de preparación del fármaco. Frascos, viales, agujas, jeringas y otros materiales son continuamente utilizados y manipulados, generando un gran volumen de material a desechar.

## Recogida en el centro hospitalario

Para la recogida de materiales punzantes o cortantes se utilizarán contenedores rígidos resistentes a la perforación, que puedan ser perfectamente cerrados, debidamente etiquetados o identificados. Los materiales no cortantes o punzantes pueden ser recogidos en contenedores rígidos e incluso en bolsas convenientemente identificados o etiquetados. Cuando las agujas puedan tener restos de fármacos citostáticos, los contenedores no deben incorporar ningún elemento para desprender o romper las agujas, para evitar que cualquier manipulación de las mismas pueda provocar la liberación de restos de fármaco al ambiente o a la zona de trabajo.

## Eliminación

Los procedimientos descritos para la eliminación de productos citostáticos son dos: la incineración y la neutralización química. El problema estriba en determinar la posibilidad de que un centro hospitalario pueda llevar a cabo alguno de ellos o bien deba contar con el concurso de un gestor de residuos.

Como metodología, la incineración presenta la ventaja de la universalidad, es decir, es aplicable a cualquier fármaco, en tanto que el tratamiento químico requiere distintas técnicas para neutralizar las diferentes especies químicas que entran a formar parte del grupo de fármacos citostáticos.

Finalmente, las legislaciones aparecidas en algunas comunidades autónomas (Aragón, Cataluña, Madrid, etc.) son rigurosas en estos aspectos de eliminación y tratamiento de residuos y excretas. El problema que se puede plantear en los centros hospitalarios es que se han de enfrentar al problema sin quizás poseer la infraestructura adecuada para llevar a cabo el compromiso exigido en la legislación. En los debates sobre estos temas se consideran las evidentes razones de tipo económico y estructural que se contraponen a una política rigurosa de tratamientos y eliminaciones, argumentaciones que en principio parecerían difícilmente contestables. Sin embargo, las legislaciones no muestran flexibilidad en estos aspectos y no contemplan planteamientos de posibilidad técnica o económica, de modo que, aun reconociendo el valor de los argumentos de dificultad para realizar ciertas actuaciones, es obvio que el futuro las requiere y las exige.



## **6**

### **DESINFECTANTES**

#### **INTRODUCCIÓN**

La desinfección es el conjunto de operaciones que se realizan para eliminar o reducir el número de agentes infecciosos en cualquier instrumento, superficie o material. Es, así mismo, una de las medidas más ampliamente utilizadas para el control de la dispersión de las infecciones nosocomiales.

Los términos “desinfección” o “desinfectantes” se utilizan, en este texto, de un modo genérico, aunque su significado hace referencia a unos métodos y compuestos químicos específicos.

En general, se pueden distinguir tres tipos de operaciones que proporcionarán distintos grados de desinfección. La limpieza, que consiste en la eliminación física de los restos y de la suciedad. La desinfección, cuya finalidad es la reducción, por métodos físicos o químicos, de los microorganismos potencialmente patógenos. La esterilización, con la que se persigue la completa destrucción de todos los microorganismos incluyendo aquellos que no son eliminados por los otros métodos (por ejemplo, las esporas).

El nivel de desinfección que se desee obtener dependerá, además de las características del desinfectante, de los tres aspectos siguientes: el tipo y la cantidad de contaminación existente o sospechada, la naturaleza y el tipo de contacto del objeto que se ha de desinfectar y el paciente. Por ejemplo, los instrumentos que entran en los sistemas estériles (flujo sanguíneo), o los termómetros y la susceptibilidad del paciente en el que se usarán los diferentes equipos o instrumentos; por ejemplo, los instrumentos o materiales que se utilizan con pacientes inmunodeprimidos deberían ser estériles.

## MÉTODOS DE DESINFECCIÓN

Los métodos de desinfección se pueden clasificar en cuatro categorías principales: el calor, las radiaciones, los gases y vapores y los desinfectantes líquidos.

### Calor

El calor húmedo es uno de los mejores métodos para la destrucción de todos los microorganismos. La esterilización con vapor significa el calentamiento a 121 °C, en un autoclave, de vapor de agua saturado, bajo presión durante un mínimo de 15 minutos; este tiempo se debe contar a partir de que se haya alcanzado la temperatura indicada.

El material que se ha de esterilizar debe entrar en contacto con el vapor saturado y caliente, ya que, si por algún motivo no se produjera el contacto, no se podría asegurar una esterilización eficaz.

Los diferentes modelos de autoclaves disponen de diversos sistemas de control, por ejemplo, válvulas que permanecen abiertas hasta que el aire ha sido reemplazado completamente por el vapor, ciclos previos de vacío, etc.; pero el mejor control de la eficacia de la esterilización es la utilización de indicadores biológicos, el más empleado de los cuales son las esporas de *Bacillus stearothermophilus*.

Otro método de esterilización es la utilización de calor seco. Este método es menos eficaz que la esterilización con calor húmedo y requiere temperaturas más altas y/o tiempos más prolongados. La esterilización con calor seco se alcanza a temperaturas de 160 a 170 °C, en períodos de tiempo de 2 a 4 horas. Para este procedimiento se pueden utilizar los hornos del tipo *Poupinel* o del tipo *Pasteur*. La razón por la que este sistema es menos eficaz que el calor húmedo es que el aire es un mal conductor del calor, la temperatura en el interior del horno puede no ser homogénea e, incluso, la temperatura que marca el termómetro indicador del horno puede ser diferente de la temperatura del objeto que se ha de esterilizar. Estas deficiencias se pueden paliar utilizando hornos con sistemas de convección (ventiladores) que permiten homogeneizar la temperatura en el interior del mismo.

Este método está recomendado para aquellos objetos que se deterioran con la humedad, pero hay que tener en cuenta que el calor también puede dañar algunos objetos; por ejemplo, un objeto puede volverse más frágil si está formado por dos o más metales debido a los diferentes coeficientes de dilatación.

Algunos autores recomiendan el uso de hornos microondas para la esterilización, aunque se deben tener en cuenta algunas precauciones. Los hornos microondas sólo permiten calentar los productos acuosos, no pudiéndose colocar en su interior objetos metálicos; para alcanzar temperaturas superiores a los 100 °C se deben utilizar recipientes estancos, cerrados al vacío y que

resistan la presión; su empleo para la eliminación y esterilización de muestras biológicas se consigue cuando la muestra se quema, lo que produce aerosoles y olores molestos.

## Radiación

La esterilización mediante el uso de radiaciones ionizantes no es el método más frecuente en los hospitales; aunque los rayos gamma se utilizan para la esterilización de algunos productos de uso médico, este tipo de instalación debe cumplir con los requisitos de instalación radiactiva.

La radiación ultravioleta es capaz de inactivar virus, bacterias y hongos. Este tipo de radiación es especialmente útil para la destrucción de los microorganismos presentes en el aire y, en menor medida, para los microorganismos presentes en las superficies o en los materiales que no resisten la acción de otros métodos. Su efecto bactericida se logra a partir de las longitudes de onda de 250 nm, con un máximo de eficacia en las longitudes de onda de 260 nm. Para que la desinfección sea eficaz se deberá procurar que el espacio esté libre de objetos que pudieran producir zonas de sombra, dificultando la descontaminación.

Los riesgos más importantes asociados a la utilización de radiación ultravioleta son las quemaduras que se pueden producir en las córneas o en la piel de las personas expuestas. (Ver capítulos sobre Radiaciones ionizantes y no ionizantes).

## Gases y vapores

Existen diversos gases y vapores que tienen propiedades germicidas, los más utilizados son el óxido de etileno y el formaldehído, aunque también se emplean el ácido peracético, la betapropiolactona, el bromuro de metilo, el glutaraldehído y el peróxido de hidrógeno.

Sus usos más frecuentes son los siguientes: la esterilización de las cabinas de seguridad biológica y de sus efluentes, de equipos fijos o voluminosos, de instrumentos y sistemas ópticos que puedan ser dañados por otros métodos y de locales y edificios.

En el capítulo dedicado a gases esterilizantes se desarrollan, de forma más amplia, las características de estos productos, los procedimientos de uso, así como los riesgos que suponen para la salud y las medidas preventivas recomendables para su manipulación.

### *Ácido peracético (peroxiacético)*

Es un germicida universal de acción rápida. Su utilización en forma concentrada supone algunos riesgos; por ejemplo se descompone rápidamente

explotando con violencia, produce olores molestos, es extremadamente corrosivo para los metales y, en concentraciones diluidas, tiene una vida corta.

#### *Óxido de etileno*

Este gas actúa bloqueando los procesos de reproducción de los microorganismos, por lo que es un buen agente esterilizante, sobre todo para los materiales que no resisten las temperaturas altas.

#### *Formaldehído*

Este es el compuesto más utilizado en la desinfección de locales, especialmente en hospitales. El formaldehído puede ser generado por el calentamiento o vaporización de soluciones acuosas que contengan de un 37 a un 40% de formaldehído.

Las fumigaciones con este producto deben realizarse a temperaturas ambientales de por lo menos 21 °C, con una humedad relativa de al menos el 70% y un tiempo de contacto de aproximadamente 8 horas. Una vez terminada la fumigación, los locales se deben ventilar bien antes de permitir la ocupación de los mismos.

Durante la utilización de este método de desinfección se debe prestar una especial atención a la posibilidad de que el formaldehído se pueda combinar con ácido clorhídrico, ya que el compuesto resultante, el bis(clorometil)eter, está clasificado como cancerígeno o sospechoso de serlo para humanos por la *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (ACGIH), la *International Agency for Research on Cancer* (IARC) y la Unión Europea. (UE)

#### *Peróxido de hidrógeno*

Este compuesto ha sido propuesto como sustituto del óxido de etileno, del formaldehído y del ácido peracético.

Las técnicas que se utilizan para la obtención de los vapores de peróxido de hidrógeno son dos, una de ellas utiliza un generador de radiofrecuencias y una solución acuosa de peróxido de hidrógeno al 58%; el proceso se denomina “Plasma de baja temperatura”. La otra, utiliza un generador de microondas y una solución acuosa mezcla de peróxido de hidrógeno al 22%, ácido peracético al 5%, ácido acético al 5% y un aporte de gases (oxígeno, hidrógeno y argón).

### **LÍQUIDOS DESINFECTANTES**

#### **Características generales**

El desinfectante ideal debería reunir las siguientes características: ser capaz de eliminar los microorganismos de la forma más rápida posible, no dañar los materiales, por ejemplo, no corroer los metales, no estropear la goma, no disolver los cementos de los sistemas de lentes ópticas o no teñir ni decolorar

los materiales; debe ser soluble en agua, no alterar la conductividad eléctrica y debe ser estable al calor y a la variación del pH; debe mantener su actividad durante períodos de tiempo largos; no debe tener efectos para la salud significativos, por lo que un desinfectante no debería ser tóxico ni alergénico, ni inducir procesos cancerígenos o teratógenos y no debería producir la irritación de la piel ni de las mucosas; y, finalmente, debería estar registrado y bien etiquetado e ir siempre acompañado de la información relativa a su manipulación y a los aspectos de seguridad del producto. En la figura 1 se recogen las acciones correctas e incorrectas en la manipulación y uso de los desinfectantes.

SÍ	NO
Preparar las soluciones correctamente.	Utilizar un desinfectante como un esterilizante.
Utilizar recipientes limpios y secos para preparar las soluciones.	Almacenar instrumental o limpiarlo en desinfectante.
Eliminar la suciedad, si es posible, antes de utilizar el desinfectante.	Colocar demasiado material a la vez en la solución desinfectante.
Desechar la solución al finalizar el trabajo.	Utilizar soluciones antiguas.
Recordar que una solución desinfectante mal utilizada puede sostener el desarrollo de microorganismos y difundir una infección.	Mezclar desinfectantes sin conocer sus características. Añadir detergentes a los desinfectantes sin conocer sus características.

FIGURA 1.- Qué hacer y qué no hacer con un desinfectante

Existen una serie de variables, que se describen a continuación, que afectan al comportamiento de los desinfectantes y que se deben tener en cuenta para que la eficacia del proceso de desinfección sea la máxima.

#### *Grado de actividad antimicrobiana*

El grado de actividad antimicrobiana de un desinfectante se evalúa según sea su eficacia a la hora de eliminar las bacterias. La selección de este grupo de microorganismos se debe a las ventajas que suponen su fácil manipulación en el laboratorio frente a la dificultad que implica el uso de los virus. Los hongos, en las pruebas de laboratorio, han demostrado no ser más resistentes a la acción de los desinfectantes que las bacterias.

Entre las bacterias existen diferencias en la resistencia que presentan a los desinfectantes según los diferentes tipos ensayados; una clasificación según su grado de resistencia, de mayor a menor, sería: esporas bacterianas, bacilo de la tuberculosis, bacterias Gram negativo y bacterias Gram positivo. En la tabla 1 se muestran algunos ejemplos.

Desinfectante	Gram (+) <i>Staphylococcus</i>	Gram (-) <i>Pseudomonas</i>	Bacterias ácido resistentes <i>Mycobacterium</i> <i>tuberculosis</i>	Virus lípidicos	Virus no lípidicos	Esporas <i>Clostridium</i>
Alcoholes (etílico e isopropílico)	Buena	Buena	Buena	Buena	Variables según el virus	Nula
Aldehídos: Formaldehído	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Aldehídos: Glutaraldehído	Buena	Buena	Moderada	Buena	Buena	Buena
Halógenos: Cloro-Hipocloritos	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Halógenos: Yodo-Yodóforos	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Moderada-Escasa
Compuestos fenólicos	Buena	Buena	Moderada	Buena	Variables según el virus	Ligera-Nula
Compuestos de amonio cuaternario	Buena	Moderada	Nula	Buena		Nula

La información disponible no permite proponer un método seguro para el tratamiento y eliminación de agentes transmisibles no convencionales como los priones, agentes asociados a las enfermedades de Creutzfeldt-Jakob o la encefalopatía transmisible espongiforme bovina. La tendencia parece indicar que el mejor método de desinfección consiste en la limpieza del material contaminado con detergentes alcalinos, seguida de una esterilización a 134 °C durante 18 min.

Tabla 1.- Actividad antibacteriana

### *Posibilidad de contacto con las bacterias*

Para conseguir la máxima eficacia en el proceso de desinfección, el desinfectante debe entrar en contacto con las bacterias y debe ser absorbido por ellas. Este proceso se debería realizar en dos pasos, la limpieza del material y la propia desinfección. Con la limpieza del material se pretende, por una parte, eliminar todo tipo de restos y suciedad que pudiera impedir o dificultar el contacto del desinfectante con las bacterias y, por otra, reducir el número de microorganismos.

El orden en el que se realizarán estos dos pasos dependerá del riesgo de infección existente para los trabajadores; si este riesgo no existe o es mínimo, se debería limpiar el material primero y seguidamente desinfectarlo, que es lo que se hace en la desinfección de superficies o equipos. Si el riesgo de infección es alto, se debería invertir el orden, por ejemplo, una buena medida preventiva para el personal de sala sería añadir una cantidad de desinfectante a las cuñas de los enfermos afectados de fiebres tifoideas, ya que de esta forma se reduciría el riesgo de infección por salpicaduras o aerosoles al vaciar las cuñas.

### *Temperatura*

Todos los desinfectantes son más activos a temperaturas altas, por lo tanto sería recomendable, siempre que fuera posible, utilizarlos en esas condiciones.

### *Concentración*

Muchos de los fallos que ocurren durante el proceso de desinfección son consecuencia del uso de los desinfectantes en concentraciones diferentes a las recomendadas. Si las concentraciones son inferiores a las recomendadas, es probable que la desinfección sea incompleta.

Todos los desinfectantes, excepto el alcohol, son más eficaces a concentraciones altas, esto no quiere decir que trabajar con concentraciones más elevadas que las recomendadas sea siempre beneficioso, ya que, en esos casos, se pueden producir irritaciones de piel y ojos y sensibilizaciones de la piel.

### *Volumen*

La desinfección es más eficaz cuando se utilizan grandes volúmenes de solución desinfectante, ya que se reduce la posibilidad de inactivación de la misma.

### *pH*

Algunos desinfectantes son sensibles a los cambios del pH; por ejemplo: las soluciones de glutaraldehído van acompañadas de un activador alcalino que permite ajustar el pH a un valor de 8, algunos compuestos de amonio cuaternario son más eficaces frente a las pseudomonas, cuando se diluyen con agua del grifo (pH 7,2) que cuando se utiliza agua destilada (pH 6).

### *Actividad bactericida y actividad bacteriostática*

Algunos desinfectantes son bactericidas, es decir, matan las bacterias, mientras que otros únicamente inhiben el crecimiento bacteriano, son bacteriostáticos. A la hora de seleccionar un desinfectante, es mejor escoger uno con capacidad bactericida. Los compuestos de amonio cuaternario y los anfolitos son desinfectantes bacteriostáticos.

### *Tiempo*

El tiempo necesario para completar la desinfección depende del tipo de desinfectante, de la naturaleza de las bacterias presentes, de la cantidad y tipo de material que las rodea, y de la temperatura, la concentración y el volumen del desinfectante. Por ejemplo, desinfectantes utilizados en bajas concentraciones y a temperaturas bajas necesitarán tiempos más prolongados para completar la desinfección; las bacterias Gram negativo necesitan más tiempo de contacto con el desinfectante que las bacterias Gram positivo.

El cloro y el alcohol son los desinfectantes más rápidos, ya que pueden ser eficaces tras 2 minutos de contacto si las superficies a tratar están limpias; los desinfectantes fenólicos, en presencia de materia orgánica, necesitan 30 minutos para completar la desinfección, pero el mismo proceso lo pueden realizar en tan sólo 8 minutos si las superficies están limpias. Cuanto mayor sea el tiempo de contacto mayor será la eficacia de la desinfección.

### *Deterioro del desinfectante*

Muchos desinfectantes se deterioran gradualmente tras su dilución con agua, por lo que es recomendable preparar las soluciones desinfectantes a menudo. En ocasiones, puede ocurrir que la solución se prepare en grandes cantidades y a la concentración recomendada, se envase y se almacene durante días o semanas hasta que sea necesaria, en estos casos y durante este tiempo la solución puede deteriorarse y perder eficacia.

También es posible que soluciones desinfectantes recién preparadas, que son muy eficaces durante los primeros días, pierdan su eficacia en los últimos días de uso. En cualquier situación, el resultado es que se puede producir el crecimiento bacteriano y por tanto puede convertirse en un foco de infección.

### *Cambios en la resistencia bacteriana*

Algunas bacterias son, por naturaleza, más resistentes a la acción de los desinfectantes que otras, pero la resistencia no es una propiedad fija e invariable sino que depende de las condiciones en que las bacterias se están desarrollando.

En ensayos de laboratorio, y mediante cambios en el medio de cultivo, se puede favorecer el crecimiento de cepas bacterianas más o menos resistentes a un determinado desinfectante. En la práctica hospitalaria, es imposible conocer el grado de resistencia bacteriana que encontrará un desinfectante.

El modo más simple de aumentar la resistencia bacteriana es añadir pequeñas cantidades de desinfectante al medio de cultivo; muchas de las bacterias morirán, pero las que sobrevivan serán más resistentes; afortunadamente, en los ensayos realizados en laboratorio, se ha comprobado que el incremento de la resistencia de las bacterias es una propiedad temporal, que se perdía al cultivarlas en medios libres de desinfectante.

En los hospitales es frecuente que ocurran estos incrementos de la resistencia bacteriana debido a que se suele abusar en el uso, sobre todo en el mal uso, de un determinado desinfectante, por lo que se tiende a cambiar de desinfectante. La solución radica no tanto en el cambio de desinfectante sino en respetar escrupulosamente las instrucciones de uso del mismo, es decir, respetar concentraciones, tiempo y volumen de la solución y en procurar no introducir en el desinfectante materiales o instrumentos con excesiva suciedad.

#### *Inactivación del desinfectante*

Todos los desinfectantes químicos son inactivados por determinados materiales. A continuación se revisan los más importantes.

- Jabones, detergentes y desinfectantes: Los jabones son compuestos aniónicos y los detergentes pueden ser aniónicos, catiónicos o no iónicos, por lo que se pueden presentar incompatibilidades cuando se utilizan con desinfectante, produciéndose la inactivación de este último. Por ejemplo, los jabones y los detergentes aniónicos inactivan a los desinfectantes catiónicos (diguanidas y compuestos de amonio cuaternario), los detergentes catiónicos inactivan a los desinfectantes aniónicos (compuestos fenólicos y clorados).

Un desinfectante puede inactivar a otro por lo que no se usarán ni conjunta ni sucesivamente dos desinfectantes. Una excepción a esta regla la constituye el alcohol.

- Materia orgánica: La materia orgánica que habitualmente se encuentra en los hospitales (sangre, pus, vómitos, orina y heces) reduce la actividad de los desinfectantes; los productos alimenticios provocan el mismo efecto. En estos casos, se debería procurar eliminar este material antes de la desinfección.

Los compuestos de amonio cuaternario, los clorados y los anfolitos son los desinfectantes que más sufren la inactivación por este tipo de material.

- Aguas duras: Los desinfectantes más afectados por el agua dura son los compuestos de amonio cuaternario, mientras que los compuestos clorados y los fenólicos lo son en menor medida.
- Otros materiales naturales: Además de los mencionados, existen otros materiales que inactivan los desinfectantes, el descubrimiento de que el corcho inactiva la clorhexidina llevó a la supresión de este material de los tapones. El corcho también inactiva los compuestos fenólicos y los anfolitos.

Otros productos de la celulosa como la madera, el papel y el algodón inactivan

los compuestos de amonio cuaternario, los anfolitos, las diguanidas y, en menor medida, los compuestos fenólicos.

La goma inactiva los compuestos fenólicos y las diguanidas. Así mismo, los compuestos fenólicos estropean la goma.

- Materiales artificiales: Muchos plásticos inactivan los desinfectantes. Resulta bastante complicado establecer la lista de estos materiales, ya que la incorporación de nuevos plásticos en los equipos e instrumentos que se utilizan en los hospitales o las variaciones en la formulación de los plásticos conocidos es constante.

Los ensayos realizados demuestran que el nylon, el poliuretano, el polietileno, el polipropileno, el MHI estireno, el cloruro de polivinilo y el acetato de polivinilo inactivan algunos desinfectantes. Estos productos se encuentran con frecuencia en el hospital, por ejemplo: cepillos de uñas, escobillas, asas, recipientes, etc.

En la tabla 2 se recogen algunos ejemplos de los materiales que inactivan los desinfectantes.

Desinfectante	Agua dura	Materia orgánica	Otros materiales naturales	Materiales manufacturados artificiales
Alcoholes: Etílico e Isopropílico	Ligera	Ligera	Ligera	Ligera
Aldehídos: Formaldehído	Ligera	Ligera	Ligera	Ligera
Aldehídos: Glutaraldehído		Ligera	Ligera	Ligera
Halógenos: Cloro-Hipocloritos	Ligera	Severa	Ligera	Ligera
Halógenos: Yodo-Yodóforos	Ligera	Severa	Ligera	Ligera
Compuestos fenólicos	Ligera	Ligera	Moderada	Moderada
Compuestos de amonio cuaternario	Severa	Severa	Severa	Severa
<i>Otros materiales naturales: corcho, madera, celulosa, goma.</i>				
<i>Materiales manufacturados artificiales: nylon, polietileno, poliuretano, polipropileno, acetato de polivinilo.</i>				

Tabla 2.- Inactivación de los desinfectantes químicos

## SOLUCIONES DESINFECTANTES

### Alcoholes: etílico e isopropílico

Son los desinfectantes de uso tópico más conocidos y ampliamente utilizados, en especial para la desinfección de la piel. Actúan desnaturalizando las proteínas y son eficaces frente a las formas vegetativas de las bacterias Gram positivo y Gram negativo, incluyendo *Mycobacterium tuberculosis*. Su eficacia es menor frente a los virus y nula frente a las esporas; por ejemplo, el virus de la Hepatitis B es resistente a la acción del alcohol etílico de 70°, mientras que el virus de inmunodeficiencia humana (VIH) se inactiva frente a soluciones de alcohol etílico de 70° y períodos de tiempo que oscilan de 1 a 15 minutos.

Los alcoholes deben usarse diluidos en agua, preferentemente en concentraciones de entre el 60 y el 70%. Los alcoholes se pueden mezclar con otros desinfectantes.

#### *Usos más comunes*

Además del mencionado, los usos más comunes son la desinfección de termómetros, agujas, equipos de anestesia y otros instrumentos.

#### *Valores de referencia*

Alcohol etílico: VLA-ED: 1910 mg/m<sup>3</sup>. TLV-TWA: 1880 mg/m<sup>3</sup> A4.

Alcohol isopropílico: VLA-ED: 998 mg/m<sup>3</sup>. TLV-TWA: 983 mg/m<sup>3</sup>.

#### *Efectos potenciales para la salud*

La exposición a alcohol isopropílico puede causar irritación de ojos y de mucosas y el contacto con el líquido puede dar lugar a la aparición de erupciones cutáneas.

#### *Control de la exposición*

Disponer de sistemas de extracción de los vapores.

Se debe proceder al lavado con agua de manos y de otras superficies que hayan estado en contacto con el alcohol isopropílico. La ropa de trabajo o cualquier otro tipo de ropa humedecida con el desinfectante se debe quitar y almacenar en contenedores cerrados hasta su eliminación o lavado. Al personal de la lavandería se le debería proporcionar información sobre los riesgos de la sustancia.

Para determinadas operaciones, es recomendable el uso de equipos de protección individual (EPI), tales como guantes, gafas o pantallas protectoras (frente a posibles salpicaduras) y ropa de trabajo.

## **Aldehídos: Formaldehído**

El formol o formalina es la disolución de formaldehído en agua en una proporción de aproximadamente el 37% en peso con entre un 10 y un 15% de metanol para evitar su polimerización. Las soluciones de formol que contienen concentraciones de formaldehído iguales o superiores al 5% constituyen un eficaz desinfectante contra casi todos los microorganismos. Soluciones de formol al 2% y períodos de tiempo de 5 a 10 minutos inactivan el VIH.

### *Usos más comunes*

Además de su uso como esterilizante en forma gaseosa (locales, cabinas de seguridad biológica), y de otros usos como reactivo en el laboratorio (conservante de tejidos), el formaldehído se utiliza como esterilizante en frío para algunos instrumentos.

### *Valores de referencia*

Formaldehído: VLA-EC: 0,37 mg/m<sup>3</sup>. TLV-valor techo 0,37 mg/m<sup>3</sup> A2.

### *Efectos*

Se puede distinguir entre efectos agudos y efectos crónicos. Entre los efectos agudos son de destacar las lesiones de las córneas causadas por las salpicaduras en los ojos. Concentraciones bajas, entre 0,1 y 5 ppm, pueden causar escozor de ojos y lagrimeo; concentraciones entre 10 y 20 ppm, tos, opresión torácica o aumento del ritmo cardiaco y concentraciones entre 50 y 100 ppm, edema pulmonar, neumonitis y la muerte.

Entre los efectos crónicos son de destacar la sensibilización y dermatitis. El formaldehído se ha demostrado como mutágeno en muchos estudios realizados con animales y capaz de inducir cáncer de nariz y de otros tipos en animales de experimentación. La IARC, la ACGIH y la UE consideran este compuesto como sospechoso de ser cancerígeno para los humanos.

### *Control de la exposición*

Dada la peligrosidad del compuesto la medida de control más recomendable es la sustitución del producto, por ejemplo, por compuestos fenólicos, diluciones de lejía o glutaraldehído.

En las operaciones en las que sea técnicamente posible, es recomendable la instalación de sistemas de extracción localizada.

Es recomendable la realización de controles ambientales.

Se deberían realizar reconocimientos médicos previos, para conocer el estado del sistema respiratorio, el hígado y la piel, a todos los trabajadores que puedan estar expuestos a formaldehído. Además, se deberían realizar reconocimientos médicos específicos con el fin de detectar síntomas de sensibilización pulmonar o dérmica o efectos en el hígado.

Para determinadas operaciones, es recomendable el uso de equipos de protección individual (EPI), tales como guantes adecuados (los guantes de látex resultan demasiado frágiles), gafas o pantallas protectoras frente a posibles salpicaduras y ropa de trabajo.

La ropa de trabajo o cualquier otro tipo de ropa humedecida con el desinfectante se debe quitar y almacenar en contenedores cerrados hasta su eliminación o lavado. Al personal de la lavandería se le debería proporcionar información sobre los riesgos de la sustancia.

En la tabla 3 se resumen las principales características y propiedades de los desinfectantes de uso más común en los centros sanitarios.

### **Aldehídos: Glutaraldehído**

El glutaraldehído posee un amplio espectro antimicrobiano y tiene acción esporicida. A las concentraciones (2% tamponada a pH entre 7,5 y 8,5) y tiempos recomendados (30 minutos para la desinfección y de 10 a 12 horas para la esterilización), este compuesto es eficaz contra las formas vegetativas de bacterias, hongos, virus y contra las esporas. Su modo de acción consiste en fijarse a las membranas celulares formando agregados.

El poder de penetración de este compuesto es muy bajo por lo que no es recomendable utilizarlo con materiales muy sucios. Habitualmente se emplean soluciones a las que se les añaden agentes surfactantes para favorecer la penetración, nitrito sódico para inhibir la corrosión y sustancias odorizantes.

#### *Usos más comunes*

Para la esterilización en frío de instrumental. Para la desinfección de tubos y de equipos utilizados en endoscopias.

#### *Valores de referencia*

Glutaraldehído: VLA-EC: 0,2 mg/m<sup>3</sup>. TLV-valor techo 0,2 mg/m<sup>3</sup>.

#### *Efectos potenciales para la salud*

El glutaraldehído puede penetrar en el organismo por inhalación, contacto e ingestión. El contacto continuado con este compuesto puede causar eczema alérgico y afectar al sistema nervioso. Es altamente tóxico e irritante para la piel y las mucosas en concentraciones de 0,2 ppm. Otros síntomas son: dermatitis de contacto, dolores de cabeza y problemas respiratorios tales como tos u opresión torácica.

#### *Control de la exposición*

Existencia de sistemas generales de ventilación y de extracción localizada en aquellas operaciones que lo requieran.

Desinfectante	Características principales						Posibles aplicaciones			
	Conservación >1 semana	Corrosivo	Irritante cutáneo	Irritante ocular	Irritante respiratorio	Tóxico	Superficies	Cristalería	Equipos	Residuos líquidos
Alcoholes: Etílico e Isopropílico	+			+			+	+	+	+
Aldehídos: Formaldehído	+		+	+	+		+	+	+	+
Aldehídos: Glutaraldehído	+		+	+		+	+	+	+	+
Haloágenos: Cloro-Hipocloritos		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Haloágenos: Yodo-Yodóforos	+	+	+	+		+	+	+	+	+
Compuestos fenólicos	+	+	+	+		+	+	+	+	+
Compuestos de amonio cuaternario	+			+	+		+	+	+	+

Tabla 3.- Características y propiedades de los desinfectantes

Lavado con agua de manos y de otras superficies que hayan estado en contacto con el glutaraldehído. La ropa de trabajo o cualquier otro tipo de ropa humedecida con el desinfectante se debe quitar y almacenar en contenedores cerrados hasta su eliminación o lavado. Al personal de la lavandería se le debería proporcionar información sobre los riesgos de la sustancia.

Para determinadas operaciones, es recomendable el uso de equipos de protección individual (EPI), tales como guantes, gafas o pantallas protectoras frente a posibles salpicaduras y ropa de trabajo.

### **Compuestos halogenados: Cloro - Hipoclorito sódico**

El cloro es un desinfectante universal, activo contra todos los microorganismos, que actúa desnaturizando los enzimas e interrumpiendo los procesos de germinación de las esporas.

En general, se utiliza en forma de hipoclorito sódico, con diversas concentraciones de cloro libre. Se trata de un enérgico agente oxidante y es corrosivo para los metales. Las soluciones de hipoclorito sódico se degradan poco a poco, por lo que es necesario preparar con frecuencia nuevas soluciones.

Como desinfectante general se pueden utilizar concentraciones de 1g/litro (1.000 ppm de cloro libre). En los casos en que la presencia de materia orgánica sea apreciable, se puede recurrir a soluciones más concentradas, por ejemplo 10 g/litro (10.000 ppm de cloro libre).

Las soluciones de hipoclorito sódico suelen utilizarse en forma de lejía comercial de uso doméstico, en los cuales no siempre se conoce ni se indica en el recipiente la cantidad de cloro libre. Cuando sólo se dispone de este desinfectante, es conveniente utilizarlo según las instrucciones usuales, por lo general, la de efectuar una dilución de 1:8.

Se puede obtener un buen desinfectante si a la solución de lejía se le añade un detergente no iónico en una concentración del 0,7%.

#### *Usos más comunes*

Es el desinfectante universal por excelencia, se usa en la limpieza y desinfección de lavabos, baños, depósitos de agua, lavandería, suelos, superficies, etc.

Nunca se debe mezclar con amoníaco puesto que se produce un gas altamente tóxico.

#### *Valores de referencia*

Cloro: VLA-ED: 1,5 mg/m<sup>3</sup>. VLA-EC: 3 mg/m<sup>3</sup>. TLV-TWA: 1,5 mg/m<sup>3</sup> A4.

#### *Efectos potenciales para la salud*

A concentraciones de 0,5 ppm se puede producir una irritación leve de las mucosas. Otros efectos son: tos, estornudos, goteo nasal y otros problemas respiratorios.

### *Control de la exposición*

Sistemas de ventilación general forzada del aire.

Para su manipulación es recomendable el uso de equipos de protección individual (EPI), tales como guantes, gafas o pantallas protectoras frente a posibles salpicaduras y ropa de trabajo.

### **Compuestos halogenados: Yodo - Yodóforos**

El yodo es un desinfectante general, que se puede mezclar con alcohol etílico. Es eficaz contra casi todos los microorganismos, a excepción de las esporas frente a las que muestra una eficacia moderada. Produce la oxidación de los grupos sulfihidrilo y la yodación de algunos aminoácidos de las proteínas. Son inactivados por la materia orgánica.

#### *Usos más comunes*

Se pueden encontrar ampliamente distribuidos por todo el hospital.

#### *Valores de referencia*

Yodo: VLA - EC: 1 mg/m<sup>3</sup>. TLV- valor techo 1,0 mg/m<sup>3</sup>.

#### *Efectos potenciales para la salud*

La exposición a yodo puede causar irritación de ojos y de mucosas, dolores de cabeza y dificultad de respiración. Los cristales de yodo o las soluciones muy concentradas pueden causar irritaciones severas de la piel y quemaduras. Puede producir sensibilización.

#### *Control de la exposición*

Sistemas de extracción de los vapores en las operaciones que lo requieran.

La piel en contacto con compuestos yodados debe ser lavada inmediatamente con jabón o detergentes suaves y aclarada abundantemente. Esta operación debe ser repetida antes de comer o fumar.

La ropa de trabajo o cualquier otro tipo de ropa humedecida con el desinfectante se debe quitar y almacenar en contenedores cerrados hasta su eliminación o lavado. Al personal de la lavandería se le debería proporcionar información sobre los riesgos de la sustancia.

Para prevenir el contacto de la piel con compuestos sólidos o líquidos que contengan yodo, es recomendable el uso, cuando se considere apropiado, de equipos de protección individual (EPI), tales como guantes, gafas o pantallas protectoras frente a posibles salpicaduras y ropa de trabajo.

Buena parte de los problemas mencionados debidos al yodo pueden ser superados mediante la utilización de yodóforos; el más conocido es la povidona-yodada que es un complejo a base de yodo y polivinilpirrolidona. La

povidona al combinarse con el yodo adquiere las siguientes cualidades: retiene la actividad germicida del yodo, libera el yodo despacio, prolongando así su actividad, y tiene una toxicidad menor que el yodo libre.

### **Compuestos fenólicos**

Las propiedades germicidas, tóxicas, farmacológicas y químicas de este grupo de compuestos varían ampliamente. En general, son eficaces contra las bacterias Gram positivo, algunos de ellos contra las bacterias Gram negativo, los virus lipídicos y en menor medida contra el agente de la tuberculosis y las esporas. Su modo de acción consiste en alterar la permeabilidad de las membranas por la desnaturalización irreversible de las proteínas. Su actividad aumenta con la temperatura y con la disminución del pH, es decir, en medios ácidos. Son bastante estables y no se inactivan por la materia orgánica o los jabones.

Su utilización ha ido decayendo tras los casos de hiperbilirrubinemia detectados en recién nacidos y que se achacaron a la desinfección de las bañeras con estos productos.

#### *Usos más comunes*

Para la desinfección de suelos, paredes, muebles, cristalería e instrumentos.

#### *Valores de referencia*

Fenol: VLA-ED: 20 mg/m<sup>3</sup> (vía dérmica). TLV-TWA: 19 mg/m<sup>3</sup> (vía dérmica).

#### *Efectos potenciales para la salud*

Pueden causar irritación de la piel y necrosis, quemaduras de la piel y de los ojos, la aparición de pulso irregular, respiración estertórea, convulsiones, coma e incluso la muerte.

#### *Control de la exposición*

Sistemas de ventilación general forzada de aire y de extracción localizada para las operaciones que lo precisen.

Lavado de las manos y de otras superficies, que hayan estado en contacto con estos compuestos, con jabón o detergentes suaves. La ropa de trabajo o cualquier otro tipo de ropa humedecida con el desinfectante se debe quitar y almacenar en contenedores cerrados hasta su eliminación o lavado. Al personal de la lavandería se le debería proporcionar información sobre los riesgos de la sustancia.

Prohibición de comer, beber o fumar en las áreas donde se manipulen estos compuestos y la recomendación de lavarse las manos antes de realizar estas actividades.

Para determinadas operaciones, es recomendable el uso de equipos de protección individual (EPI), tales como guantes, gafas o pantallas protectoras frente a posibles salpicaduras y ropa de trabajo.

### **Compuestos de amonio cuaternario**

Este conjunto de compuestos, conocidos como “quats”, representan una familia de compuestos antimicrobianos en los cuales las cuatro valencias del átomo de nitrógeno están ocupadas por grupos de complejidad variable. Son solubles en agua y en alcohol y poseen propiedades tensoactivas.

Los compuestos de amonio cuaternario actúan aumentando la permeabilidad de las membranas celulares con la consiguiente pérdida de los constituyentes citoplasmáticos. En general, son compuestos eficaces contra bacterias y hongos, y escasamente eficaces contra virus y esporas.

Algunas bacterias como las pseudomonas (Gram negativo) encuentran en estos compuestos el sustrato que les permite multiplicarse, este hecho ha sido la causa de algunas infecciones en los hospitales.

Estos compuestos son inactivados por las aguas duras, la materia orgánica y otros materiales.

#### *Usos más comunes*

Son ampliamente utilizados en todo el hospital.

#### *Valores de referencia*

No hay ningún valor establecido.

#### *Efectos potenciales para la salud*

La exposición a estos compuestos puede causar irritación de mucosas y dermatitis de contacto, aunque son menos irritantes para las manos que otros compuestos.

#### *Control de la exposición*

Para determinadas operaciones, es recomendable el uso de equipos de protección individual (EPI), tales como guantes, gafas o pantallas protectoras frente a posibles salpicaduras y ropa de trabajo.

### **Peróxido de hidrógeno**

Las soluciones de peróxido de hidrógeno en concentraciones de entre el 3 y el 6% son utilizadas como desinfectantes, mientras que en concentraciones superiores, de entre el 6 y el 25%, se pueden usar como esterilizantes. Su capacidad germicida está basada en la acción que tienen los radicales libres hidroxilo sobre las membranas celulares, los ácidos nucleicos y otros componentes celulares.

### *Usos más comunes*

Es un desinfectante de uso tópico y para desinfecciones puntuales. Como ya se ha indicado se emplea en esterilización como sustituto del óxido de etileno, del formaldehído y del ácido peracético.

### *Valores de referencia*

Peróxido de hidrógeno: VLA-ED: 1,4 mg/m<sup>3</sup>. TLV-TWA: 1,4 mg/ m<sup>3</sup> A3.

### *Efectos potenciales para la salud*

Es un producto irritante, especialmente por vía respiratoria. En concentraciones superiores al 25% es un compuesto altamente tóxico. Según la clasificación de la ACGIH (A3) es carcinógeno en animales a elevadas dosis, no existiendo pruebas epidemiológicas en humanos.

### *Control de exposición*

Evitar el contacto continuado con la piel. Ver el capítulo dedicado a los gases esterilizantes.

### *Valores de referencia*

Peróxido de hidrógeno: VLA-ED: 1,4 mg/m<sup>3</sup>. TLV-TWA: 1,4 mg/m<sup>3</sup> A3.

## **Diguanidas: Clorhexidina**

La clorhexidina es un desinfectante de piel y mucosas que presenta mayor eficacia contra las bacterias Gram positivo que contra las Gram negativo, por lo que bacterias pertenecientes a este grupo, por ejemplo las pseudomonas, pueden crecer en este compuesto. Son inactivadas por muchos materiales.



# 7

## RADIACIONES NO IONIZANTES

### INTRODUCCIÓN

A pesar de que se conoce desde hace tiempo la peligrosidad de las radiaciones ionizantes (Rayos X, Rayos  $\gamma$ ) y, hasta cierto punto, los efectos sobre la salud de las radiaciones infrarroja y ultravioleta, ha sido recientemente cuando se ha extendido la preocupación acerca de los posibles riesgos que se pueden derivar de la exposición a radiaciones no ionizantes de frecuencias más bajas que las mencionadas, como las microondas, las radiofrecuencias y los campos eléctricos y magnéticos generados por conductores de corriente alterna, también denominados “contaminación blanca” (ver figura 1).

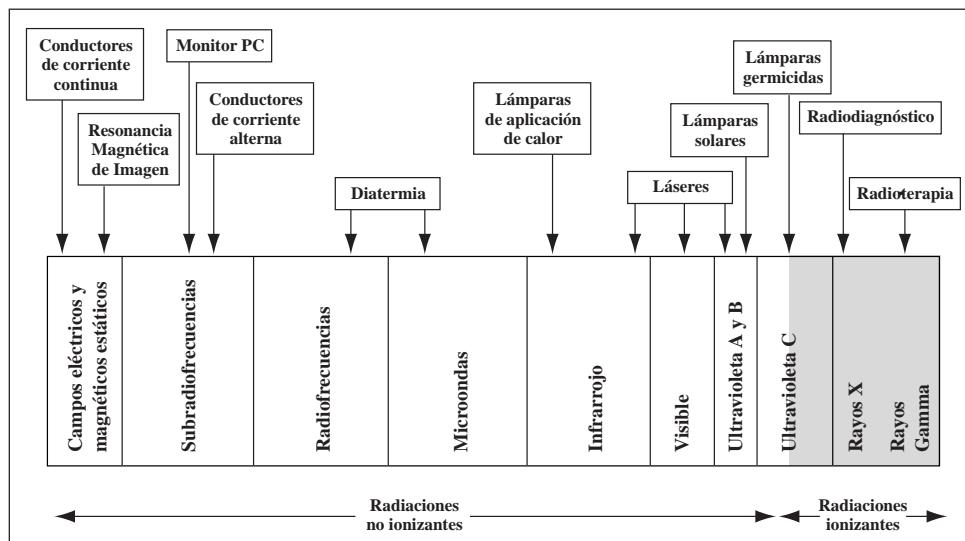


Figura 1.- Espectro de radiación electromagnética

El desarrollo que ha sufrido en los últimos años la tecnología de aplicación de este tipo de radiaciones ha permitido su utilización en numerosos campos de la industria, las comunicaciones y, por supuesto, la medicina. Debido a esto, en los centros hospitalarios existen numerosas situaciones de trabajo en las que se generan, de forma deliberada o accidental, radiaciones electromagnéticas, lo que determina la existencia de exposiciones laborales a menudo no evaluadas, de las que la tabla 1 muestra algunos ejemplos.

Aplicación	Tipo de radiación
Radiodiagnóstico y Radioterapia	Rayos X, Rayos $\gamma$
Esterilización (lámparas germicidas)	Radiación Ultravioleta (UV-C)
Cirugía y Terapia en diversas especialidades	Radiación Láser (Ultravioleta, Infrarroja y Visible)
Aplicaciones fotoquimioterapéuticas y laboratorios	Radiación Ultravioleta (UV-A y UV-B)
Aplicación superficial de calor	Radiación Infrarroja
Fisioterapia y Rehabilitación (Diatermia)	Microondas y Radiofrecuencias
Fisioterapia y Rehabilitación	Radiofrecuencia y Campos eléctricos y magnéticos de extremadamente baja frecuencia
Diagnóstico (Resonancia magnética de imagen, escáner, TAC)	Radiofrecuencias, Campos magnéticos estáticos, y gradientes de campo magnético (variación brusca del campo con respecto al tiempo)
Pantallas de visualización de datos (monitores de ordenador)	Radiofrecuencia y Campos eléctricos y magnéticos de extremadamente baja frecuencia. (Existen radiaciones a niveles muy bajos, de casi todo el espectro electromagnético)
Subestaciones de transformación de corriente eléctrica	Campos eléctricos y magnéticos de extremadamente baja frecuencia

Tabla 1.- Generación de radiaciones electromagnéticas en centros sanitarios

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

### Conceptos generales

Las radiaciones electromagnéticas son una forma de energía cuya propagación no precisa 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 perpendiculares ambos 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 en 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 de la luz.

Así pues, las intensidades de los campos eléctrico y magnético varían sinusoidalmente, con una frecuencia “f”, característica de la onda. El ciclo de estas variaciones se repite cada cierto tiempo “T”, que es el período de la onda. La longitud de un ciclo se denomina longitud de onda “λ”. Estas variables se relacionan+entre sí de la siguiente forma:

$$\lambda = c / f$$

$$T = 1 / f$$

siendo “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:  $W = h \times f$ , siendo “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  $1,986 \times 10^{-18}$  julios, por lo que las ondas electromagnéticas que no poseen esa energía, suficiente para ionizar (no ionizantes), son aquéllas cuya frecuencia es menor de  $2,996 \times 10^{15}$  hercios. En este capítulo se tratarán las radiaciones formadas por este tipo de ondas, es decir, las radiaciones no ionizantes.

## Magnitudes y unidades de medida

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 del campo eléctrico “E” y la intensidad del campo magnético “H”, para conocer su valor. Para campos magnéticos, sobre todo los generados por ondas de extremadamente baja frecuencia, el parámetro utilizado frecuentemente es la densidad del campo magnético “B”.

Se denomina “campo próximo de la radiación” al espacio situado a una distancia menor del valor de una longitud de onda, medido desde el foco generador de radiación electromagnética. Cuando la distancia al foco generador es mayor de lo indicado, se denomina “campo lejano de la radiación”.

En campo lejano, la intensidad de los campos eléctrico y magnético mantienen una relación constante entre ellas, de tal forma que  $E/H = 377$  ohmios

y la densidad de potencia de la onda se puede obtener de las expresiones:

$$S = E^2/120 \pi = H^2 120 \pi.$$

En las mediciones de ondas electromagnéticas en campo próximo, ondas cuya frecuencia sea inferior a c/l, se deben contemplar los valores de E y H por separado, mientras que en la medición de ondas electromagnéticas en campo lejano se suele utilizar la densidad de potencia.

Magnitud	Símbolo	Unidades en el Sistema Internacional y abreviatura
Frecuencia de la onda	f	hercio (Hz) (*)
Período de la onda	T	segundo (s)
Longitud de onda	$\lambda$	metro (m)
Energía de la onda	W	julio (J)
Densidad de potencia de la onda o Irradiancia	S	watio.metro <sup>2</sup> (W/m <sup>2</sup> )
Intensidad del campo eléctrico	E	voltios.metro (V/m)
Intensidad del campo magnético	H	amperio.metro (A/m) (**)
Densidad de flujo magnético	B	tesla (T) (**)
Densidad de corriente inducida	J	amperio.metro <sup>2</sup> (A/m <sup>2</sup> )
Tasa de absorción específica ( <i>Specific Absorption Rate</i> )	SAR	watio/kilogramo (W/kg)

(\*) Las dimensiones del hercio son ciclos/s.  
 (\*\*) La relación entre B y H, es tal que 1 tesla =  $7,96 \cdot 10^5$  A/m. Se emplea frecuentemente el gauss (G) como unidad de densidad de flujo magnético, siendo 1 tesla =  $10^4$  gauss.

Tabla 2.- Magnitudes de uso común

La tabla 2 muestra las magnitudes utilizadas y las unidades respectivas, para la valoración de exposiciones laborales a campos y ondas electromagnéticas. De uso muy frecuente resultan los prefijos utilizados como indicadores de múltiplos y submúltiplos de las unidades respectivas, que se presentan en la tabla 3.

### Clasificación de las radiaciones electromagnéticas

Técnicamente se conoce a las radiaciones electromagnéticas con diferentes nombres según su frecuencia: campos estáticos y subradiofrecuencias, radiofrecuencias, microondas, infrarrojos, luz visible y ultravioleta ionizante y no ionizante. En la tabla 4 se indica la clasificación de las radiaciones según su frecuencia, longitud de onda y energía.

## CAMPOS MAGNÉTICOS ESTÁTICOS Y SUBRADIOFRECUENCIAS

### Efectos sobre la salud y valores límite

Los posibles efectos adversos que puede producir la exposición a campos magnéticos estáticos y subradiofrecuencias en las personas no son del todo conocidos. Los datos obtenidos a través de la investigación se basan fundamentalmente en la experimentación animal, pero la extrapolación de los mismos al ser humano no es directa. Por una parte, la energía que posee este tipo de radiación (entre 0 y 10 kHz) es insuficiente para que pueda producir un aumento significativo de la temperatura corporal al ser absorbida por el organismo, pero existen aspectos físicos conocidos que podrían producir efectos sobre la salud como los que se mencionan a continuación:

Los campos magnéticos estáticos y variables en el tiempo inducen fuerzas internas que se oponen a la circulación de iones en movimiento y pudieran, por ejemplo, variar la velocidad del flujo sanguíneo.

Las ondas de subradiofrecuencia, emitidas en pulsos de corta duración y alta intensidad, pueden inducir corrientes eléctricas de determinada densidad en músculos y otros tejidos, que ejercen una estimulación directa de las células musculares y nerviosas.

Los “magnetofosfenos”, caracterizados por la aparición en el campo visual de luces tipo *flash* que desaparecen al cesar la exposición, son debidos, probablemente, a la presencia de corrientes inducidas que provocan cierta estimulación del nervio óptico o de la retina.

La presencia de campos magnéticos y de ondas electromagnéticas de subradiofrecuencia (y frecuencias superiores) puede afectar al funcionamiento de los marcapasos cardíacos, tanto por la inducción de fuerzas sobre componentes ferromagnéticos del marcapasos, como por la interferencia que las ondas electromagnéticas puedan ejercer sobre el funcionamiento eléctrico del aparato.

En presencia de campos magnéticos elevados, las prótesis metálicas (material ferromagnético) pueden ser sometidas a fuerzas que modifiquen su situación y función.

Prefijo	Abreviatura	Valor
Exa	E	$10^{18}$
Peta	P	$10^{15}$
Tera	T	$10^{12}$
Giga	G	$10^9$
Mega	M	$10^6$
Kilo	k	$10^3$
Mili	m	$10^{-3}$
Micro	$\mu$	$10^{-6}$
Nano	n	$10^{-9}$
Pico	p	$10^{-12}$
Femto	f	$10^{-15}$
Atto	a	$10^{-18}$

Tabla 3.- Múltiplos y submúltiplos más comunes

Radiación	Banda	Frecuencia	Longitud de onda	Energía (julios)
Campos estáticos y subradiofrecuencias	Extremadamente Baja Frecuencia (ELF)	de 0 a 30 kHz	$\infty$ - 10 km	$0 - 2,0 \times 10^{-29}$
Radiofrecuencias	Baja Frecuencia (LF) Frecuencia Media (MF) Alta Frecuencia (HF) Muy Alta Frecuencia (VHF)	de 30 a 300 kHz de 300 a 3 MHz de 3 a 30 MHz de 30 a 300 MHz	10 km - 1 km 1 km - 100 m 100 m - 10 m 10 m - 1 m	$2,0 \times 10^{-29} - 2,0 \times 10^{-28}$ $2,0 \times 10^{-28} - 2,0 \times 10^{-27}$ $2,0 \times 10^{-27} - 2,0 \times 10^{-26}$ $2,0 \times 10^{-26} - 2,0 \times 10^{-25}$
Microondas	Ultra Alta Frecuencia (UHF) Super Alta Frecuencia (SHF) Extremadamente Alta Frecuencia (EHF)	de 300 MHz a 3 GHz de 3 a 30 GHz de 30 a 300 GHz	1 m - 100 mm 100 mm - 10 mm 10 mm - 1 mm	$2,0 \times 10^{-25} - 2,0 \times 10^{-24}$ $2,0 \times 10^{-24} - 2,0 \times 10^{-23}$ $2,0 \times 10^{-23} - 2,0 \times 10^{-22}$
Infrarrojos	IR-C IR-B IR-A	de 300 GHz a 100 THz de 100 a 214 THz de 214 a 385 THz	1 mm - 3 mm 3 mm - 1400 nm 1400 nm - 780 nm	$2,0 \times 10^{-22} - 6,63 \times 10^{-20}$ $6,6 \times 10^{-20} - 1,4 \times 10^{-19}$ $1,4 \times 10^{-19} - 2,5 \times 10^{-19}$
Luz visible	Roja Naranja Amarilla Verde Azul Violeta	de 385 a 464 THz de 464 a 513 THz de 513 a 522 THz de 522 a 611 THz de 611 a 707 THz de 707 a 750 THz	780 nm - 647 nm 647 nm - 585 nm 585 nm - 575 nm 575 nm - 491 nm 491 nm - 424 nm 424 nm - 400 nm	$2,5 \times 10^{-19} - 3,1 \times 10^{-19}$ $3,1 \times 10^{-19} - 3,4 \times 10^{-19}$ $3,4 \times 10^{-19} - 3,5 \times 10^{-19}$ $3,5 \times 10^{-19} - 4,0 \times 10^{-19}$ $4,0 \times 10^{-19} - 4,7 \times 10^{-19}$ $4,7 \times 10^{-19} - 5,0 \times 10^{-19}$
Ultravioleta no ionizante	UV-A UV-B	de 750 a 952 THz de 952 a 1071 THz	400 nm - 315 nm 315 nm - 280 nm	$5,0 \times 10^{-19} - 6,3 \times 10^{-19}$ $6,3 \times 10^{-19} - 7,1 \times 10^{-19}$
Ultravioleta no ionizante e ionizante	UV-C y lejana	de 1071 a 30 PHz	280 nm - 10 nm	$7,1 \times 10^{-19} - 2,0 \times 10^{-17}$

Tabla 4.- Clasificación de las radiaciones electromagnéticas

Los efectos hasta ahora mencionados tienen carácter reversible, es decir que, de producirse, desaparecerían al cesar la exposición. Su aparición depende de la intensidad del campo magnético "H" o de la densidad del flujo magnético "B", en exposiciones a campos magnéticos estáticos, y también de la intensidad del campo eléctrico "E", en exposiciones a subradiofrecuencias. Otro factor importante que se ha de tener en cuenta es el tiempo de exposición diario.

Las limitaciones técnicas - en nuestro país no existe una limitación legal - respecto a los niveles de H, B y E o del tiempo de exposición diario, para exposiciones laborales, se basan en la prevención de efectos tales como los mencionados hasta ahora. No obstante, existe una preocupación sobre el papel que juegan las ondas electromagnéticas en la generación de procesos cancerosos que, si bien es conocida y aceptada desde hace tiempo para las radiaciones ionizantes, se ha despertado en los últimos años en lo referente a las ondas electromagnéticas de extremadamente baja frecuencia (ELF) y también de microondas, cuya energía asociada dista mucho de alcanzar el umbral de ionización.

Diversos estudios epidemiológicos, realizados principalmente en Suecia, Estados Unidos, Gran Bretaña y Canadá, relacionan la aparición de diferentes tipos de leucemia infantil con la exposición residencial a ondas de ELF, de 50 - 60 Hz, provenientes de líneas de conducción de corriente alterna, así como de otros tipos de cáncer (cerebro) en trabajadores de compañías eléctricas.

Dichos estudios hallan una mayor incidencia de esas enfermedades, en poblaciones expuestas, que la que sería esperable en poblaciones semejantes no expuestas, relacionando el mecanismo biológico con la presencia de campos magnéticos de densidad de flujo "B" tan baja como 0,3  $\mu\text{T}$  y de frecuencia 50 ó 60 Hz. En la tabla 5 se muestran los valores de B generados por diferentes tipos de electrodomésticos, y su variación con la distancia. Obsérvese que, a corta distancia, se supera a menudo el valor indicado de 0,3  $\mu\text{T}$ .

Los valores máximos admisibles, propuestos como valores de referencia por la Norma ENV-50166-1:1995, se muestran en las tablas 6 y 7. La citada Norma es la referencia técnica en nuestro país, en ausencia de legislación específica. Dichos valores se han fijado fundamentalmente para evitar corrientes inducidas en el interior del organismo, vértigos y efectos adversos resultantes de arritmias cardíacas.

### Situaciones de posible exposición

A continuación se estudian tres tipos de instalaciones de campos magnéticos estáticos y subradiofrecuencias que son habituales en los centros sanitarios; una, especializada en diagnóstico, como es la resonancia magnética de imagen, y otras dos, no relacionadas directamente con la actividad sanitaria, como son las pantallas de visualización de datos (pantallas de ordenador) y

Electrodoméstico	Valor de B a 3 cm de distancia ( $\mu$ T)	Valor de B a 30 cm de distancia ( $\mu$ T)	Valor de B a 1 m de distancia ( $\mu$ T)
Abrelatas eléctricos	1000 - 2000	3,5 - 30	0,07 - 1
Secadores de ropa	0,3 - 8	0,08 - 0,3	0,02 - 0,06
Secadoras - Lavadoras	0,8 - 50	0,15 - 3	0,01 - 0,15
Lavavajillas	3,5 - 20	0,6 - 3	0,07 - 0,3
Taladrandores	400 - 800	2 - 3,5	0,08 - 0,2
Fluorescentes (lámparas de mesa)	40 - 400	0,5 - 2	0,02 - 0,25
Mezcladores de alimentos	60 - 700	0,6 - 10	0,02 - 0,25
Secadores de pelo	6 - 2000	< 0,01 - 7	< 0,01 - 0,3
Planchas	8 - 30	0,12 - 0,3	0,01 - 0,025
Hornos microondas	75 - 200	4 - 8	0,25 - 0,6
Hornos eléctricos	1 - 50	0,15 - 0,5	0,01 - 0,04
Frigoríficos	0,5 - 1,7	0,01 - 0,25	< 0,01
Afeitadoras	15 - 1500	0,08 - 9	< 0,01 - 0,3
Aparatos de televisión	2,5 - 50	0,04 - 2	< 0,01 - 0,15
Tostadoras	7 - 18	0,06 - 0,7	< 0,01

Tabla 5.- Valores de la densidad del flujo magnético B en las cercanías de electrodomésticos

Frecuencia	Intensidad del campo eléctrico, E (kV/m)	Tiempo t (horas)
0-0,1 Hercios	42	$t = 112/E$
0,1-50 Hercios	30	$t = 80/E$
50-150 Hercios	$1500/f$ (*)	$t = 80/E$
150 Hercios- 1,5 kHz	$1500/f$ (*)	-
1,5 kHz-10 kHz	1	-
Norma ENV-50166-1:1995		
(*) f en Hercios		
Valores máximos. Los valores de las columnas segunda y tercera se limitan mutuamente.		

Tabla 6.- Valores propuestos para la intensidad del campo eléctrico para campos estáticos y subradiofrecuencias

Frecuencia	Densidad del flujo magnético, B (**)
0-0,1 Hercios	2 Teslas (0,2 T para 8 horas)
0,1-0,23 Hercios	1,4 Teslas (0,14 T para 8 horas)
0,23 Hercios-1 Hercio	320/f miliTeslas (*)
1-4 Hercios	320/f <sup>2</sup> miliTeslas (*)
4 Hercios- 1,5 kHz	80/f miliTeslas (*)
1,5 kHz-10 kHz	0,053 miliTeslas
Norma ENV-50166-1:1995	
(*) f en Hercios	
(**) Valores máximos excepto los indicados entre paréntesis promediables a 8 horas.	

Tabla 7.- Valores propuestos para la intensidad del campo magnético para campos estáticos y subradiofrecuencias

átomos para emitir una señal de radiofrecuencia (RF) cuando son sometidos a un fuerte campo magnético y estimulados con ondas de RF. Al introducir al paciente en el seno de un campo magnético, los núcleos de los átomos se orientan de acuerdo con las líneas del campo magnético. Al aplicarles una radiación electromagnética de RF, estos núcleos se mueven cambiando de orientación (resonancia). Cuando cesa la aplicación de RF, los átomos liberan energía volviendo a la situación inicial (relajación).

La composición química del medio determina la facilidad para liberar la energía, es decir, el tiempo de relajación. Este parámetro informa al especialista sobre la estructura bioquímica del medio.

Debido al principio físico de funcionamiento, existe exposición profesional a campos magnéticos estáticos, a gradientes de éstos y a radiofrecuencias.

La densidad del flujo magnético “B” en las unidades de RMI varía con la distancia al núcleo. En la figura 2 se puede observar el orden de magnitud de B y su variación con la distancia.

Debe tenerse en cuenta que la variación de B con el tiempo, da lugar a la inducción de corrientes eléctricas en el organismo (corrientes de Foucault). Por otra parte, se producen pulsos de corta duración de ondas electromagnéticas de RF, durante el funcionamiento del aparato.

Por diversos motivos, entre los que figura el de la posible interferencia electromagnética de o hacia la instrumentación de RMI, la instalación suele

las instalaciones (subestaciones) de transformación de corriente eléctrica, cuya existencia en un edificio dedicado a actividad sanitaria es segura en el primer caso y probable en el segundo.

### Resonancia magnética de imagen (RMI)

La resonancia magnética es una técnica de diagnóstico que permite obtener imágenes de tejidos del interior del organismo sin utilizar radiación ionizante. La calidad de las imágenes y la menor agresividad del tipo de tecnología empleada, para el paciente y los profesionales, hacen que su utilización se extienda en los hospitales. El fundamento de esta técnica es la capacidad de algunos

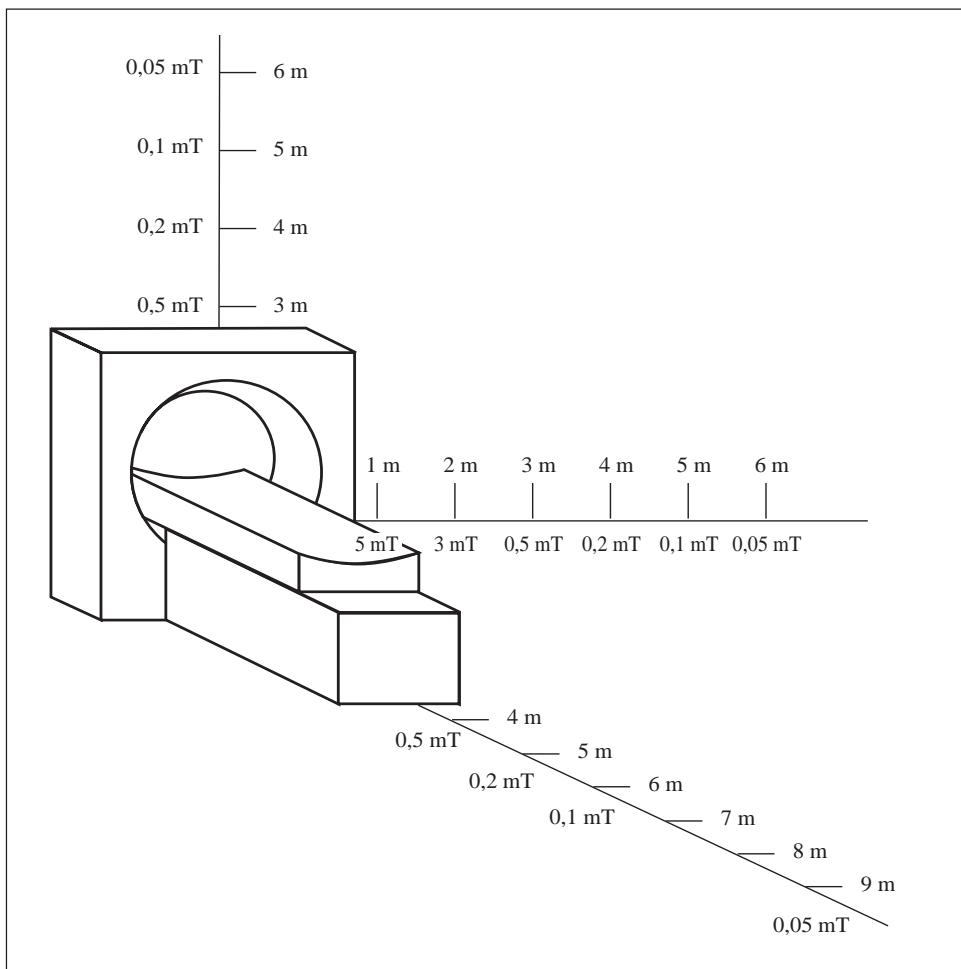


Figura 2.- Resonancia magnética de imagen. Variación de la densidad de flujo con la distancia

disponer de diferentes compartimentos debidamente separados y provistos de aislamiento electromagnético a base de una jaula de Faraday, mallas metálicas o alejamiento (distancia).

Desde el punto de vista de protección del profesional, debe estar separado y aislado el recinto donde se halla el aparato de RMI, de forma que en pasillos o en locales próximos (en las tres dimensiones del espacio) los niveles de  $B$  y de densidad de potencia de la radiofrecuencia se encuentren por debajo de los niveles de referencia indicados en la Norma ENV-50166-1:1995 y Norma ENV-50166-2:1995.

Así como el avance de la radiación de tipo radiofrecuencia o microondas se

puede absorber y detener mediante mallas o blindaje metálicos, los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia de longitudes de onda muy grandes o estáticos no son absorbidos tan fácilmente, por lo que se recurre al aumento de distancia entre el foco y los receptores (ver figura 2).

La presencia de los profesionales en el recinto de RMI debe ser lo más breve posible, pues los niveles de densidad de flujo magnético son elevados. Por el buen funcionamiento de los monitores, el puesto de control de imagen se encuentra convenientemente alejado del imán y apantallado respecto a las radiofrecuencias. No obstante, ya que allí la presencia humana es prácticamente continua, es conveniente conocer los niveles de radiación RF existentes y de la densidad de flujo del campo magnético.

### Pantallas de visualización de datos (PVD)

Debido a la tecnología empleada para la generación de imágenes en las pantallas de los monitores de ordenador, es teóricamente posible la emisión de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias, que van desde los Rayos X (frecuencia  $> 30 \times 10^{15}$  Hercios) hasta campos eléctricos estáticos (frecuencia = 0 Hercios).

La exposición a las radiaciones de mayor frecuencia supone en principio mayor riesgo para la salud debido a que poseen más energía fotónica, pero su presencia en la proximidad de las PVD es apenas detectable. La evaluación de las exposiciones se centra en las que corresponden a frecuencias de aproximadamente 50 Hercios, generadas en el monitor para crear la imagen vertical (deflexión vertical) y a las subradiofrecuencias, de 10 a 30 kiloHercios, emitidas durante la generación de la imagen horizontal (deflexión horizontal). En la figura 3 se muestran los niveles de E y H correspondientes a las frecuencias mencionadas hallados en las cercanías de un monitor de ordenador común.

En las pantallas también existe la posibilidad de que se creen campos eléctricos estáticos (frecuencia = 0 Hercios), que pudieran producir molestias por descargas de electricidad estática y que se resuelven cuando la pantalla se conecta equipotencialmente a tierra.

Los niveles de densidad de potencia de las ondas o de las intensidades de los campos eléctricos y magnéticos, de ondas de cualquier frecuencia conocida (excluida la radiación visible), medidos a nivel del teclado de los monitores, están muy por debajo de los niveles máximos admisibles propuestos por las principales instituciones internacionales. Estos niveles están fijados sin contemplar posibles efectos estocásticos a frecuencias de 50 Hz.

### Subestaciones de transformación de corriente

La corriente eléctrica suministrada por las compañías eléctricas llega al centro hospitalario a una tensión muy alta que a través de transformadores se

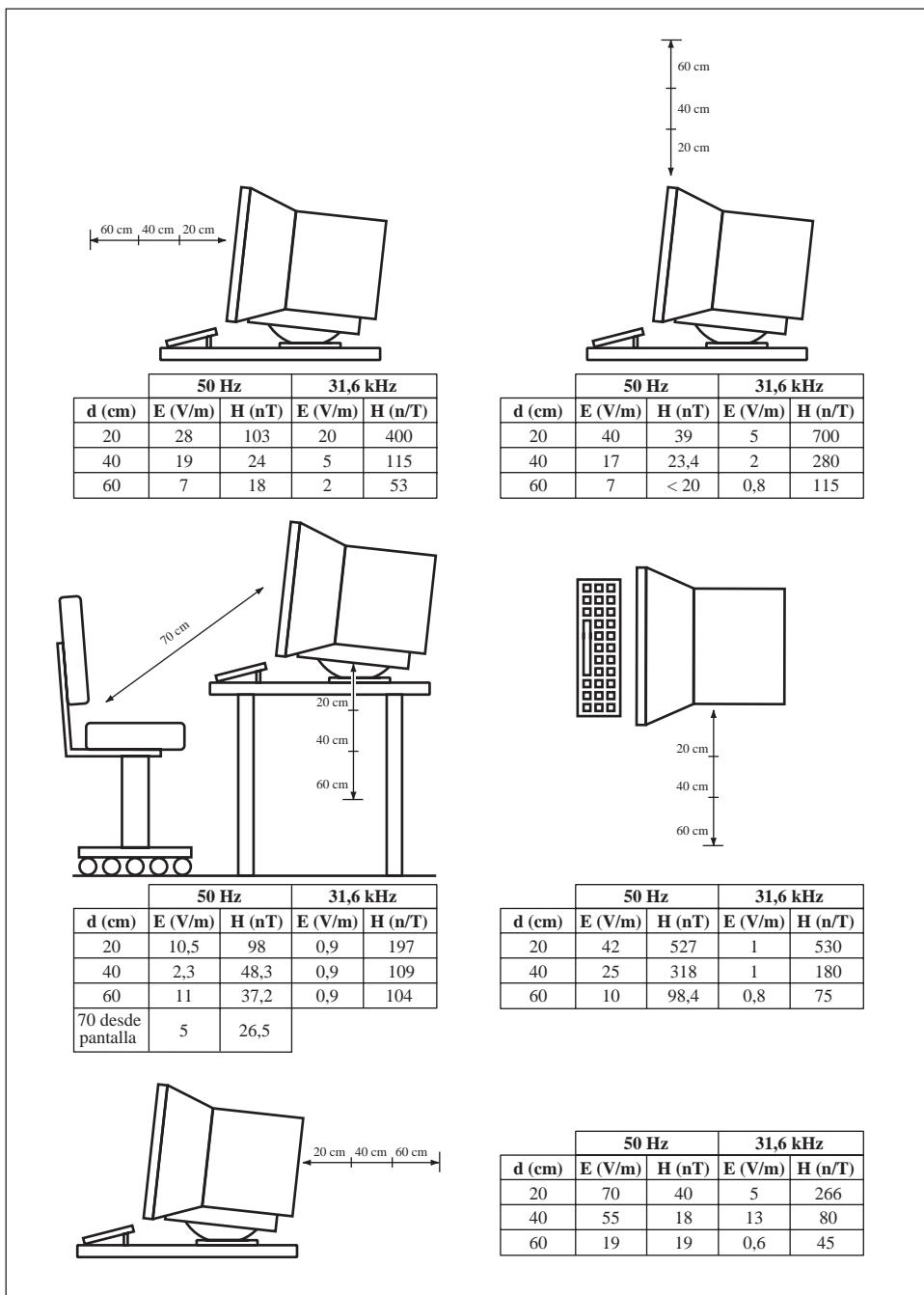


Figura 3.- Valores de campo magnético y eléctrico en PVD

reduce a niveles de consumo, por ejemplo, de 25.000 voltios a 380 voltios. Los transformadores se encuentran confinados en subestaciones transformadoras, cerrados bajo llave para evitar el acceso al recinto. Los conductores de corriente que salen de los transformadores transportan energía eléctrica a una intensidad alta, por ejemplo, 2000 amperios, ramificándose posteriormente para su distribución. Los campos eléctrico y magnético de 50 Hz de frecuencia, creados por el paso de corriente eléctrica a través de estos conductores, adquieren valores de intensidad más altos de los habitualmente existentes en los espacios de trabajo. Debido a la acción de esos campos, fundamentalmente el magnético, en las cercanías de dichos conductores pueden observarse distorsiones en las imágenes obtenidas en pantallas de monitores de ordenador.

Los valores de campo eléctrico “E” y de campo magnético “H” decrecen rápidamente al aumentar la distancia a la subestación transformadora, por lo que sólo existen valores significativos en estancias contiguas, si las hay, a la subestación, incluidas las que están ubicadas sobre ella. En oficinas situadas en la planta inmediatamente superior a estaciones de transformación de corriente eléctrica se han hallado valores de “E” de aproximadamente 50 V/m y de H de aproximadamente 20 A/m. Estos valores, más que suficientes para deformar las imágenes de los monitores de ordenador, son muy inferiores a los recomendados como niveles de referencia en la Norma ENV-50166-1:1995.

Los campos magnéticos estáticos y los correspondientes a ELF son difícilmente atenuados mediante blindaje, por lo que a menudo un alto presupuesto dedicado a este fin no alcanza el objetivo deseado. El aumento de la distancia a los transformadores y a los conductores de salida de éstos es la mejor solución para evitar exposiciones innecesarias y mal funcionamiento de los monitores de ordenador.

## RADIOFRECUENCIAS Y MICROONDAS

### Efectos sobre la salud y valores límite

La clasificación de las radiaciones electromagnéticas varía ligeramente en su denominación según los diferentes autores. La *International Communication Union*, denomina “radiofrecuencias” a las radiaciones electromagnéticas a partir de frecuencias de 30 kiloHercios y hasta 1 GigaHercio, mientras que denomina “microondas” a las radiaciones de 1 GigaHercios hasta 300 GigaHercios; algunos autores denominan “microondas” a la banda de 300 MegaHercios hasta 300 GigaHercios. La característica fundamental de estas radiaciones, en su interacción con los tejidos biológicos, es la transformación en calor de la energía que trasmiten. La energía electromagnética, absorbida por unidad de masa biológica y por unidad de tiempo, se denomina Tasa de Absorción Específica y es conocida por las siglas SAR (*Specific Absortion Rate*).

Los efectos adversos para la salud, generados por exposición a este tipo de

radiaciones, son fundamentalmente debidos al aumento de la temperatura de los tejidos como consecuencia de la transformación en calor de la energía absorbida.

Por debajo de 30 MHz, domina la absorción superficial en el cuerpo, entre 30 y 400 MHz, la absorción es muy alta debido a fenómenos de resonancia. La resonancia es un fenómeno que se produce al coincidir la frecuencia de la radiación con la de rotación de las moléculas de los tejidos, amplificándose la respuesta de éstas y aumentando notablemente su energía cinética. Esta energía se transforma en calor, con el consiguiente aumento de la temperatura del tejido. La disipación del calor sobrante tiene lugar fundamentalmente a través de la circulación sanguínea, por lo que los tejidos menos vascularizados son en principio los que mayor riesgo presentan (ojos, testículos). Si se considera el cuerpo entero, la resonancia se produce aproximadamente a 70 MHz y en la cabeza, a 400 MHz.

Entre 400 y 2000 MHz (2 GHz) se producen resonancias muy localizadas en lo que se denominan puntos calientes. Entre 2 y 300 GHz, la energía se disipa en la superficie del cuerpo, de forma semejante a las radiaciones infrarrojas.

La SAR, que es el parámetro sobre el que se fijan los valores máximos admisibles, varía para una misma densidad de potencia de la onda, según la frecuencia, de acuerdo con lo comentado anteriormente. En la figura 4 se puede obser-

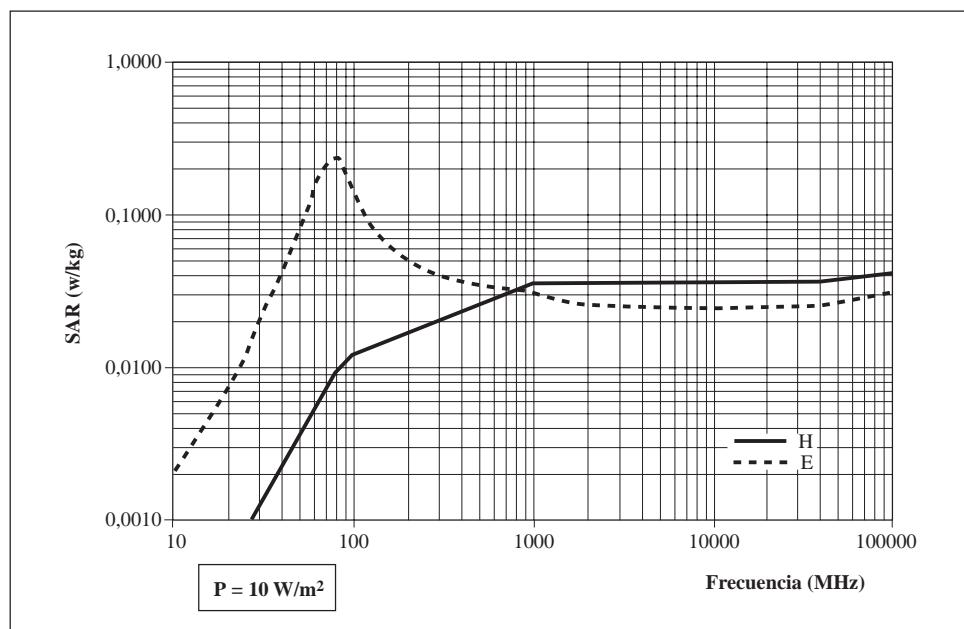


Figura 4.- Valores de la SAR

var dicha variación para una densidad de potencia de  $10 \text{ mW/cm}^2$ , y para polarización máxima del campo eléctrico o magnético. La SAR máxima se encuentra aproximadamente a 70 MHz, cuando la orientación del cuerpo respecto a la radiación presenta el máximo valor posible del vector campo eléctrico.

En general, se considera que, por debajo de un valor de SAR de 4 W/kg, es difícil que se produzcan efectos adversos para la salud por incremento de la temperatura de los tejidos, por lo que los niveles de radiación propuestos como máximos son los que resultan de aplicar un coeficiente de seguridad a este valor. En el caso de exposiciones laborales el coeficiente de seguridad es de 10, de modo que el valor SAR es igual a 0,4 W/kg, para el público en general, y sobre este último límite, el coeficiente que se aplica es de 5, en ese caso el valor SAR es de 0,08 W/kg. A partir de estos valores se estiman los de la intensidad del campo eléctrico "E" y del campo magnético "H", el de la densidad del flujo magnético "B" o el de la densidad de potencia de la onda, necesarios para que la SAR correspondiente sea inferior a 0,4 W/kg, en exposiciones laborales. En la tabla 8 se representan los valores recomendados por la Norma ENV-50166-2:1995, aplicables en nuestro país como criterio técnico.

Frecuencia	Intensidad del campo eléctrico E (V/m)	Intensidad del campo magnético H (A/m)	Densidad de potencia S ( $\text{W/m}^2$ )
10 kHz-380 kHz	1000	42	-
380 kHz-610 kHz	1000	1,6/f	-
610 kHz-10 MHz	614/f	1,6/f	-
10 MHz-400 MHz	61,4/f	0,16	10
400 MHz-2 GHz	$3,07 \times f^{1/2}$	$8,14 \cdot 10^{-3} \times f^{1/2}$	$f/40$
2 GHz-150 GHz	137	0,364	50
150 GHz-300 GHz	$0,354 \times f^{1/2}$	$9,4 \cdot 10^{-4} \times f^{1/2}$	$3,334 \cdot 10^{-4} \times f^{1/2}$
Según la Norma ENV 50166-2:1995      (f en MHz)			

Tabla 8.- Valores propuestos para RF-MO

Como consecuencia del incremento térmico de los tejidos de diferentes partes del organismo, pueden producirse daños principalmente en aquellos órganos con menor riego sanguíneo y por tanto menor capacidad de disipación de calor. Como ya se ha dicho, los testículos pueden ser especialmente sensibles por este motivo, afectando en este caso a la producción de esperma. También se podría ver afectado el desarrollo del feto en la gestación.

También pueden producirse opacidades del cristalino, por encima de 500 MHz, y a altos valores de densidad de potencia, y parece existir una afecta-

ción inconcreta del sistema nervioso conocida como síndrome neurasténico (cefaleas, astenia, anorexia, fatiga, confusión, mareos, temblores, insomnio, etc.), que varios autores relacionan con exposiciones a radiofrecuencias y microondas.

### Situaciones de posible exposición

En un centro sanitario, la principal situación de posible exposición a radiofrecuencias y microondas se da en las *unidades de fisiología y rehabilitación*, donde se utiliza la técnica de diatermia, que consiste en la aplicación de calor, mediante radiofrecuencias y microondas, denominadas en fisiología onda corta y radarterapia, respectivamente, sobre las zonas del cuerpo del paciente que lo precisen. Esta técnica tiene la finalidad de ayudar en la cicatrización rápida de heridas, absorción de edemas y hematomas, alivio del dolor y, en general, incremento de la circulación periférica. Por poseer este tipo de ondas un cierto poder de penetración, su utilidad radica en la aplicación a zonas de una profundidad determinada.

La diferente utilización de los aparatos de diatermia depende de las zonas lesionadas y del tipo de lesión, además de las disponibilidades del centro hospitalario. Los instrumentos de diatermia utilizan frecuencias de 27,12 MHz (radiofrecuencia) y 900 ó 2450 MHz (microondas), pudiendo emitir de forma continua o pulsátil.

Los focos de emisión de ondas electromagnéticas al ambiente de trabajo son: la consola de generación y control, los cables que conducen la corriente modulada desde la consola al aplicador y los aplicadores de radiación (electrodos para radiofrecuencia o radiadores para microondas). El blindaje de la consola determina el nivel de radiación (fugas) en sus proximidades.

Los cables de conducción se convierten en focos de emisión de estas radiaciones por las fugas que tienen lugar a través de su aislamiento. La protección coaxial de los cables, cuando no es suficiente por defecto en la fabricación o por deterioro, hace que se encuentren niveles altos de irradiancia en sus proximidades. La zona de influencia de los aplicadores es, en teoría, donde se deben esperar mayores niveles de densidad de potencia. Las radiaciones de radiofrecuencia y microondas son capaces de atravesar los tabiques o paramentos de poca densidad, por lo que la permanencia en estancias contiguas a las de diatermia puede suponer exposición a este tipo de radiación.

Teniendo en cuenta el efecto térmico de estas ondas, la exposición a las mismas supone que el individuo recibe una dosis, expresada como energía, que es el producto de la potencia de la radiación recibida por unidad de superficie (densidad de potencia) por el tiempo de exposición. Entre las medidas preventivas aplicables señalaremos la reducción de la densidad de potencia de la radiación (S), la reducción del tiempo de exposición y la señalización.

La *reducción de la densidad de potencia de la radiación* es una medida

preventiva importante porque el valor de la densidad de potencia en el ambiente será tanto mayor cuanto mayor sea la potencia de funcionamiento del equipo para la misma frecuencia de la onda; es por ello conveniente elegir la intensidad más baja de funcionamiento del aparato, sin que ello afecte a la dosis que debe recibir el paciente. Por otro lado, es recomendable revisar periódicamente los cables portadores de la corriente modulada y el cambio periódico de los mismos.

Aumentando el valor de la superficie de recepción, que se consigue al alejarse del foco de emisión del haz, se disminuye la densidad de potencia recibida. Teóricamente, la densidad de potencia de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al foco, cuando los demás parámetros permanecen constantes.

Los diferentes tipos y formas de los electrodos y radiadores también parecen tener influencia. En el caso de estos últimos, el diámetro del haz puede ser variable a voluntad y por tanto también la zona de mayor presencia de la radiación. Siempre que sea posible se intentará concentrar el haz para poder disponer de mayor espacio en los alrededores a niveles más bajos de radiación.

La energía que transporta la radiación puede ser, en gran parte, absorbida si se interponen en su recorrido pantallas metálicas conectadas equipotencialmente a tierra. Éstas pueden ser macizas, con lo que serán más efectivas, o estar formadas por mallas con un tamaño de luz adecuado. Las primeras ofrecen más o menos atenuación, en función del metal y de su grosor.

La atenuación de la radiación electromagnética "A" se suele expresar en decibelios (dB), siendo su expresión matemática:

$$A = 10 \log (W_i / W_a)$$

siendo: "A", la atenuación de la pantalla o blindaje en dB; "W<sub>i</sub>", la potencia que incide en la pantalla o blindaje; y "W<sub>a</sub>" la potencia de la radiación que la atraviesa.

Para mallas de metal cuyo diámetro de alambre esté comprendido entre 0,05 y 0,5 mm, la atenuación es función de la longitud de onda de la radiación según la siguiente expresión.

$$A = 20 \log [(\lambda/2)/g]$$

siendo: "λ" la longitud de onda de la radiación y "g" la luz de la malla, ambas en las mismas unidades. En la figura 5 se muestra la variación de la atenuación "A" con la frecuencia de la radiación.

El sistema más eficaz de impedir el paso de la radiación es la denominada "Jaula de Faraday", cuya función consiste en confinar electromagnéticamente el compartimento de aplicación de radiofrecuencia y microondas. Las paredes, techo y pavimento son de material conductor y se hallan todos ellos conectados equipotencialmente, entre sí y a tierra.

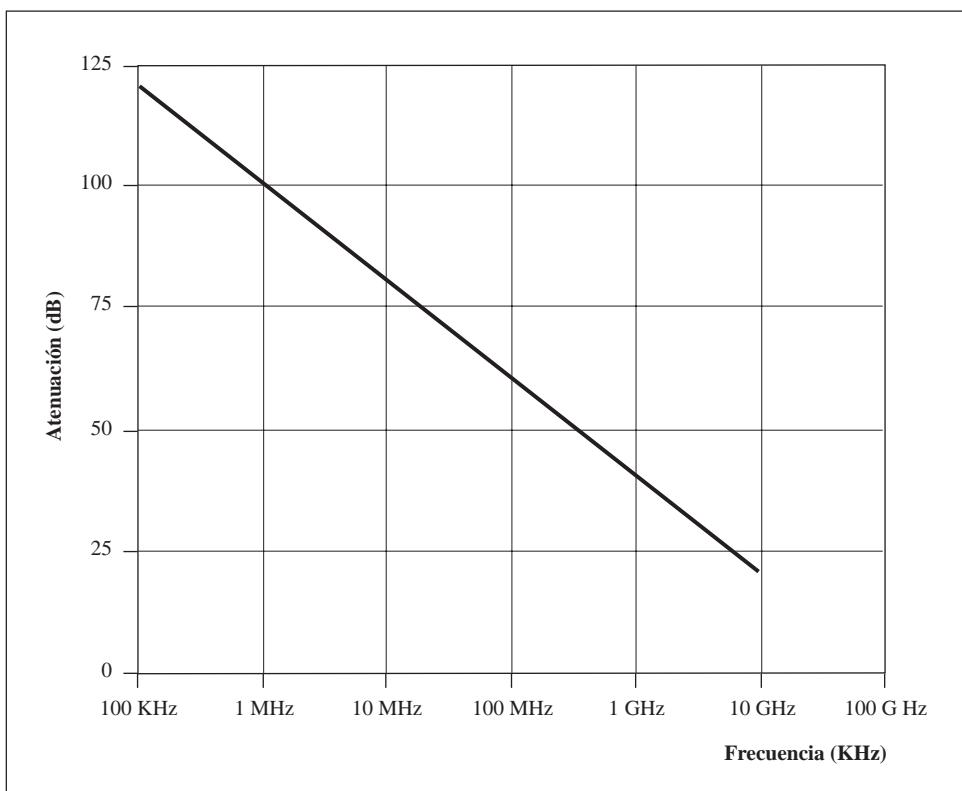


Figura 5.- Atenuación de una malla metálica de 1,3 mm de luz

A fin de *reducir el tiempo de exposición*, es recomendable reducir los tiempos de permanencia en las zonas de mayor nivel de radiación. La unidad de tiempo, para la valoración del riesgo de exposición laboral a estas radiaciones, es un ciclo de 6 minutos. Lógicamente la permanencia durante más tiempo en zonas de mayor irradiación tendrá efecto en la ponderación de los valores de densidad de potencia, lo que significará un riesgo mayor.

Teniendo en cuenta que los límites de exposición están fijados para prevenir la aparición de efectos no estocásticos, es decir, los efectos directamente relacionados con la dosis recibida, se propone un valor de dosis umbral. La rotación de los profesionales que aplican a los pacientes las radiaciones permite repartir y, por tanto, disminuir el tiempo de exposición de cada uno.

La *señalización* es importante porque la presencia de campos electromagnéticos puede tener incidencia en el funcionamiento eléctrico de los marcapasos o en su programación. En consecuencia, la información sobre la existencia de estos campos y de ondas electromagnéticas cobra especial interés para los portadores de estos aparatos, así como de otras prótesis metálicas.

Pueden ser portadores de marcapasos los profesionales, los pacientes o el público de paso. Los marcapasos pueden actuar en continuo, marcando el ritmo cardíaco (asíncronos) o detectando la actividad cardíaca y activándola sólo cuando es necesario (síncronos). Este detector de la actividad eléctrica del corazón puede ser “engaño” por la presencia de ondas de radiofrecuencia y confundir esta señal como proveniente del corazón, con lo que disminuye su actividad de ayuda. Algunos marcapasos incorporan un filtro de frecuencias que impide este efecto.

Los campos magnéticos estáticos pueden interferir por atracción magnética sobre elementos de la mecánica de marcapasos. También el campo magnético puede producir un cortocircuito en el circuito de detección del marcapasos síncrono, cerrando el interruptor electromagnético del que dispone, lo cual impide el funcionamiento del aparato.

Aunque en la fabricación de estos electromecanismos se tiene en cuenta su protección frente a la acción de este tipo de radiación, existe un riesgo residual para el portador, cuya magnitud no es conocida. Debido a esta incertezza, debe indicarse el riesgo y la prohibición de acceso a los recintos en los que existan estas radiaciones (resonancia magnética de imagen, diatermia y transformadores de corriente eléctrica), de forma visible, por ejemplo con una señal como la que se muestra en la figura 6 acompañada del correspondiente aviso escrito.

Otros materiales o mecanismos introducidos en el organismo pueden sufrir también el efecto de los campos electromagnéticos, como por ejemplo los neuroestimuladores, las prótesis metálicas, etc.

La ACGIH recomienda un valor de  $B = 0,5 \text{ mT}$  como límite de exposición a campos magnéticos estáticos para los portadores de marcapasos u otros dispositivos médicos similares. Para campos de 50 Hz de frecuencia, recomienda límites de  $B = 0,1 \text{ mT}$  y  $E = 2 \text{ kV/m}$ .

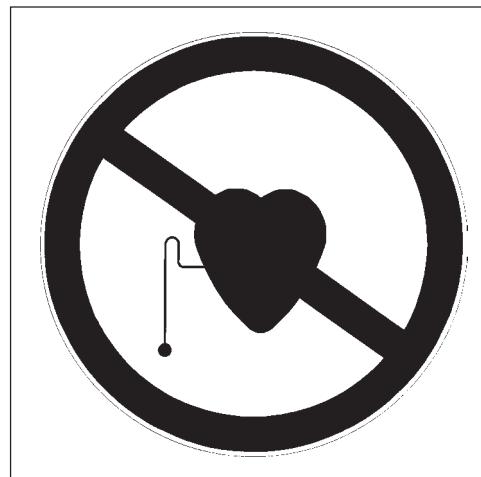


Figura 6.- Prohibición de paso con marcapasos

## RADIACIONES ÓPTICAS

### Conceptos generales y clasificación

Se denominan “radiaciones ópticas” las radiaciones electromagnéticas cuya

longitud de onda tiene valores entre 1mm y 10 nm, y frecuencias entre 300 GHz y 3 PHz. La peligrosidad de una radiación, en general, se debe a su energía y capacidad de penetración, con excepciones debidas a los efectos de resonancia que tienen lugar a determinadas frecuencias (*windows*).

Las radiaciones ópticas se caracterizan porque, siendo su energía por fotón mucho mayor que la correspondiente a radiofrecuencias y microondas, su capacidad de penetración en el organismo es muy pequeña. Así, mientras que la radiación ultravioleta penetra en la piel hasta 1 mm como mucho, la correspondiente a la radiación visible e infrarroja alcanza 10 mm. Esta escasa penetración contrasta con la de las ondas de 100 MHz (radiofrecuencia), que dependiendo del tejido humano alcanzan de 6 a 60 cm.

La energía de una parte de las radiaciones ultravioleta C, con longitudes de onda comprendidas entre 10 nm y 100 nm, es suficiente para ionizar átomos o moléculas, por lo que en principio son las más perjudiciales, aunque son absorbidas por capas de aire relativamente finas. En la tabla 9 se resume el tipo de interacción con la materia de cada tipo de radiación según su energía fotónica.

Bandapectral de radiación	Interacción energética con átomos y moléculas
Extremadamente baja frecuencia y Subradiofrecuencias (de 0 a 10 KHz)	Inducción de corrientes eléctricas.
Radiofrecuencias y Microondas (hasta 300 GHz)	Inducción de corrientes eléctricas y absorción como energía rotacional y vibracional de las moléculas, que se transforma en calor.
Radiación Infrarroja (Desde 1 mm < l < 780 nm)	Absorción como energía rotacional de las moléculas, que se transforma en calor.
Radiación Visible y Ultravioleta A, B y C (Desde 780 nm < l < 100 nm)	Absorción como energía fotoquímica y calor.
Radiaciones electromagnéticas (l< 100 nm)	Ionización de átomos y moléculas.

Tabla 9.- Tipos de interacción energética con la materia de las radiaciones electromagnéticas

Como se ha observado, las radiaciones ópticas pueden ceder calor a los tejidos, banda de infrarrojos, o provocar reacciones fotoquímicas transfiriendo energía a los átomos, de forma que se produzcan transiciones electrónicas. Por este motivo las radiaciones ópticas, que tienen poco poder de penetración, pueden dañar al organismo en la piel o en los ojos pero no más profundamente. En la tabla 10 se resumen los efectos principales que pueden producir las radiaciones ópticas en función de su longitud de onda, ya sea como radiación convencional o láser. A continuación se comentan específicamente las radiaciones ultravioletas y los láseres.

Región espectral	Ojo	Piel
<b>Ultravioleta-C</b> $\lambda = 180\div280$ nm	Fotoqueratitis (córnea)	Eritema. Envejecimiento acelerado de la piel. Aumento de la pigmentación de la piel
<b>Ultravioleta-B</b> $\lambda = 280\div315$ nm	Fotoqueratitis (córnea)	Eritema. Envejecimiento acelerado de la piel. Aumento de la pigmentación de la piel
<b>Ultravioleta-A</b> $\lambda = 315\div400$ nm	Catarata fotoquímica (cristalino)	Oscurecimiento de los pigmentos. Reacciones de fotosensibilización. Quemaduras de la piel
<b>Visible</b> $\lambda = 400\div780$ nm	Lesiones fotoquímicas y térmicas en la retina	Oscurecimiento de los pigmentos. Reacciones de fotosensibilización. Quemaduras de la piel
<b>Infrarrojos-A</b> $\lambda = 780\div1400$ nm	Cataratas, quemaduras en la retina	Quemaduras de la piel
<b>Infrarrojos-B</b> $\lambda = 1400\div3000$ nm	Catarata, quemadura corneal	Quemaduras de la piel
<b>Infrarrojos-C</b> $\lambda = 3 \mu m\div1 mm$	Quemadura corneal	Quemaduras de la piel

Tabla 10.- Efectos de las radiaciones ópticas en ojos y piel

## Radiación ultravioleta

### *Efectos sobre la salud y valores límite*

El efecto en la piel comúnmente observado, por sobreexposición a este tipo de radiación, es el eritema, que es una respuesta fotoquímica de la piel a menudo derivada de la exposición a UV-C y UV-B ( $200 \text{ nm} < \lambda < 315 \text{ nm}$ ), denominada también “Ultravioleta actínica”. La máxima sensibilidad de la piel ocurre a 295 nm y la severidad del efecto aumenta con la penetración en la epidermis. Aunque las UV-A penetran más profundamente que la UV actínica (ver figura 7), poseen menor energía. Entre la escasa penetración de las UV-C y la menor energía de las UV-A se encuentran las UV-B, a las que se atribuye mayor facilidad para dañar la piel.

La dosis (exposición radiante) mínima para la aparición de eritema está entre 6 y 30  $\text{mJ/cm}^2$ , que se puede incrementar según sea la pigmentación de la piel. La exposición a UV-A requiere niveles mucho más altos de irradiancia para inducir eritema. La exposición crónica a UV, sobre todo UV-B y UV-C, provoca envejecimiento acelerado de la piel e incrementa el riesgo de aparición de cáncer de piel, según se desprende de lo observado en individuos habitualmente expuestos a la luz solar. Diversos estudios epidemiológicos revelan que la incidencia de cáncer de piel está altamente correlacionada con parámetros geográficos (altitud y latitud) y étnicos (pigmentación de la piel).

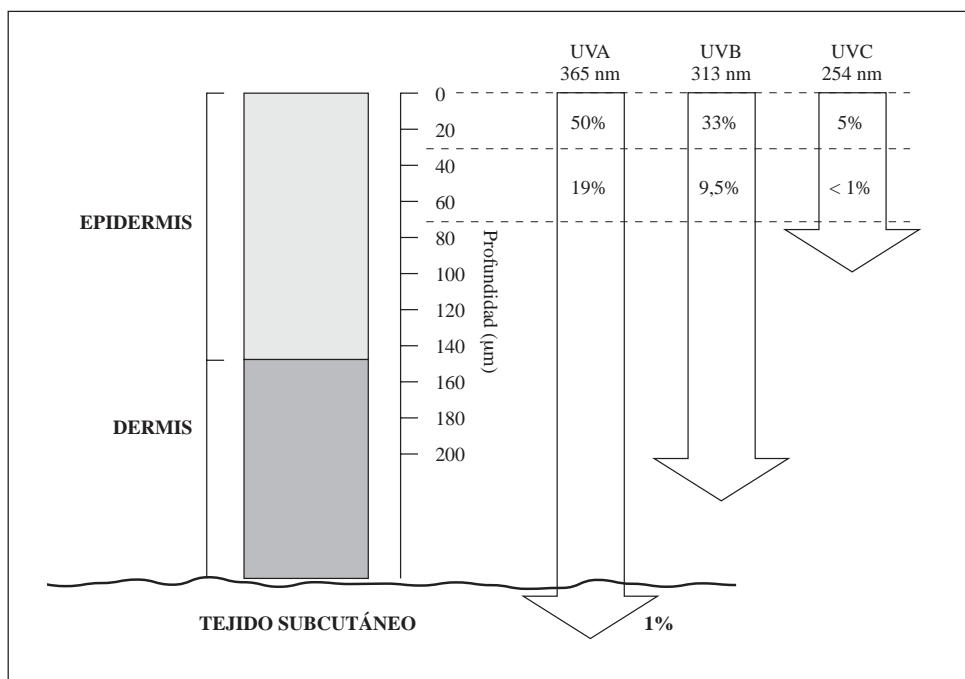


Figura 7.- Penetración de la radiación ultravioleta

La radiación ultravioleta actínica se absorbe en la córnea y en la conjuntiva (ver figura 8). La sobreexposición a UV de los ojos produce queratoconjuntivitis. El período de latencia oscila en general entre 6 y 12 horas, y a menudo va acompañada de eritema en la piel alrededor de los ojos. El efecto aparece como una sensación continua de arena en los ojos, frecuentemente existe también fotofobia y lagrimeo. Suele desaparecer el desconfort en 48 horas, raramente el daño es permanente.

La longitud de onda a la que se produce mayor sensibilidad es a 270 nm y la dosis mínima para la aparición del efecto está entre 4 y 14 mJ/cm<sup>2</sup>. Por encima de 295 nm atraviesan la córnea y pueden absorberse en el cristalino, pero las dosis mínimas necesarias para que ocurran opacidades transitorias son 1000 veces mayores que las anteriores, entre 0,15 y 12,6 J/cm<sup>2</sup>.

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) propone una curva espectral límite para 8 horas de exposición, para prevenir la aparición de eritema y queratoconjuntivitis (ver figura 9).

Se propone como valor límite de irradiancia total para exposición de los ojos y períodos mayores de 16 minutos, para la región espectral de UV entre 320 y 400 nm, el valor de 1 mW/cm<sup>2</sup>, mientras que para períodos menores de 16 minutos la dosis no debe exceder de 1 J/cm<sup>2</sup>.

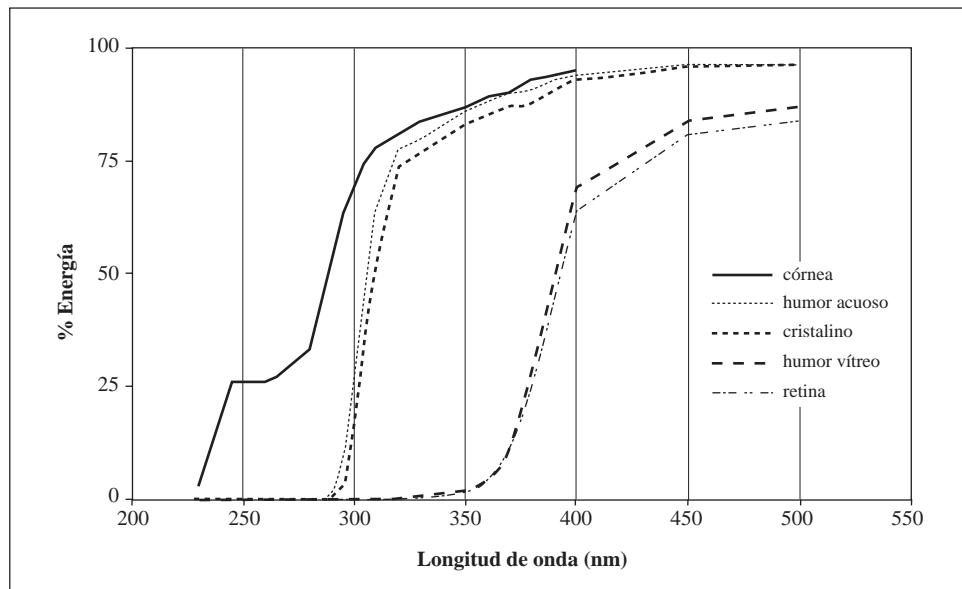


Figura 8.- Absorción de la radiación ultravioleta en el ojo humano

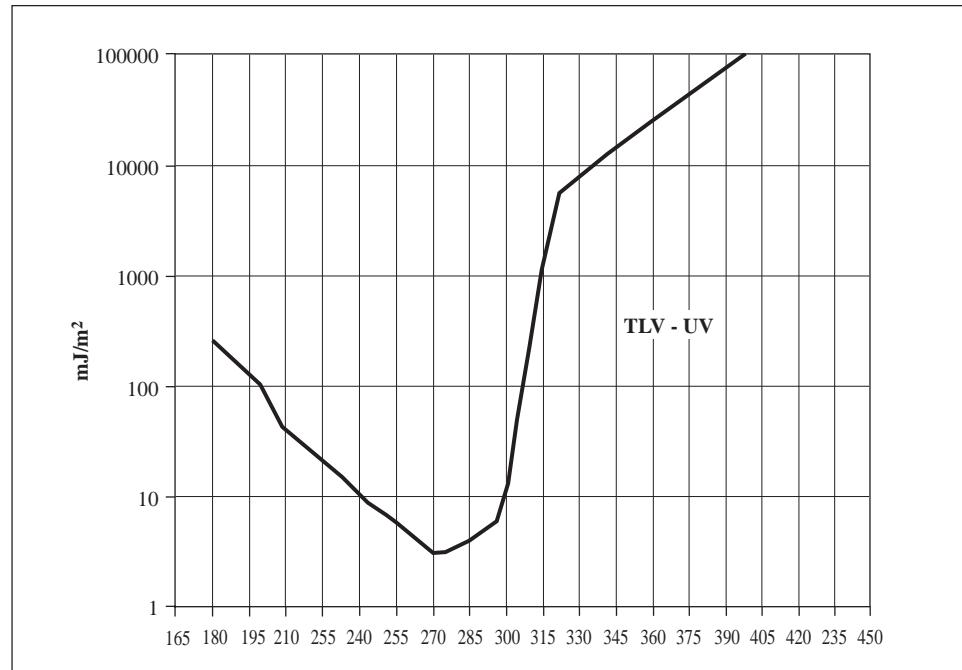


Figura 9.- Valores límite para la radiación ultravioleta

Se define la irradiancia efectiva como la obtenida de la siguiente expresión:

$$E_{\text{eff}} = E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta\lambda$$

Donde:  $E_{\lambda}$  es la irradiancia espectral en  $\text{W/cm}^2 \times \text{nm}$ ,  $S_{\lambda}$  es la efectividad espectral relativa, adimensional. Para saber su valor a una determinada longitud de onda, se divide el valor 3 por el TLV a esa longitud de onda extraído de la figura 9. El incremento de  $\lambda$  es la anchura de la banda en nm.

El valor de  $E_{\text{eff}}$  así hallado representa la irradiancia ponderada respecto a una fuente monocromática de 270 nm (obsérvese que la efectividad espectral relativa para 270 nm es 1 y, por tanto, la  $E_{\text{eff}}$  es igual a  $E_{\lambda}$ ).

La tabla 11 muestra el tiempo de exposición máximo según la irradiancia efectiva existente.

La exposición repetida a la radiación ultravioleta produce cambios en la piel, aumento de la pigmentación y del espesor, que la hacen más protectora frente a siguientes exposiciones, cosa que no ocurre con los ojos. Por este motivo los TLV (valores límite de la ACGIH) son en realidad valores umbral para la exposición de los ojos y sólo una referencia inicial para la valoración de la exposición dérmica en la que se deben tener en cuenta exposiciones anteriores y características individuales.

Estos valores incluyen un factor de seguridad que protege a individuos sensibles a la radiación UV, pero pudiera no ofrecer protección a individuos expuestos a fármacos fotosensibilizantes.

#### *Situaciones de posible exposición*

La existencia de exposición laboral en centros sanitarios a radiaciones ultravioleta se debe mayoritariamente a la utilización de lámparas germicidas y lámparas de fototerapia en dermatología. Las primeras se utilizan para eliminar microorganismos patógenos en quirófanos, laboratorios, servicios de cuidados intensivos, farmacia, etc. A menudo también se instalan en vestíbulos o pasillos.

Se trata de lámparas de descarga de mercurio de baja presión, cuya

Tiempo de exposición por día	Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}}$ ( $\text{mW/cm}^2$ )
8 horas	0,1
4 h	0,2
2 h	0,4
1 h	0,8
30 minutos	1,7
15 min	3,3
10 min	5
5 min	10
1 min	50
30 segundos	100
10 s	300
1 s	3.000
0,5 s	6.000
0,1 s	30.000

Tabla 11.- Tiempo de exposición máximo permitido según la irradiancia efectiva

emisión corresponde en un 95% a una longitud de onda de 254 nm. La figura 10 muestra el espectro de emisión de una de estas lámparas. La eficacia germicida de las radiaciones ultravioleta es máxima a longitudes de onda de 265 nm, por lo que las lámparas germicidas pueden provocar la exposición profesional principalmente a radiaciones ultravioleta UV-C y también a UV-B.

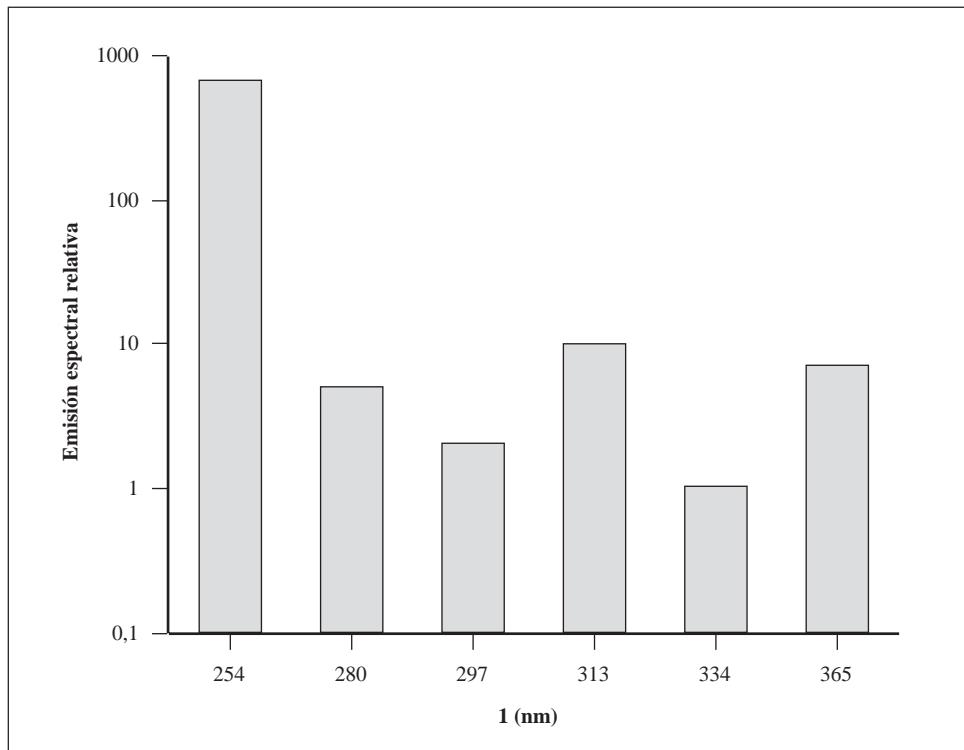


Figura 10.- Espectro de emisión de lámparas germicidas

La acción germicida efectiva en una habitación o laboratorio requiere a menudo de altos niveles de irradiancia de radiación ultravioleta actínica (UV-C y UV-B), por lo que las personas que trabajan en dichas zonas deben evitar la exposición directa de la piel y los ojos. Algunas lámparas están instaladas de forma que el trabajador no puede recibir directamente la radiación, pero es aconsejable que las pinturas o recubrimientos de las paredes y techos no favorezcan la reflexión para evitar exposiciones innecesarias.

La radiación ultravioleta es capaz de generar ozono a partir del oxígeno del aire a longitudes de onda inferiores de 250 nm. El ozono es un compuesto de gran toxicidad al que la ACGIH asigna un valor TLV techo de 0,1 ppm, por lo que es necesario evitar que su concentración en aire supere ese valor. Una

buenoa ventilación de estos locales es fundamental para conseguir mantener los niveles de ozono por debajo del valor indicado.

Cuando las lámparas germicidas disponen de cristal de protección, éste absorbe la mayor parte de la radiación. Los plásticos transparentes (polimetacrilatos, policarbonatos) incorporan sustancias absorbentes de UV para evitar su envejecimiento, por lo que también pueden servir de pantallas absorbentes frente a las UV.

Las lámparas germicidas utilizadas en quirófanos suelen conectarse cuando no se utilizan las instalaciones. Debe evitarse no obstante la exposición directa de la piel y los ojos del personal de limpieza que permanezca en el quirófano durante el funcionamiento de dichas lámparas. Cuando se utilice este tipo de lámparas en conductos de aire acondicionado, debe evitarse el acceso accidental a las mismas por parte de personas que desconozcan su ubicación y que pudieran recibir una dosis elevada de radiación UV.

La fotoquimioterapia, aplicada en dermatología, consiste en aprovechar las reacciones de fotosensibilización de forma selectiva suministrando de forma oral un determinado fármaco y aplicando al tiempo radiación UV-A y visible.

Las cabinas PUVA se utilizan en medicina para irradiar a los pacientes y confinar el tratamiento de fotoquimioterapia. Las cabinas deben poseer algún sistema de ventilación que evite la acumulación de ozono en el ambiente. Aunque la radiación es mayoritariamente UV-A, existen siempre ciertos niveles de UV-C y UV-B, tal como se puede observar en la tabla 12 donde se muestran los niveles hallados en el interior de una cabina PUVA, diferenciando las distintas zonas del espectro.

Irradiancia (mW/cm <sup>2</sup> )		
$\lambda = 254$ nm (UV-C)	$\lambda = 310$ nm (UV-B)	$\lambda = 365$ nm (UV-A)
0,25	1,75	6,30

Tabla 12.- Niveles de irradiancia a diferentes longitudes de onda, en el interior de una cabina PUVA

El personal sanitario que atiende la terapia debe permanecer fuera de la cabina durante la irradiación del paciente. Para evitar la irradiación accidental de los profesionales, la puerta de la cabina debe disponer de un dispositivo de enclavamiento que al abrirse desconecte la fuente de alimentación de las lámparas de UV.

Algunas cabinas PUVA tienen una abertura en la parte superior para ventilación del recinto. Dependiendo del recubrimiento del techo y paredes, puede haber exposición profesional por la reflexión de las radiaciones ópticas en

dichos recubrimientos. En estos casos debería sustituirse la pintura o recubrimiento de techo y paredes.

Es recomendable proteger la piel y los ojos, utilizando prendas de manga larga y pantalones, así como gafas de protección con oculares filtrantes apropiados, cuando por algún motivo exista exposición a radiación UV. La tabla 13 muestra alguno ejemplos del comportamiento de ciertos tejidos frente a las radiaciones UV.

Material Prenda o tejido	Estructura	Color	Grosor (mm)	% de la radiación UV-B transmitida respecto a la incidente
nailon-viscosa	tejido	negro	0,2	0,15
nailon	tejido	blanco	0,1	1,7
poliéster-viscosa	tejido	rosa	0,5	9
poliéster-estampado-lino	tejido	rojo	0,2	7
jersey de poliéster	punto	crema	0,4	5
jersey de poliéster	punto	negro	0,3	8
jersey de poliéster	punto	marrón	0,7	1,6
jersey de poliéster	punto	negro	0,5	4,4
algodón tipo "tejano"	tejido	azul	0,5	<0,1

Tabla 13.- Comportamiento de diferentes prendas y tejidos frente a las radiaciones ultravioletas

El tratamiento terapéutico de ciertas heridas abiertas (ulceraciones) puede hacerse a través de la irradiación de la zona con UV-B. Se trata de lámparas capaces de emitir radiación, mayoritariamente de tipo UV-B (5%) y UV-C (75%). Mientras que las UV-B estimulan el crecimiento de los tejidos, las UV-C desarrollan la acción germicida. El radiador suele ser de aplicación manual, por lo que la reducción de la exposición profesional a UV dependerá de que la dirección del radiador sea la adecuada, de la utilización de materiales de fondo no reflectantes, del recubrimiento de la piel (manos, brazos, piernas), si es que pueden entrar dentro del ángulo subtendido (campo de acción de la fuente), y de la utilización de gafas con oculares filtrantes adecuados.

## Láseres

### *Definición y efectos sobre la salud*

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 y viajan en una determinada dirección (dirección del haz), con muy poco ángulo de divergencia. Estas características de los láseres hacen posible concentrar una gran densidad de energía en las superficies 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 energía es emitida a través de ondas electromagnéticas 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 de onda si varían, por ejemplo, las condiciones de la cavidad óptica.

Otra característica del láser es la duración de la emisión, que puede ser continua o pulsada. En general se habla de pulsos cuando el tiempo de duración es inferior a 0,25 segundos y de emisión continua cuando el tiempo es superior o igual a 0,25 segundos.

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 o efecto perjudicial que puede generar el láser, según se produzca la exposición sobre la piel o el ojo (ver tabla 10).

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).

#### *Situaciones de posible exposición*

La utilización más extendida se halla en oftalmología, pero son frecuentes en dermatología, otorrinolaringología, ginecología, neurocirugía, odontología o urología. Las propiedades para transmitir energía de las radiaciones ópticas (térmica y fotoquímica) hacen de los láseres instrumentos cada vez más utilizados como equipos quirúrgicos y terapéuticos.

La mayor parte de los láseres utilizados en centros sanitarios son de alta potencia de las clases 3B y 4, por lo que debe existir un elevado grado de

exigencia en el cumplimiento de los requisitos de seguridad, que se encuentran recogidos en la norma UNE EN 60825.

La filosofía de prevención de riesgos por exposición a láseres es más acorde con los sistemas de prevención de accidentes que con los de prevención de enfermedades profesionales, 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 logra por reflejos de aversión, incluyendo el parpadeo.

Los láseres de Clase 3A son los que tienen una potencia máxima de salida de hasta 5 mW 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 pueden sobreponerse a 0,5 W y para los láseres pulsados, la exposición radiante debe ser inferior a  $10^5 \text{ J} \times \text{m}^{-2}$

Los láseres de Clase 4 son láseres de gran potencia que superan los LEA de la Clase 3B. Son capaces de producir reflexiones difusas peligrosas (no sólo 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 y colocadas de forma que puedan leerse sin que sea necesaria la exposición hu-



Figura 11.- Etiqueta de aviso para radiación láser

mane a una radiación que exceda el LEA para la Clase 1. Excepto éstos, los demás deben llevar una etiqueta de aviso como la que se muestra en la figura 11.

Todos deben llevar además etiquetas explicativas con el texto de color negro sobre fondo amarillo según lo indicado en la tabla 14.

Clasificación del láser	Texto de la etiqueta
Clase 1	Producto láser clase 1.
Clase 2	Radiación láser. No mantenga la vista en el haz ni lo mire directamente con instrumentos ópticos. Producto láser clase 2.
Clase 3A	Radiación láser. No mantenga la vista en el haz ni lo mire directamente con instrumentos ópticos. Producto láser clase 3A.
Clase 3B	Radiación láser. Evite la exposición al haz. Producto láser clase 3B.
Clase 4	Radiación láser. Evite la exposición ocular o de la piel a radiaciones directas o dispersas. Producto láser clase 4.

Tabla 14.- Clasificación de láseres

Los productos láser de las clases 3B y 4 deben llevar una etiqueta junto a las aperturas por las que se emita radiación que exceda el LEA para las clases 1 ó 2. El texto debe ser el siguiente: “Apertura láser” o también: “Evitar la exposición, se emite radiación láser por esta apertura”.

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. En la tabla 15 se presentan algunas de dichas medidas preventivas, indicando la necesidad de su implantación, según la clasificación del láser.

Es conveniente nombrar a un responsable de seguridad láser cuando se trate de Clases 3B y 4, que decida la implantación de los controles preventivos adecuados y vigile el cumplimiento de los requisitos de seguridad establecidos. Deberá poseer la formación adecuada, que incluya el conocimiento de los riesgos para la salud que supone el trabajo con sistemas láser y las medidas de prevención aplicables en cada caso.

La sala controlada es un espacio delimitado de acceso restringido y con dispositivos de bloqueo de entrada.

La carcasa protectora impide el acceso humano a radiación láser que supere la Clase 1.

El control remoto de cierre debe ser conectado a un interruptor de emergencia o enclavamiento de puertas y accesos. La llave de control supone que el láser no puede ser accionado si se extrae dicha llave (llave, tarjeta magnética

Medida preventiva	Clase 1	Clase 2	Clase 3A	Clase 3B	Clase 4
Ubicación en sala controlada	No necesario	No necesario	No necesario	Necesario	Necesario
Carcasa protectora	Necesaria	Necesaria	Necesaria	Necesaria	Necesaria
Cierre remoto	No necesario	No necesario	No necesario	Necesario según la exposición	Necesario
Control por llaves	No necesario	No necesario	No necesario	Necesario según la exposición	Necesario
Dispositivo de aviso de emisión	No necesario	No necesario	No necesario	Necesario según la exposición	Necesario
Atenuador	No necesario	No necesario	No necesario	Necesario según la exposición	Necesario
Evitar reflexión especular	No necesario	No necesario	No necesario	Necesario	Necesario
Protección ocular	No Necesario	No Necesario	Necesarios según la exposición	Necesario según la exposición	Necesarios según la exposición
Ropa protectora	No Necesario	No Necesario	No Necesario	Necesarios según la exposición	Necesarios según la exposición
Formación de operadores y personal de mantenimiento	Opcional	Opcional	Necesario	Necesario	Necesario

Tabla 15.- Medidas de prevención para trabajos con láser

o combinación cifrada). El aviso de emisión es una señal audible u óptica de funcionamiento del láser.

Los protectores oculares como equipos de protección individual (EPI) deben poseer la correspondiente certificación de la UE, que garantice el 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”.

Las gafas de protección ocular frente a radiación láser, dependiendo del tipo, pueden ofrecer protección entre longitudes de onda de 180 nm y 1000 µm.

Para trabajos de ajuste de láseres de longitud de onda entre 400 y 700 nm, en los que es necesario ver (sin fijar la vista) la trayectoria del láser, se utilizan gafas especialmente diseñadas al efecto y que protegen en esa banda del espectro.

Ambos tipos de gafas deben llevar marcado de forma permanente el campo de aplicación para el que ofrecen protección (longitudes de onda, grado de protección, si la exposición puede ser continua o pulsante o si son resistentes a impactos). Las gafas de ajuste deben llevar claramente marcado el aviso “gafas de ajuste”.

La elección de las gafas de protección debe estar en función del tipo de láser y de las condiciones de la exposición.

# **8**

## **RADIACIONES IONIZANTES**

### **INTRODUCCIÓN**

Toda radiación es una transferencia de energía, clasificándose como ionizante aquella radiación que, al interaccionar con la materia, produce la ionización de los elementos constitutivos de la misma, originando iones (partículas con carga). Su origen es atómico, si bien su naturaleza puede ser corpuscular o electromagnética.

Las radiaciones ionizantes (RI) son generadas y utilizadas en amplios sectores de actividad, en algunos de los cuales se han hecho insustituibles, como es el caso del sanitario, por las evidentes ventajas que su uso aporta, tanto en diagnóstico como en tratamiento. Sin embargo, dadas sus características de peligrosidad, si no se observan las medidas adecuadas de prevención y protección, constituyen un importante riesgo para la salud de los trabajadores y las personas y el medio ambiente en general.

El hombre siempre ha estado expuesto a una radiación natural externa, procedente del espacio (radiación cósmica) o procedente de los elementos radiactivos que existen en nuestro planeta (radiación terrestre), dando lugar a una determinada dosis absorbida por el ser humano, cuyo nivel varía de unos lugares a otros del planeta. Se habla también de radiación interna cuando, por ingestión o inhalación de radionucleidos procedentes del medio ambiente, la radiación se detecta “dentro” del organismo.

A esta radiación natural debe sumarse la radiación procedente de ciertas actividades en la que se emplean tecnologías que implican la utilización de fuentes radiactivas o equipos generadores de RI. Las dosis recibidas por el hombre debidas a esta radiación artificial son debidas fundamentalmente al campo de la medicina, si se exceptúan las aplicaciones militares, ciertas actividades industriales y las centrales nucleares.

La utilización de los rayos X fue una de las primeras aplicaciones de las RI en medicina. Al cabo de poco tiempo de iniciarse su aplicación, se hizo patente la necesidad de protegerse contra los efectos perjudiciales de las radiaciones, motivando la creación de comisiones para este fin. Así, en el año 1928 se creó la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), organismo dedicado al estudio de los efectos de las RI y de los riesgos de su utilización. Posteriormente, en la mayor parte de países, se han ido estableciendo normativas que regulan la utilización de las RI, el transporte de productos y materiales radiactivos y la protección contra las mismas.

En el ámbito de la Unión Europea (UE) y de acuerdo con las directrices de la ICRP y de la Comisión Internacional de Unidades Radiológicas (ICRU), se han elaborado a través de la Comisión Europea de la Energía Atómica (EURATOM) una serie de directivas relativas a las instalaciones nucleares y radiactivas y a la protección radiológica que, en su mayor parte, han sido traspuestas a la legislación española, y concretamente, en lo que se refiere a la protección radiológica, mediante el Real Decreto 53/1992, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI).

En la actualidad existe tecnología e información suficiente para que la utilización de fuentes radiactivas o generadoras de RI pueda realizarse en condiciones que no representen ningún riesgo para el personal expuesto. Para ello debe disponerse de la información y la formación necesarias y establecerse los métodos y procedimientos de trabajo adecuados.

## RADIACIONES IONIZANTES. CONCEPTOS BÁSICOS

### Estructura atómica

La materia está constituida por átomos, que son la cantidad más pequeña de la materia que conserva las propiedades específicas de cada elemento. El átomo está constituido por el núcleo, compuesto de protones y neutrones, y la corteza, constituida por electrones, normalmente distribuidos en capas alrededor del núcleo (ver figura 1). Los protones tienen carga positiva, los electrones carga negativa y los neutrones no tienen carga. Los isótopos de un elemento simple son átomos que tienen el mismo número de protones pero diferente número de neutrones.

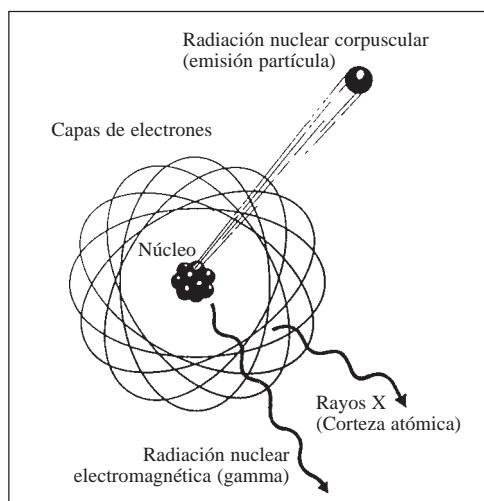


Figura 1.- Esquema del átomo

## Radiactividad

Los átomos de determinados elementos, naturales o generados por el hombre (artificiales), son inestables y tienden a pasar a su estado fundamental o de mínima energía mediante cambios en su estructura y la consiguiente emisión de una radiación. A este fenómeno se le conoce como “radiactividad” y a los elementos que lo producen como “radionucleidos” o “radioisótopos”.

El nivel de radiactividad de un radionucleido está en función del número de transformaciones nucleares espontáneas que se suceden por unidad de tiempo. A este número se le denomina “actividad” y su unidad de medida en el sistema internacional (S.I.) es el bequerelio (Bq) que equivale en el sistema cegesimal a  $2,7 \times 10^{-11}$  curios (Ci). Otra magnitud que caracteriza un radionucleido es el período de semidesintegración ( $T_{1/2}$ ), que es el tiempo necesario para que la actividad se reduzca a la mitad. Esta magnitud es muy variable de unos átomos a otros: el Urano-235 ( $^{235}\text{U}$ ) tiene un período de semidesintegración de  $7,10 \times 10^8$  años, mientras que el Yodo-131 ( $^{131}\text{I}$ ) lo tiene de sólo 8,04 días. Este dato es muy importante, como se verá más adelante, en temas como el de la gestión de los residuos radiactivos.

## Tipos de radiaciones y características

Entre las radiaciones emitidas por los átomos existen varios tipos, siendo las más frecuentes: la desintegración “ $\alpha$ ”, la desintegración “ $\beta$ ”, la emisión “ $\gamma$ ” y la emisión de rayos X y neutrones. Las características varían de un tipo a otro, siendo importante considerar la energía y su capacidad de penetración (ver fig. 2), que son consecuencia de su naturaleza (corpuscular o electromagnética).

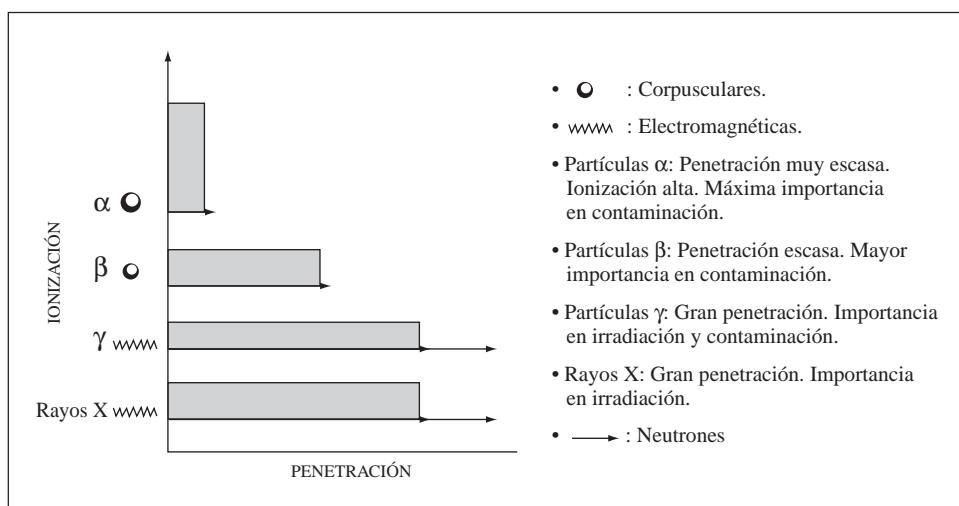


Figura 2.- Penetración y energía de las radiaciones ionizantes (RI)

*Radiación  $\alpha$ :* emisión de partículas formadas por dos neutrones y dos protones (núcleos de Helio) y que tienen dos cargas positivas. Presentan elevada energía y baja capacidad de penetración, pudiendo ser absorbidas por una hoja de papel.

*Radiación  $\beta^-$ :* emisión de un electrón como consecuencia de la transformación de un neutrón en un protón y un electrón.

*Radiación  $\beta^+$ :* emisión de un positrón, partícula de masa igual al electrón y carga positiva. Es el resultado de la transformación de un protón en un neutrón y un positrón.

Las radiaciones  $\beta$  tienen menor nivel de energía que las  $\alpha$  y una capacidad de penetración algo mayor, pudiendo atravesar una hoja de papel, pero siendo absorbidas por una lámina de metal.

*Radiación  $\gamma$ :* emisión de energía en forma no corpuscular procedente del núcleo del átomo. Son radiaciones electromagnéticas, por lo que tienen la misma naturaleza que las ondas de radio. La diferencia estriba en sus diferentes longitudes de onda. Presentan menor nivel de energía que las radiaciones  $\alpha$  y  $\beta$  y una relativa mayor capacidad de penetración.

*Rayos X:* son de naturaleza electromagnética y se originan en los orbitales atómicos como consecuencia de la acción de electrones rápidos sobre la coraza del átomo. Presentan una gran capacidad de penetración, siendo absorbidos sólo por apantallamientos especiales de grosor elevado.

El nivel de energía de una radiación ionizante se mide en electrónvoltios (eV), kiloelectróvoltios (keV) o megaelectróvoltios (MeV). El electrónvoltio corresponde a la energía que adquiere un electrón que se encuentra en el vacío, cuando se le aplica una diferencia de potencial de 1 voltio.

## EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Los efectos biológicos producidos por las RI son la respuesta del organismo para controlar la energía absorbida por la interacción con ellas. Esta interacción provoca diferentes alteraciones por la ionización de las células y otros elementos constitutivos del organismo. En la figura 3 se detallan los principales efectos biológicos producidos por las radiaciones ionizantes.

Una radiación ionizante puede actuar tanto sobre las estructuras celulares, dañándolas o modificándolas, como sobre el agua, elemento mayoritario en el cuerpo humano. La acción de las radiaciones sobre el agua origina iones  $H^+$ ,  $OH^-$  y los correspondientes radicales que, al reaccionar en cadena, producen cambios, que se traducen en lesiones.

Los daños biológicos producidos en la célula tienen su origen a nivel macromolecular, en la acción sobre las moléculas de ADN (ácido desoxirribonucléico), que juegan un importante papel en la vida celular. Esta acción puede producir fragmentaciones en las moléculas de ADN, dando origen a

aberraciones cromosómicas e incluso a la muerte celular, o bien puede ocasionar transformaciones en la estructura química de la molécula ocasionando mutaciones que afectan el mensaje genético.

Es importante considerar que la interacción de la radiación con las células es una función de probabilidad, es decir, puede interaccionar o no y, en caso de interaccionar, puede producir o no daños en la misma. Asimismo, la acción sobre la célula no es selectiva de manera que la energía procedente de la radiación se deposita aleatoriamente en la misma, sin ningún tipo de preferencia.

Como consecuencia de ello, los daños producidos en el organismo son inespecíficos, no distinguiéndose de los producidos por otras causas, y pueden tener tanto carácter somático, es decir, manifestarse en el propio individuo, como genético, apareciendo en generaciones posteriores. A su vez, estos efectos en el individuo pueden aparecer inmediatamente (efectos mediatos) o dilatarse en el tiempo (efectos diferidos).

Es importante señalar también la diferencia entre los efectos llamados “estocásticos” y “no estocásticos” (ver figura 4), en función respectivamente

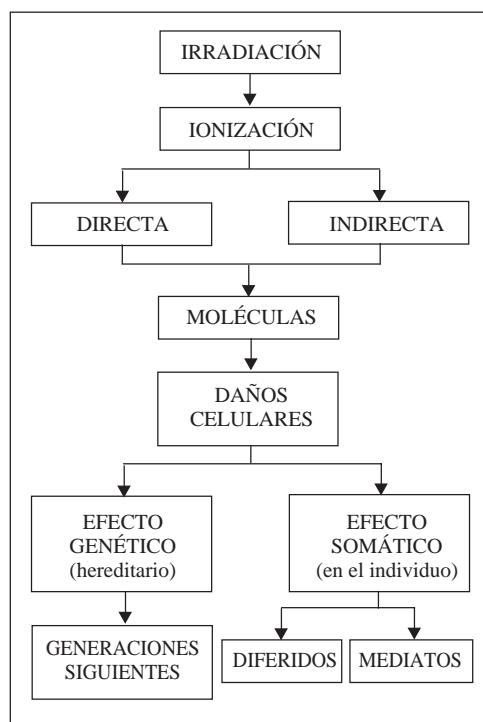


Figura 3.- Efectos de las Radiaciones Ionizantes

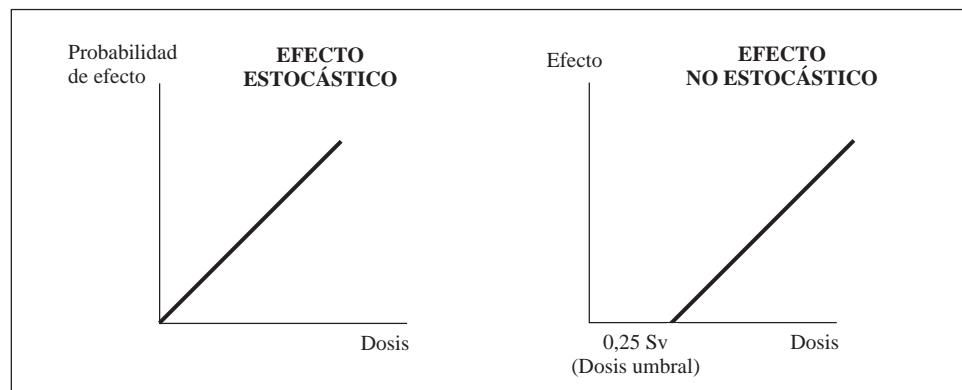


Figura 4.- Relación dosis-respuesta

de que la relación dosis-respuesta tenga un carácter probabilístico o se manifiesten a partir de un determinado nivel de dosis llamada dosis umbral.

## IRRADIACIÓN Y CONTAMINACIÓN. MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN

Se denomina “irradiación” a la transferencia de energía de un material radiactivo a otro, sin que sea necesario un contacto físico entre ambos, y “contaminación radiactiva” a la presencia indeseada de productos radiactivos en cualquier superficie, materia o medio, incluyendo las personas (ver figura 5). Es evidente que toda contaminación da origen a una irradiación.

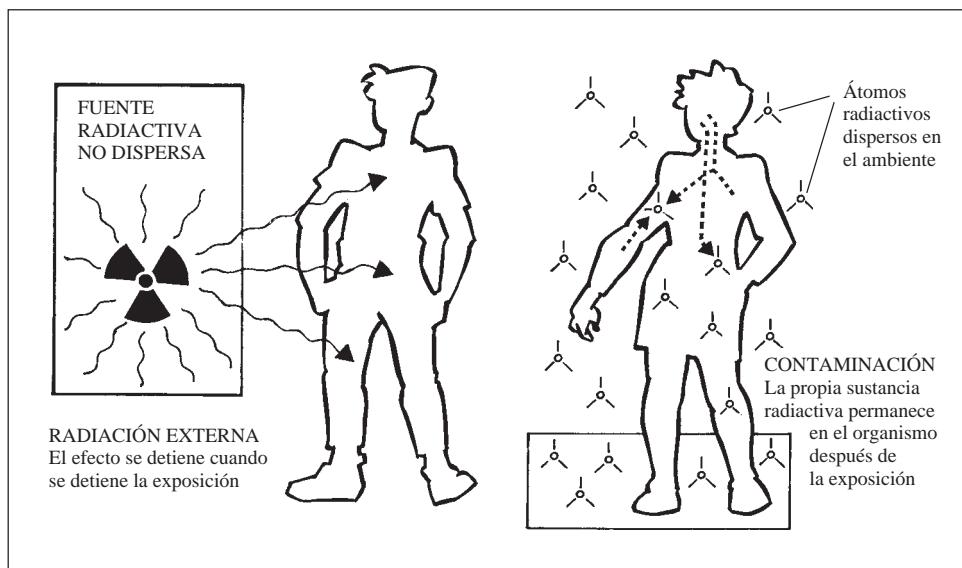


Figura 5.- Irradiación y contaminación

Al hecho de que una persona esté sometida a la acción y efectos de las RI se le denomina “exposición”, y ésta puede ser:

- *Externa:* exposición del organismo a fuentes exteriores a él.
- *Interna:* exposición del organismo a fuentes interiores a él.
- *Total:* suma de las exposiciones externas e internas.
- *Continua:* exposición externa prolongada, cuyo nivel puede variar con el tiempo, o exposición interna por incorporación permanente de radionucleidos, cuyo nivel puede también variar con el tiempo.
- *Única:* exposición externa de corta duración o exposición interna resultante de una incorporación de radionucleidos en un corto período de tiempo.

- *Global*: exposición considerada como homogénea en el cuerpo entero.
- *Parcial*: exposición sobre uno o varios órganos o tejidos, sobre una parte del organismo o sobre el cuerpo entero, considerada como no homogénea.

En caso de contaminación radiactiva y en relación con el organismo humano, según que los radionucleidos estén depositados en la piel, los cabellos o ropas, o bien hayan penetrado en el interior del organismo, se considerará “contaminación externa” o “contaminación interna”, respectivamente. La gravedad del daño producido por una irradiación debida a una contaminación estará en función de la actividad y el tipo de radiaciones emitidas por los radionucleidos. Por ejemplo, el riesgo de irradiación por contaminación es mayor en la radiación  $\alpha$  y  $\beta$  que en la radiación  $\gamma$ .

Los efectos de las radiaciones sobre la materia inerte o los seres vivos se miden empleando los conceptos de “dosis absorbida” y “dosis equivalente”.

*Dosis absorbida*. Es la cantidad de energía cedida por la radiación a la materia irradiada y expresada en unidad de masa. La unidad de medida en el sistema internacional es el Gray ( $G_y$ ) que equivale a 100 rads en el sistema cegesimal.

*Dosis equivalente*. Tiene en consideración el daño producido. Es el producto de la dosis absorbida ( $D$ ) por un factor de ponderación de la radiación  $W_R$  (ver tabla 1). La unidad de medida es el Sievert (Sv) que equivale a 100 rems en el sistema cegesimal.

Estas unidades son muy grandes para su utilización en protección y por eso se utilizan sus submúltiplos, siendo los más empleados el millisievert (mSv) y el microsievert ( $\mu$ Sv).

Tipo y rango de energía	$W_R$
Fotones, todas las energías	1
Electrones y muones, todas las energías	1
Neutrones, energía	< 10 KeV
	> 10 KeV a 100 KeV
	> 100 KeV a 2 MeV
	> 2 MeV a 20 MeV
	> 20 MeV
Protones, salvo los de retroceso, energía > 2 MeV	5
Partículas alfa, fragmentos de fisión, núcleos pesados	20

Tabla 1.- Valores del factor de ponderación de la radiación  $W_R$

## PRINCIPIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

### Protección contra la irradiación externa

El nivel de dosis de radiación recibida por un individuo, en las proximidades de una determinada fuente radiactiva, depende de tres factores fundamentales: el tiempo de exposición, la distancia entre la fuente y el individuo y la materia interpuesta entre ambos (ver figura 6). En consecuencia, las medidas preventivas incidirán en estos aspectos.

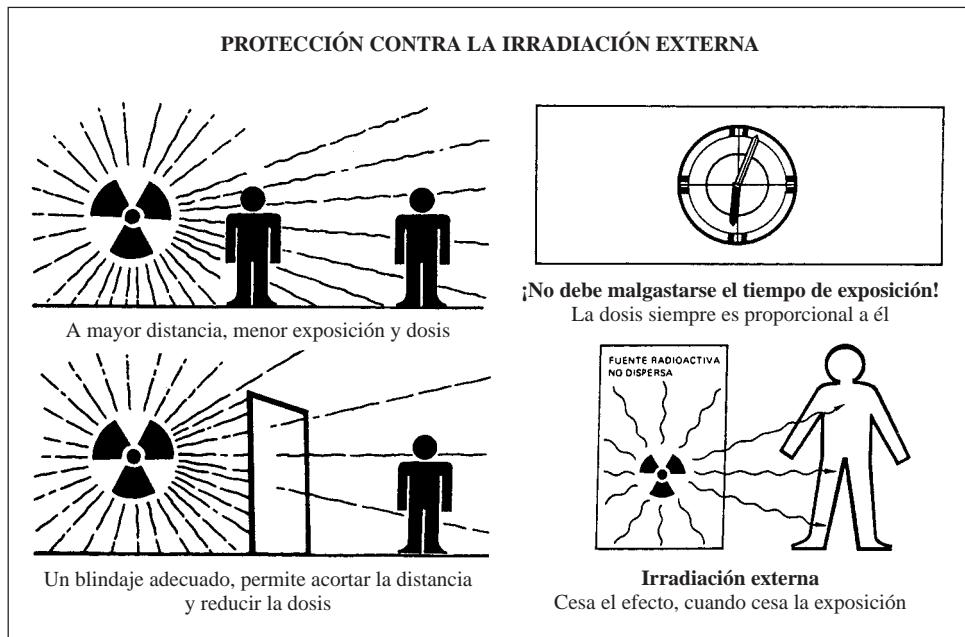


Figura 6.- Protección contra la irradiación externa

### *Limitación del tiempo de exposición.*

La dosis recibida es proporcional al tiempo de exposición, por lo que, reduciendo ese tiempo, disminuirá la dosis. La planificación previa de las operaciones, el conocimiento exacto de su desarrollo y un adecuado entrenamiento permiten en la mayor parte de los casos reducir considerablemente la irradiación del personal, eliminando pérdidas de tiempo y personal innecesario. Constituye una medida sencilla, eficaz y económica que no siempre es suficientemente utilizada.

### *Distancia a la fuente radiactiva.*

La dosis recibida es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el individuo y la fuente radiactiva. Por consiguiente, si se aumenta la

distancia el doble, la dosis recibida se reducirá a la cuarta parte. Se recomienda, siempre que sea técnicamente posible, la utilización de mandos a distancia (sistemas telecomandados).

#### *Apantallamiento o utilización de blindajes.*

Toda radiación, al atravesar la materia, sufre una disminución de su intensidad. En función del tipo de radiación, energía de la misma y grado de atenuación a conseguir, deberá elegirse el tipo y espesor de blindaje adecuados (ver figura 7). Así pues, una hoja de papel sería suficiente para detener la radiación  $\alpha$ , la radiación  $\beta$  sería totalmente absorbida por unos pocos centímetros de algún material ligero (como vidrio, madera, etc.), mientras que para obtener un blindaje adecuado para la radiación  $\gamma$  o los rayos X es necesario emplear materiales pesados como el hormigón o el plomo. Existen dos clases de pantallas o blindajes, las denominadas “barreras primarias” que atenuan la radiación del haz primario y las denominadas “barreras secundarias” que evitan o disminuyen la radiación difusa.

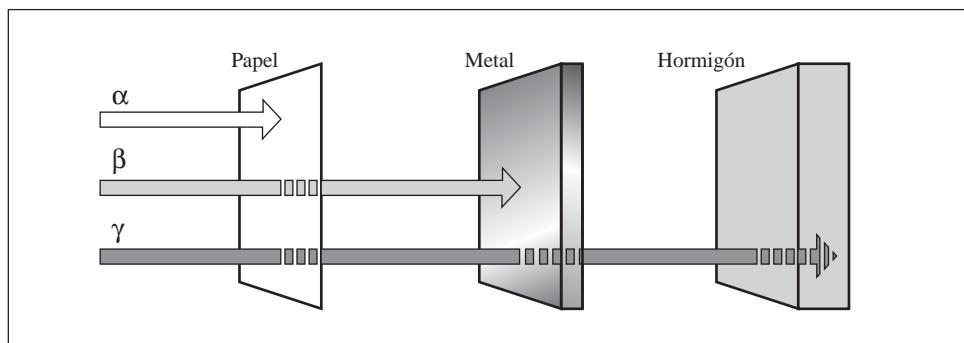


Figura 7.- Absorción de las RI

#### **Protección contra la contaminación**

En el caso de riesgo de irradiación por contaminación radiactiva, en el que hay o puede haber un contacto directo con la fuente radiactiva, las medidas preventivas se orientarán de cara a evitar el contacto. Como norma general, el personal que trabaja con fuentes radiactivas no encapsuladas debe conocer de antemano el plan de trabajo, los procedimientos y las personas que van a efectuar las distintas operaciones. El plan de trabajo contendrá, entre otras, información sobre: medidas preventivas que deben tomarse, procedimientos de descontaminación, gestión de residuos radiactivos, actuación en casos de accidentes o incidentes, así como acerca del plan de emergencia.

Las medidas específicas de protección contra la contaminación radiactiva están en función de la radiotoxicidad y actividad de las sustancias radiactivas

y se establecen actuando tanto sobre las estructuras, instalaciones y zonas de trabajo, como sobre el personal (equipos de protección individual).

#### *Protección de las estructuras, instalaciones y zonas de trabajo*

Las superficies deben ser lisas, exentas de poros y fisuras, de manera que permitan su fácil descontaminación.

Debe disponerse de sistemas de ventilación adecuados, especialmente cuando se manipulen productos volátiles. Estos sistemas han de permitir una evacuación eficaz de los vapores o aerosoles y disponer de filtros que impidan la emisión al ambiente.

Es necesario establecer controles periódicos de las zonas de trabajo, de los materiales y de las ropas utilizadas.

Los materiales constructivos delimitadores de la zona deben tener la resistencia al fuego (RF) requerida y ha de disponerse de los correspondientes sistemas de detección y extinción de incendios.

#### *Protección del personal y procedimientos de trabajo*

Además de las normas de tipo general comentadas anteriormente se han de contemplar las siguientes medidas y métodos de trabajo:

Se debe disponer de los equipos y prendas de protección necesarios en función del tipo de radionucleidos utilizados y de las operaciones a efectuar. Asimismo, debe disponerse de la información necesaria para su correcta manipulación. Los equipos y prendas de protección deben estar claramente señalizados y no han de salir del área si no han sido previamente descontaminados; del mismo modo, no se debe permanecer con ropa de calle en el interior de la zona radiactiva.

En la instalación radiactiva debe estar absolutamente prohibido comer, beber, fumar y aplicarse cosméticos. A la salida de las zonas controladas o vigiladas es recomendable la instalación de detectores de radiación que permitan la detección de una posible contaminación. Es conveniente realizar un control de los radioisótopos o radionucleidos utilizados, desde su llegada hasta su salida, indicándose el tipo de radionucleido, su vida media y su actividad.

Todo el material utilizado en el área radiactiva, en tanto no haya sido descontaminado, debe considerarse como radiactivo, ha de estar identificado y no salir del área. Si se utiliza material de un solo uso (guantes, puntas de pipeta, etc.), deben considerarse como residuos radiactivos.

La gestión de residuos radiactivos ha de ser específica y diferenciada, siendo necesario disponer de un plan de gestión de los mismos. Debe disponerse de contenedores adecuados, perfectamente identificados y que proporcionen una protección suficiente. Es importante contemplar que, cuando la actividad de un radionucleido se reduce a cero, deja de ser un residuo radiactivo; de ahí la conveniencia de utilizar radioisótopos de vida media corta que, después de

un tiempo de almacenamiento, pueden eliminarse como residuo no radiactivo.

La manipulación de los radionucleidos es recomendable efectuarla siempre sobre bandejas recubiertas de algún material absorbente, con el fin de evitar la dispersión de la contaminación en el caso de derrames accidentales.

Los sistemas de extracción utilizados deben ser eficaces y estar provistos de filtros adecuados que impidan la emisión del contaminante radiactivo al ambiente.

El área radiactiva debe disponer por escrito del plan de emergencia y evacuación que ha de estar situado en lugar bien visible. El personal debe estar informado sobre la actuación en casos de incidentes o accidentes.

Además de las recomendaciones indicadas debe tenerse en cuenta la peligrosidad, aparte de la radiactiva, que pueden presentar los productos empleados, como pueden ser la inflamabilidad, la toxicidad o los efectos sobre el medio ambiente. Es necesario, también, evaluar los demás riesgos existentes en el área, como la posible presencia de fuentes de ignición o el estado de la instalación eléctrica.

## NORMAS REGLAMENTARIAS DE PROTECCIÓN

En los lugares con riesgo de exposición a RI, independientemente de si se utilizan fuentes radiactivas o generadores de RI y de si el riesgo es de contaminación o sólo de irradiación, deben observarse determinadas normas de protección que están fundamentalmente recogidas en el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (R.D. 53/1992) y posteriormente, como se comenta en el apartado de límites de dosis en la Directiva 96/29/EURATOM. Sin embargo, no debe olvidarse el principio de que la utilización de RI debe estar siempre plenamente justificada en relación con los beneficios que aporta.

Las medidas de radioprotección deben procurar la reducción del riesgo y, en consecuencia, de la exposición. Ello conlleva que el uso de las RI se haga de forma que el nivel de exposición sea lo más bajo posible, para lo que ha de reducirse del número de personas expuestas, proporcionarles la información y formación adecuadas y establecer un control médico y dosimétrico de las mismas.

### Formación e información

El personal profesionalmente expuesto, incluidos los estudiantes, deberán recibir una formación adecuada y suficiente sobre el riesgo de exposición a RI y sobre las medidas de protección radiológica, que incluirá, entre otros, los siguientes aspectos: los riesgos de las RI y sus efectos biológicos, las normas generales de protección, las precauciones que deben tomarse en un régimen

normal de trabajo y en caso de incidente/accidente, las normas específicas de protección, estableciendo métodos y medios de trabajo para la adecuada protección, el conocimiento e instrucción sobre los instrumentos de detección y medida de las radiaciones así como de los equipos y medios de protección individual, la obligación de efectuar reconocimientos médicos periódicos, la actuación en caso de emergencia, el cumplimiento de las medidas técnicas y médicas y las responsabilidades derivadas de cada puesto de trabajo relativas a la protección radiológica.

### **Delimitación de zonas**

Los lugares donde se manipulen fuentes radiactivas deben estar perfectamente delimitados y señalizados, con el objeto de impedir el acceso a todo personal ajeno. En función del nivel de exposición, se establecen las siguientes zonas (ver figura 8):

- *Zona de libre acceso.* Zona donde es muy improbable recibir dosis superiores a un décimo de los límites anuales de dosis. No es necesario tomar medidas de protección radiológica.
- *Zona vigilada.* Zona donde no es improbable recibir dosis superiores a un décimo de los límites anuales de dosis siendo muy improbable recibir dosis superiores a los tres décimos de dichos límites. Se señaliza con un trébol gris/azulado sobre fondo blanco.
- *Zona controlada.* Zona donde no es improbable recibir dosis superiores a los tres décimos de los límites anuales de dosis. Se señaliza con un trébol verde sobre fondo blanco.
- *Zona de permanencia limitada.* Zona en la que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales de dosis. Se señaliza con un trébol amarillo sobre fondo blanco.
- *Zona de acceso prohibido.* Zona en la que hay riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites anuales de dosis. Se señaliza con un trébol rojo sobre fondo blanco.

En el caso de que el riesgo fuera solamente de irradiación, el trébol irá bordeado de puntas radiales y, si fuera de contaminación, estará bordeado de un campo punteado. En el caso de presentarse los dos riesgos conjuntamente el trébol estará bordeado con puntas radiales sobre un campo punteado.

### **Medidas dosimétricas**

En todo lugar en el que se utilicen RI ha de llevarse a cabo un control dosimétrico individual y ambiental, en función del tipo de radiación emitida y de la clasificación de la zona.

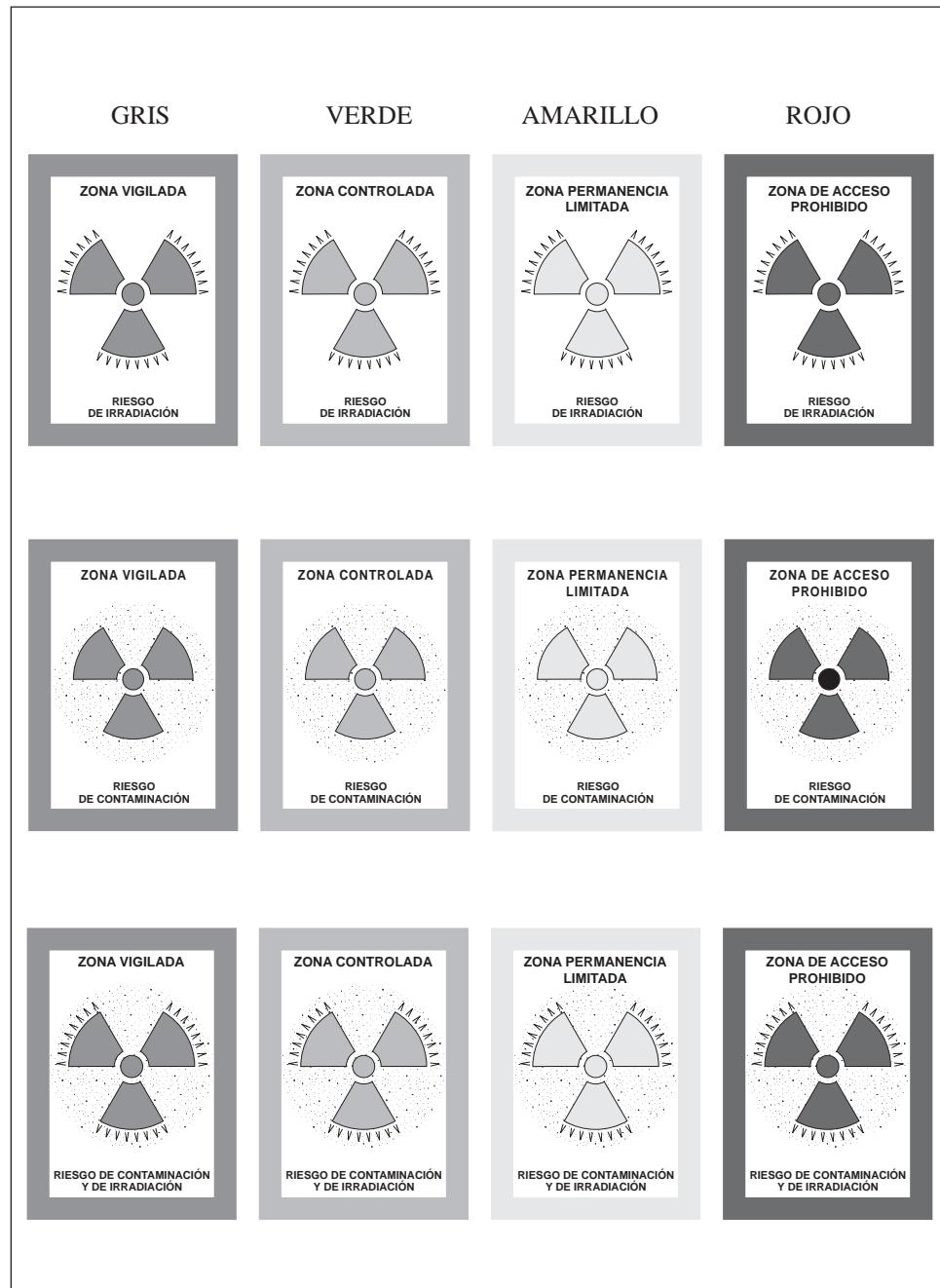


Figura 8.- Señalización

De acuerdo con el Reglamento de protección sanitaria contra RI los trabajadores expuestos se clasifican en dos categorías:

*Categoría A:* personas para las que no es improbable que reciban dosis superiores a los tres décimos de los límites anuales de dosis.

*Categoría B:* personas para las que es muy improbable que reciban dosis superiores a los tres décimos de los límites anuales de dosis.

En las zonas controladas (trabajadores de categoría A) es obligatorio disponer de dosimetría individual que mida la dosis externa representativa de la dosis para la totalidad del organismo. Si existe riesgo de exposición parcial, se deberán utilizar dosímetros apropiados a las zonas del organismo potencialmente más afectadas.

En el caso de existir riesgo de irradiación interna por contaminación, deberán efectuarse las medidas y análisis necesarios para evaluar las dosis correspondientes.

La dosimetría externa deberá tener una periodicidad mensual y, cuando exista riesgo de incorporación de radionucleidos, deberá efectuarse una dosimetría interna con la periodicidad que se establezca en cada caso.

Los trabajadores de categoría B no están obligados al uso de dosímetros personales, siempre y cuando se disponga de dosimetrías de área o de zona en los lugares de trabajo.

El sistema dosimétrico elegido para la dosimetría personal será el adecuado en función del tipo de radiación existente. Los métodos o sistemas más usuales son el de película fotográfica, el de termoluminiscencia y el de cámara de ionización. Para que las dosis registradas sean representativas de la dosis recibida por la persona, se recomienda observar determinadas normas:

- Los dosímetros no pueden abrirse, manipularse, ni someterse a condiciones ambientales adversas.
- Deben llevarse siempre puestos durante el período de trabajo.
- Los dosímetros deben colocarse en aquellas partes del cuerpo donde es previsible recibir mayores dosis.
- Debe evitarse su contaminación, por contacto con los guantes de trabajo o con objetos contaminados.
- Los dosímetros de lectura directa deben manipularse con precaución, evitando caídas y golpes. Al terminar el trabajo deben ajustarse a cero.

La dosimetría personal, tanto externa como interna, deberá ser realizada por entidades o instituciones expresamente autorizadas y supervisadas por el Consejo de Seguridad Nuclear.

En las zonas vigiladas y controladas deberán efectuarse periódicamente mediciones ambientales, que permitan no solamente la identificación del tipo de radiación, sino su cuantificación y el nivel de dosis recibida. Los detecto-

res más utilizados para la medición ambiental de la radiación están basados en la ionización de gases, siendo popularmente conocidos como *Geiger*.

El historial dosimétrico individualizado del personal profesionalmente expuesto debe registrarse a lo largo de toda la vida laboral y conservarse por un período mínimo de 30 años, contados a partir de la fecha de cese del trabajador o de la actividad. Estos historiales deben estar siempre a disposición del trabajador.

### Límites de dosis

Los límites de dosis son valores que nunca deben ser sobrepasados y que pueden ser rebajados de acuerdo con los estudios de optimización y justificación adecuados (ver tabla 2). En el ámbito de la UE los límites de dosis se han ido reduciendo progresivamente y se encuentran recogidos en las sucesivas directivas EURATOM.

La Directiva 96/29/EURATOM, relativa a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes, establece una reducción de los límites anuales de dosis y hace una mayor referencia a la radiación de origen natural, como la producida por el radón o los rayos cósmicos en el caso de las tripulaciones de aeronaves.

En nuestro país los límites anuales de dosis están recogidos en el ya anteriormente citado Real Decreto 53/1992. Estos límites se aplican a la suma de las dosis recibidas por exposición externa e interna en el período considerado y distinguen entre el personal profesionalmente expuesto y el público en general, además de ciertos casos especiales como son las mujeres con capacidad de procrear o embarazadas, y determinadas operaciones especiales planificadas. Las dosis totales consideran tanto las dosis debidas a fuentes internas como a fuentes externas.

En el caso de incorporación de radionucleidos en el organismo, se define el “límite anual de incorporación” como el nivel de actividad radiactiva que, introducida en el organismo, ocasiona, para un individuo dado, una dosis integrada igual al límite anual de dosis. Se entiende como “dosis integrada”, la que sería recibida en cincuenta años por un órgano o tejido, como consecuencia de la incorporación de uno o varios radionucleidos.

El “límite derivado de concentración de un radionucleido en el aire inhalado” se define como la concentración media anual en el aire inhalado expresado en unidades de actividad por unidad de volumen, que en caso de ser inhalada por un individuo durante un año laboral de 2000 horas daría lugar a una incorporación igual al límite de incorporación anual.

Los límites de incorporación anual y los límites derivados de concentración en el aire inhalado se encuentran recogidos en el citado R.D. 53/1992.

En el caso de exposiciones de emergencia (de carácter voluntario) o de

**DOSIS EFECTIVA <sup>(1)</sup>****Personas profesionalmente expuestas**

- Trabajadores ..... 100 mSv/5 años (máx: 50 mSv/ cualquier año) <sup>(2)</sup>
- Aprendices y estudiantes (entre 16 y 18 años) <sup>(3)</sup> ..... 6 mSv/año

**Personas profesionalmente no expuestas**

- Público, aprendices y estudiantes  
(menores de 16 años) <sup>(4)</sup> ..... 1 mSv/año

**DOSIS EQUIVALENTE****Personas profesionalmente expuestas**

- Trabajadores
 

Cristalino .....	150 mSv/año
Piel (5) .....	500 mSv/año
Manos, antebrazos, pies y tobillos .....	500 mSv/año
- Aprendices y estudiantes (entre 16 y 18 años)
 

Cristalino .....	50 mSv/año
Piel <sup>(5)</sup> .....	150 mSv/año
Manos, antebrazos, pies y tobillos .....	150 mSv/año

**Personas profesionalmente no expuestas**

- Público, aprendices y estudiantes (menores de 16 años)
 

Cristalino .....	15 mSv/año
Piel (5) .....	50 mSv/año

**CASOS ESPECIALES**

- Embarazadas (feto) ..... Debe ser improbable superar 1 mSv/embarazo
- Lactantes ..... No debe haber riesgo de contaminación radiactiva corporal

**EXPOSICIONES ESPECIALMENTE AUTORIZADAS**

- Sólo trabajadores profesionalmente expuestos de categoría A: en casos excepcionales las autoridades competentes pueden autorizar exposiciones individuales superiores a los límites establecidos, siempre que sea con limitación de tiempo y en zonas delimitadas.

- (1) Dosis efectiva: suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo procedentes de irradiaciones internas y externas.
- (2) 10 mSv = 1 rem
- (3) Sólo en caso de aprendices y estudiantes que por sus estudios estén obligados a utilizar fuentes radiactivas. En ningún caso se podrán asignar tareas a los menores de 18 años, que pudieran convertirlos en trabajadores expuestos.
- (4) Excepcionalmente se podrá superar este valor, siempre que el promedio durante 5 años consecutivos no sobrepase 1 mSv por año.
- (5) Calculando el promedio en cualquier superficie cutánea de 1 cm<sup>2</sup>, independientemente de la superficie expuesta.

Tabla 2.- Límites de dosis

exposiciones accidentales (de carácter involuntario o fortuito) ha de considerarse la posibilidad de recibir dosis superiores a los límites citados.

### **Vigilancia de la salud**

Al personal que se incorpora de nuevo a una instalación radiactiva se le debe efectuar un reconocimiento previo al inicio de la actividad, de acuerdo con las especificaciones indicadas por el Consejo de Seguridad Nuclear, que debe permitir conocer el estado de salud del individuo, su historia laboral y, en definitiva, su aptitud para el puesto de trabajo.

A su vez, el personal que ya trabaje en una instalación radiactiva y sea considerado como profesionalmente expuesto está obligado a efectuar un reconocimiento médico con una periodicidad anual y disponer del correspondiente protocolo médico individualizado que deberá archivarse durante al menos 30 años desde el cese de la actividad en la instalación. Este protocolo contendrá el historial dosimétrico completo de toda la vida profesional, las exposiciones excepcionales, en el caso de que se hubieran producido, y, en caso de que exista, un historial dosimétrico adicional en el que se registren las estimaciones de las dosis que se reciban como consecuencia de diagnóstico y/o tratamiento médico.

Las personas que trabajan simultáneamente en dos o más instalaciones con riesgo de exposición a RI deben comunicar en cada una de ellas los resultados dosimétricos en las otras instalaciones.

La vigilancia de la salud de los trabajadores profesionalmente expuestos debe efectuarse por un servicio médico especializado, propio o contratado, y debidamente autorizado por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear.

## **CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIACTIVAS**

La utilización de RI comenzó a estar regulada en nuestro país por la Ley 25/1964, Reguladora de la Energía Nuclear; posteriormente y mediante el Decreto 2869/1972, Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, donde se define lo que es una instalación nuclear y una instalación radiactiva, sus diferentes tipos y categorías, así como las obligaciones para su puesta en marcha y funcionamiento.

### **Instalaciones nucleares**

De acuerdo con el D. 2869/72 son instalaciones nucleares: las centrales nucleares, los reactores nucleares, las fábricas de tratamiento, producción y regeneración de combustibles nucleares y las instalaciones de almacenamiento

to de sustancias nucleares. En principio, en el sector hospitalario no se encuentran instalaciones de este tipo.

### Instalaciones radiactivas

En los centros sanitarios sí existen, en cambio, instalaciones radiactivas con tres distintas finalidades: las dedicadas a radiodiagnóstico, las dedicadas a radioterapia y las de medicina nuclear.

Se consideran instalaciones radiactivas: las instalaciones de cualquier tipo que contengan una fuente de radiación; los aparatos productores de RI; los locales, laboratorios, fábricas e instalaciones donde se produzcan o almacenen materiales radiactivos; y los aparatos generadores de RI con fines médicos. Por el contrario, no se consideran como instalaciones radiactivas los lugares donde se produzcan, manipulen o almacenen materiales radiactivos con una actividad total inferior a los valores establecidos en el Anexo V del RD 53/1992.

Tampoco se consideran instalaciones radiactivas los lugares que contengan materiales radiactivos (o aparatos o equipos) con actividades superiores a los valores establecidos y que reúnan alguna de las condiciones siguientes:

- Que el material radiactivo esté protegido contra todo contacto o fuga (fuentes encapsuladas).
- Que en todo punto accesible y a 0,1 m de la superficie del aparato la dosis no sobrepase 1  $\mu\text{Sv/h}$  (microsieverts por hora).
- Que los aparatos sean del tipo homologado previamente por el Ministerio de Industria.
- Instalaciones en las que se utilicen materiales radiactivos en concentración inferior a 0,002  $\mu\text{Ci/g}$  (microcurios por gramo) o materiales radiactivos naturales sólidos en concentración inferior a 0,01  $\mu\text{Ci/g}$ .
- Equipos en los que los electrones se aceleren a una energía no superior a 5 keV.

Las instalaciones radiactivas se clasifican en tres categorías, en función de las actividades de los radionucleidos utilizados y la tensión de pico a la que pueden funcionar los equipos de rayos X existentes.

Si los aparatos pueden funcionar a una tensión de pico igual o superior a 200 kV, la instalación se considera de segunda categoría y, si es inferior a 200 kV, de tercera categoría. También se consideran como instalaciones de tercera categoría la administración de sustancias radiactivas a personas con fines de diagnóstico, tratamiento o investigación. Los aceleradores de partículas y las instalaciones donde se utilicen fuentes de neutrones se consideran instalaciones de segunda categoría.

Las instalaciones de primera categoría se refieren a instalaciones industria-

les de irradiación, fábricas de producción de uranio, torio y sus compuestos o fábricas de elementos combustibles de uranio natural. Normalmente en el sector hospitalario sólo se encuentran instalaciones de segunda o tercera categoría.

Toda instalación radiactiva deberá disponer de las preceptivas autorizaciones en función de su categoría. Las instalaciones de segunda categoría necesitan autorización de construcción y autorización de puesta en marcha, mientras que las de tercera categoría sólo necesitan autorización de puesta en marcha.

Para solicitar la autorización de construcción, el titular debe presentar a la autoridad competente el proyecto general de la instalación, la relación de equipos y elementos que deban ser importados y un estudio económico.

La documentación exigida para la solicitud de autorización de puesta en marcha consta de una memoria descriptiva de la instalación, un estudio de seguridad, la verificación de la instalación, el reglamento de funcionamiento y el plan de emergencia de la misma. Las autorizaciones serán otorgadas por la Dirección General de Energía o los organismos competentes de la CCAA, previo dictamen del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

El personal que manipule los dispositivos de control de una instalación radiactiva o dirija dichas operaciones deberá estar provisto de una licencia específica concedida por el CSN. Existen dos tipos de licencias: la licencia de supervisor, que capacita para dirigir el funcionamiento de una instalación radiactiva y la actividad de los operadores, y la licencia de operador, que capacita, bajo la inmediata dirección de un supervisor, para la manipulación de los dispositivos de control de la instalación, entendiendo como tales aquellos mecanismos o aparatos que influyen en el proceso químico, físico o nuclear de la instalación y pueden afectar a la seguridad o protección contra las radiaciones.

En toda instalación radiactiva autorizada debe disponerse de un “diario de operación” en el que se reflejen de forma clara y concreta todas las operaciones que se lleven a cabo en la instalación, así como los incidentes/accidentes ocurridos en la misma. Este diario deberá estar numerado, autorizado, sellado y registrado por el CSN.

El responsable de una instalación radiactiva es siempre el titular de la misma y está obligado a archivar todos los registros que se obtengan de los equipos de medida existentes en la instalación. También está obligado a presentar, simultáneamente en el organismo competente de la Comunidad Autónoma y en el CSN, los informes anuales de la instalación, los informes sobre comportamientos anómalos o defectuosos, los de pruebas o comprobaciones periódicas, así como cualquier otro informe requerido por el CSN.

Además, toda instalación radiactiva está obligada a recibir inspecciones periódicas, normalmente anuales, que serán realizadas por personal facultati-

vo del Ministerio de Industria, del CSN y, en su caso, por personal de las CC.AA. que tenga encomendadas estas funciones.

Respecto a la protección contra las RI, las normas y límites de exposición, como ya se citó en el apartado de protección, se encuentran recogidas en el RD 53/1992, que deberá ser modificado de acuerdo con la directiva 96/29/EURATOM relativa a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las RI.

## **APLICACIONES EN MEDICINA. RADIODIAGNÓSTICO**

La utilización de las RI está muy extendida en el campo de la medicina. Sin embargo, un aspecto fundamental de su utilización es que debe estar plenamente justificada por la obtención de unos beneficios que por otros métodos no serían posibles a un coste razonable. Este principio, que no siempre es tenido en cuenta, forma parte de los criterios básicos de la seguridad y de la protección de la salud de los trabajadores y usuarios de la sanidad.

La utilización debe hacerse siempre procurando que la dosis impartida sea la más baja posible y evitando sobrepasar los límites individuales, por lo que deben establecerse las medidas de protección y métodos de trabajo adecuados, complementarios a los ya comentados a nivel general en los apartados anteriores.

Una de las aplicaciones de las RI en medicina es el radiodiagnóstico, que posibilita la investigación y el diagnóstico de enfermedades. El radiodiagnóstico está basado en las imágenes radiológicas, que se obtienen por la interacción de un haz homogéneo de rayos X a través del campo exploratorio a estudiar.

La radiación producida por un equipo de rayos X es absorbida de forma distinta por las diferentes estructuras, por lo que el haz emergente presenta variaciones de intensidad (sombras radiológicas) que se hacen visibles mediante un sistema de imagen. Cuando la visualización se efectúa directamente en una pantalla durante la irradiación se denomina "radioscopia" y cuando se observa en una película impresionada y posteriormente revelada se denomina "radiografía".

Una instalación de radiodiagnóstico está básicamente constituida por un tubo de rayos X, un generador para alimentarlo y el sistema de imagen. El equipo generador de rayos X debe disponer de los blindajes necesarios, que estarán homologados, y de aquellos soportes que posibiliten colocar al paciente en la posición adecuada para la exploración.

En las instalaciones de radiodiagnóstico se pueden realizar una gran variedad de exploraciones, existiendo, consecuentemente, diferentes tipos de

instalaciones, que, de acuerdo con los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se agrupan en los tres niveles siguientes:

- *Servicios de Radiología Básica.* Son propios de hospitales y unidades de asistencia pequeñas. Están preparados sólo para realizar radiografías sin radioscopía.
- *Servicios de Radiología General.* Son instalaciones donde es posible efectuar todo tipo de exploraciones, incluyendo las del sistema digestivo de contraste.
- *Servicios de Radiología Especializada.* Son propios de los grandes hospitales. Incluyen exploraciones específicas como son la angiografía, la radiología intervencionista, la radiología digital, la tomografía digital (tomografía axial computerizada, TAC), mamografías, la radiografía dental y la radiografía pediátrica, así como las exploraciones con equipos móviles.

## Protección radiológica

*Equipos.* Deben tener protección, como blindajes contra la radiación directa residual y contra la radiación dispersa. El generador debe disponer de doble temporizador de seguridad, de un sistema de presentación de las condiciones de funcionamiento (kV, mA) y debe impedir la repetición indeseada de disparos.

*Instalaciones.* Debe disponerse de zonas protegidas (protecciones estructurales), observando las distancias necesarias, y de una adecuada distribución de las salas. La existencia de medios para la reducción de la dosis, como la radioscopía con memoria, son aconsejables.

*Operación.* Se debe establecer un control de acceso y el personal de operación sólo debe permanecer dentro de la sala el tiempo imprescindible. Es necesaria una información adecuada sobre los equipos y su funcionamiento y de las protecciones existentes, así como realizar verificaciones periódicas y optimizar en lo posible las técnicas.

A continuación se indican una serie de normas básicas para el trabajo en salas de radioscopía, radiografía y equipos móviles, que conviene ampliarlas y adaptarlas a cada caso.

### *Salas de radiografía:*

- Cerrar las puertas antes de iniciar la exploración.
- No dirigir el haz directo hacia las ventanas (si las hay), ni al puesto de control, ni a la cámara oscura.
- Todo el personal debe permanecer en zona protegida con blindaje estructural durante la radiografía.
- El campo exploratorio debe diafragmarse el mínimo y se deben emplear, siempre que sea posible y necesario, los protectores de las góndolas.

- En caso de ser necesario sostener el chasis, deben emplearse dispositivos mecánicos.
- La distancia del foco a la piel nunca será inferior a 45 cm.
- No debe haber ningún paciente en la sala mientras se explora a otro.
- Si es imprescindible sujetar al paciente durante la exploración, se debe permanecer fuera del haz directo y lo más apartado posible del tubo de rayos X y se utilizarán delantal y guantes. Asimismo, deben anotarse los datos de la persona y de la exposición (nombre, fecha, número de disparos, datos radiográficos y técnica radiográfica).

*Salas de radioscopy:*

- Durante la radioscopy, sólo estará en el interior el personal imprescindible.
- Es recomendable disponer de intensificador de imagen y deberían eliminarse todas las pantallas de radioscopy directa.
- En caso de no disponer de intensificador, el observador debe acomodar la visión a la oscuridad antes de iniciar la exploración.
- Debe tenerse en cuenta que la disposición de tubo arriba e intensificador abajo aumenta la radiación dispersa.
- El personal que permanezca en el interior de la sala deberá llevar delantal plomado y no acercarse al paciente y al tubo más que lo imprescindible. Debe utilizarse el palpador del equipo o palpar con guantes protectores.
- Debe cerrarse el diafragma o colimador al mínimo campo exploratorio y emplear protectores de gónadas siempre que sea necesario y posible.
- La distancia del foco a la piel con el tubo detrás nunca debe ser inferior a 30 cm.
- Siempre que sea posible, debe utilizarse monitorización de imagen y si es necesario poner las manos en el haz directo, utilizar siempre guantes protectores.
- Si en determinadas exploraciones hay riesgo significativo de que ciertas partes del cuerpo reciban dosis superiores a otras, debe disponerse de dosímetros representativos de dichas zonas, además del dosímetro de cuerpo entero.

Al igual que en las salas de radiografía deben cerrarse las puertas antes de iniciar la exploración, no dirigir el haz hacia las ventanas, el puesto de control ni a la cámara oscura y, si es necesario sujetar al paciente, permanecer fuera del haz directo, llevar las protecciones necesarias y registrar los datos.

*Equipos móviles:*

- No se debe dirigir el haz hacia ninguna persona que no sea el paciente.
- El personal debe llevar delantal protector y mantenerse alejado del paciente, al menos 2 m, durante el disparo.

- Se debe diafragmar al mínimo el campo exploratorio y, si es necesario y posible, emplear protectores de góndolas.
- Deben utilizarse dispositivos de centrado y distanciadores.

Como en los casos anteriores, si es necesario sujetar al paciente o al chasis, se debe permanecer fuera del haz directo y registrar los datos personales y radiológicos.

## APLICACIONES EN MEDICINA. RADIOTERAPIA

Entre los efectos beneficiosos de las RI se encuentra el tratamiento por destrucción de tumores malignos o “radioterapia”. Las radiaciones destruyen las células tumorales, pero también quedan destruidas las células sanas alcanzadas por la radiación. Sin embargo, mediante una buena administración de la radiación, repartiéndola adecuadamente en el espacio y en el tiempo, es posible aprovechar determinados mecanismos biológicos que favorecen la destrucción total del tumor, permitiendo la recuperación del tejido sano.

Existen cuatro factores que influyen en la evolución del tumor durante el tratamiento conocidos habitualmente por las cuatro “erres”: regeneración del tejido, reparación de daños subletales, redistribución o reagrupamiento de las fases del ciclo celular y reoxigenación de las células funcionales. Estos factores, junto con el nivel de extensión del tumor, condicionan el tipo de tratamiento y la estrategia de administración de la dosis.

Obtener un resultado óptimo con un tratamiento terapéutico consiste en lograr la máxima probabilidad de control y disminución del tumor sin que se produzca la reproducción del mismo (recidiva), junto con la mínima probabilidad de producir efectos secundarios en el tejido sano. Consecuentemente al aplicar un tratamiento radioterapéutico se trata de proporcionar una dosis elevada al tumor, con el mínimo volumen de tejido sano irradiado a la mínima dosis, posibilitando los mecanismos biológicos de regeneración del tejido sano mediante una distribución temporal adecuada de la dosis aplicada.

Para lograr estos objetivos, existen dos métodos distintos en cuanto a procedimiento y que a su vez permiten distintas distribuciones tanto espaciales como temporales de la dosis, que son la braquiterapia y la teleterapia.

### Protección radiológica

#### *Braquiterapia*

La braquiterapia consiste en colocar una fuente radiactiva (o varias) en contacto con el tumor o introducida en él. Este método consigue, en gran medida, concentrar la dosis en el tumor con escasa irradiación en el tejido sano, aprovechando el hecho de que la dosis en las proximidades de una fuente decrece muy rápidamente al alejarse de ella.

Existen tres modalidades: la braquiterapia superficial, la endocavitaria y la intersticial. En la superficial se colocan placas de material radiactivo sobre la zona afectada, en la endocavitaria generalmente se colocan tubos de material radiactivo dentro de unos accesorios o colpostatos y se introducen en cavidades naturales, y en la braquiterapia intersticial se utilizan agujas, alambres u horquillas directamente clavadas en la masa tumoral.

Las fuentes radiactivas utilizadas tradicionalmente en braquiterapia eran de Radio-226, radionucleido natural cuya cadena radiactiva y la de sus descendientes producen radiaciones  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$ . Las dos primeras quedan absorbidas en la cápsula, mientras que la radiación  $\gamma$  es la que produce el efecto terapéutico. El radio presenta, sin embargo, una serie de inconvenientes como son su larga vida media y las dificultades en el blindaje, implicando un riesgo de contaminación para el paciente y el resto de personas. Por todo ello en la publicación nº 33 de la ICRP se indica que el radio y sus descendientes constituyen el mayor riesgo de todas las fuentes encapsuladas que se utilizan en medicina y se recomienda su progresiva eliminación y su sustitución por Cobalto-60, Cesio-137 o Iridio-182, tan pronto como sea practicable.

En braquiterapia superficial se utilizan placas de Estroncio-90 en equilibrio con Ytrio-90, en braquiterapia endocavitaria se utiliza principalmente el Cesio-137 o el Cobalto-60 y en braquiterapia intersticial las agujas de Radio-226 han sido sustituidas por horquillas o alambres de platino iridiado con Iridio-192.

Existe también la braquiterapia con implantes permanentes, en cuyo caso las fuentes radiactivas quedan en el interior del paciente hasta su decaimiento prácticamente total. Normalmente se utiliza Yodo-125 u Oro-198.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica en su publicación ICRP-33 establece una serie de recomendaciones para garantizar una adecuada protección que se resumen a continuación.

- Se debe disponer de un área separada para la preparación, implante y hospitalización de pacientes.
- Deben inventariarse todas las fuentes radiactivas y registrar todos los movimientos de las mismas, con el objeto de conocer dónde se hallan en cada momento. Debe establecerse claramente la responsabilidad sobre el almacenamiento y acceso a las mismas, y los registros deben estar firmados por el responsable. En los registros debe indicarse, como mínimo, la recepción, el tamaño del corte (en el caso de Iridio-192) y la clasificación, las salidas del almacén para implantes, la retirada del implante y el retorno al almacén.
- Las fuentes radiactivas y los recipientes deben estar señalizados con marcas y colores para facilitar su elección.
- Se deben tener previstos y ensayados todos los procedimientos, incluidos los posibles incidentes que den lugar a una exposición mayor por tener que atender al paciente.

- Debe disponerse de los accesorios necesarios y adecuados para reducir la exposición y, sobre todo, el personal debe estar bien entrenado.
- Debe controlarse el área de trabajo, las ropas del paciente y del personal de operaciones, así como la habitación de hospitalización, con el fin de evitar extravíos de las fuentes radiactivas al efectuar y retirar un implante. Es recomendable poder colocar coladores en los lavabos o adoptar medidas equivalentes para evitar pérdidas de las fuentes.
- Se recomienda, siempre que sea posible, el uso de técnicas diferidas, consistentes en la implantación previa de material inactivo para, una vez comprobada la exactitud de la colocación, introducir el material radiactivo en su lugar a través de las fundas correspondientes, lo que reduce la exposición de los operadores. Este proceso se puede automatizar (técnica diferida automática), con lo que aún se reduce más la exposición.

### *Teleterapia*

Hay tumores cuyo tamaño, contorno, acceso y distribución espacial hacen que la braquiterapia no sea adecuada para su tratamiento y sea necesario recurrir a haces de radiación externos. La teleterapia permite una distribución espacial de la energía, en general menos concentrada que con la braquiterapia. Sin embargo, el reparto temporal no puede hacerse con bajas tasas de dosis, ya que el paciente tendría que estar varias horas o días inmóvil, pero sí se puede fraccionar la dosis total en varias sesiones con tasa de dosis elevada. Este fraccionamiento de la dosis total en el tiempo hace que el tratamiento dure varias semanas y se favorezca la recuperación biológica del tejido sano.

Los recursos existentes en teleterapia con rayos X son la teleterapia superficial o de contacto (10-50 kV), a media tensión (50-150 kV) y ortotensión (100-500 kV). La teleterapia con Cesio-137 permite energías de 600 kV, la teleterapia de alta energía comprende la teleterapia con Cobalto-60 (1,17-1,33 MeV) y los aceleradores de electrones lineales y circulares que permiten haces de electrones también del orden de MeV. A nivel experimental se utilizan terapias con partículas de mayor LET (Transferencia Lineal de Energía) como partículas  $\alpha$ , protones, neutrones y mesones.

La elección del tipo de radiación para un tratamiento no es fácil, existiendo casos que admiten tanto la braquiterapia como la teleterapia, incluso se pueden aplicar combinaciones de ellas.

Desde el punto de vista de protección, el equipo debe disponer de sistemas de enclavamiento, que impidan saltar de una etapa a otra y pasar de forma indebida a la etapa de irradiación. La instalación debe tener interruptor de puerta e interruptores de emergencia y disponer de monitor de radiación ambiental con alarma. Asimismo, debe estar señalizada y debe ser posible la observación del interior.

Como protección específica para el paciente y dentro del haz debe dispo-

nerse de doble monitor (en aceleradores) y temporizadores de corte de la radiación. Deben tener sistemas de limitación de la radiación parásita de haz directo y de bloqueo por desviación de parámetros (en aceleradores: energía, simetría, tasa de dosis, desconexión automática). Fuera del haz, debe disponerse de sistemas de limitación de fugas, en el caso de radiación a cuerpo entero, y sistemas para la limitación de la contribución de neutrones, en los aceleradores.

## APLICACIONES EN MEDICINA. MEDICINA NUCLEAR

Los radionucleidos tienen la particularidad de poderse detectar a muy pequeñas cantidades y su comportamiento químico es similar al de su isótopo estable y semejante al de los elementos de su mismo grupo. Por todo ello, pueden utilizarse como trazadores o marcadores para obtener información, tanto sobre el transporte de sustancias químicas por el organismo como sobre su metabolismo, distribución y formaciones patológicas o su eliminación.

En los casos en que la sustitución que se deba efectuar y el comportamiento que se vaya a estudiar sea el del propio elemento químico, se habla de un “trazador”, y en aquellos casos en que el radionucleido se utiliza como sustituto de un isótopo en una molécula e incluso en la célula, se habla de un “marcador”. Los estudios pueden ser *in vivo*, introduciendo la sustancia en el organismo y efectuando el seguimiento de la misma, o *in vitro*, en los que se determinan mediante ensayos de laboratorio la concentración y proporción de una sustancia química o bioquímica en una muestra tomada al individuo.

En los estudios *in vivo* puede observarse el comportamiento funcional de un órgano o sistema, o bien, puede obtenerse su distribución topográfica, facilitando información sobre la forma y el tamaño de los órganos y sus posibles malformaciones (estudios morfológicos). Mediante equipos adecuados como gammacámaras y procesadores de datos puede obtenerse en una misma exploración información funcional y morfológica simultáneamente.

Las mediciones *in vitro* permiten determinar la concentración de una sustancia presente en una muestra tomada del paciente (sangre, orina). Estas sustancias pueden ser hormonas como la triyodotironina, la tiroxina y la tirotropina, esteroides o sustancias no hormonales como la inmunoglobulina E, antígenos embrionarios, etc.

El procedimiento consiste en introducir en la muestra una cantidad conocida y marcada de la misma sustancia que se desea determinar, compitiendo ambas por enlazarse con un receptor presente en el medio. Los radionucleidos marcadores más utilizados son entre otros: Yodo-125, Cromo-51, Tritio y Carbono-14. El método de detección consiste en contar las desintegraciones radiactivas presentes en la muestra. En el caso de emisores  $\gamma$ , se utiliza también un cristal de centelleo, y en el caso de emisores  $\beta$  (Tritio y Carbono-14)

se utilizan líquidos de centelleo, que presentan ciertas características de toxicidad e inmiscibilidad que deben ser consideradas en su manipulación y gestión como residuo.

La terapia metabólica consiste en la acumulación de una sustancia radiactiva no encapsulada en el órgano o región a tratar para aportar dosis de radiación en el mismo, en función de la cantidad administrada. Normalmente se emplean emisores  $\beta$ , que permiten que toda la dosis quede localizada en el lugar donde se haya acumulado el radionucleido. La aplicación más frecuente es el tratamiento de hipertiroidismo con Yodo-131 y de neoplasias del tiroides.

### Protección radiológica

Para realizar los ensayos comentados anteriormente se requiere manejar sustancias radiactivas no encapsuladas, con su particular problemática de almacenamiento, manipulación y gestión de sus residuos, lo que comporta riesgos tanto de irradiación externa como de contaminación radiactiva. En consecuencia, las medidas de protección radiológica son las ya comentadas anteriormente en los apartados de protección radiológica por irradiación y contaminación radiactiva. No obstante, en el caso de la terapia metabólica es importante observar ciertas normas de trabajo específicas:

- El paciente debe ser hospitalizado en una habitación protegida y con baño propio. La habitación debe estar señalizada y en la puerta deben indicarse las normas a seguir.
- El personal de enfermería debe considerarse como profesionalmente expuesto y debe disponerse de personal capacitado y autorizado para la manipulación de sustancias radiactivas.
- Los utensilios empleados en las comidas deben considerarse como material contaminado y, si son desechables, gestionarse como residuos radiactivos.
- Las ropas personales y de cama se consideran potencialmente contaminadas y deben controlarse para decidir su tratamiento.
- Deben realizarse mediciones ambientales, que permitirán establecer los tiempos de permanencia en la sala, incluidas las visitas.
- Las orinas y posibles vómitos, que pueden alcanzar decenas de milicurios los primeros días, deben transportarse al servicio de medicina nuclear en contenedores blindados y eliminarse combinando el tiempo de decrecimiento de la actividad con la dilución y el vertido lento y controlado.
- El paciente no debe ser dado de alta hasta que la actividad residual sea lo suficientemente reducida para que los miembros del público más cercano no superen los límites de dosis autorizados. Debe instruirse al paciente y a su familia sobre las precauciones que deben tomar en su domicilio.

Por otro lado, en medicina nuclear se suelen manipular radionucleidos de

vida corta o cantidades muy pequeñas de radionucleidos de vida larga como en el RIA. En el caso de pequeños derrames bastará con recoger la cantidad derramada en papel absorbente y descontaminar la superficie hasta niveles aceptables. Si estos niveles no se pueden lograr, se deberá cubrir la zona hasta su decaimiento o sustituir esa superficie, evitando, durante la operación, que la contaminación se extienda. Cuando el derrame es de mayor cuantía, en el plan de emergencia deben estar previstas una serie de medidas adecuadas:

- Debe detenerse el sistema de ventilación y todo trabajo que pueda contribuir a la dispersión del contaminante.
- Se debe quitar de inmediato la ropa contaminada dejándola en el lugar del suceso.
- Debe impedirse el acceso a toda persona que no sea necesaria para la ejecución del plan de emergencia y acotar el área.
- Se debe avisar de inmediato al responsable de protección radiológica.
- Es necesario efectuar un control al personal para comprobar si debe descontaminarse.
- Deben iniciarse, lo antes posible, los trabajos de descontaminación y no volver a utilizar el lugar hasta que se haya comprobado que ha quedado totalmente descontaminado.
- El hecho debe ponerse de inmediato en conocimiento de los organismos competentes.

Con relación al riesgo de incendio y explosión, aparte de disponer de los equipos y sistemas de actuación adecuados, se debe actuar en el diseño de la instalación, evitando o limitando el uso de elementos constructivos inflamables. En caso de ser necesaria la intervención de los bomberos, éstos deben estar adecuadamente informados, con el fin de evitar la dispersión de la contaminación.

#### *Descontaminación de personas*

La contaminación de las personas normalmente es una de las consecuencias de un accidente/incidente cuando se trabaja con radionucleidos. La actuación en estos casos debe estar prevista y planificada, no dejando espacios para la improvisación. La contaminación puede ser externa (piel) o interna (inhalación, ingestión).

En caso de *contaminación externa* la actuación está orientada a su eliminación y a evitar que pueda haber una incorporación al organismo a través de la piel o de cavidades (boca, nariz y oídos). Como norma general, la primera acción sería quitarse la ropa y lavar la zona contaminada varias veces, dando prioridad a los orificios naturales para evitar posibles incorporaciones. Debe distinguirse entre la contaminación de un área delimitada, de anexos cutáneos o mucosas o bien de un área no delimitada o difusa.

Para la descontaminación de una zona delimitada se debe lavar la misma con abundante agua, jabón neutro y un cepillo blando, prestando una atención especial a las arrugas y uñas. Si la contaminación persistiese, puede utilizarse lejía diluida en agua o permanganato potásico, cubriendo la piel finalmente con glicerina. Debe evitarse el uso de disolventes y la irritación de la piel, ya que se favorecería la incorporación de los radionucleidos. Los ojos se lavarán con abundante agua, pudiendo utilizarse solución salina al 4% seguida de ácido bórico al 2%. Para la descontaminación del cuero cabelludo, debe utilizarse champú, seguido de un lavado con una solución de ácido cítrico al 3%, ácido acético al 1% o ácido clorhídrico al 1%, y un posterior lavado con champú.

Para la descontaminación de las mucosas, fosas nasales y boca puede utilizarse uno de los productos siguientes: solución acuosa de cloruro sódico al 9%, de ácido cítrico al 3% o de jabón ácido líquido. También estos productos pueden utilizarse para descontaminar dientes y encías. Si se necesita descontaminar la garganta, deben realizarse gárgaras con agua oxigenada al 3,6%.

En el caso de contaminación difusa o no delimitada, debe efectuarse una ducha con agua tibia y jabón suave, procurando que los pies no estén sumergidos.

Deben realizarse controles continuos de la zona o zonas afectadas para comprobar la eficacia del proceso de descontaminación empleado.

Por lo que se refiere a la *contaminación interna*, aunque es relativamente poco frecuente que se produzcan incorporaciones de radionucleidos en medicina nuclear, se debe disponer de las normas de actuación en caso de que ocurran, orientadas a reducir la absorción y facilitar su eliminación.

El caso más frecuente es la incorporación producida a través de las heridas, pasando, si se trata de sustancias solubles, a los vasos sanguíneos y linfáticos, siendo equiparable a una administración intravenosa.

Las medidas, en general, consisten en efectuar una compresión venosa, en el caso de heridas, un lavado de boca o de estómago o provocar el vómito y generar un bloqueo de la absorción tanto intestinal como en órganos críticos mediante la administración de sustancias adecuadas.

## Gestión de residuos

Dado el gran volumen de residuos generados en medicina nuclear, tanto por la utilización de fuentes no encapsuladas, como por la gran cantidad de material contaminado generado, además de las excreciones del personal sometido a terapia metabólica, se hace necesario dedicar especial atención a su gestión.

La aplicación de radionucleidos en medicina nuclear se caracteriza por la utilización de material radiactivo de vida corta, como el Tecnecio-99 en el diagnóstico *in vivo* y de radionucleidos de vida larga, aunque en muy bajas concentraciones, en las aplicaciones *in vitro*. Para la mayor parte de los resi-

duos generados el tiempo necesario para el decrecimiento de su actividad específica es corto y en muchos casos presentan concentraciones bajas desde el inicio, permitiendo que su evacuación sea aceptable y sólo en unos pocos casos se haga necesario un almacenamiento definitivo en los lugares específicos y autorizados para ello.

Dada la importancia que tiene este tema dentro de los centros sanitarios, su tratamiento específico queda incluido dentro del capítulo dedicado a la gestión global de los residuos sanitarios.

# 9

## AGENTES BIOLÓGICOS

### INTRODUCCIÓN

Los agentes biológicos forman parte esencial de nuestras vidas, se encuentran en el suelo, el agua, el aire, los alimentos, la ropa y en nuestro cuerpo. Son tan importantes que sin ellos la vida, tal y como la conocemos, no sería posible. Los microorganismos son los encargados de la transformación del nitrógeno atmosférico en materia orgánica y también corresponde a los microorganismos cerrar el ciclo de los elementos, degradando la materia orgánica hasta sus componentes elementales.

Gracias a su actividad, la humanidad obtiene productos altamente beneficiosos para su desarrollo; algunos de estos productos son tan familiares como el pan, el queso, el vino o la cerveza, bien conocidos desde la antigüedad; otros son más recientes, como los antibióticos o las vacunas y, en el futuro, se abre un gran campo de posibilidades con la aplicación de nuevas técnicas biotecnológicas como la ingeniería genética.

Buena parte de los microorganismos conocidos no sólo son beneficiosos, sino que son inofensivos para el hombre; no obstante, algunos de ellos son patógenos, es decir, pueden ser causantes de enfermedades graves.

No es difícil imaginar en qué situaciones no es deseable la presencia de los microorganismos patógenos; por ejemplo, si se piensa en los más peligrosos, lógicamente, su presencia no es deseable en ninguna actividad humana; cuando existen heridas abiertas o es posible penetrar en zonas estériles del organismo; durante el desarrollo de determinadas actividades laborales en las que la presencia de microorganismos, incluso la de los inofensivos, puede alterar el producto final del trabajo, por ejemplo, un diagnóstico microbiológico, la fabricación de alimentos o de medicamentos. Pero quizás, la situación más

clara corresponde al ámbito hospitalario. Es evidente que a un hospital se acude a restablecer la salud y no a perderla, por lo que sería deseable que ese ambiente estuviera libre de microorganismos patógenos. Lamentablemente, este es un reto imposible y el objetivo, en esta situación, es controlar y limitar la presencia de microorganismos de la forma más eficaz posible.

Los riesgos más frecuentes, consecuencia de las exposiciones a agentes biológicos, son las enfermedades infecciosas. Una infección es el resultado del establecimiento e interacción de un parásito en un organismo que actúa como huésped del mismo. Se habla de infección abierta cuando existen evidencias clínicas claras del daño ocasionado por el parásito al huésped; de infección cubierta o subclínica, cuando al parecer no hay síntomas clínicos evidentes pero sí se han causado daños suficientes en el huésped para provocar una respuesta específica contra el parásito, y se habla de colonización, cuando el parásito invade al huésped, prolifera en número, pero, aparentemente, no hay evidencia de que provoque ninguna reacción en el huésped.

Los aspectos que definen una infección son el tipo, la dosis, la virulencia y la capacidad invasiva del microorganismo patógeno y la susceptibilidad del huésped. La virulencia es uno de los atributos que marcan la diferencia entre cepas de una misma especie patógena, aunque puede verse alterada. Hay cepas que pueden ver atenuada su virulencia tras períodos de crecimiento en medios adversos o, por el contrario, puede ser incrementada tras la selección natural y el mantenimiento del carácter que ha proporcionado al microorganismo la capacidad de sobrevivir en ambientes adversos.

La invasividad es la capacidad de diseminación de un microorganismo desde el portal de entrada al resto del organismo. El desarrollo de la infección dependerá del éxito de la invasión, es decir, de la capacidad de inhibir los mecanismos de defensa del huésped o del fallo de los mismos.

“Infección hospitalaria” es el término que normalmente se aplica a las infecciones adquiridas por un paciente durante su estancia en un hospital. Estas infecciones pueden ser exógenas o endógenas; las exógenas son las causadas por microorganismos cuyo foco de contaminación es diferente al paciente, por ejemplo, los trabajadores, otros pacientes u otros elementos como pueden ser: el aire, la comida, el agua, la medicación, las agujas, los catéteres, etc. Las infecciones endógenas son las causadas por microorganismos de la propia flora microbiana del paciente; habitualmente, estas infecciones son el resultado de la alteración del equilibrio existente entre la microflora y los mecanismos de defensa del huésped.

Una tercera posibilidad consiste en un mezcla de las dos anteriores, es decir, la adquisición exógena del microorganismo, su incorporación a la flora del paciente y la posterior infección endógena. En la tabla 1 se muestran algunos ejemplos de los microorganismos, sus reservorios habituales y sus rutas de transmisión que son causantes de infecciones hospitalarias.

Microorganismos	Reservorio	Ruta de transmisión
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Pacientes y personal	Contacto e inhalación
<i>Staphylococcus aureus</i>	Pacientes y personal	Contacto, rara vez por inhalación
<i>Escherichia coli</i>	Flora del huésped, pacientes y personal	Contacto y endógena
<i>Klebsiella sp.</i>	Flora del huésped y materiales contaminados	Contacto y endógena
<i>Proteus sp.</i>	Flora del huésped y portadores asintomáticos	Contacto y endógena
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Materiales contaminados y pacientes infectados	Contacto e inhalación
<i>Pseudomonas cepacia</i>	Materiales contaminados	Contacto
<i>Serratia sp.</i>	Materiales contaminados	Contacto
<i>Enterobacter agglomerans</i>	Materiales contaminados	Contacto
<i>Candida albicans</i>	Flora del huésped y ,ateriales contaminados	Contacto y endógena
Virus de la Hepatitis B	Secreciones o excreciones de pacientes infectados y portadores asintomáticos	Contacto, rara vez por inhalación
Virus de la Gripe	Pacientes o personal infectado	Contacto e inhalación

Tabla 1.- Patógenos causantes de infecciones hospitalarias

En general, cuando se habla de infecciones hospitalarias el principal foco de atención son los pacientes y buena parte de los esfuerzos y actuaciones van encaminados a su protección; es lógico puesto que en el hospital son la población, por edad y estado general de salud, más susceptible a este tipo de enfermedades, aunque no se debe olvidar que las infecciones hospitalarias afectan, además de a los pacientes ingresados, a los trabajadores encargados de su cuidado.

### Casos y estadísticas

Las enfermedades infecciosas más importantes, y a las que durante su trabajo diario se ven expuestos los profesionales sanitarios con mayor frecuencia, son las de etiología vírica, destacando entre ellas: las Hepatitis B, C y Delta (D) y el Síndrome de inmunodeficiencia humana adquirida (SIDA).

El riesgo de infección por el virus de la Hepatitis B entre el personal sanitario fue reconocido en la década de los cincuenta, pero es a partir de la aparición

ción del SIDA y de la demostración de que existe el riesgo de transmisión entre el personal sanitario, cuando ha ocurrido un cambio en cuanto a la prevención de las infecciones de transmisión sanguínea.

La Comisión Central de Salud Laboral del INSALUD ha elaborado un registro de accidentes con material biológico entre el personal sanitario. Para la realización del mencionado registro se preparó una encuesta que fue distribuida a los centros del INSALUD a los que se sumaron hospitales de las diferentes Comunidades Autónomas.

El registro es prospectivo y tiene, entre otros, los siguientes objetivos principales: cuantificar el número de exposiciones accidentales con material biológico en los profesionales de la salud; conocer quién se accidenta y en qué proporción según los diferentes estamentos, así como su evolución posterior; determinar qué tipos de accidentes son los más frecuentes; establecer qué instrumentos u objetos están asociados, en estos accidentes; especificar la actividad que se estaba realizando en el momento del accidente y en qué áreas de trabajo; identificar, en la medida de lo posible, las fuentes de exposición y sus características frente a determinados agentes infecciosos; proponer protocolos y medidas de prevención, antes y después de la exposición, para los profesionales sanitarios, así como evaluar los Programas de Prevención y colaborar con los trabajadores e instituciones sanitarias en cuantos aspectos legales puedan derivarse de estos accidentes.

A grandes rasgos, las variables contempladas en el estudio son las siguientes: variables sociodemográficas tales como los datos de la persona accidentada, su estamento o el servicio donde ocurrió el accidente; características de la exposición con las que se recogen datos referentes al tipo de accidente, el lugar, el material, la actividad que se estaba realizando, el tipo de objeto, la parte del cuerpo afectada y si se usaban equipos de protección individual; el seguimiento serológico del expuesto, que recoge la información de la evolución temporal del antígeno de superficie y anticuerpos anticore del virus de la hepatitis B, anticuerpos de la hepatitis C y del SIDA, así como de los enzimas hepáticos GOT, GPT y GGT a los 0, 3, 6 y 12 meses de la exposición; la historia personal del expuesto con la que se recoge la información sobre los antecedentes personales del trabajador en relación con los posibles contactos con los agentes infecciosos, enfermedades hepáticas o prácticas de riesgo; el estado inmunitario de la persona expuesta y la fuente de exposición, donde se recoge la información sobre el paciente origen de la exposición.

El estudio se llevó a cabo durante el año 1994 y se recibieron un total de 5.823 declaraciones de exposiciones accidentales en el personal sanitario de 70 centros sanitarios del país. El tipo de accidente más frecuente fue el pinchazo (80,2%), seguido del corte (8,1%), la salpicadura (6,8%), el arañazo (3,6%), la ingestión (0,3%) y otros (1%). En las figuras 1 y 2 se muestran las distribuciones de los diferentes tipos de accidentes según los servicios en los que ocurrieron los accidentes y los grupos profesionales, respectivamente.

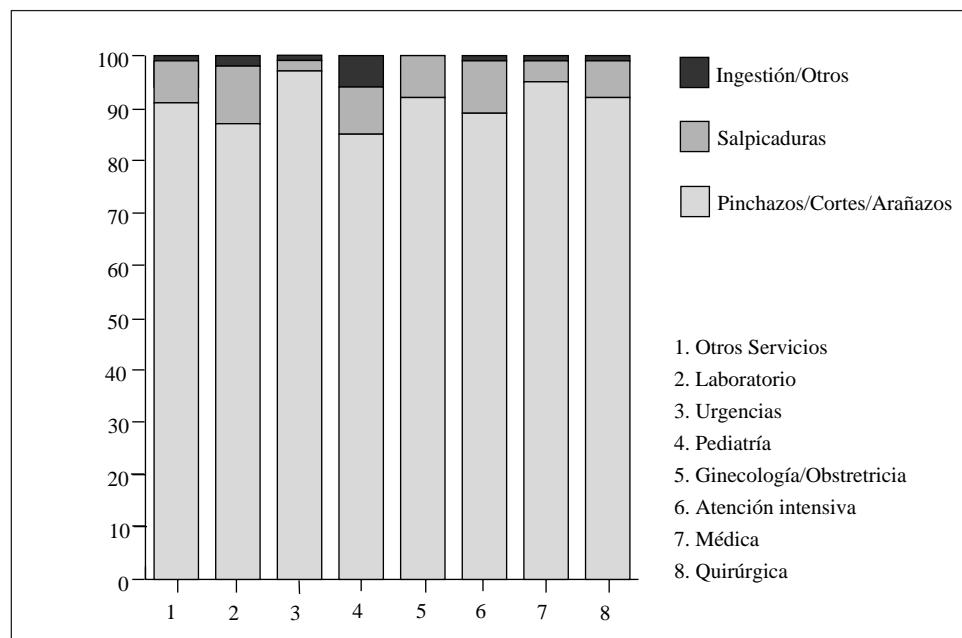


Figura 1.- Distribución del tipo de accidente según el Servicio

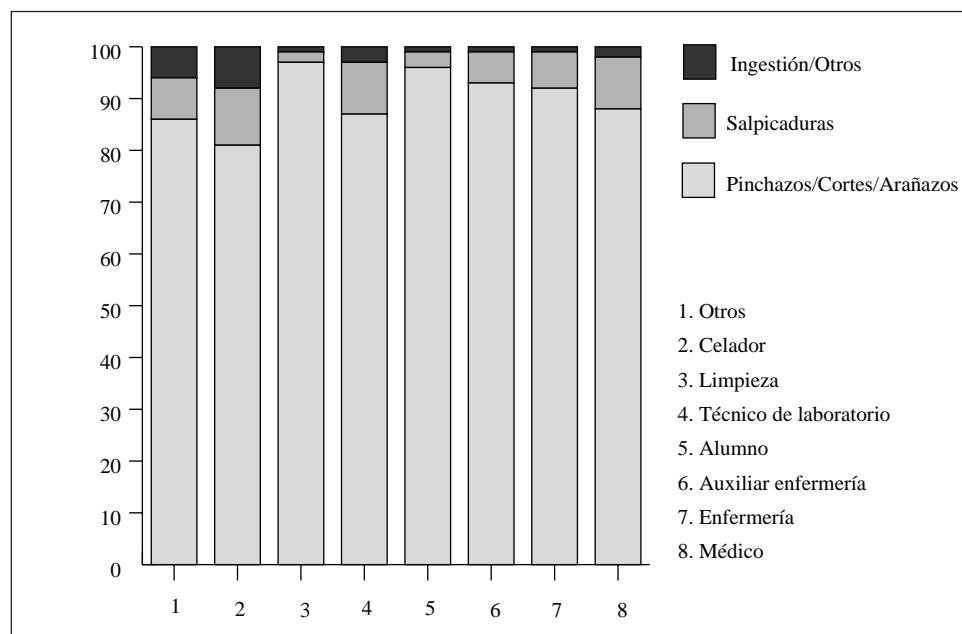


Figura 2.- Distribución del tipo de accidente según el grupo profesional

En cuanto al material implicado en los accidentes, se puede observar en la figura 3 que la sangre y sus derivados son los más comunes, con un 87% de los casos; le siguen, a considerable distancia, otros líquidos corporales (3%) y las excreciones (2%).

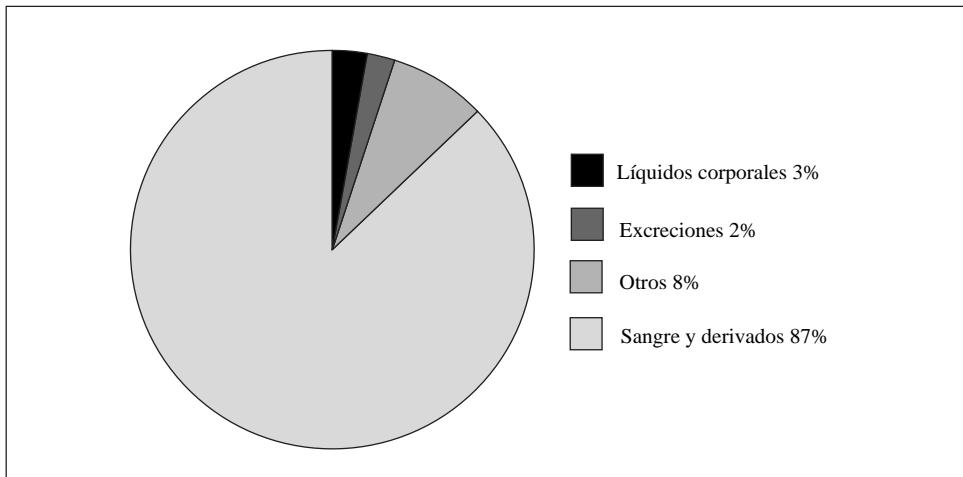


Figura 3.- Distribución de los accidentes según el vehículo de trasmisión

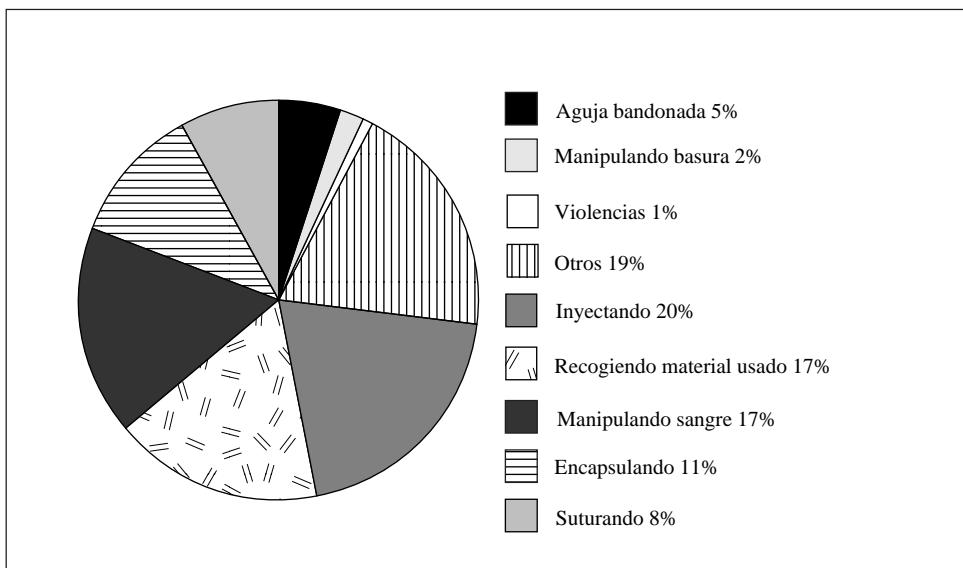


Figura 4.- Distribución de los accidentes según las tareas realizadas

En la figura 4 se muestra la distribución de los accidentes, según la tarea que se estaba realizando en el momento del accidente; se observa que las tareas de inyección, manipulación de sangre y la recogida de material usado son las más frecuentes con porcentajes del 20, 17 y 17, respectivamente. Le siguen en importancia el encapsulado de agujas (11%) y la sutura (8%).

Este registro, como su nombre indica, es un registro de accidentes con material biológico y se ha podido realizar gracias a las declaraciones de accidente existentes, pudiéndose deducir, por tanto, las causas que los originaron. Existen, en la bibliografía especializada, numerosos estudios sobre la incidencia de enfermedades infecciosas en trabajadores de laboratorio. Las conclusiones de estos estudios son que aproximadamente un 20% de las infecciones tenían causas conocidas, mientras que, en el 80% restante, la causa permanecía desconocida. Entre las causas conocidas, las más frecuentes eran: la inocularción por pinchazo, la mordedura o arañazo de animales, la ingestión al pipetejar con la boca o el contacto con salpicaduras o derrames.

El elevado porcentaje de infecciones de las que no se conocía la causa llevó a pensar que éstas podían ser debidas a otro tipo de exposición menos evidente que la que tiene lugar en el caso de los accidentes; las sospechas recayeron en determinadas operaciones en las que se generaban aerosoles. Se realizaron mediciones ambientales de aerosoles microbianos que pusieron de manifiesto que operaciones tales como la centrifugación, el flameado de asas de siembra, la homogenización de tejidos, la agitación de líquidos o de cultivos, la apertura de contenedores que están a diferente presión de la atmosférica o los trabajos con animales, liberan al medio ambiente aerosoles con capacidad infectiva, con una distribución de tamaño de partículas suficiente para permitir su entrada en el pulmón.

## EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS

El Real Decreto 664/1997 de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, define el término “agente biológico” como los microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, los cultivos celulares y los endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.

El ámbito de aplicación de esta normativa comprende todas las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a agentes biológicos debido a la naturaleza de su actividad profesional. Las expresiones “estén expuestos” o “puedan estar expuestos” hacen referencia a una diferencia fundamental en el tipo de actividad laboral que se realice. La primera expresión se refiere a aquellas actividades en las que existe la intención deliberada de manipular agentes biológicos, es decir, actividades en las que estos agentes

son parte fundamental del proceso; mientras que la segunda expresión se refiere a las actividades en las que no existe intención deliberada de manipular agentes biológicos, pero en las que, debido a su naturaleza, se puede dar la exposición a los mismos. En la figura 5 se muestran algunos ejemplos de estos dos tipos de situaciones.

<b>Manipulación no deliberada</b>
Trabajos en centros de producción de alimentos.
Trabajos agrarios.
Actividades en las que existe contacto con animales y/o con productos de origen animal.
Trabajos en unidades de eliminación de residuos.
Trabajos en instalaciones depuradoras de aguas residuales.
Trabajos de asistencia sanitaria, comprendidos los desarrollados en servicios de aislamiento y de anatomía patológica.
Trabajos en laboratorios clínicos, veterinarios y de diagnóstico, con exclusión de los laboratorios de diagnóstico microbiológico.
<b>Manipulación deliberada</b>
Laboratorios de diagnóstico microbiológico.
Trabajos de investigación.
Trabajos con animales deliberadamente contaminados.

Figura 5.- Actividades profesionales

Según la definición de agente biológico, quedan incluidos los virus, las bacterias, los hongos y los parásitos (protozoos y helmintos) considerados en función de su capacidad de producir algún efecto adverso sobre la salud de las personas expuestas. El R.D. 664/1997 clasifica estos agentes biológicos en cuatro grupos de riesgo según su diferente índice de riesgo de infección. (Ver anexo VI).

Por otro lado, la propagación de una infección en un hospital requiere que concurren tres elementos: un foco de contaminación, un huésped susceptible y los medios de transmisión.

### Focos de contaminación

Las fuentes de agentes infecciosos pueden ser: los pacientes, los trabajadores y los visitantes, los cuales pueden padecer una infección abierta, encontrarse en el período de incubación o ser portadores asintomáticos; los materiales biológicos derivados de ellos; y los equipos e instrumentos contaminados.

Otros posibles focos de contaminación los constituyen diversas instalacio-

nes del hospital en las que pueden existir reservorios de agentes biológicos, un buen ejemplo de este tipo de focos de contaminación son las instalaciones de ventilación/climatización del aire que pueden convertirse en reservorios de la *Legionella pneumophila* o de diversos tipos de hongos patógenos o saprofitos que pueden llegar a provocar una enfermedad en las personas susceptibles.

### **Huésped susceptible**

La resistencia de las personas a los microorganismos patógenos varía de una forma notable. Algunas personas son inmunes o son capaces de resistir la colonización de un agente infeccioso; otras, expuestas al mismo agente, pueden establecer una relación de comensalismo con el agente y convertirse en portadores asintomáticos y, finalmente, algunas personas desarrollan la enfermedad.

Las personas que padecen determinadas enfermedades, por ejemplo, diabetes mellitus, linfoma, procesos neoplásicos, leucemia, granulocitopenia o uremia, son especialmente propensas a las infecciones. Asimismo, son susceptibles de contraer una infección las personas que están sometidas a determinados tratamientos, por ejemplo, irradiación, fármacos inmunosupresores, corticoesteroides o agentes antimicrobianos. Otros aspectos que pueden convertir a una persona especialmente susceptible a las infecciones son la edad, una enfermedad debilitante crónica, el estado de coma, una herida traumática o las intervenciones quirúrgicas.

### *Rutas de transmisión*

Los microorganismos se transmiten por diversas rutas; algunos sólo se transmiten por una sola ruta, mientras que otros pueden transmitirse por más de una, por ejemplo, el virus de la varicela zoster, que se transmite tanto por vía aérea como por contacto directo. Existen cuatro rutas principales de transmisión: por contacto, mediante un vehículo, por vía aérea o mediante vectores.

#### *Transmisión por contacto*

Es la ruta de transmisión de las infecciones hospitalarias más importante y frecuente y se puede subdividir en tres categorías: contacto directo, indirecto y mediante gotículas.

El contacto directo implica el contacto físico entre un huésped susceptible y una persona infectada o colonizada. Algunas actividades hospitalarias, tales como la movilización de enfermos, el baño de los pacientes o el cambio de la ropa de las camas, son buenos ejemplos de esta ruta de transmisión. Los trabajadores más afectados son el personal de enfermería, los médicos y los celadores.

El contacto indirecto implica el contacto entre un huésped susceptible con un objeto contaminado, por ejemplo, sábanas, ropa o instrumentos. Aquí se

puede incluir tanto al personal sanitario como a los profesionales no directamente implicados en la atención sanitaria, por ejemplo, el personal de mantenimiento, de limpieza o de la lavandería.

**Contacto con gotículas.** En esta categoría, el agente infeccioso es transportado en las gotículas que se emiten al hablar, toser o estornudar y en las operaciones generadoras de aerosoles. Estas gotículas se depositan sobre los ojos, nariz y boca del huésped susceptible. Se considera transmisión por contacto en lugar de aérea, ya que debido al tamaño de las gotas que se forman, éstas no se desplazan más allá de 1 metro del foco generador y se depositan rápidamente.

#### *Transmisión aérea*

En este tipo de transmisión los agentes infecciosos se encuentran adheridos a material particulado o a gotículas con tamaños inferiores a los mencionados anteriormente que pueden permanecer suspendidas en el aire durante períodos de tiempo más largos y, por lo tanto, desplazarse a mayores distancias. Las fuentes de contaminación son las operaciones capaces de generar aerosoles, por ejemplo, la centrifugación, el agitado de fluidos biológicos o de cultivos, la utilización de sierras mecánicas en traumatología o en autopsias, el trabajo con animales de experimentación (inoculaciones nasales, limpieza de las jaulas), etc. Los profesionales más afectados son el personal de laboratorio, autopsias, quirófanos, etc.

#### *Transmisión mediante un vehículo*

Esta ruta de transmisión es de aplicación para aquellas enfermedades que se transmiten a través de objetos contaminados; por ejemplo, la salmonelosis por la comida, la legionelosis por el agua (aunque también se transmite por vía aérea), bacteremias por la administración de medicamentos o la hepatitis B por la sangre.

#### *Transmisión mediante vectores*

En este caso son los insectos o los roedores los encargados de transmitir los agentes infecciosos. Esta es, quizás, la ruta de menor importancia en países que tienen elevados estándares higiénicos, pero todavía es una ruta de importancia en los países tropicales o en vías de desarrollo.

## **EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS**

Los riesgos de la exposición a agentes biológicos son consecuencia de dos situaciones diferentes; en un caso la infección ocurre tras la existencia de un accidente laboral, habitualmente declarado, investigado y con causas casi siempre conocidas; en el otro caso, la infección es fruto de una exposición

laboral similar a las que tienen lugar en el campo de la higiene industrial, como la exposición a agentes físicos o a compuestos químicos, en las que un contaminante puede estar presente en el ambiente en una concentración indeterminada que puede o no causar un daño en la salud de las personas.

La evaluación higiénica implica, en la mayor parte de los casos, la aplicación de una metodología que consiste en los siguientes pasos:

- 1) La identificación del contaminante, de sus focos de contaminación, del proceso productivo que lo ha originado, de sus características toxicológicas, en definitiva, de la recogida de toda aquella información que ayude a conocer la situación de riesgo.
- 2) La medición del contaminante, lo que permitirá conocer cuáles son las concentraciones o niveles del agente en el ambiente de trabajo.
- 3) La valoración de la situación. En este punto es preciso contar con unos criterios de valoración que permitan la comparación de los mismos con los resultados de la medición y emitir un juicio sobre la situación, es decir, si ésta es segura o si es peligrosa.

Tras la valoración y en función de su resultado se concretan, si es necesario, las medidas correctoras y preventivas que aseguren que en sucesivas evaluaciones la situación se mantiene segura.

Al aplicar esta metodología a la evaluación de las exposiciones a agentes biológicos, se observa que aquella no se ajusta en su totalidad. Es cierto que se puede disponer o reunir bastante información sobre los posibles agentes, su peligrosidad y sobre los focos de contaminación, pero no hay que olvidar que en numerosas actividades existe la incertidumbre sobre la presencia de un agente patógeno; también es cierto que existen equipos para la medición ambiental y de superficies de la contaminación biológica y por lo tanto se pueden conocer los niveles de concentración en la situación estudiada; pero rara vez se podrá efectuar una valoración cuantitativa del problema, puesto que por el momento no están establecidos criterios de valoración numéricos para este tipo de contaminantes que permitan emitir un juicio rápido sobre la peligrosidad de la situación.

La metodología de evaluación de las exposiciones a agentes biológicos se basa pues en dos puntos principales: en la obtención del máximo de información posible sobre los agentes implicados o sobre los agentes sospechados y en el control de la presencia de esos agentes en el ambiente de trabajo. En ocasiones, pueden darse las circunstancias que requieran la medición de los agentes biológicos, por ejemplo, la comprobación de la eficacia de un sistema de contención del agente, como puede ser una cabina de seguridad biológica, la comprobación de los niveles de limpieza y/o desinfección de una zona o el análisis de los componentes de un ambiente para comprobar la existencia de agentes peligrosos y de focos de contaminación en alguna instalación.

## Métodos de muestreo

Muchos de los instrumentos utilizados en la captación de agentes biológicos son modificaciones de los utilizados en higiene industrial para la medición, mediante toma de muestras, de compuestos químicos. La característica que los diferencia es el propio contaminante ya que algunos de los agentes biológicos que se han de muestrear son seres vivos, por lo tanto el sistema que se seleccione para su captación debe asegurar su viabilidad con el fin de que la evaluación sea lo más precisa posible.

En términos generales, la toma de muestras consiste en un equipo de aspiración que fuerza el paso del aire sobre un soporte de retención adecuado al contaminante que se va a analizar. Existen diferentes tipos de soportes de retención, por ejemplo, filtros de diversos materiales y tamaño de poro (celulosa, cloruro de polivinilo), líquidos reactivos (soluciones ácidas o básicas), o materiales adsorbentes (carbón activo, hopcalita, silicagel). La selección de uno u otro tipo dependerá del contaminante y de su estado físico.

En el caso de los agentes biológicos, el soporte de retención debe ser tal que asegure su viabilidad, es decir, debe ser un soporte que no destruya el organismo y que lo mantenga con vida hasta el análisis. El soporte de retención más adecuado para la captación de agentes biológicos vivos son los medios de cultivo gelatinosos con sustancias nutritivas. La captación de las formas resistentes de los agentes biológicos o la de sus productos se puede realizar utilizando otro tipo de soportes, por ejemplo, los filtros.

Los métodos de toma de muestra de agentes biológicos se pueden clasificar en tres grupos principales, dependiendo del medio que se ha de muestrear.

### *Muestreo ambiental*

Recolectores inerciales: estos equipos se basan en su capacidad de retirar del aire las partículas y de atraparlas sobre el soporte de retención. El sistema más simple consiste en utilizar placas de Petri abiertas con agar nutritivo en las que las partículas con los agentes biológicos asociados se depositarán por efecto de la gravedad. Este método es útil cuando el tamaño de partícula es grande y el aire está en calma, de este modo las partículas pueden sedimentar. La información que proporcionan es únicamente cualitativa, ya que no es posible estimar el volumen de aire que ha pasado sobre la placa.

Otro sistema es el de los frascos borboteadores o *impingers* cuyo funcionamiento consiste en hacer borbotear un volumen conocido de aire a gran velocidad a través de un medio de cultivo diluido o de una solución isotónica. Tras la captación, se procede a la siembra del líquido o a la filtración del mismo y a la colocación del filtro sobre un agar nutritivo para su incubación; el resultado, expresado en  $\text{ufc}/\text{m}^3$  (unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire), se obtiene tras el recuento de las colonias que han crecido en el medio de cultivo y su división por el volumen de aire muestreado.

A partir de las colonias que han crecido se pueden realizar diversos análisis microbiológicos para identificar a los microorganismos captados. Los estudios realizados con estos captadores han puesto de manifiesto algunos factores que inciden en el grado de supervivencia de los microorganismos, por ejemplo, la luz solar, la alta velocidad o la desecación cuando la duración del muestreo es larga.

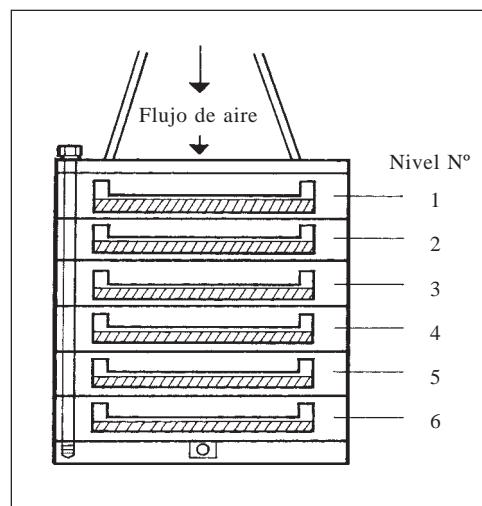


Figura 6.- Esquema del muestreador Andersen

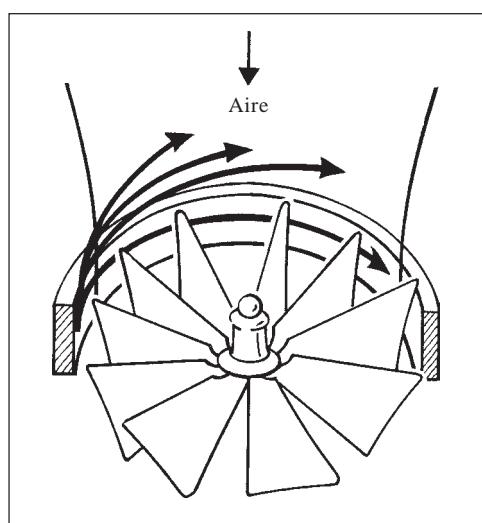


Figura 7.- Esquema del muestreador RCS

Los sistemas denominados “impactadores” se basan en forzar el paso del aire, normalmente, a través de pequeños orificios y en hacer impactar las partículas sobre placas con agar nutritivo. Existen diversos equipos pero los más utilizados son los que se describen a continuación.

**Muestreador Andersen:** Consiste en un equipo de aspiración del aire con un caudal fijo (28 litros por minuto) y un dispositivo dividido en seis niveles en los que se colocan los soportes de retención, cada nivel tiene una placa perforada para la entrada del aire, los orificios, equidistantes entre sí, tienen diámetros progresivamente inferiores de un nivel al siguiente por lo que el aire sufre una aceleración. Atendiendo a la velocidad con que discurre el aire, se produce la impactación de las partículas separándose por su tamaño (ver figura 6). Existe un modelo que consta únicamente de dos niveles en el que las partículas se separan en dos categorías, la fracción respirable y la inhalable.

**Muestreador RCS (*Reuter Centrifugal Sampler*):** En este equipo, un volumen de aire es impulsado por una hélice sobre una cinta de plástico portadora de alveolos que contienen el medio de cultivo. Las partículas y los microorganismos asociados presentes en el aire son proyectados, por acción de la fuerza centrífuga, sobre el medio de cultivo (ver figura 7).

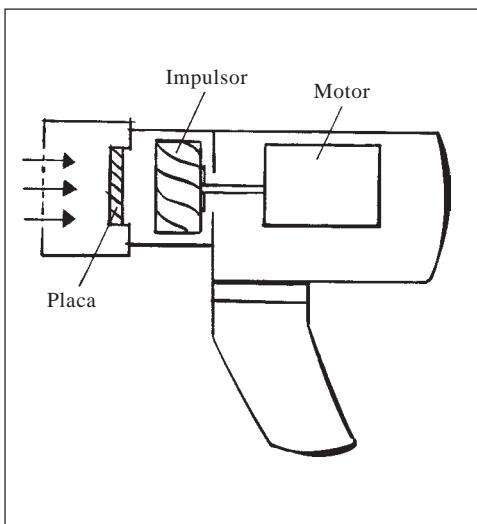


Figura 8.- Esquema del muestreador SAS

El equipo, precalibrado a un caudal de aspiración de aire de 40 litros por minuto, tiene un programador que permite regular el tiempo de muestreo y que oscila entre 30 segundos y 8 minutos, de modo que se puede seleccionar el volumen de aire que se desea muestrear.

**Muestreador SAS (Surface Air Sampler):** En este caso el aire es aspirado a través de una superficie que contiene orificios equidistantes y que tiene como misión distribuir uniformemente las partículas sobre la placa con el medio de cultivo en la que se producirá la impactación (ver figura 8). Las placas utilizadas son las placas RODAC que permiten, además, el muestreo de superficies.

Como en el caso anterior, este equipo tiene un caudal de aire fijo que varía según el modelo entre 180 o 90 litros por minuto y un programador de tiempo que permite realizar muestreos desde 20 segundos a 5 minutos.

#### *Muestreo de superficies*

Esta técnica tiene un interés especial puesto que permite determinar la posible contaminación por agentes biológicos de las materias primas, de los productos o de las propias personas a partir de los instrumentos de trabajo, las ropas, las manos, el mobiliario o los elementos de construcción que por sus características o por una deficiente desinfección pueden convertirse en reservorios de agentes biológicos.

**Frotis:** Este método consiste en la recogida del material depositado en las superficies con torundas estériles de algodón. Tras el muestreo se puede proceder a la siembra del material recogido aplicando directamente la torunda sobre el medio de cultivo o se puede lavar la torunda con un diluyente estéril y sembrar después el líquido obtenido. En general, este método no permite realizar estimaciones cuantitativas precisas de la contaminación y, básicamente, se utiliza para comprobar la presencia de un microorganismo concreto.

**Muestreo con placas de cultivo por contacto:** Es el método más utilizado y consiste en la aplicación de placas RODAC, con medio de cultivo ligeramente en exceso, sobre la superficie que se desea muestrear. El resultado del recuento de las colonias que han crecido se expresa en  $\text{ufc}/\text{cm}^2$ .

### Muestreo de líquidos

En este caso, como en el anterior, el objetivo es poner de manifiesto la presencia de agentes biológicos en diversos tipos de fluidos, por ejemplo, el agua de un humidificador, de las torres de refrigeración de un sistema de climatización del aire o las aguas residuales de un hospital o de un laboratorio clínico, entre otros.

En la mayor parte de los casos, el método más sencillo de recogida de fluidos consiste en tomar una muestra del líquido en un recipiente estéril. Cuando el volumen de líquido que se ha de muestrear es grande y la contaminación escasa, es de utilidad realizar un filtrado del líquido. En otros casos, como por ejemplo las conducciones de agua u otros líquidos, se pueden instalar dispositivos que permitan la recogida periódica de muestras. Los resultados del recuento de colonias se expresan en unidades formadoras de colonias por mililitro o por litro de líquido.

### Análisis microbiológico

El tipo análisis microbiológico dependerá del tipo de información que se desee obtener. Básicamente esta información se puede concretar en los siguientes puntos:

- Información cuantitativa: supone el recuento del número de microorganismos o de sus productos, por ejemplo, bacterias, hongos, granos de polen, fragmentos de insectos, etc.
- Comparación entre diferentes ambientes: consiste en la relación entre las concentraciones medidas en un ambiente problema y un ambiente que se utiliza como control, por ejemplo, entre el interior de un edificio y el exterior.
- Información cualitativa: supone la identificación de las especies presentes en las muestras tomadas, o la búsqueda de un microorganismo concreto, por ejemplo, la presencia de Legionelas en el agua de las torres de refrigeración de la instalación de climatización.
- Detección de la presencia de productos bioquímicos elaborados por los microorganismos, por ejemplo, endotoxinas, micotoxinas, etc.

Cada situación determinará el muestreador, el soporte de retención y el análisis que se debe realizar. De estos aspectos, uno de los más importantes que se ha de tener en cuenta es el medio de cultivo en el que crecerán los microorganismos cultivables. En términos generales, estos medios de cultivo consisten en una sustancia gelatinosa, el agar, a la que se añaden diferentes sustancias que son los elementos nutritivos para los microorganismos. En ocasiones, se incorporan otras sustancias cuya misión es inhibir el crecimiento de algún tipo particular de microorganismos.

Existen medios de cultivo denominados universales que permiten el crecimiento de un amplio espectro de especies microbianas. También existen medios de cultivo, denominados selectivos, que están preparados de tal forma que cumplen con las exigencias de desarrollo de un tipo de microorganismos.

Una vez seleccionados los medios de cultivo y tras haber realizado la toma de muestras, éstas serán transportadas al laboratorio lo más rápidamente que sea posible. Allí las muestras se colocarán en estufas de cultivo a las temperaturas adecuadas a los diferentes microorganismos captados. Estas temperaturas están definidas por las condiciones de desarrollo *in vivo* de los mismos. Por ejemplo, los patógenos para el hombre se deberán cultivar a 35 °C, los microorganismos ambientales entre 25 y 30 °C o las especies termofílicas a temperaturas superiores a los 50 °C.

Tras la incubación, se procederá al análisis de las muestras que puede comprender el recuento y/o la identificación de las especies captadas. La identificación de las especies es la parte más compleja del estudio y requiere personal especializado. Las pruebas de identificación consisten, en general, en el estudio morfológico de los elementos, en diferentes pruebas de tinción y en pruebas bioquímicas. Sobre estos temas existe amplia información en textos especializados.

### **Valoración de la exposición**

Como se indicaba anteriormente, no están establecidos criterios de valoración numéricos que permitan realizar una valoración cuantitativa de la situación de trabajo estudiada. Las razones por las que no existen este tipo de criterios son varias. La comisión para los bioaerosoles de la ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) lo justifica en los siguientes términos:

- Un bioaerosol es una mezcla compleja de diferentes clases de partículas, comprende microorganismos vivos (sus formas vegetativas y sus formas resistentes), microorganismos muertos y sus fragmentos, sus productos derivados y sus toxinas. El origen, en los centros sanitarios, pueden ser los pacientes infectados, pero también la flora saprofita o patógena presente en las instalaciones del edificio.
- La respuesta de los humanos a los bioaerosoles es muy variable.
- Los sistemas de toma de muestras ambientales no permiten recoger y evaluar todos los componentes de un bioaerosol; por ejemplo, los medios de cultivo específicos para las bacterias son diferentes de los medios de cultivo para los hongos. Las concentraciones ambientales son el resultado, en su mayor parte, de muestreos puntuales -de corta duración- y pueden no representar en su totalidad la exposición humana.

- Los datos de dosis - respuesta para algunos bioaerosoles infecciosos son escasos y los protocolos de muestreo ambiental son limitados y adecuados solamente como tentativa científica.
- No se dispone de datos ni de métodos analíticos fiables que permitan establecer las relaciones dosis - respuesta para aquellos contaminantes de origen biológico analizables mediante ensayos químicos, inmunológicos o biológicos, como ocurre, por ejemplo con las endotoxinas o las micotoxinas.

En la tabla 2 se muestran algunos ejemplos de agentes biológicos para los que se conocen las dosis infectivas para el hombre.

La valoración de la exposición a agentes biológicos se basará pues en su identificación y la de su peligrosidad; en función del resultado obtenido se procederá a la corrección de la situación y a la implantación de las medidas preventivas pertinentes.

Siguiendo esta filosofía, el R.D. 664/1997 dispone que, en toda actividad que pueda suponer un riesgo de exposición a agentes biológicos, se determinará la índole, el grado y la duración de la exposición de los trabajadores, para

Enfermedad o Agente	Dosis <sup>(B)</sup>	Ruta de inoculación
Tifus scrub	3	Intradérmica
Fiebre Q	10	Inhalación
Tularemia	10	Inhalación
Malaria	10	Intravenosa
Sífilis	57	Intradérmica
Fiebre tifoidea	$10^5$	Ingestión
Cólera	$10^8$	Ingestión
<i>Escherichia coli</i>	$10^8$	Ingestión
Sigelosis	$10^9$	Ingestión
Sarampión	0,2 <sup>(C)</sup>	Inhalación
Virus de la encefalitis de Venezuela	1 <sup>(D)</sup>	Subcutánea
Virus de la gripe	$\geq 790$	Inhalación

A: Anon, 1974  
 B: Dosis en número de organismos  
 C: Dosis media infecciosa en niños  
 D: Dosis infectiva en cobayas

Tabla 2.- Ejemplos de dosis infectivas para el hombre <sup>(A)</sup>

poder evaluar los riesgos que corren su seguridad o su salud y poder determinar las medidas que proceda adoptar.

Esta evaluación se efectuará teniendo en cuenta la totalidad de la información disponible, comprendidos los siguientes aspectos: la clasificación de los agentes biológicos que pueden constituir un peligro para la salud humana en los diferentes grupos de riesgo establecidos (ver anexo VI), las recomendaciones de una autoridad responsable que indiquen que conviene controlar el agente biológico con el fin de proteger la salud de los trabajadores, la información sobre las enfermedades que pudieran contraer los trabajadores en razón de la naturaleza de su trabajo, los efectos alergénicos o tóxicos potenciales vinculados a la índole del trabajo, el conocimiento de una enfermedad que se haya detectado en un trabajador y que esté directamente ligada a su trabajo, y el riesgo adicional para aquellos trabajadores especialmente sensibles en función de sus características personales o estado biológico conocido, debido a circunstancias tales como patologías previas, medicación, trastornos inmunitarios, embarazo o lactancia.

En servicios médicos y veterinarios se prestará especial atención a la incertidumbre acerca de la presencia de agentes biológicos en el organismo de los pacientes y en los materiales y muestras procedentes de éstos, al peligro inherente a los agentes biológicos que estén o se sospeche que están presentes en el organismo de los pacientes así como en los materiales y las muestras procedentes de éstos y a los riesgos inherentes a la naturaleza de la actividad.

## MEDIDAS PREVENTIVAS

El punto final de la evaluación consiste en la selección y aplicación de todas aquellas medidas útiles para evitar o minimizar la exposición a agentes biológicos.

Uno de los aspectos más importantes de las exposiciones a agentes biológicos, común a diversos tipos de actividades laborales y entre ellas las que suponen la asistencia sanitaria, es la incertidumbre acerca de la presencia de agentes peligrosos para la salud. Para evitar este problema, el *Center for Disease Control* (CDC) impulsa la aplicación de una serie de medidas en el trato de todos los pacientes, los materiales y las muestras procedentes de los mismos, independientemente de que se conozca o no si se trata de personas infectadas. Este conjunto de medidas se conoce con el nombre de "Precauciones universales" y hacen referencia a la posible existencia de patógenos transportados por la sangre u otros fluidos biológicos.

### Precauciones universales

En aquellas actividades en las que se pueda anticipar el contacto de la piel o las mucosas con sangre u otros fluidos biológicos, los trabajadores deberían

usar de forma rutinaria elementos barrera para prevenir este tipo de exposición. Los guantes se deberían utilizar siempre que se fuera a manipular o tocar sangre, fluidos biológicos, mucosas, heridas u objetos o superficies contaminadas con estos fluidos y durante cualquier procedimiento de acceso a los vasos sanguíneos. Los guantes se deben cambiar tras el contacto con cada paciente. En los procedimientos en los que se puedan generar gotas de sangre o de otros fluidos biológicos, se deberían llevar máscaras y/o protectores oculares para evitar el contacto de dichas gotas con las mucosas. Del mismo modo, se debería llevar ropa de trabajo, por ejemplo, batas, delantales, etc., durante las operaciones en las que puedan ocurrir derrames o salpicaduras.

Se deberían extremar las medidas de higiene personal como, por ejemplo, el lavado de las manos y de otras superficies que hayan entrado en contacto con sangre u otros fluidos, y siempre después de quitarse los guantes.

Todos los trabajadores sanitarios deberían tomar las máximas precauciones para prevenir las heridas causadas por agujas, escalpelos u otros instrumentos cortantes o punzantes durante su utilización, su limpieza o durante los procesos de eliminación de dicho material. Se evitará reencapsular, doblar, romper o quitar manualmente las agujas de las jeringuillas tras su uso. Para la eliminación de este material se debería disponer de recipientes resistentes a los pinchazos e impermeables. Estos recipientes estarán situados en las inmediaciones del área de trabajo.

A pesar de que la saliva no ha sido implicada en la transmisión del virus de inmunodeficiencia humana (VIH), en las áreas en las que se realicen prácticas de resucitación “boca-boca”, se debería disponer de bolsas de resucitación o de otros elementos de ventilación asistida.

Los trabajadores que presenten lesiones exudativas o dermatitis supurante no deberían tener contacto directo con los pacientes o con el equipo utilizado en su cuidado hasta que se resuelva dicha situación.

No está demostrado que las mujeres embarazadas tengan un riesgo mayor de contraer una infección por VIH que el que presentan el resto de trabajadores, sin embargo el feto está sometido al riesgo de padecer la infección como resultado de la transmisión perinatal. Por ello las mujeres embarazadas deberían cumplir estrictamente con todas las precauciones para minimizar el riesgo de transmisión.

Estas medidas son de aplicación en numerosas zonas de los hospitales, en especial en los servicios de urgencias. Además, el cumplimiento de estas medidas puede eliminar la necesidad de implantar otras medidas de aislamiento relativas a la posibilidad de contagio a través de agentes infecciosos contenidos en la sangre u otros fluidos biológicos.

Las precauciones universales son de aplicación, además de a la sangre, a otros fluidos biológicos como son las secreciones vaginales y el semen. Estos fluidos están implicados en la transmisión sexual de la hepatitis B y del VIH,

pero no en la exposición laboral entre paciente y cuidador; en estos casos el uso rutinario de guantes durante las exploraciones vaginales ofrece suficiente protección frente a la exposición a fluidos vaginales potencialmente infecciosos.

Otros fluidos biológicos para los que también son de aplicación las precauciones universales son los líquidos cerebro-espinal, sinovial, pleural, peritoneal, pericardial y amniótico.

Las heces, las secreciones nasales, el esputo, la saliva, las lágrimas, la orina y el vómito quedan excluidas de la aplicación de las precauciones universales a no ser que contengan sangre, ya que el riesgo de transmisión de hepatitis B o VIH es extremadamente bajo o inexistente. No obstante, algunos de estos fluidos representan una fuente potencial de otros patógenos, como el virus de la hepatitis A, implicados en infecciones hospitalarias que para su prevención requieren de la aplicación de otro tipo de recomendaciones.

### Aislamiento

Este término comprende el conjunto de medidas preventivas encaminadas a evitar las enfermedades infecciosas interrumpiendo la vía de transmisión del agente contaminante a otros pacientes del hospital o al personal sanitario encargado de su cuidado.

El CDC en su *Guidelines for the prevention and control of nosocomial infections* propone dos sistemas de aislamiento; el primero está basado en el establecimiento de conjuntos de medidas definidas en función de la peligrosidad del agente o de la vía de transmisión que se trata de interrumpir y que se agrupan en siete categorías; el segundo está basado en la selección de las medidas de aislamiento específicas y necesarias para una enfermedad concreta.

El sistema de aislamiento por categorías supone el agrupamiento de enfermedades que precisan medidas de aislamiento similares. Las siete categorías definidas son las siguientes:

*Estricto*: está pensado para prevenir las infecciones debidas a agentes biológicos muy virulentos que se transmiten tanto por vía aérea como por contacto.

*Contacto*: está diseñado para prevenir la colonización o las enfermedades debidas a agentes altamente contagiosos que no quedan controlados por la categoría anterior. Las enfermedades incluidas en esta categoría se transmiten principalmente por contacto directo o muy próximo.

*Respiratoria*: supone la interrupción de la transmisión por vía aérea en distancias cortas. El riesgo por contacto directo o indirecto podría ocurrir pero es infrecuente.

*Bacilos ácido resistente*: esta categoría está pensada para pacientes adultos con tuberculosis activas. A los niños y jóvenes con tuberculosis no se les suele aplicar este aislamiento ya que rara vez tosen.

*Entérica:* en este caso se trata de prevenir las infecciones que se transmiten por contacto directo o indirecto con heces. La hepatitis A se incluye en esta categoría.

*Drenajes/Secreciones:* esta categoría incluye las infecciones que se transmiten por contacto directo o indirecto con materiales purulentos o de drenaje de alguna herida o parte del cuerpo infectada.

*Sangre y fluidos biológicos:* las medidas de aislamiento de esta categoría son las que pretenden impedir la transmisión de las infecciones vehiculizadas por estos materiales.

En el anexo XII se incluyen, a modo de ejemplo, unos elementos de señalización e información que contienen las instrucciones relativas a cada una de las categorías de aislamiento. Esta información debería estar colocada en una zona bien visible en las inmediaciones del paciente, por ejemplo, en la puerta, la cabecera o en los pies de la cama, y también acompañar la historia clínica del paciente.

El segundo sistema de aislamiento consiste en la aplicación de medidas de aislamiento específicas para una enfermedad concreta. En este caso se considera la enfermedad de forma individualizada y únicamente se seleccionan las medidas adecuadas para evitar la transmisión. Por ejemplo, el uso de máscaras o de guantes, o la necesidad de colocar al paciente en una habitación privada.

Los encargados del control de las infecciones hospitalarias pueden escoger entre alguno de estos sistemas o establecer su propio sistema de aislamiento. Los sistemas aquí mencionados presentan ventajas e inconvenientes. El sistema de categorías de aislamiento tiene como ventaja que es un sistema relativamente sencillo de aplicar y que requiere el entrenamiento del personal sanitario en las prácticas de aislamiento de las siete categorías establecidas; como inconveniente, este sistema supone un mayor gasto de materiales ya que al agrupar en cada categoría diferentes enfermedades es posible que se produzca, en algunos casos, un grado de aislamiento innecesario.

El sistema de aislamiento específico asegura que sólo se están utilizando las medidas de aislamiento necesarias para interrumpir la transmisión de la enfermedad para la que se han dictaminado dichas medidas; por contra, requiere un mayor entrenamiento y grado de atención por parte del personal sanitario a la hora de aplicar correctamente las medidas que se precisan en cada caso.

## **Reducción de riesgos**

En el R.D. 664/1997 se propone un conjunto de medidas para prevenir y reducir los riesgos por exposición a agentes biológicos. En términos generales estas medidas consisten en las siguientes:

- Reducción al mínimo posible del número de trabajadores expuestos o que se sospeche que pueden estar expuestos.
- Establecimiento de procedimientos de trabajo adecuados y utilización de medidas técnicas para evitar o minimizar la liberación de agentes biológicos en el lugar de trabajo.
- Aplicación de medidas de control higiénico compatibles con el objetivo de prevenir o reducir el transporte o la liberación de un agente fuera del lugar de trabajo.
- Aplicación de medidas de protección colectivas.
- Aplicación de medidas de protección individual cuando la exposición no pueda ser evitada por otros medios (ver anexo XVIII).
- Utilización de los elementos de señalización (ver figura 9).
- Establecimiento de planes para hacer frente a los accidentes que incluyan agentes biológicos.
- Establecimiento de medidas seguras para la manipulación y el transporte de los agentes biológicos.
- Establecimiento de medios seguros que permitan la recogida, el almacenamiento y el tratamiento o evacuación de los residuos contaminados. (Ver capítulo Gestión de residuos sanitarios).



Figura 9.- Señal de peligro biológico

### Información y formación de los trabajadores

Es uno de los puntos fundamentales en la prevención de los riesgos asociados a la exposición a agentes biológicos. Esta formación debe ser suficiente y adecuada a los diferentes colectivos profesionales expuestos o presumiblemente expuestos y debe estar basada en los datos disponibles relativos a los siguientes aspectos: los riesgos potenciales para la salud, las precauciones que deberán tomar para prevenir la exposición, las disposiciones en materia de higiene, la utilización y empleo de los equipos de protección individual y de la ropa de trabajo y las medidas que deberán adoptar los trabajadores en el caso de incidente y para la prevención de incidentes.

Esta información debería proporcionarse cuando el trabajador se incorpore a un trabajo que suponga contacto con agentes biológicos, ha de adaptarse a

la aparición de nuevos riesgos así como a su evolución y debería repetirse periódicamente si fuera necesario.

### Vigilancia sanitaria

Vigilancia sanitaria adecuada, previa a la exposición y a intervalos regulares en lo sucesivo. Esta vigilancia sanitaria debe comprender, como mínimo, las siguientes medidas: un registro del historial médico y profesional del trabajador, la evaluación individualizada del estado de salud de los trabajadores y, cuando sea de aplicación, el control biológico y la detección de los efectos precoces y reversibles.

También deben ponerse a disposición de los trabajadores no inmunizados vacunas eficaces, informando a los mismos sobre las ventajas e inconvenientes tanto de la vacunación como de la no vacunación.

### Inmunización activa. Vacunación

En la prevención de las enfermedades transmisibles se puede actuar en tres puntos diferentes de la cadena epidemiológica: la fuente de infección, los mecanismos de transmisión y el individuo sano susceptible. Las actuaciones para proteger al individuo sano son la quimioprofilaxis, la inmunización pasiva y la inmunización activa (vacunación).

La palabra “vacunación” designa a los fenómenos de inmunización en los que se emplea una suspensión de agentes infecciosos o ciertas partes de ellos, llamada vacuna, para provocar una resistencia frente a una enfermedad infecciosa.

Las vacunas se pueden clasificar en función del agente infeccioso a partir del cual se han obtenido y frente a los cuales ofrecen protección, por ejemplo, vacunas víricas, bacterianas o protozoarias, o también según sea el sistema de eliminación de la patogenicidad: vacunas vivas y vacunas muertas o inactivadas. En el anexo XI se recogen las pautas de vacunación de diferentes enfermedades infecciosas.

Existen ciertas circunstancias o situaciones que pueden suponer un aumento del riesgo de reacciones adversas o una disminución de la eficacia de las vacunas. De manera general, la aplicación de vacunas está contraindicada en el transcurso de enfermedades infecciosas febres agudas y durante el correspondiente período de convalecencia, así como cuando existe algún tipo de enfermedad infecciosa crónica no tratada, por ejemplo, la tuberculosis. Otras enfermedades sistémicas crónicas (cardíacas, renales, diabetes, etc.) también presentan una contraindicación general para las vacunaciones, excepto en situaciones de descompensación aguda.

Debe tenerse también en cuenta que las vacunas que se producen en siste-

mas o substratos que contienen substancias potencialmente alergizantes, como por ejemplo en un huevo embrionado, pueden causar reacciones de hipersensibilidad en los individuos alérgicos, siempre y cuando la vacuna final contenga una cantidad significativa del alérgeno. Evidentemente, también aquellas vacunas que pueden contener conservantes o pequeñas cantidades de antibióticos tampoco se podrán administrar a individuos alérgicos a estos productos.

Las inmunodeficiencias primarias (congénitas) y las secundarias (adquiridas) pueden facilitar la multiplicación incontrolada del agente vacunal después de la administración de un vacuna viva atenuada.

Por último, ha de tenerse en cuenta que la administración reciente de inmunoglobulina, plasma o transfusiones de sangre puede interferir en la respuesta inmunitaria, especialmente en las vacunas vivas atenuadas, por lo que debe esperarse un tiempo prudencial para su administración.

Las indicaciones de vacunación en la población sanitaria son las mismas que para la población en general; sin embargo, la inmunidad frente a algunas enfermedades, como por ejemplo la rubeola, puede ser más importante para personas que trabajan en un hospital.

La decisión sobre qué vacunas deben incluirse en un programa de vacunación ha de contemplar el hecho de haber valorado previamente el riesgo, tanto desde el punto de vista del tipo de trabajo como desde el del agente biológico a que está expuesto dicho colectivo.

Las vacunaciones debe efectuarlas el personal sanitario del servicio de prevención, debiendo ser éste quien las supervise. Al mismo tiempo, ha de ser dicho servicio quien prescriba toda la vacunación preventiva frente a un riesgo profesional y aconsejar al personal expuesto sobre las ventajas de esta protección y las consecuencias de la ausencia de la inmunización.

### *Aspectos legales*

En España no existe ningún imperativo legal que obligue a vacunarse a los trabajadores expuestos a riesgos biológicos, aunque alguno de los colectivos expuestos lo lleva a cabo en base a ordenanzas particulares y convenios colectivos, como por ejemplo los trabajadores encargados de la limpieza municipal y el personal sanitario, entre otros.

En el Real Decreto 664/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se recogen las recomendaciones sobre la vacunación en ambientes laborales. Esta normativa incluye una lista de agentes biológicos patógenos para el hombre con indicación de cuándo los agentes pueden causar reacciones alérgicas o tóxicas, en qué casos es conveniente conservar durante más de diez años las listas de los trabajadores que han estado expuestos y cuándo una vacuna eficaz está disponible.

## Medidas de contención

Otras medidas especiales o más específicas, recogidas en el real decreto bajo el nombre de “medidas de contención” (ver anexo VIII), hacen referencia al trabajo en los laboratorios y en los locales destinados a los animales de experimentación. El grado de exigencia en su aplicación establece tres niveles de contención denominados 2, 3 ó 4, y son niveles que se corresponden a los grupos de riesgo establecidos para los diferentes microorganismos en función del riesgo de infección que éstos suponen para la persona, de modo que a aquellas actividades en las que se manipule un agente biológico clasificado, por ejemplo, en el grupo de riesgo tres, les corresponderá un nivel de contención 3. En general, cuando en un laboratorio exista la incertidumbre acerca de la presencia de agentes biológicos que puedan causar una enfermedad en el hombre, se debería adoptar, como mínimo, un nivel de contención 2.

Dado el amplio ámbito de aplicación del real decreto es casi obligado que las recomendaciones en ella incluidas sean de tipo general, por ejemplo: “se establecerán los procedimientos de trabajo adecuados...”, o “se aplicarán medidas seguras para...”, de modo que las recomendaciones específicas para los diferentes tipos de tareas que se realizan en un hospital deberán ser establecidas a partir del estudio de las operaciones que se realicen, del tipo de exposición y, por descontado, de la peligrosidad del agente biológico que se conozca que está o puede estar presente.

El trabajo de laboratorio es, junto con la atención a los pacientes, una de las actividades en las que existe mayor riesgo de contraer enfermedades originadas por la exposición a agentes biológicos; es también uno de los sectores más estudiados y sobre el que existe más información sobre los factores de riesgo que allí concurren y, por lo tanto, sobre las medidas de prevención aplicables.

La OMS, en su *Manual de bioseguridad en el laboratorio*, establece de forma más concreta las recomendaciones que se deben tener en cuenta para una práctica de trabajo segura. De la misma forma que en el real decreto, la OMS establece una clasificación de los agentes biológicos en grupos de riesgo y de los laboratorios, en niveles de contención, que en este caso se denominan: laboratorio básico, laboratorio de contención y laboratorio de contención máxima. Para cada uno de ellos establece el código práctico de trabajo, las normas de concepción e instalación del laboratorio, el material de bioseguridad, la vigilancia médica y sanitaria, la formación profesional, las normas de manipulación, transporte y envío de muestras, los procedimientos de emergencia y las instalaciones para los animales de experimentación.

En los anexos VII, XIV, XV, XVI y XVII se incluyen algunos de los aspectos mencionados más interesantes en materia de prevención.



## **10**

### **INFECCIONES NOSOCOMIALES**

#### **INTRODUCCIÓN**

Aunque en los centros sanitarios el riesgo de exposición a agentes biológicos originado por el contacto con los enfermos y sus excretas y fluidos biológicos en general, es sobradamente conocido por los profesionales del sector sanitario, también lo es que, durante años, se han considerado las enfermedades infecciosas que se transmiten de los pacientes a los profesionales sanitarios como un mal necesario o menor, mientras se extremaban las precauciones en el control de las enfermedades infecciosas que el personal sanitario podía transmitir a los pacientes.

Afortunadamente, a partir del último tercio del siglo XX se aprecia un cambio de actitud y un notable incremento de la actividad preventiva que se traduce en la elaboración de normas y códigos de buenas prácticas, ejemplos de los cuales es el Manual de Bioseguridad en el Laboratorio, editado por la OMS.

En el presente capítulo y como continuación del anterior, en el que se han descrito, de forma general, las características de la exposición a agentes biológicos y la metodología de evaluación de esas exposiciones, se comentan sucintamente las enfermedades infecciosas de origen laboral que más frecuentemente afectan al personal sanitario.

#### **TUBERCULOSIS**

Las micobacterias representan una gran familia de microorganismos con numerosas especies que pueden ser patógenas para el hombre y los animales. Estas especies están clasificadas en el grupo de riesgo 3 especificado en el R.D. 664/1997. Algunas especies, como la *Mycobacterium tuberculosis* y *M.*

*leprae*, son estrictamente patógenas para el hombre; otras como la *Mycobacterium bovis* y *M. avium*, además de ser patógenas para el hombre, también pueden serlo para los animales.

El reservorio de estos microorganismos puede ser humano o animal. En el primer caso, además de en las expectoraciones, también se encuentra en focos ganglionares, osteoarticulares, renales etc.; la inhalación de unas pocas unidades de los bacilos es suficiente para producir la enfermedad. La *Mycobacterium tuberculosis* se encuentra en las expectoraciones, mientras que la *Mycobacterium leprae* se encuentra en las lesiones cutáneas.

Por lo que hace referencia al reservorio animal, la *Mycobacterium bovis* se encuentra en la leche de las vacas y en las lesiones mamarias de los bovinos contaminados; la *M. avium* tiene el reservorio en los pájaros, mientras que la *M. tuberculosis* puede encontrarse en gatos, gorilas, perros y bovinos en general.

La transmisión entre humanos puede ser directa con un gran poder epidemiológico para *Mycobacterium tuberculosis* y *Mycobacterium africanum*, o bien indirecta, por mediación de secreciones de productos biológicos diversos (esputos, líquidos de punciones). La contaminación por aerosoles constituye un riesgo importante en el trabajo de laboratorio.

La contaminación de origen animal se produce por vía inhalatoria, al respirar *Mycobacterium bovis* expectorado por los bovinos enfermos, digestiva o a través de la piel y las mucosas.

Un método eficaz para combatir las infecciones causadas por estos agentes, además de la inmunización, es el uso de antibióticos, aunque la *M. africanum* es resistente a la tiacetona, empleada en el tratamiento habitual de la tuberculosis. Por lo tanto es aconsejable efectuar un antibiograma para verificar la sensibilidad de los bacilos a los antibióticos al iniciar el tratamiento. Existe vacuna para *M. tuberculosis*.

## HEPATITIS

### Hepatitis virales en general

La mayor parte de las hepatitis víricas están causadas por cinco virus no relacionados entre sí, denominados A, B, C, D y E; también se han descrito otros como el VHB2, F, X, aunque presentan una incidencia inferior.

Una vez identificadas las hepatitis A y B, a mediados de los años setenta se empezó a hablar de las hepatitis NoA-NoB. Con posterioridad, se hizo distinción entre las hepatitis NoA-NoB, de transmisión parenteral, y la hepatitis E, de transmisión enteral. Mientras tanto, se descubrió el virus D (delta), que depende para su multiplicación del virus B. El virus D está presente entre el 11% y el 18% de sus portadores e interviene agravando la infección de base. En 1989 se identificó el virus causante de las hepatitis NoA-NoB, al que se

denominó C. Sin embargo, parece que existen al menos dos variantes de hepatitis NoA-NoB de tipo parenteral. En definitiva, las hepatitis séricas están producidas por los virus B, C y D. Los virus B y C actúan con independencia, y ambos se asocian a la hepatitis crónica y al cáncer primitivo de hígado.

Los virus de las hepatitis provocan dos tipos de manifestaciones, hepáticas y extrahepáticas, entre las que destacan las articulares en un 30% de los casos y las cutáneas en un 20% de los casos. Ambas manifestaciones son debidas a la agresividad inmunológica del virus y no a una acción de lisis directa sobre las células hepáticas.

La penetración del virus en un organismo induce la secreción de anticuerpos y la estimulación de células inmunitarias (los linfocitos T). La primera reacción es la responsable de las lesiones extrahepáticas (reacción antígeno-anticuerpo), mientras que los linfocitos T reaccionan con las células hepáticas provocando su destrucción. La ictericia es variable y depende del estado de necrosis.

### **Hepatitis A**

Es una enfermedad inflamatoria hepatocelular difusa de evolución benigna causada por el virus de la hepatitis A (VHA). El período de incubación es de 15 a 20 días, durante el cual el virus se elimina por las heces, lo que en general deja de ocurrir a los pocos días de comenzar la sintomatología clínica.

La transmisión se realiza por vía fecal-oral de persona a persona, o bien por brotes originados por bebidas o alimentos contaminados, no existiendo portadores crónicos del virus y, por tanto, sólo los pacientes con infección aguda, icterica o anictérica pueden transmitir la enfermedad. La recuperación se relaciona con una inmunidad permanente.

Uno de los colectivos que presentan un mayor grado de riesgo es el personal de laboratorios donde se trabaja con muestras contaminadas. Debe tenerse especial precaución en la manipulación de heces o material contaminado por las mismas.

En la actualidad se dispone de vacuna y, en consecuencia, el nivel de contención asignado es el 2.

### **Hepatitis B (hepatitis sérica)**

Se trata de una enfermedad inflamatoria hepatocelular difusa producida por el virus de la hepatitis B (VHB), pudiendo cursar como enfermedad aguda, crónica e incluso como estado de portador susceptible de transmitirla. La gravedad de la enfermedad va desde casos inaparentes hasta los casos que provocan la muerte por necrosis hepática.

El período de incubación es de 8 a 25 semanas. El reservorio lo constituye

fundamentalmente el hombre enfermo, el portador sano y, algunas veces, el chimpancé. Generalmente, se transmite por inoculación percutánea de sangre, suero, trombina, fibrinógeno, hematíes y otros productos hemáticos de una persona infectada. También puede transmitirse por vía sexual y transplacentaria.

La viscosidad y la composición de la sangre no la hacen muy propicia a la formación de aerosoles. En cambio, en los laboratorios, donde a menudo se manipulan plasma, suero o sus soluciones diluidas o acuosas, la formación de aerosoles es más probable, por lo que el riesgo de exposición a este agente es más importante.

El virus de la hepatitis B tiene un antígeno de superficie HBsAg (Antígeno Australia), que puede ser detectado en el suero y que persiste en las infecciones crónicas. Su distribución es mundial y dada la presencia del virus en la sangre y otros productos biológicos, el riesgo es mucho mayor para quienes están expuestos al manejo frecuente de sangre y derivados que para los que mantienen contacto con pacientes.

Los profesionales más expuestos son el personal de laboratorio, bancos de sangre, servicios quirúrgicos y de urgencias. La infección se suele contraer en los primeros años de vida laboral, pero se mantiene la exposición durante toda ella.

El virus es muy resistente fuera del organismo ya que es capaz de sobrevivir 10 horas a una exposición al calor de unos 60 °C. Diversos estudios han demostrado su resistencia al aire libre durante varias semanas, así como su resistencia a ciertos antisépticos, a una ebullición breve y al alcohol al 70%; sin embargo, es muy sensible a una solución de hipoclorito sódico al 10% como se especifica en el capítulo de desinfección y descontaminación.

Unos buenos mecanismos de control son una adecuada organización preventiva en los bancos de sangre y la vacunación a todo el personal de riesgo. La vacuna es efectiva en un 95% de los casos y el nivel de contención asignado para la manipulación de este agente es el 3.

## Hepatitis C

En 1989 se comunicó la clonación del genoma de un virus responsable de hepatitis NoA-NoB de transmisión parenteral, el virus C (VHC). Se trataba de un virus estructuralmente muy diferente del virus de la hepatitis B. El VHC es un virus de ARN (ácido ribonucleico), recubierto de una envuelta lipídica y similar a los flavovirus.

La clínica de las hepatitis de transmisión parenteral se superpone similar a la de las hepatitis B, las personas más afectadas son los toxicómanos o los transfundidos, pero las formas asintomáticas son las más frecuentes. El diagnóstico a menudo se efectúa sobre una fluctuación de las transaminasas. Del

1 al 3% de individuos a los que se ha realizado una transfusión de sangre son portadores crónicos, constituyendo alrededor de un 2% de la población en general. El hecho más remarcable es igualmente el paso a la cronicidad, alrededor del 40% de las hepatitis NoA-NoB, y de la complicación cirrótica, aproximadamente un 10% de los casos. Actualmente se dispone de pruebas serológicas que permiten detectar la presencia de anticuerpos frente al VHC en sangre.

El reservorio del virus es humano; el 80% de los toxicómanos por vía venosa son portadores. En la población general representa que de un 0,7 a un 1% de los individuos son portadores y el 5% de las transfusiones que se realizan son contaminantes.

La transmisión del virus de la hepatitis C se realiza de forma parecida al virus de la hepatitis B. También se conoce que hay otros virus NoA-NoB que están presentes en el conjunto de muestras biológicas.

En la actualidad no existe vacuna. El tratamiento con interferón es eficaz en unas dos terceras partes de los casos y se recomienda una profilaxis por globulinas anti-HBs, o por poliglobulinas para el personal expuesto.

Todas las muestras de origen humano deben considerarse como infectantes por los virus de las hepatitis y deben ser manipuladas en un nivel de contención de tipo 3.

## **Hepatitis D**

La infección se produce como una sobreinfección en los pacientes portadores del virus de la hepatitis B. Su transmisión se efectúa por los mismos mecanismos que los del virus de la hepatitis B, debido a que el virus de la hepatitis D se encuentra muy ligado a aquél. El reservorio fundamental lo constituyen los pacientes que han desarrollado una infección crónica por el virus D, ya que, por estar producida por un virus “defectuoso”, sólo puede producirse en las personas con AgHBs positivo.

No existe inmunización, ni activa ni pasiva, específica frente al virus de la hepatitis D, aunque la inmunización activa empleada frente al virus de la hepatitis B es eficaz frente al de la hepatitis D. Por las mismas razones, el nivel de contención asignado es clase 3.

## **VIRUS DE INMUNODEFICIENCIA HUMANA (VIH)**

El VIH es un retrovirus, es decir, un virus que tiene la capacidad de sintetizar ADN (ácido desoxirribonucleico) a partir del ARN, gracias a un enzima denominado transcriptasa inversa; por esto, el VIH puede hacer copias de su genoma como ADN en las células huésped, el ADN vírico queda integrado en el genoma de estas células y se replica con ellas. La integración del genoma

VIH en las células huésped constituye un obstáculo considerable para el desarrollo de un agente antivírico que pueda detener la infección.

En enero de 1990, el *Center for Disease Control* (CDC) de Atlanta define la exposición ocupacional como aquella que ocurre en el puesto de trabajo, durante la jornada laboral e implica riesgo de infección por el VIH, ya esté originada por lesión percutánea o por contacto de la piel y las mucosas con sangre, otros fluidos biológicos o tejidos corporales, entre los que destacan: semen, secreciones vaginales u otros fluidos corporales visiblemente contaminados con sangre (infectividad demostrada), líquido cefalorraquídeo, sinovial, pleural, peritoneal, pericárdico y amniótico (riesgo no determinado) y todo tipo de especímenes de laboratorio que contengan el virus.

El virus es sensible al calor y a determinados desinfectantes químicos, mientras que los procedimientos físicos son poco eficaces para su eliminación.

El nivel de contención recomendable es, en general, de clase 3. Cuando se trate de muestras no concentradas, la manipulación puede hacerse en un nivel de contención clase 2; por contra, los cultivos celulares de VIH y los preparados concentrados o purificados deberán hacerse en un nivel de contención de clase 3.

## OTRAS ENFERMEDADES NOSOCOMIALES

### Gastroenteritis infecciosas

Varios son los agentes biológicos que pueden ser la causa de brotes de diarrea aguda entre los pacientes y el personal de un hospital. Entre las bacterias entéricas patógenas más frecuentes se encuentran las especies de *Salmonella*, *Shigella* y *Campylobacter*. La infección por estos agentes puede producir una sintomatología suave, pero a menudo va acompañada por otros síntomas más graves como calambres abdominales, fiebre y diarrea sanguinolenta.

También son causa frecuente de diarreas algunos protozoos como *Giardia lamblia*, entre otros. La mayor parte de estos agentes pueden ser transmitidos nosocomialmente a través de las manos de personal infectado.

La existencia de personas portadoras de patógenos entéricos puede persistir después de haberse solucionado el brote agudo. Es recomendable el tratamiento con un antibiótico adecuado para erradicar la transmisión por vía fecal de *Shigella* o *Campylobacter*. Los portadores de *Salmonella* merecen especial cuidado porque las secuelas clínicas son, a menudo, muy graves en pacientes de alto riesgo, como son los recién nacidos, los ancianos, los pacientes inmunodeprimidos y los enfermos graves que se encuentran en cuidados intensivos. Una terapia larga con antibióticos no es muy conveniente porque puede prolongar la eliminación fecal de *Salmonella* y conducir a la aparición de cepas resistentes. Así, el personal portador convaleciente de una gastroen-

teritis causada por *Salmonella* deberá tomar precauciones en sus contactos con pacientes de alto riesgo. En general, la higiene personal, en especial el lavado de manos del personal sanitario antes y después del contacto con los pacientes, minimizará el riesgo de transmisión de patógenos entéricos a los pacientes.

Los brotes de gastroenteritis por *Escherichia coli* se presentan en los departamentos de pediatría, afectando a recién nacidos y niños de corta edad, pudiendo el personal sanitario convertirse en portadores asintomáticos.

Los brotes de *Shigella* son muy raros en los hospitales, siendo su frecuencia mayor en centros asistenciales para disminuidos psíquicos, en donde las condiciones de higiene pueden ser más deficientes. La dosis infectiva para este agente es inferior a 1000 gérmenes, de modo que el riesgo de que ocurra una disentería bacilar es alto.

Otros gérmenes pueden causar brotes de gastroenteritis, entre ellos destacan *Yersinia enterocolítica* y adenovirus.

### **Virus del herpes simple (VHS)**

Los virus del herpes conforman una familia de virus de estructura similar (*Herpetoviridae*). Son virus ADN que se multiplican en el núcleo celular y se caracterizan por su atracción por las células ectodérmicas y por producir infecciones latentes y recidivantes.

El virus del herpes simple tiene dos variantes inmunológicas principales, los tipos 1 y 2, con características epidemiológicas y de distribución corporal claramente diferenciadas. El tipo 1 afecta generalmente a la boca y los ojos y se transmite por secreciones orales y respiratorias, el tipo 2 se encuentra en lesiones genitales y anales y se transmite por contacto sexual.

Estos virus se mantienen latentes en el ganglio nervioso sensitivo adyacente al lugar de la enfermedad primaria, siendo las recurrencias similares a la enfermedad inicial (gingiviestomatitis, herpes labial, queratitis herpética). Estas recurrencias pueden ser inducidas por diversos estímulos como el calor, el frío, la luz solar, las reacciones de hipersensibilidad, las hormonas hipofisarias y adrenales y por los trastornos emocionales.

El hombre es el único huésped y fuente de infección conocida del virus, siendo el mecanismo habitual de transmisión el contacto directo de persona a persona, aunque puede transmitirse también por objetos recién contaminados como pueden ser vasos, cubiertos, etc.

#### *Transmisión de VHS de los pacientes al personal*

La principal vía de propagación del virus del herpes simple entre el personal y los pacientes de hospital es por contacto con las lesiones, ya sean éstas primarias o recurrentes, o con las secreciones o fluidos que contengan el vi-

rus, tales como saliva, secreciones vaginales o líquido amniótico infectado, sin que necesariamente existan lesiones aparentes.

La entrada del virus al organismo ocurre a través de pequeñas heridas o abrasiones de la piel que no están recubiertas. La infección de los dedos se denomina paroniquia o panadizo periungular, es una infección poco habitual en la población general pero que ocurre con cierta frecuencia entre el personal sanitario, sobre todo en aquellos que trabajan en unidades de cuidados intensivos, anestesia y odontología y, en menor grado, en los que están en contacto con secreciones genitales, lesiones cutáneas y mucosas. Dentro de este colectivo el grupo de mayor riesgo es el personal más joven que todavía no ha desarrollado anticuerpos.

Para evitar este tipo de infecciones el personal debe protegerse adoptando las medidas siguientes: evitar el contacto directo con las lesiones, utilizar guantes en ambas manos para cualquier contacto con secreciones orales o vaginales y lavarse escrupulosamente las manos después del contacto con el paciente.

#### *Transmisión de VHS del personal a los pacientes*

El personal sanitario afectado de panadizos herpéticos tiene muchas probabilidades de transmitir la infección por contacto con pacientes susceptibles por lo que no debe trabajar cuando la infección en las manos está en su fase activa.

No hay una evidencia clara de que el personal sanitario con infecciones genitales o con infecciones orales constituya un riesgo para los pacientes, sin embargo, y como medida preventiva, se puede reducir el riesgo de transmitir la infección mediante la aplicación de medidas higiénicas tales como: utilizar barreras adecuadas, como mascarillas o apósitos de gasa, para prevenir el contacto, lavarse las manos antes del cuidado de los pacientes y separar al trabajador infectado del cuidado de los pacientes, sobre todo de los que presentan mayor riesgo (recién nacidos, pacientes con desnutrición, pacientes con quemaduras graves y pacientes inmunodeprimidos).

#### **Infecciones estafilocócicas**

Una de las infecciones más frecuentes en el hombre son las infecciones estafilocócicas que causan lesiones en la piel (*Staphylococcus aureus*). Existen dos fuentes contaminantes en la transmisión de la infección nosocomial, las personas que presentan una lesión y el portador asintomático. Las personas con lesiones en la piel son las que con más probabilidad pueden propagar esta infección. La principal vía de transmisión es el contacto directo. Una forma de disminuir la propagación de *Staphylococcus* es apartar del cuidado de pacientes al personal sanitario con infecciones en la piel causadas por este microorganismo hasta que esta infección se haya curado.

Los cultivos de control realizados al personal sanitario son pruebas útiles para detectar los portadores asintomáticos de *S. aureus*, pero no indica, de forma clara, cuál de ellos es el probable propagador del microorganismo. La actuación más eficaz es mantener un control que permita identificar lo más rápidamente posible las infecciones estafilocócicas entre el personal sanitario y los pacientes.

Si existen indicios epidemiológicos de que hay individuos que pueden diseminar la infección, se les debería hacer cultivos microbiológicos y, si el resultado es positivo, deberían ser separados del cuidado directo de los pacientes hasta que dejen de ser portadores.

### **Infecciones estreptocócicas**

Algunos de los reservorios responsables de la transmisión nosocomial de infecciones causadas por *Streptococcus* del grupo A se encuentran en la faringe, la piel, el recto y el tracto genital femenino. La principal vía de transmisión es el contacto directo con las gotículas aunque también se debe considerar la posibilidad de contagio por vía aérea, por la inhalación de gotículas dispersadas en el medio ambiente.

Las infecciones de la piel y de la faringe son las más comunes entre las producidas por *Streptococcus* grupo A; con una incidencia menor pero más preocupantes son las infecciones producidas por este microorganismo en intervenciones quirúrgicas, por lo que la aparición de casos debe conducir a la búsqueda rápida del portador. Si hay personas sospechosas de transmitir la infección, se deberían hacer cultivos microbiológicos y, si el resultado es positivo, se debería actuar como se ha indicado en el apartado anterior, es decir, apartando del cuidado de los pacientes a las personas portadoras.

Las infecciones causadas por *Streptococcus* del grupo B tienen una importancia menor en la transmisión de las infecciones nosocomiales. No obstante, en los casos ocurridos en niños, las manos de sus cuidadores han sido el modo de transmisión más frecuente, por lo que está especialmente recomendada una estricta higiene personal. La epidemiología de infecciones estreptocócicas grupo B en los recién nacidos demuestra que la transmisión se produce a través de la madre.

### **Virus de la Varicela Zoster (VZ)**

El riesgo de padecer varicela para el personal sanitario es pequeño, puesto que las personas adultas son menos susceptibles, pero aquellos que enferman pueden padecer más complicaciones, la encefalitis y sobre todo la neumonía son las complicaciones más frecuentes en personas mayores de 20 años.

Las lesiones de las vías respiratorias altas (varicela) y las cutáneas (varicela y zoster) de los pacientes infectados constituyen los principales focos del virus

VZ. El virus ha sido aislado únicamente a partir de pacientes con infecciones agudas de varicela o zoster y los portadores asintomáticos revisten poca importancia como reservorio.

Una medida preventiva adecuada para reducir el riesgo de transmisión al personal sanitario consiste en el aislamiento de los pacientes de los que se conoce o se sospecha que padecen una varicela o un zoster.

### **Infecciones por citomegalovirus (CMV)**

La infección por citomegalovirus puede presentarse en forma de enfermedad leve, con síntomas parecidos a los de la mononucleosis, la hepatitis o la neumonía intersticial. Al igual que la rubéola, el riesgo real y más grave recae sobre el feto de una mujer infectada en los primeros meses de embarazo.

Los CMV son la causa más común de las infecciones congénitas en el hombre. El personal sanitario puede estar expuesto a pacientes infectados con CMV, pero el riesgo de adquirir esta infección es pequeño.

Existen dos reservorios principales de CMV en un hospital, los niños infectados con CMV y los pacientes inmunodeprimidos debido a tratamientos oncológicos o los transplantados. Los datos de que se dispone parecen mostrar que no hay un riesgo de transmisión de CMV mayor para el personal que trabaja en unidades de diálisis, oncología o pediatría que para el personal que no tiene contacto con estos pacientes.

No está perfectamente establecido el mecanismo de transmisión, aunque parece ser que se adquiere por contacto íntimo y directo con una persona infectada o con secreciones contaminadas. Estos virus pueden encontrarse en la orina, la saliva, las secreciones respiratorias, las lágrimas, las heces, la leche materna, el semen y las secreciones cervicales.

A pesar de no haberse demostrado plenamente el calificativo de nosocomial para las infecciones causadas por CMV, existe teóricamente la posibilidad de que el personal sanitario femenino susceptible pueda adquirir la infección por exposición a niños infectados que excretan virus por la orina o el tracto respiratorio. Por tanto, es recomendable adoptar medidas preventivas.

La más importante es determinar la situación inmune de las mujeres que estén o puedan estar embarazadas. Los tests serológicos rutinarios no están aconsejados ya que los resultados que se obtienen son difíciles de interpretar; no obstante, es conveniente que las gestantes seronegativas no atiendan a los niños infectados o en los que se sospeche la infección por CMV; estos niños deberían ser alojados en habitaciones o en cubículos separados.

Una de las formas de mantener el riesgo de adquirir la infección en nivel bajo consiste en aplicar estrictas medidas de higiene personal entre las que se pueden destacar: el lavado de las manos tras el contacto con secreciones contaminadas o evitar besar a los niños de los que se sospecha que pueden padecer la infección.

No es necesario apartar del trabajo a las personas que han contraído la infección, aunque sí es precisa una estricta higiene personal para minimizar la diseminación de la enfermedad entre los pacientes susceptibles o el resto del personal sanitario.

### **Infección meningocócica**

La transmisión nosocomial de *Neisseria meningitidis* al personal sanitario al cuidado de enfermos con meningitis meningocócica es poco frecuente. Puede producirse en el contacto directo con personas o con secreciones infec-tadas.

Las personas dedicadas al cuidado de pacientes afectados de meningitis neumocócica deberán utilizar la adecuada protección para disminuir el riesgo de infección.

### **Tos ferina**

La infección y morbilidad por tos ferina es poco corriente en adultos. Estas infecciones se presentan como infecciones subclínicas o no reconocidas clínicamente. La vacunación no está recomendada para personas mayores de 6 años debido al incremento de reacciones adversas que pueden ocurrir a partir de esta edad.

El personal sanitario dedicado a la pediatría es el colectivo más expuesto, aunque el riesgo de infección no es suficientemente grave como para justifi-car la vacunación sistemática. El personal con síntomas de infección debe ser separado de su trabajo hasta que se inicie el tratamiento con el antibiótico adecuado.

### **Gripe**

Durante la estación invernal es inevitable que el virus de la gripe se intro-duzca en los centros sanitarios a través del personal, de los pacientes o de sus acompañantes. Aunque el personal puede ser una fuente de exposición para los enfermos, éstos pueden exponer a dicho personal a un contacto con una mayor diversidad de cepas, superior a la que tendría lugar fuera de su ámbito de trabajo.

Cada centro hospitalario será el encargado de proponer la adecuada vacu-nación anti-gripal para sus trabajadores.

### **Sarna**

La sarna es un enfermedad causada por la infestación del ácaro *Sarcoptes*. La transmisión de la sarna al personal sanitario puede ocurrir en operaciones

tales como: la higiene de los pacientes y la aplicación de lociones corporales a pacientes infectados con sarna. Se recomienda tratamiento adecuado para el personal con infestación activa.

El riesgo de transmisión disminuye cuando se adoptan las precauciones adecuadas al tratar a pacientes infectados.

# **11**

## **GESTIÓN DE RESIDUOS SANITARIOS**

### **INTRODUCCIÓN**

El concepto general de “residuo”, como todo aquel material que el usuario considera destinado al abandono, es también aplicable a los residuos generados por la actividad sanitaria: los residuos sanitarios.

Aunque, como se verá más adelante, los residuos sanitarios se clasifican en cuatro grupos, en realidad, se puede establecer una clasificación previa: los que se caracterizan por su contaminación biológica (infecciosos) y los que no la presentan. Los primeros se llaman “residuos biosanitarios”, mientras que los otros pueden agruparse en “asimilables a urbanos” y “no asimilables a urbanos” o peligrosos.

El objetivo de este capítulo es presentar un modelo de gestión de residuos que abarque todos ellos, puesto que esta es la filosofía de la reglamentación existente en muchas comunidades autónomas y la experiencia demuestra que su correcta gestión global disminuye el riesgo para la salud de los trabajadores sanitarios, el público en general y el medio ambiente.

Los residuos sanitarios han sido los principales afectados por el uso abusivo del material desechable (de un solo uso) que ha tenido lugar durante los últimos años en nuestra sociedad, generándose un aumento espectacular en su volumen. Dado que el punto de partida de toda política de gestión de residuos es su minimización, la primera recomendación será que el uso de material desechable debe reducirse a aquellos casos en que sea imprescindible.

La solución que se emplea tradicionalmente en los hospitales para la eliminación de los residuos sanitarios, y especialmente los biosanitarios, ha sido la incineración en el propio centro. Sin embargo, los residuos tratados forman

un conjunto cada vez más heterogéneo y con mayor proporción de materiales a base de polímeros clorados; este hecho hace que muchas de las incineradoras instaladas no sean adecuadas ya que no consiguen respetar los límites establecidos de emisión de gases, cada vez más estrictos. Para cumplir estos límites es necesario instalar incineradoras de tecnología avanzada, dotadas de un horno específico y de un sistema de lavado de gases de alta eficiencia. En estas condiciones, una incineradora de residuos sanitarios se convierte en una instalación técnicamente muy sofisticada que requiere una explotación, un mantenimiento y unas medidas de control altamente especializadas, difícilmente abordables por un centro sanitario. Por estos motivos, en algunos países, la mayor parte de las incineradoras instaladas dentro de los hospitales han sido clausuradas.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que la descontaminación y la eliminación de los residuos biosanitarios son operaciones íntimamente relacionadas, ya que, por ejemplo, la desinfección o la esterilización constituyen la primera fase de la eliminación. Todos los materiales y elementos de un equipo han de eliminarse con el tiempo; sin embargo, en el trabajo cotidiano sólo es necesario eliminar o destruir cierta proporción de los mismos, el resto se reutiliza, como ocurre con el material de vidrio, el instrumental y la ropa de trabajo. Por esta razón, en muchos casos, el concepto de “eliminación” se interpreta en el sentido más amplio, en vez de hacerlo restrictivamente como proceso destructivo.

Por lo que se refiere a los residuos no biosanitarios no asimilables a urbanos, también debe señalarse que, dadas las características de la mayor parte de los residuos químicos no radiactivos generados en una instalación sanitaria (gran variedad, elevada peligrosidad y escaso volumen), les es aplicable la política de gestión característica de los residuos de los laboratorios (residuos peligrosos en pequeña cantidad).

## CLASIFICACIÓN

La gestión de residuos sanitarios está regulada en la mayor parte de las comunidades autónomas, a nivel normativo o a modo de guías, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes sobre residuos. En ellas se establece un programa de recogida selectiva de los residuos basado en su clasificación en diversos grupos, atendiendo a la peligrosidad intrínseca y al carácter infeccioso de los mismos.

Los residuos generados por actividades sanitarias, generalmente, se clasifican en: residuos sanitarios asimilables a residuos municipales o de tipo I, residuos sanitarios no específicos o de tipo II, residuos sanitarios específicos o de tipo III, residuos tipificados en normativas singulares o de tipo IV.

## Residuos sanitarios asimilables a residuos municipales o de tipo I

Son los que no plantean exigencias especiales en su gestión. Estos residuos incluyen cartón, papel, material de oficinas y despachos, cocinas, bares y comedores, talleres, jardinería y residuos procedentes de pacientes no infecciosos, no incluidos en los grupos II y III.

## Residuos sanitarios no específicos o de tipo II

Son residuos sobre los cuales se han de observar medidas de prevención en la manipulación, la recogida, el almacenamiento y el transporte, únicamente en el ámbito del centro sanitario. Estos residuos incluyen material de curas, yesos, ropa y material de un sólo uso contaminados con sangre, secreciones y/o excreciones, todos ellos no englobados dentro de los residuos clasificados como residuos sanitarios específicos.

## Residuos sanitarios específicos o de tipo III

Son residuos sobre los cuales se han de observar medidas de prevención en la manipulación, la recogida, el almacenamiento, el transporte, el tratamiento y la eliminación, tanto dentro como fuera del centro generador, ya que pueden representar un riesgo para la salud laboral y pública.

Los residuos sanitarios específicos de riesgo se pueden clasificar en las 7 categorías siguientes.

### *1. Residuos sanitarios o infecciosos.*

Son los capaces de transmitir alguna de las enfermedades infecciosas que figuran en la figura 1.

Las disposiciones legales de diversas comunidades autónomas incluyen la relación de enfermedades transmisibles incluidas en la figura 1. Se trata de una lista indicativa sometida a revisiones de acuerdo con la evolución de los conocimientos epidemiológicos y de los avances técnicos.

INFECCIONES (residuos contaminados con)
Cólera (heces)
Fiebres hemorrágicas causadas por virus (todos)
Brucelosis (pus)
Difteria faríngea (secreciones respiratorias)
Difteria cutánea (secreciones de lesiones cutáneas)
Meningitis, encefalitis (heces)
Fiebre Q (secreciones respiratorias)
Muermo
Tuberculosis activa (secreciones respiratorias)
Hepatitis vírica
Tularemia pulmonar (secreciones respiratorias)
Tularemia cutánea (pus)
Tifus abdominal (heces)
Lepra
Ántrax cutáneo (pus)
Ántrax inhalado (secreciones respiratorias)
Fiebre paratifoidea A, B y C
Peste bubónica (pus)
Peste neumónica (secreciones respiratorias)
Poliomielitis
Disentería bacteriana
Rabia (secreciones respiratorias)
Sida

Figura 1. - Lista de enfermedades infecciosas

En la práctica, el riesgo potencial más elevado se centra en enfermedades de escasa frecuencia entre nuestra población. Entre éstas cabe destacar: el ántrax, el muermo, las producidas por virus del grupo de las fiebres hemorrágicas africanas (enfermedad de Marburg, la fiebre hemorrágica de Ébola y la fiebre de Lassa) y las enfermedades lentas producidas por agentes no convencionales como la de Creutzfeld-Jacob.

*2. Agujas y material punzante y cortante.*

Cualquier objeto punzante o cortante utilizado en la actividad sanitaria, independientemente de su origen. Se trata fundamentalmente de agujas, pipetas, hojas de bisturí, portaobjetos, cubreobjetos, capilares y tubos de vidrio.

*3. Cultivos y reservas de agentes infecciosos.*

Residuos de la actividad analítica o de la experimentación microbiológica, como reservas de agentes infecciosos, cultivos de los mismos y material que haya estado en contacto con ellos y se considere un residuo: placas petri, hemocultivos, extractos líquidos, caldos, instrumental contaminado, etc. Las elevadas concentraciones de agentes infecciosos que se alcanzan en estos residuos no se encuentran en los residuos municipales.

*4. Residuos de animales infecciosos.*

Cadáveres, partes del cuerpo y otros residuos anatómicos, camas de estabularios y otro material contaminado, procedentes de animales que se hayan inoculado con los agentes infecciosos indicados en la figura 1. Debe tenerse en cuenta que la mayor parte de los animales de experimentación no requieren ser previamente infectados, por ejemplo, los que se emplean para realizar pruebas quirúrgicas, y, en consecuencia, los residuos asociados a ellos no han de ser catalogados como residuos sanitarios específicos. Por lo tanto, esta categoría tiene una incidencia baja en la generación total de residuos sanitarios específicos.

*5. Vacunas vivas y atenuadas.*

Restos de los medicamentos, no incluyéndose materiales de un solo uso con restos del medicamento.

*6. Sangre y hemoderivados en forma líquida.*

Sangre, hemoderivados, u otros líquidos biológicos contenidos en un recipiente. Se trata siempre de líquidos, en ningún caso de materiales manchados o que hayan absorbido estos líquidos.

*7. Residuos anatómicos.*

Cualquier resto anatómico humano que se pueda reconocer como tal, no incluyéndose restos anatómicos con entidad.

Las cinco primeras categorías corresponden, en orden decreciente, al riesgo de infección asociado al residuo. Las categorías 6 y 7 responden a criterios de operabilidad, éticos y estéticos. El grupo 7 es obvio, mientras que el 6 se justifica por el hecho de que los sistemas municipales de recogida de residuos (camiones, contenedores, bolsas de basura, etc.), no están diseñados para recibir grandes cantidades de líquidos biológicos.

### **Residuos tipificados en normativas singulares o de tipo IV**

Son los residuos cuya gestión está sujeta a requerimientos especiales desde el punto de vista higiénico y medioambiental, tanto dentro como fuera del centro generador. Estos residuos incluyen:

*Residuos citostáticos.* Restos de medicamentos antineoplásicos no aptos para el uso terapéutico y todo el material de un sólo uso que haya estado en contacto con estos fármacos. Por su peligrosidad, importancia cuantitativa y especificidad sanitaria, los residuos citostáticos destacan en el grupo de los residuos químicos que se pueden generar en una actividad sanitaria.

*Residuos químicos.* Productos químicos o residuos contaminados con ellos que les dan el carácter de residuo químico. Incluyen todos los productos químicos de uso en laboratorios, limpieza, mantenimiento, residuos conteniendo metales pesados, aceites minerales y sintéticos y medicamentos caducados. Téngase en cuenta también que, según el material retenido, muchos filtros usados pueden encontrarse en esta categoría.

*Residuos radiactivos:* Restos de sustancias radiactivas o material contaminado con ellas. Su recogida y eliminación es competencia exclusiva de ENRESA (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.).

*Restos anatómicos humanos con entidad:* Cadáveres y restos humanos con entidad suficiente, procedentes de abortos, mutilaciones u operaciones quirúrgicas. Su gestión está regulada por el Reglamento de Policía Sanitaria Mortuoria (Decreto 2263/74, Ministerio de Gobernación, BOE de 17.8.1974) y han de eliminarse por inhumación o incineración.

## **GESTIÓN DE LOS RESIDUOS ASIMILABLES A MUNICIPALES. GRUPO I**

La gestión de estos residuos debe diseñarse dentro del plan general de gestión de residuos del hospital y llevarse a cabo siguiendo los criterios habituales de clasificación, que pueden presentar diferencias en función de las políticas locales de recogida de residuos urbanos. En principio pueden establecerse los grupos siguientes: escombros (procedentes de obras), vidrio (puede requerirse su clasificación en tres grupos, según colores), papel (siempre doblado, nunca arrugado), cartón, metales, plásticos (incluyendo o no los envases tipo *tetrabreak*) y basura orgánica general.

## GESTIÓN DE LOS RESIDUOS BIOSANITARIOS. GRUPOS II Y III

### Origen, clasificación y riesgos

Los residuos biosanitarios incluyen a los de los grupos II y III. La primera cuestión técnica a dilucidar es qué residuos biológicamente contaminados corresponden al grupo III (específicos) y cuáles al grupo II (no específicos). En principio la clasificación parece sencilla, ya que los residuos sanitarios no específicos se definen por exclusión: cualquier residuo, proveniente de una actividad sanitaria, que haya estado en contacto con fluidos corporales y que no quede incluido en la definición del grupo III.

En este sentido debe insistirse en la necesidad de enfocar el problema desde el punto de vista estrictamente científico, valorando la existencia del riesgo real asociado al residuo, y el riesgo percibido en función de las características e impacto social de la enfermedad contagiosa. Según la información disponible, entre un 1% y un 5% del total de los residuos biosanitarios han de considerarse específicos (grupo III), distribuyéndose su procedencia según se indica en la tabla 1.

Para que un residuo biosanitario pueda ser causa de infección deben darse simultáneamente las condiciones siguientes: presencia del agente infeccioso, reservorio, puerta de salida, puerta de entrada adecuada a las vías de contagio del germe en el organismo humano, dosis infectiva y presencia de un huésped susceptible.

Cuando se trata de patógenos primarios, es decir, los capaces de infectar y causar una enfermedad al huésped inmunológicamente indemne, la presencia de una puerta de entrada adecuada es, con diferencia, el factor más limitante

Servicios	Categorías (ver grupo III)	Porcentaje
Hospitalización de pacientes infecciosos	1, 2, 6	4%
Laboratorio de microbiología	2, 3, 4	21%
Laboratorio de hematología y bioquímica	2, 6	34%
Laboratorio del banco de sangre	2, 6	11%
Laboratorio de anatomía patológica	2, 7	5%
Quirófanos y salas de partos	1, 2, 6, 7	7%
Resto de servicios	2, 5, 6	18%
(*) tomado de la Guía de Gestió Intracentre de Residus Sanitaris		

Tabla 1.- Procedencia y cuantificación relativa de los residuos sanitarios específicos en un hospital general de agudos (\*)

en el proceso de infección. De ahí que los objetos cortantes o punzantes sean los que presentan un mayor riesgo relativo ya que ellos mismos pueden crear la puerta de entrada. Téngase en cuenta, sin embargo, que la infección no comporta siempre el desarrollo de la enfermedad.

Cuando se trata de gérmenes oportunistas, o capaces de infectar solamente a un huésped inmunodeprimido, la presencia de un huésped susceptible es el factor limitante. Según datos disponibles, la concentración de gérmenes oportunistas en los residuos biosanitarios es claramente inferior a la de los residuos municipales para todo tipo de gérmenes.

Los residuos específicos presentan fundamentalmente un riesgo por exposición directa, en especial los punzantes y cortantes, ya que, como se ha comentado antes, ellos mismos generan la puerta de entrada mediante la herida que su contacto puede causar. Los datos disponibles indican que el personal sanitario y de limpieza es el más expuesto, siendo todos los accidentes descritos con residuos causados por este tipo de material y siempre en el interior de centros sanitarios.

Los residuos no específicos presentan en general un potencial patógeno inferior a los residuos municipales, por lo que, extracentro, no tiene sentido tomar medidas diferentes a las que se toman para la gestión de aquellos. Dentro del centro, sin embargo, son una reserva importante de gérmenes oportunistas que, a través de un vector adecuado, por ejemplo, la superficie corporal del personal sanitario, pueden afectar a los pacientes y trabajadores inmunodeprimidos. También en este caso, el personal más expuesto es el sanitario y el de limpieza, con un riesgo más elevado que el correspondiente a los trabajadores de recogida de basuras municipales (urbanas). Su gestión intracentro debe tratarse como un problema de prevención laboral, extremando las precauciones en el interior del centro. Extracentro, se pueden eliminar como residuos municipales.

El riesgo medioambiental de los residuos específicos y no específicos es prácticamente inexistente, ligado en el caso de los no específicos a las enfermedades no endémicas del país.

## **Recogida**

El primer paso a seguir en el tratamiento de los residuos biosanitarios es su clasificación, de modo que no se depositarán en un mismo recipiente residuos de tipos diferentes. Respetando la clasificación establecida, se conseguirá minimizar la cantidad de residuos.

Al mismo tiempo, la recogida deberá atender a los criterios de asepsia, inocuidad y economía.

## *Recipientes*

Los residuos de los grupos II y III se recogerán en bolsas y recipientes cuyas

características técnicas se adaptarán a los criterios siguientes: estanqueidad total, opacidad a la vista, resistencia a la rotura, asepsia total en su exterior, ausencia total en su exterior de elementos sólidos, punzantes y cortantes, volumen no superior a 70 litros, cierre especial hermético de fácil apertura pero que no pueda abrirse de forma accidental y las bolsas deben ser de galga adecuada, nunca inferior a 220 mg/cm<sup>2</sup>.

Los residuos cortantes y punzantes han de ser recogidos en recipientes impermeables, rígidos y a prueba de pinchazos. Una vez llenos estos recipientes, tendrán que eliminarse como residuos sanitarios específicos.

Los residuos correspondientes a muestras de sangre, hemoderivados y otros residuos específicos líquidos, cuando no sean eliminados directamente, serán recogidos en recipientes rígidos impermeables y herméticos. Dispondrán obligatoriamente de este tipo de recipientes las salas de operaciones, los servicios ginecológicos y patológicos, los laboratorios serológicos y los bancos de sangre.

### **Identificación**

Solamente requieren identificación externa (“Residuos de riesgo”) las bolsas, recipientes y contenedores destinados a la recogida de residuos del grupo III.

### **Transporte intracentro**

Es recomendable que los residuos recogidos en las diferentes zonas del centro sean transportados al almacén de residuos sanitarios con una periodicidad máxima de 12 horas. No se han de dejar bolsas ni recipientes de residuos en lugares no previstos, es decir, si no es la zona donde se han producido, o bien en el almacén.

Es recomendable que, tanto los sistemas de transporte como los contenedores de los centros generadores de residuos, sean estructuras sin rincones, que faciliten al máximo el proceso de limpieza que debe realizarse en lugares adecuados con agua a presión y detergentes.

Uno de los problemas más importantes que pueden aparecer durante el transporte de los residuos dentro de un centro hospitalario es la rotura de las bolsas, para evitarlo es recomendable seguir las siguientes instrucciones:

- No almacenar las bolsas unas encima de otras; las bolsas deben colocarse una al lado de la otra sobre una superficie horizontal.
- Dentro de la estructura o carro de transporte, las bolsas no se han de comprimir para poder transportar mayor cantidad en un solo trayecto, ni se puede sobrepasar el nivel que permite el cierre de la tapa del carro.
- Nunca deberán arrastrarse las bolsas por el suelo, sino que se han de utilizar los sistemas de transporte.

El personal que transporta los residuos ha de llevar guantes resistentes a los pinchazos por agujas, vidrios y otros materiales punzantes y que no se puedan agujerear pero que a la vez se adapten y sean cómodos. Este personal ha de disponer de una ropa exclusiva para este trabajo y, al finalizar, han de tener a su disposición un baño con ducha y ropa limpia. Siempre que en la manipulación se sospeche que pueden producirse aerosoles o salpicaduras, se han de utilizar equipos de protección individual para ojos y vías respiratorias, por ejemplo, gafas y mascarillas.

### Almacenamiento

Los residuos se podrán almacenar en el mismo edificio durante un período máximo de 72 horas, que se puede alargar a una semana si el almacén de residuos dispone de un sistema de refrigeración (temperatura máxima 4 °C).

El almacén tendrá que estar ventilado, bien iluminado, debidamente señalizado, acondicionado para poder desinfectarlo y limpiarlo y situado de manera que no pueda afectar a espacios vecinos. El almacén se ha de poder cerrar y tendrá fácil acceso.

En caso de no disponer de un sistema de tratamiento propio, las operaciones de carga en los vehículos de transporte se tendrán que realizar en condiciones de seguridad, limpieza y agilidad, disponiendo al efecto los espacios y medios que sean necesarios. Estas instalaciones tendrán que permitir una fácil limpieza y desinfección.

El almacén ha de estar protegido de la intemperie, de las temperaturas elevadas y de los animales, y el acceso al mismo sólo se permitirá al personal autorizado.

### Tratamiento y eliminación

Fuera de los centros, los residuos del grupo II se tratarán y eliminarán como residuos asimilables a los municipales (equivalencia a grupo I).

El tratamiento y eliminación de los residuos sanitarios del grupo III deberá atender a criterios de inocuidad, asepsia y salubridad con el fin de garantizar la eliminación de los gérmenes patógenos y la protección del medio ambiente.

Para los residuos del grupo III que se presentan en forma líquida, como por ejemplo sangre, hemoderivados y secreciones orgánicas en general, la opinión que predomina en el ámbito internacional es que el mejor método de eliminación es el de verterlos por el desagüe conectado a la red de saneamiento del centro sanitario, no siendo necesaria su desinfección previa. Se ha de tener en cuenta que las redes de alcantarillado están concebidas para recibir grandes cantidades de materias orgánicas infecciosas y que, por otro lado, estos residuos representan un volumen ínfimo en comparación con las materias orgánicas fecales que se eliminan normalmente para la red de saneamiento.

La única excepción a esta práctica la constituyen los líquidos procedentes de pacientes con infecciones no endémicas en España y los cultivos líquidos de microbiología, que han de tratarse y eliminarse como residuos sanitarios específicos sólidos. Igual ocurre con aquellos líquidos contenidos en recipientes difíciles de abrir o cuya manipulación entraña el riesgo de contacto o formación de aerosol; no se ha de intentar agujerearlos ni forzarlos, sino que se debe eliminar como residuo sanitario específico sólido (grupo III). Es importante que el vertido por el desagüe se haga con especial precaución, de forma que se eviten al máximo las salpicaduras y la formación de aerosoles.

Los residuos del grupo III se podrán eliminar mediante incineración, en hornos preparados para esta finalidad y estarán construidos con unas características técnicas definidas.

Se ha de tener en cuenta que, cuando se habla de incineración, se refiere a la efectuada fuera del recinto sanitario y llevada cabo en condiciones adecuadas de protección al medio ambiente, teniendo en cuenta la legislación vigente.

La generación de residuos biológicos sanitarios representa fundamentalmente un problema de seguridad e higiene en el trabajo, especialmente en el interior de los centros sanitarios, mientras que el riesgo de infección para la comunidad es poco importante y prácticamente limitado a ciertas infecciones no endémicas de España. El riesgo mayor proviene de una incineración inadecuada. Por este motivo, en muchos países, se está imponiendo, como medida alternativa a la incineración, el tratamiento de los residuos mediante la esterilización y, una vez triturados, se asimilan a los residuos municipales.

Otro método de eliminación es el tratamiento por microondas, aunque éste es más complejo que el anterior, ya que primero se han de humedecer los residuos pues sólo así las microondas serán efectivas.

Los residuos del grupo III también se podrán eliminar como residuos asimilables a los municipales, siempre que hayan sido previamente tratados mediante esterilización por vapor caliente a presión por técnica de autoclave, es decir, mediante acción desinfectante por proceso fraccionado de vapor al vacío.

Los residuos del grupo III que sean cortantes y punzantes, como agujas de bisturí, estiletes y cualquier material metálico que pueda ser vehículo de transmisión de enfermedades, podrán ser tratados mediante esterilización en el mismo centro y después eliminados como residuos asimilables a los municipales. El hecho de poder esterilizar los residuos dentro del mismo centro implica la utilización de un autoclave diferente del utilizado para esterilizar material o preparar medios de cultivo para evitar posibles contaminaciones. Al mismo tiempo, ha de llevarse un estricto control de las fases de esterilización, así como de la eficacia de dicha esterilización.

## Responsabilidades

La responsabilidad de hacer cumplir la normativa referente a la clasificación, la recogida, el almacenamiento o la cesión de los residuos sanitarios al transportista autorizado y, si es necesario, la referente al tratamiento y eliminación, corresponde al director o al gerente del centro sanitario que genera los residuos sanitarios, quien deberá desarrollar las siguientes funciones: vigilar el cumplimiento de las disposiciones aplicables a las operaciones citadas anteriormente; informar al personal del centro sanitario de los riesgos asociados a los residuos sanitarios y la forma de prevenirlos; tomar las iniciativas oportunas para conseguir la gestión correcta de los residuos sanitarios y tramitar a la administración competente las informaciones y los datos que les sean solicitados, y garantizar su exactitud.

## GESTIÓN DE RESIDUOS DEL GRUPO IV

La gestión de los residuos del grupo IV (citostáticos, químicos, radiactivos y restos anatómicos humanos con entidad) también debe contemplarse dentro del conjunto de la gestión de los residuos de un centro sanitario de manera específica de acuerdo con sus características y peligrosidad.

Desde el punto de vista normativo, como ya se ha comentado al presentar la clasificación, los residuos radiactivos requieren una gestión específica completamente reglamentada y los restos anatómicos humanos con entidad se rigen por el reglamento de policía sanitaria mortuoria. Asimismo, existe una normativa específica para el trabajo con sustancias cancerígenas (RD 665/1997). En dicha normativa se hace referencia a que los residuos con estas características (grupo al que pertenecerían la mayoría de los citostáticos y algunos productos químicos empleados en los laboratorios de anatomía patológica y microbiología molecular, entre otros) deben recogerse empleando recipientes herméticos etiquetados de manera clara, inequívoca y legible y colocar señales de peligro claramente visibles «de conformidad con la normativa vigente en la materia».

En cambio, en otros casos, puede ocurrir que la normativa específica de una comunidad autónoma establezca clasificaciones diferentes (y sistemas de gestión diferenciados).

Por lo que se refiere a los citostáticos, aunque formalmente se trate de compuestos químicos peligrosos, en las normativas sobre residuos sanitarios, las instrucciones para su adecuada gestión se suelen encontrar incluidas junto con las de los residuos de los grupos II y III, ya que normalmente tienen un origen común y en muchos casos unas vías de gestión paralelas, por encontrarse normalmente impregnando material sanitario.

Los residuos químicos peligrosos requieren un plan de gestión específico en función de sus propias características de peligrosidad, que debe ser aborda-

do dentro de un programa tipo RTPC (residuos tóxicos y peligrosos en pequeñas cantidades) que también se comenta en este apartado.

En los apartados siguientes se exponen las actuaciones referidas a los residuos químicos y citostáticos, a los restos anatómicos humanos con entidad y a los radiactivos.

## RESIDUOS QUÍMICOS Y CITOSTÁTICOS

### Plan de gestión de los residuos químicos peligrosos

La necesidad de gestionar adecuadamente los residuos químicos peligrosos no es sólo una exigencia para la protección de la salud y el medio ambiente, sino que es una exigencia legal, tanto a nivel de la Unión Europea como a nivel nacional a través de los diferentes programas y normas establecidas por las CC.AA.

Partiendo del concepto de que un residuo es aquel producto o material que su poseedor o productor destina al abandono, es importante contemplar en su gestión las posibilidades de minimización, procurando la reutilización y recuperación de todos aquellos productos en que sea posible, valorando las posibilidades de neutralización y optimizando la gestión de stocks para evitar la generación de residuos por la vía de productos caducados o innecesarios.

Dado que los residuos químicos generados en los hospitales presentan una gran variedad y normalmente están en pequeñas cantidades, su gestión y tratamiento presenta una determinada problemática, haciendo necesaria la implantación de un programa de recogida selectiva. Este programa, en líneas generales, está constituido por cuatro etapas que se recogen en la figura 2 y debe contemplar, entre otros,

#### 1- Estudio de la organización y actividad

- Inventario de productos
- Actividad y técnicas desarrolladas en cada área
- Evaluación de las cantidades generadas
- Consumo de materiales y reactivos
- Opciones de minimización
  - Reducción en origen
  - Recuperación
  - Reutilización
  - Tratamiento *in situ*

#### 2- Clasificación y segregación

- Definición de grupos en función de sus características
  - Incompatibilidad/compatibilidad
  - Estado físico
  - Tratamiento final
  - Transporte (contenedores que se deben utilizar)
- Identificación/etiquetado

#### 3- Implantación del programa

- Información (normas de seguridad, manuales, BPL, etc.)
- Suministro de contenedores y envases
- Logística de recogida
- Almacenamiento temporal
- Periodicidad

#### 4- Optimización del programa

- Revisión periódica del inventario
- Ajuste de las cantidades y tipos de residuos
- Ajuste de las necesidades y tipos de contenedores
- Promoción y seguimiento de las opciones de minimización

Figura 2.- Programa de gestión de residuos

los siguientes aspectos: el nombre del responsable o responsables, el nivel de recursos necesarios, la identificación de los residuos, su minimización o reducción, el inventario de residuos, el almacenamiento, la recogida y el transporte de los residuos, las medidas de seguridad aplicables, la actuación en caso de accidentes/incidentes y la formación e información en materia de prevención de riesgos.

#### *Estudio de la organización y actividad*

Como primera acción debe realizarse el inventario de los residuos peligrosos existentes en el momento de la redacción del plan. A su vez, se debe efectuar el estudio de las actividades de cada área potencialmente generadora de residuos químicos peligrosos y evaluar las cantidades, tipos y periodicidad de generación, así como valorar las opciones de minimización: reducción en origen, recuperación, reutilización o neutralización.

#### *Clasificación y segregación*

En función de las propiedades, incompatibilidades y características de los residuos generados, así como del tratamiento o procedimiento de eliminación posterior, pueden establecerse varios grupos (ver figura 3). Cada grupo debe estar identificado mediante el etiquetado adecuado. Los residuos que presentan una peligrosidad especial como los cancerígenos (ya comentados) deben identificarse y gestionarse de forma diferenciada.

- HALOGENADOS
- NO HALOGENADOS
- DISOLUCIONES ACUOSAS
- ÁCIDOS
- BASES
- METALES PESADOS
- SULFURO DE CARBONO
- COMPUESTOS DE CROMO
- CITOSTÁTICOS
- ESPECIALES  
(no incluidos en los anteriores)

#### *Implantación del programa*

Figura 3.- Definición de grupos según sus características

Para la implantación del programa es necesario facilitar los contenedores adecuados y en número suficiente, establecer los lugares y la periodicidad de recogida para su almacenamiento temporal, así como informar adecuadamente al personal sobre el contenido y ejecución del plan, indicando las actuaciones en caso de incidente o accidente y los medios de protección necesarias.

#### *Optimización del programa*

Periódicamente debe revisarse el funcionamiento del plan implantado con el objeto de detectar posibles desviaciones y adoptar las modificaciones oportunas. Se revisará el inventario, el volumen y las características de los residuos generados y, si es necesario, deberá ajustarse el número y tipo de con-

tenedores, así como la periodicidad de recogida. En esta fase se valorará también la eficacia de las opciones de minimización aplicadas.

### **Residuos citostáticos**

Entre los residuos químicos generados en el ámbito hospitalario, merecen una atención especial los productos citostáticos, dado su carácter cancerígeno y el uso extensivo de los mismos, principalmente en el tratamiento de procesos cancerosos (quimioterapia).

Como ya se ha indicado, la mayor proporción de residuos citostáticos está formada por material sanitario escasamente contaminado (jeringas, gasas, goteros, guantes, etc.) y sólo una pequeña proporción de los mismos contiene cantidades significativas de productos citostáticos, normalmente viales con restos de fármaco, lo que explica que las instrucciones para su adecuada gestión se suelen encontrar incluidas junto con las de los residuos de los grupos II y III.

Los residuos de citostáticos han de recogerse en contenedores rígidos de un solo uso, de poliestireno o polietileno, que sean resistentes a los agentes químicos y a los objetos punzantes y provistos de cierre hermético. Estos contenedores deben permitir su incineración completa.

Los recipientes que los contengan deben estar identificados, por ejemplo con la frase: “Material contaminado químicamente. Citostáticos”.

Su eliminación se realizará mediante neutralización química o incineración a una temperatura que pueda garantizar su destrucción.

A continuación se indican una serie de medidas con el fin de facilitar la gestión y reducir el volumen de residuos citostáticos:

- Segregar sistemáticamente los residuos citostáticos del resto, tanto en los lugares donde se elaboran, como en los lugares donde se aplican.
- Todas las ropas, instrumentos y materiales de un solo uso (agujas, guantes, jeringas, etc.) que han estado en contacto con fármacos citostáticos deben gestionarse como residuos citostáticos.
- Efectuar cuidadosamente la preparación de fármacos, siempre en cabinas de laboratorio y evitando derrames. La limpieza de las cabinas o vitrinas debe efectuarse con productos que no incrementen la peligrosidad y el volumen de residuos peligrosos.
- Adquirir el volumen de fármacos de acuerdo con las necesidades. Debe llenarse un registro, que ha de estar permanentemente actualizado, siendo recomendable convenir con los proveedores la posibilidad de retornar las sustancias sobrantes.
- Los recipientes que contienen los fármacos deben tener el tamaño adecuado a las dosis requeridas, evitando restos innecesarios.

- Realizar la preparación de estos fármacos en áreas concretas y de forma centralizada, procurando evitar la dispersión a otras zonas del centro.

## Otros residuos químicos frecuentes en un centro sanitario

### *Formaldehído*

Las disoluciones de formaldehído se emplean principalmente en anatomía patológica y en la unidad de diálisis. Si bien el riesgo de residuos contaminados con formaldehído es bajo, ya que normalmente se utiliza en concentraciones pequeñas, la exposición del personal sanitario debe limitarse al máximo. El formaldehído en determinadas concentraciones ambientales puede causar alteraciones respiratorias y no debe olvidarse que este compuesto está catalogado como sospechoso de ser cancerígeno en humanos.

Para la minimización de sus residuos debe valorarse la posibilidad de su reutilización, ya que las disoluciones de formaldehído conservan sus propiedades más tiempo que el habitualmente requerido para los especímenes tratados. Por otra parte las propiedades de conservación de piezas anatómicas pueden lograrse con bajas concentraciones de formaldehído, lo que permite que el residuo pueda caracterizarse como no peligroso.

### *Líquidos de revelado radiográfico*

En los servicios de radiodiagnóstico se utilizan disoluciones reveladoras, que contienen glutaraldehído (45%), y disoluciones fijadoras, que contienen ácido acético, hidroquinona (5-10%), hidróxido potásico (1-5%) y menos del 1% de plata. Para la reducción de sus residuos pueden aplicarse las siguientes medidas:

- Almacenar adecuadamente los productos y materiales utilizados, de acuerdo con las indicaciones del proveedor. Debe tenerse en cuenta que muchos de estos productos son sensibles a la luz.
- Remitir a empresas especializadas en la recuperación de plata las películas y papeles dañados. Ésta es una práctica habitual en las imprentas e industrias de fotocopias.
- Probar el comportamiento de aquellos materiales que hayan alcanzado la fecha de caducidad. No siempre resultan equivalentes los conceptos de caducidad e inutilidad del producto.
- Prolongar la vida media de los baños de revelado y fijación. Entre las técnicas más desarrolladas están la adición de tiosulfato (permite duplicar la concentración de plata), utilizar un baño ácido previo al baño de fijación, o bien añadir ácido acético, en cantidad suficiente, para mantener bajo el pH del baño.
- Evitar la oxidación de los materiales y sustancias químicas utilizadas. Para

ello deben utilizarse recipientes y bolsas con cierre hermético y mantener siempre cerrados los baños de revelado.

- Utilizar, siempre que sea posible, un sistema de agua a contracorriente, sustituyendo el sistema tradicional de tanques en paralelo, lo que permite una notable reducción del volumen de residuos generados. En el sistema de tanques a contracorriente, el agua procedente de los lavados previos se utiliza en los sucesivos, permitiendo que el agua limpia se introduzca solamente en el punto final de la cadena y no en cada tanque, como ocurre en el sistema tradicional de tanques en paralelo.
- Mantener separados cada uno de los distintos tipos de baño (revelado, fijación, blanqueo y lavado), lo que facilita su reciclado y reutilización.
- Recuperar la plata y reciclar los productos químicos utilizados. La plata está presente en los baños y en los soportes físicos de las películas. Existen varios procedimientos para la recuperación de la plata como son: la sustitución química, la precipitación química o la recuperación electrolítica. En el mercado hay actualmente diversos equipos de recuperación de plata, que incorporan estos sistemas.

#### *Disolventes*

En los centros sanitarios se emplean disolventes para el desengrase y limpieza de material, en las operaciones de conservación/fijación de muestras y tejidos, así como en los métodos de extracción de sustancias. Se trata, sobre todo, de productos halogenados como el tricloroetileno, el cloroformo, el cloruro de metileno o el 1,1,1- triclorometano.

Como medidas para la minimización de estos residuos, aparte de las ya comentadas en el plan general de gestión, se pueden adoptar las siguientes:

- Sustituir, siempre que sea posible, los productos más peligrosos, por su toxicidad y efectos sobre el medio ambiente, por otros menos peligrosos.
- Optimizar los procedimientos y métodos de trabajo. La utilización de *kits* o de muestras cada vez más reducidas, disminuye notablemente el volumen de residuos de disolventes generados.
- Segregar y reciclar los disolventes. Como ya se indicó anteriormente al comentar el programa de gestión de residuos, la separación de los distintos disolventes permite evaluar las posibilidades de reciclado, facilitándose la utilización de equipos simples de destilación y de destilación fraccionada. Si no es posible su reutilización en el centro sanitario, deberán gestionarse como residuos químicos peligrosos de acuerdo con el plan general de gestión de residuos.

#### *Productos químicos de los laboratorios*

La gestión de los residuos generados en los laboratorios requiere un plan

determinado para cada laboratorio físicamente diferenciado del centro sanitario en función de las características de los residuos generados habitualmente en él y atendiendo a la clasificación por grupos sugerida anteriormente. Téngase en cuenta que esta clasificación es orientativa y que puede verse modificada tanto por necesidades de organización interna del laboratorio, como por el procedimiento operativo de gestión que pueda presentar una empresa especializada, contratada para la gestión externa de estos residuos, que normalmente incluye el asesoramiento en la gestión dentro del centro. Al establecer este contrato, que es habitual para este tipo de residuos, deberán tenerse en cuenta los condicionantes del plan general del centro sanitario. Algunos ejemplos de residuos característicos de laboratorio son: material contaminado con productos peligrosos, reactivos caducados, reactivos fuera de uso, disoluciones de sustancias peligrosas, patrones, material de un solo uso, derrames, etc. La experiencia indica que los productos químicos más peligrosos, aun en pequeñas cantidades, provendrán de los distintos laboratorios del centro sanitario.

### *Mercurio*

Es muy frecuente la presencia de residuos de mercurio en los hospitales, proveniente en gran medida de la rotura de instrumentos de medida, sin olvidar la utilización de compuestos mercuriales, pilas, baterías y tubos fluorescentes.

La peligrosidad del mercurio radica fundamentalmente en la toxicidad de sus vapores cuya inhalación debe evitarse. Por ello es necesario adoptar métodos de trabajo seguros y establecer normas concretas de actuación en caso de incidente o accidente, como puede ser un derrame o vertido, así como para la adecuada gestión de sus residuos.

Seguidamente se indican una serie de medidas que permiten la minimización y optimización de la gestión de los residuos mercuriales:

- Procurar utilizar instrumentos electrónicos de medida. Ello constituye probablemente la mejor y menos costosa de las acciones tendentes a reducir la generación de residuos de mercurio. Con esta medida se evitan posibles roturas y sus consiguientes derrames, evitando el riesgo que ello conlleva.
- Disponer de los agentes neutralizadores adecuados y del material necesario para la actuación en caso de derrame de mercurio. En la actualidad existen en el mercado *kits* específicos para derrames de mercurio. Estos *kits* contienen productos que reaccionan con el mercurio formando compuestos estables que impiden la formación de vapores. Los derrames de mercurio metálico deben recogerse cuidadosamente, evitando generar polvo, almacenarse perfectamente sellados y gestionarse como un residuo metálico más, tanto para su recuperación como para su posterior reutilización, ya sea intra o extracentro.

### *Medicamentos caducados*

Estos residuos se generan habitualmente en los servicios de farmacia y en las unidades de enfermería de los hospitales. Para su minimización la mejor opción consiste en evitar la acumulación de stocks de productos caducados, siendo recomendable adoptar determinadas medidas entre las que destacan conocer la frecuencia de uso de cada fármaco, mantener permanentemente actualizados los inventarios de los servicios de farmacia y unidades de enfermería, centralizar la adquisición de productos, aceptar muestras de fármacos sólo en aquellos casos en los que se prevea una aplicación y establecer convenios o acuerdos con los proveedores para la devolución o retorno de los excedentes.

### *Otros residuos peligrosos*

Además de los residuos específicamente químicos, se generan en los centros sanitarios otro tipo de residuos como pueden ser los botellones o cilindros de gases, los aceites, las pilas o los tubos fluorescentes, para los que es aconsejable, aparte de las medidas comentadas, adoptar las siguientes: separar y recoger separadamente los aceites usados, diferenciando entre reciclables y no reciclables, recolectar las pilas y baterías, disponiendo de contenedores específicos y utilizar botellas o cilindros de gases suministrados por proveedores con los que se haya establecido un convenio para su retirada, una vez vacías. Aquellos recipientes de gases para los que no existe convenio de retirada, deben vaciarse totalmente, llenarse con agua y gestionarse como residuos de recipientes o envases metálicos.

En nuestro país algunas comunidades autónomas disponen de plantas de tratamiento específico para aceites usados, pilas y recuperación de mercurio.

## **RESTOS ANATÓMICOS HUMANOS CON ENTIDAD**

El Reglamento de Policía Sanitaria Mortuoria establece las normas de actuación frente a los cadáveres y restos cadavéricos que deben ser tenidas en cuenta en su gestión: almacenamiento inicial, conservación, transporte e inhumación o incineración. Con referencia al aspecto tratado aquí, cabe señalar la referencia específica a los cadáveres de personas fallecidas por enfermedades que presenten un peligro sanitario como cólera, viruela, carbunco y aquellas otras que determine la autoridad sanitaria, que se podrían extender a las mencionadas en la figura 1, y a los cadáveres contaminados con productos radiactivos. En el primer caso no se concederá autorización para su transporte y cuando la autoridad sanitaria lo crea conveniente se realizará su inhumación inmediata y en el segundo indica que deberán ser objeto de un tratamiento especial por parte de dicha autoridad en relación con las instrucciones de las autoridades competentes en el campo de la energía nuclear.

## RESIDUOS RADIACTIVOS

La gestión de residuos en medicina nuclear se centra básicamente en la clasificación correcta, el control riguroso de su evacuación por personal responsable y especialmente designado para ello, en una buena administración y en un correcto registro de los mismos. Los aspectos normativos se hallan contenidos en el RD. 53/1992 que se comenta en el capítulo referente a radiaciones ionizantes. Los residuos se clasifican en líquidos y sólidos.

Los residuos líquidos consisten fundamentalmente en líquidos residuales que quedan en un vial, sobrenadantes de estudios *in vitro*, líquidos de centelleo y excretas o vómitos de pacientes sometidos a terapia metabólica, o bien el agua que resulta de la limpieza de la ropa o los materiales contaminados. Dada su corta vida media y su baja concentración, y si se exceptuan los líquidos de centelleo, la mayor parte de los residuos mencionados son susceptibles de ser vertidos a la red de desagüe, pudiendo ser necesario un tiempo de espera, una dilución o bien ambas cosas a la vez.

En el caso de los líquidos de centelleo el problema es más de peligrosidad química que radiactiva y deben gestionarse como residuos peligrosos o especiales. Los recipientes de decaimiento deben reunir las características adecuadas de rigidez física y blindaje, en especial, en los casos de radiación  $\gamma$ .

Los residuos sólidos están constituidos por viales y tubos provenientes de técnicas de radioinmunoensayo (RIA), algodones, papel absorbente, jeringas, generadores de molibdeno-99/tecnecio-99 y productos contaminados por terapia metabólica, como ropa de cama, pijamas, sábanas y otros objetos. Como en el caso de residuos líquidos, los sólidos pueden gestionarse como residuos no radiactivos, peligrosos o no, o bien, si el tiempo de decaimiento es largo, pueden almacenarse en un lugar adecuado autorizado. La mayor parte de estos residuos, sin embargo, son susceptibles de alcanzar un decaimiento suficiente, por lo que no es necesario ocupar espacio en los lugares de almacenamiento autorizado con materiales que, probablemente, no sean radiactivos. En cualquier caso, incluso para su evacuación, se necesita disponer de la autorización correspondiente otorgada por los organismos competentes.

Cabe recordar aquí que esta actividad es competencia exclusiva de ENRESA, que puede delegar su recogida, transporte y almacenamiento temporal.



## **12**

# **ERGONOMÍA**

### **DISEÑO DEL CENTRO DE TRABAJO**

#### **Consideraciones generales**

Partiendo del hecho de que el ser humano dedica gran parte de su vida al trabajo, el cual condiciona y se interrelaciona con las demás actividades humanas, y que, según las modernas teorías, al trabajo se le exige que una vez cubiertas las necesidades básicas de las personas satisfaga otras expectativas como son la realización personal o las relaciones sociales, resulta que todas aquellas técnicas encaminadas a la adecuación del trabajo a la persona deben ser tenidas en cuenta desde el punto de vista de la protección global de la salud del trabajador. Este conjunto de técnicas es lo que se viene denominando ergonomía.

La aplicación del método ergonómico en el centro de trabajo, en este caso en el hospital, debe iniciarse en el proyecto e, incluso, en el anteproyecto, con el estudio del emplazamiento más idóneo, la evaluación del impacto ambiental, su incidencia en la mejora de los equipamientos sociales y el entorno urbanístico, el impacto de su ubicación en extrarradio, la existencia de medios de transporte públicos, la falta de alojamientos en las proximidades y la gestión extracentro de residuos, entre otros.

Esta aplicación debe continuar a lo largo del desarrollo de todo el proyecto, desde los aspectos de organización del hospital hasta los arquitectónicos: diseño, selección de materiales, acabados exteriores e interiores.

Por otro lado, no hay que olvidar que un hospital es algo vivo y dinámico que va a estar sometido, desde su puesta en marcha, a un proceso continuo de cambio, innovaciones tecnológicas y ampliaciones. Por ello es conveniente diseñar los espacios con la perspectiva de aquellos cambios que puedan ser

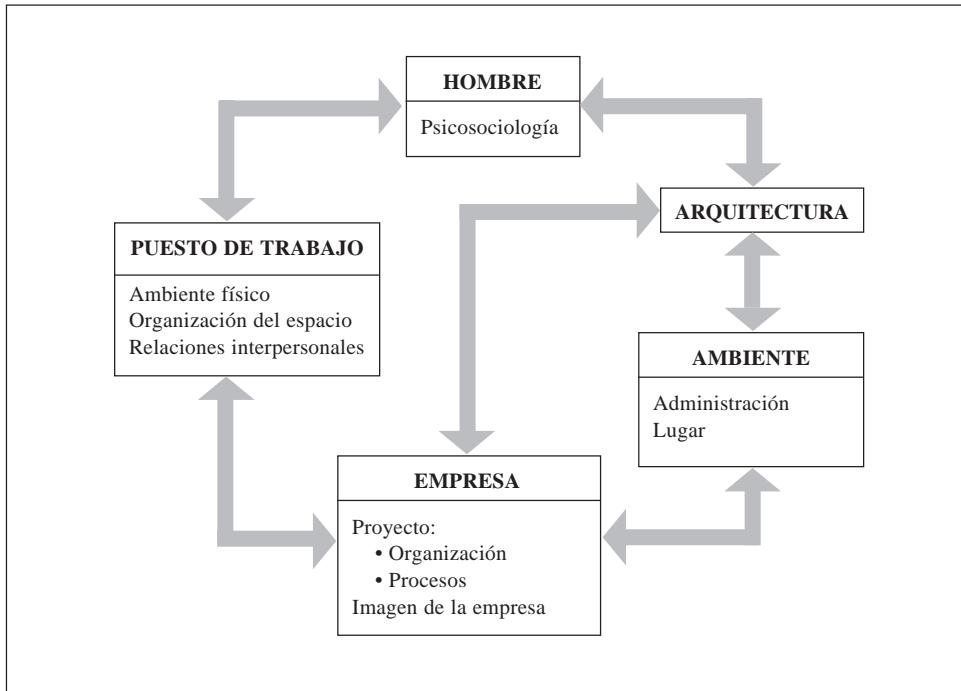


Figura 1.- Relaciones entre los aspectos que forman un proyecto

previstos. En la figura 1 se esquematizan las relaciones entre los aspectos más importantes que hacen que un proyecto funcione a nivel intracentro.

Desde el punto de vista arquitectónico, se han venido construyendo los hospitales como grandes estructuras verticales, por el ahorro que representa en cuanto a terrenos, servicios y desplazamientos horizontales de los trabajadores. Sin embargo la experiencia demuestra que este tipo de construcción (aplicada también a los hoteles) plantea serias dificultades de seguridad, principalmente en la evacuación del edificio en caso de incendio y en su extinción. Estas dificultades, muchas veces insalvables o sólo solucionables con grandes inversiones en seguridad pasiva, han influido en la aparición de una nueva tendencia a construir edificios modulares de pocas plantas situados a unas distancias horizontales perfectamente asumibles sin medios motorizados.

Cuando el hospital se halla dividido en diferentes edificios, como es el caso de las denominadas “ciudades sanitarias”, también precisa de una estructura urbana interna racional, con calles principales y secundarias, que, lógicamente, deberán tener anchuras diferentes, según el nivel y tipo de tránsito previsi-

ble. La disposición de las vías de circulación de personas, vehículos o materiales debe hallarse claramente diferenciada para evitar excesivos entrecruzamientos. También es importante prever zonas de aparcamiento temporal para la descarga de materiales y de pacientes, una vía rápida para urgencias y zonas de aparcamiento suficientes para los empleados y usuarios del hospital.

La racionalidad de un proyecto consiste en que todas las fases del mismo se encadenen de forma coherente, desde la idea original hasta el uso de las nuevas instalaciones, de modo que todas las personas que tienen relación con el hospital la puedan desarrollar de la forma más eficaz y cómoda posible.

Para los pacientes y los acompañantes, esa relación se inicia en la propia entrada del hospital. Por ello es preciso que en esa primera toma de contacto, el entorno, los espacios de atención a pacientes y acompañantes, las zonas de información y la señalización general y de seguridad proporcionen tranquilidad y la sensación de una atención casi exclusiva; no debe olvidarse que el estado anímico de estas personas no es el habitual, ya que unos padecen una alteración de la salud con las correspondientes consecuencias físicas y psíquicas, mientras que los otros están, en la mayor parte de los casos, desorientados, preocupados y nerviosos.

Por otra parte, los trabajadores del hospital precisan, asimismo, de un entorno, en el sentido más amplio de la palabra, que les proporcione unas condiciones de trabajo en las que desarrollar su actividad de la forma más eficaz, satisfactoria y agradable, como se ha comentado al principio de este apartado.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que una parte importante de los aspectos relacionados con el diseño están afectados por el R.D. 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. De una forma resumida, estos aspectos son: seguridad estructural, espacios de trabajo y zonas peligrosas; suelos, aberturas y desniveles y barandillas; tabiques, ventanas y vanos, vías de circulación; puertas y portones; rampas, escaleras fijas y de servicio; vías y salidas de evacuación; condiciones de protección contra incendios, instalación eléctrica; minusválidos; orden, limpieza y mantenimiento; condiciones ambientales (termoambientales, ventilación), iluminación; servicios higiénicos y locales de descanso y material y locales de primeros auxilios.

### **Consideraciones específicas**

En el diseño de un hospital es imprescindible un análisis previo y minucioso de su uso y de las tareas que se van a desarrollar. Es evidente que no van a precisar los mismos requerimientos un hospital oncológico que un geriátrico o una maternidad, aunque también debe valorarse la tendencia actual a evitar el diseño y construcción de hospitales muy especializados.

Igualmente, dentro del hospital existen zonas dedicadas a funciones muy diferentes como, por ejemplo, los quirófanos, los laboratorios, las salas de hospitalización, las cocinas o la lavandería, y que cada una de ellas requiere condiciones específicas. Debido a esta disparidad, es frecuente encontrar información sobre el diseño de los espacios no estrictamente sanitarios con criterios que son válidos tanto si están integrados en un edificio hospitalario, como si se trata de un edificio de servicios o industrial.

El trabajo del grupo que proyecta un hospital debe consistir en acoplar, de la forma más adecuada, las distintas piezas. En esta tarea se han de tener en cuenta las necesidades de espacio para la ubicación física de los elementos, pero también la ordenación, es decir, en qué zona del hospital es más conveniente que se encuentre determinado servicio, y la secuencia de las tareas que se realizan en él.

Si bien es cierto que muchos de los servicios pueden (y deben) estar centralizados, es recomendable distribuir de forma equilibrada y descentralizada algunos equipamientos. Es conveniente, por ejemplo, que almacenes intermedios, lugares de descanso, vestuarios y servicios higiénicos estén próximos a los puestos de trabajo.

El diseño ergonómico global de un hospital debe favorecer los mínimos desplazamientos y movimientos posibles y optimizar la realización de las tareas, crear espacios polivalentes condicionando las tareas prioritarias al resto, organizar las unidades que tengan que mantener una relación entre ellas y situarlas juntas o lo más próximas, físicamente, que sea posible; por ejemplo, localizar la sala de extracciones cerca de los laboratorios, pero también cerca de la entrada y de las consultas externas y disponer de unidades de cuidados intensivos cerca del servicio de urgencias, y todo ello de tal manera que no se mezclen los circuitos utilizados por los pacientes ingresados y el personal que los atiende con los de personas externas como estudiantes o visitas no destinadas a los pacientes.

La experiencia demuestra que los lugares más olvidados en cuanto a diseño ergonómico suelen ser los que se utilizan ocasionalmente y los puestos de trabajo relacionados con mantenimiento. La accesibilidad y permanencia de personas en lugares de trabajo ocasionales, generalmente operaciones de mantenimiento y limpieza, debe ser estudiada y resuelta en el proyecto, dotando estas operaciones con espacios de trabajo, almacenes propios y elementos adecuados a las tareas que lleven incorporados los sistemas de seguridad.

Para evitar un cúmulo de accesos ocasionales, el criterio básico de racionalización es el agrupamiento de elementos que precisen intervenciones, para que, con el menor número posible de zonas y escaleras de servicio, se pueda acceder a todos los puntos necesarios.

Otra cuestión importante en el diseño de un hospital son las zonas de descanso para el personal sanitario, que se comentan a continuación, y el acabado

de interiores, debiéndose conjugar la funcionalidad con el confort, ya que la percepción agradable de un entorno puede ser determinante para conseguir, por una parte, un descanso adecuado del personal durante sus pausas, y, por otra parte, una estancia lo más agradable posible, e incluso la aceleración del proceso curativo, de los pacientes ingresados.

### **Equipamientos sociales**

Los dos tipos básicos de equipamientos sociales que cabe considerar en el diseño del centro de trabajo se comentan brevemente a continuación.

#### *Áreas de descanso*

El trabajador en general y el personal sanitario en particular necesita, en función del tipo y ritmo de trabajo, una serie de pausas y descansos para, además de realizar el trabajo sin una excesiva carga física y mental, llegar al final de su jornada laboral sin que su fatiga le impida dedicarse a ciertas actividades de ocio, y no sea únicamente el descanso total o la inactividad la única alternativa viable.

De un modo general, se considera que un lugar de descanso debería reunir una serie de características básicas tales como: el aislamiento de agentes agresivos ambientales (ruido, calor, etc), la calidad y confortabilidad del espacio que hagan factibles funciones asociadas al descanso, la proximidad a los servicios higiénicos, la disponibilidad de agua potable fresca, etc.

El diseño y distribución de las áreas de descanso debe contemplar también aspectos como posibilidad de conciliar el sueño o bien separación entre fumadores y no fumadores, ya que, aunque existe la recomendación taxativa de no fumar en los centros sanitarios, es también cierto que ésta es una práctica aún no desterrada totalmente en los hospitales españoles.

La existencia de áreas específicas de descanso no evita, evidentemente, la necesidad de diseñar el conjunto de tareas del puesto de trabajo para conjugar un equilibrio entre aquellas que requieren mayor esfuerzo y las que contribuyen a descansar de las anteriores y que el propio lugar de trabajo sea un marco físico no solamente no agresivo sino también agradable. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que la fatiga viene determinada por las condiciones de trabajo, pero también por las características de cada persona.

#### *Comedores y cafeterías*

Es conveniente que todo hospital disponga de un lugar idóneo donde el personal, tanto interno como externo, pueda comer. Por un lado, los lugares diseñados para pausas y descansos pueden fácilmente habilitarse para que el personal pueda tomar algún pequeño alimento, infusiones o refrescos, lo que facilitará la mejora de su calidad de vida. Por otro lado, hay que tener en cuenta que la pausa para la comida, cuando interrumpe la jornada laboral, debe fa-

vorecer, además, el descanso; ello implica que la cafetería y/o comedor sean lugares debidamente equipados, de agradable estancia, totalmente diferenciados de las áreas de trabajo.

En cuanto al equipamiento mínimo necesario, dependerá de si se ofrecen comidas hechas (restaurante) o simplemente se facilita un lugar en el que el personal pueda comer (cantina). En este último caso, es imprescindible que el personal pueda calentar sus comidas y disponer de varios tipos de bebidas.

Respecto al ambiente físico del local, debería reunir las características apuntadas en las áreas de descanso con algunas peculiaridades adicionales como pudieran ser: una decoración que genere un ambiente agradable y diferenciado, disponer de un ambiente personalizado y de calidez, evitando espacios excesivamente grandes con elevado nivel de ocupación y largas mesas, son preferibles espacios más reducidos y mesas que faciliten pequeños grupos de cuatro, seis u ocho personas, y sobre todo, un diseño acústicamente adecuado, ya que el ruido es habitualmente el mayor inconveniente de estas áreas en los hospitales.

Otro factor clave es el tiempo hábil del que dispone el personal para comer, que habrá de ser suficiente para esta función y también para facilitar el descanso tras un tiempo de trabajo. Es recomendable que, dentro de las posibilidades organizativas, exista flexibilidad horaria para las comidas.

## DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO

Como se ha comentado anteriormente, al realizar el diseño de cualquier puesto de trabajo se deben tener en cuenta los elementos que lo componen que son las personas, los medios de trabajo, el espacio y el ambiente en el que se llevan a cabo las distintas tareas.

En cuanto a la persona, es fundamental considerar las dimensiones corporales, tanto las estructurales, que se refieren a las medidas de las distintas partes de la anatomía (longitudes del brazo, el antebrazo, la pierna, el muslo, etc.), como las funcionales, que son las que hacen referencia a los alcances verticales y horizontales.

El objetivo fundamental del diseño del espacio es garantizar la adaptación del mismo a las características de las personas (nunca al revés) que van a ocupar dicho espacio, de modo que puedan llevar a cabo su trabajo de forma eficaz minimizando los esfuerzos que requieran algunas tareas.

Según la enciclopedia de la OIT se puede clasificar el diseño de tareas según los siguientes criterios:

- Diseño de sistemas: se centra en la relación hombre-máquina-proceso.
- Diseño del espacio de trabajo: intenta que el entorno físico se adapte a las características del cuerpo humano.

- Diseño ambiental: pretende garantizar que iluminación, ruido, temperatura, etc. sean los adecuados a los requerimientos de los trabajadores.
- Diseño del interfaz: se basa en el intercambio de la información entre la persona, la máquina y el ambiente, moviéndose en las dos direcciones, entrada y salida de la información. Incluye el diseño de pantallas y el de controles y también el diseño del propio programa informático empleado en lo que hace referencia a la relación programa-operador.
- Diseño de la situación de trabajo: trata la organización del tiempo de trabajo.

Generalmente a la hora de diseñar los puestos de trabajo, se prima la eficacia y la calidad técnica de los equipos y locales, en detrimento del grado de confort que pueden representar para las personas que van a utilizarlos. Esta falta de consideración de las características individuales provoca en muchos casos una inadaptación de la persona a su puesto de trabajo.

En función de estas premisas, el marco del análisis ergonómico se acota en los siguientes ámbitos de aplicación: el diseño ergonómico de los objetos, el diseño ergonómico de los espacios de trabajo, el diseño ergonómico de los elementos operacionales y de funcionamiento y el diseño ergonómico ambiental.

La calidad del espacio de los puestos de trabajo tiene una influencia primordial en la consecución del confort y por lo tanto de la eficacia en el trabajo. El análisis ergonómico de un puesto de trabajo se realizará ponderando una serie de factores que permitan realizar una valoración global de la situación de confort del mismo. Los factores de análisis a considerar se pueden desglosar en dos grandes grupos: la organización del puesto de trabajo y el estudio dimensional del puesto de trabajo.

### **Organización del puesto de trabajo**

La primera necesidad que surge, a la hora de organizar y diseñar los puestos de trabajo, es la de determinar los espacios necesarios para desarrollar la actividad.

Esto significa que deben considerarse las dimensiones corporales que engloben a un mayor número de personas y no considerar las dimensiones del “individuo medio” como la solución a las necesidades de diseño. Resulta más apropiado y correcto tener en cuenta los valores extremos, es decir, tener en cuenta a los individuos más altos para acotar el espacio reservado para las piernas debajo de la mesa, y a los individuos de menor estatura para acotar las dimensiones de zonas de alcance, considerando para ello los individuos comprendidos entre los percentiles 5 y 95.

El diseño de los puestos de trabajo parte de la antropometría y la biomecánica para determinar las características estáticas y dinámicas del cuerpo humano.

## *Características estáticas*

Las características estáticas, es decir, las dimensiones estructurales del cuerpo son las que van a servir para establecer las separaciones entre el cuerpo y lo que le rodea y se toman en individuos estáticos en las posiciones de trabajo fijas, de pie, sentado, etc. (ver figura 2).

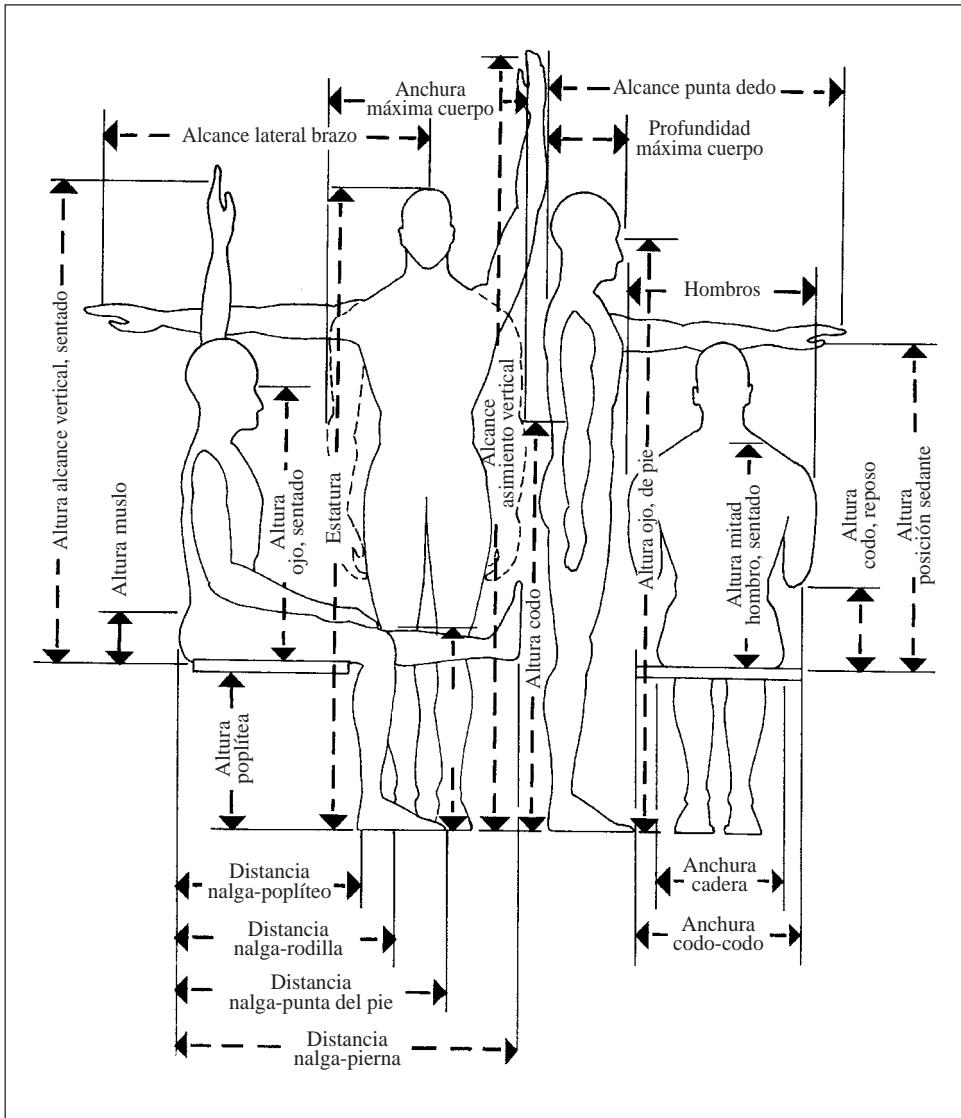


Figura 2.- Características estáticas

Su conocimiento es imprescindible para crear un entorno que considere las dimensiones de los espacios y objetos contenidos en él, subordinadas a las del usuario que debe desenvolverse en su interior.

### *Características dinámicas*

Las características dinámicas del cuerpo humano, o dimensiones funcionales, son las que se toman a partir de las posiciones de trabajo resultantes del movimiento asociado a ciertas actividades. Aunque tanto las dimensiones estáticas como las dinámicas son indispensables para conseguir un diseño adecuado de situaciones de trabajo, estas últimas son probablemente mucho más útiles para la mayor parte de proyectos de diseño, ya que no se permanece inactivo en el puesto de trabajo, sino que, en general, se está en movimiento. La utilización de las medidas dinámicas ayuda a centrarse en el estudio de los movimientos que se deben realizar durante las diferentes tareas.

### **Estudio dimensional del puesto de trabajo**

El estudio dimensional de los espacios de trabajo debe abarcar todas las posturas y situaciones de trabajo que se pueden adoptar para la realización de las diferentes tareas.

Desde el punto de vista ergonómico, el estudio dimensional de los espacios de trabajo se centra en la zona en que se realizan la totalidad de las actividades humanas de carácter operativo, es decir, la zona de trabajo, que es la zona circular comprendida aproximadamente entre 0,5 metros y 2 metros alrededor del cuerpo y es en la que se encuentran la mayor parte de objetos y elementos que deben ser manipulados durante la actividad.

Es por ello que el área funcional de trabajo viene determinada por los diversos movimientos posibles de las extremidades, y es en estas zonas donde se deben situar los elementos que configurarán el área de trabajo.

A continuación se analizan brevemente las situaciones de trabajo más convencionales, es decir, las posturas que implican una situación de trabajo sentado y de pie, típicas de la mayoría de trabajos, el sanitario incluido.

Para establecer las dimensiones esenciales de los puestos de trabajo hay que considerar los siguientes criterios: las zonas de alcance óptimas, la altura del plano de trabajo, el espacio reservado para las piernas y el diseño antropométrico del asiento.

### *Zonas de alcance óptimas*

Una buena disposición de los elementos que se van a utilizar en el área de trabajo permitirá realizar con menor esfuerzo los diferentes movimientos de manipulación requeridos, evitando los movimientos forzados que implican a la larga dolores de espalda, patología muscular, traumatismos, etc.

Tanto en el plano vertical como en el horizontal deben determinarse las distancias y áreas óptimas de trabajo para conseguir un buen nivel de confort postural.

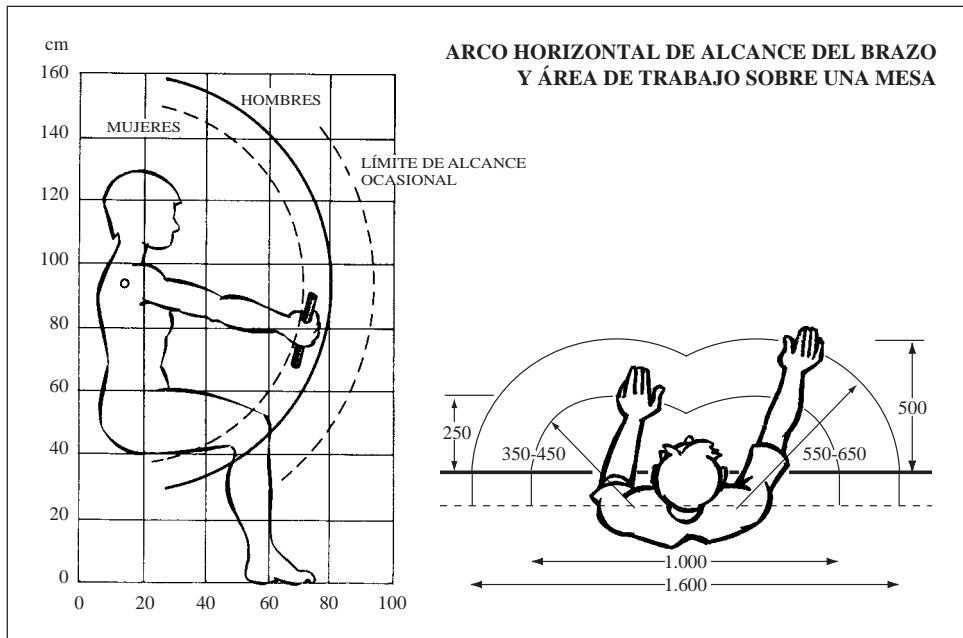


Figura 3.- Zonas de alcance óptimas

Las dimensiones de alcance en una actividad normal, que requiera operaciones sobre el plano vertical, se determinan en función de las personas de menor estatura, es decir, las incluidas en los percentiles más bajos, tanto para alcances en posición sentado como de pie. En posición de pie, las alturas máximas de los estantes no deberían sobrepasar, para hombres, 150 - 160 cm y para mujeres, 140 - 150 cm.

Son muchas las actividades manuales que se realizan sobre superficies horizontales, por lo tanto, para que la mayoría de usuarios puedan realizar estos trabajos con la mayor facilidad, las distancias de alcance del área de trabajo deben estar diseñadas para los individuos bajos, al igual que en el plano vertical.

#### *Altura del plano de trabajo*

En la concepción de los puestos de trabajo, es de gran importancia determinar la altura de la superficie de trabajo para conseguir que todas las tareas, tanto las que se realizan sentado como de pie, se correspondan con la realidad funcional del cuerpo.

La gran variedad de tareas y las diferencias individuales hacen imposible fijar una única altura; sin embargo, teniendo en cuenta las características estructurales y funcionales del cuerpo, se puede definir la relación satisfactoria con la superficie de trabajo como aquella que permite mantener el antebrazo en posición horizontal o ligeramente inclinado hacia abajo. Otra consideración que se debe tener en cuenta, para definir la altura del plano de trabajo, es la naturaleza de la actividad, que varía en función de la precisión que requiera la tarea y la posición del cuerpo más adecuada para realizarla.

Aunque desde un punto de vista ergonómico el trabajo sentado es mejor que el trabajo realizado de pie, también la posición de sentado al cabo de un cierto tiempo se convierte en penosa. Por lo tanto, lo más adecuado será un puesto de trabajo que permita alternar las dos posiciones, de pie y sentado.

Para una tarea que se realiza de pie, el plano de trabajo debe estar un poco por debajo de la altura del codo, siendo la distancia recomendable de 5 a 10 cm por debajo del codo. En consecuencia, se puede decir que una altura correcta (desde el suelo al plano de trabajo) es de 95 a 100 cm para los hombres y de 85 a 95 cm para las mujeres.

La altura del plano de trabajo para tareas que se realizan en posición sentado, ante una mesa, un banco de trabajo, laboratorio, etc., debe fijarse teniendo en cuenta las características de la propia tarea; así por ejemplo, la altura para una tarea que requiera cierta precisión no será la misma que para una tarea en la que se usa, por ejemplo, un ordenador y que requiere una gran libertad de movimiento. Sin embargo, la altura de la superficie de trabajo está íntimamente relacionada con la altura del asiento, el espesor de la superficie de trabajo y el grosor del muslo.

#### *Espacio reservado para las piernas*

Cuando el diseño deba tener en cuenta el factor “holgura”, se han de considerar los datos de los usuarios más altos (percentil 95). Es evidente que si el diseño es eficaz para los usuarios de mayores dimensiones, también lo será para el resto, aunque en el caso de personas de pequeña estatura puede requerirse el uso de apoyapiés.

#### *Diseño antropométrico del asiento*

Si el asiento no proporciona el equilibrio y confort suficientes, será el usuario quien deba hacerlo, adoptando posturas incómodas. Es necesario, pues, que la concepción ergonómica de los asientos se haga teniendo en cuenta una serie de datos y características de diseño entre las que destacan las siguientes:

- Debe ser regulable en altura (en posición sentado), con un margen de ajuste de entre 380 y 500 mm.
- La anchura del asiento debe oscilar entre 400 y 450 mm y su profundidad, entre 380 y 420 mm.

- El asiento debe tener un acolchamiento de espuma de 20 mm de espesor, estar sobre una base rígida y estar recubierto de una tela flexible y transpirable.
- La base de apoyo ha de garantizar la estabilidad y dispondrá de cinco patas con ruedas que permitan la libertad de movimientos.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS PUESTOS DE TRABAJO MÁS COMUNES EN EL HOSPITAL

En este apartado se muestran algunos ejemplos de las tareas más típicas del trabajo hospitalario, incluyendo el diseño del puesto y las consideracio-

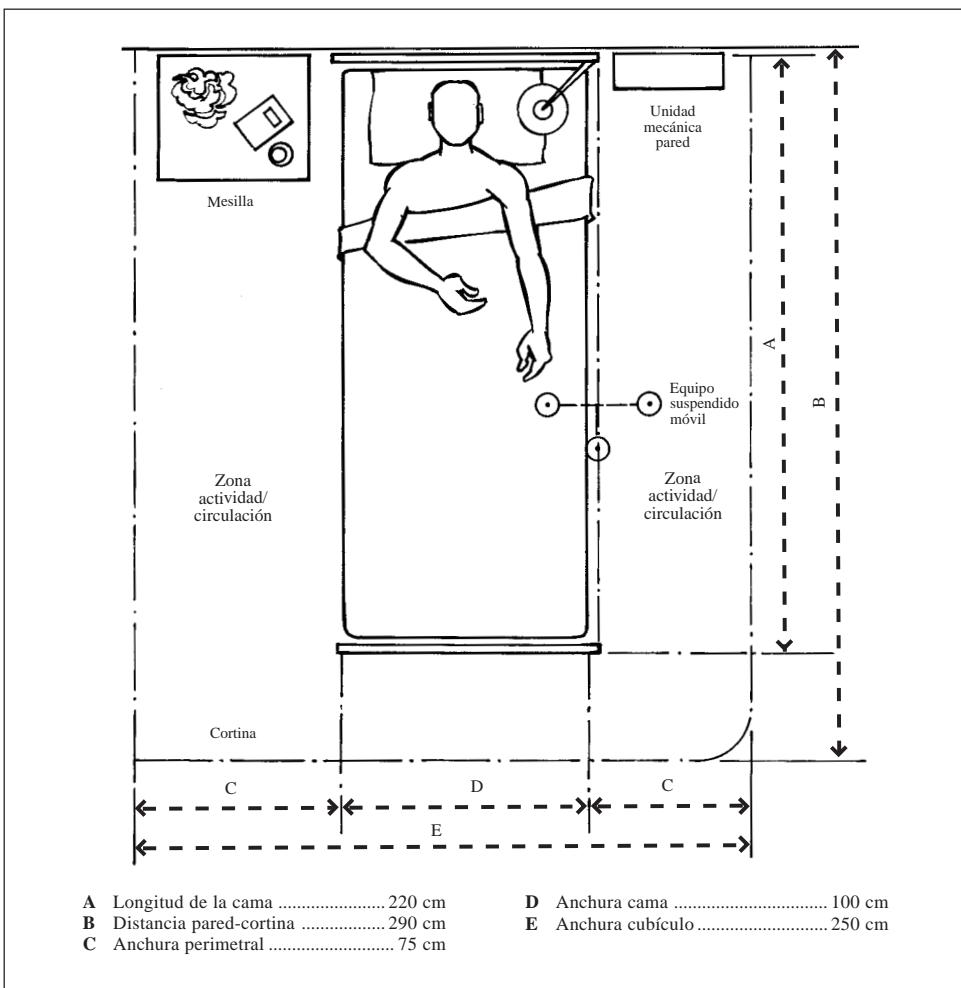


Figura 4.- Cubículo con cama de paciente y cortina divisoria

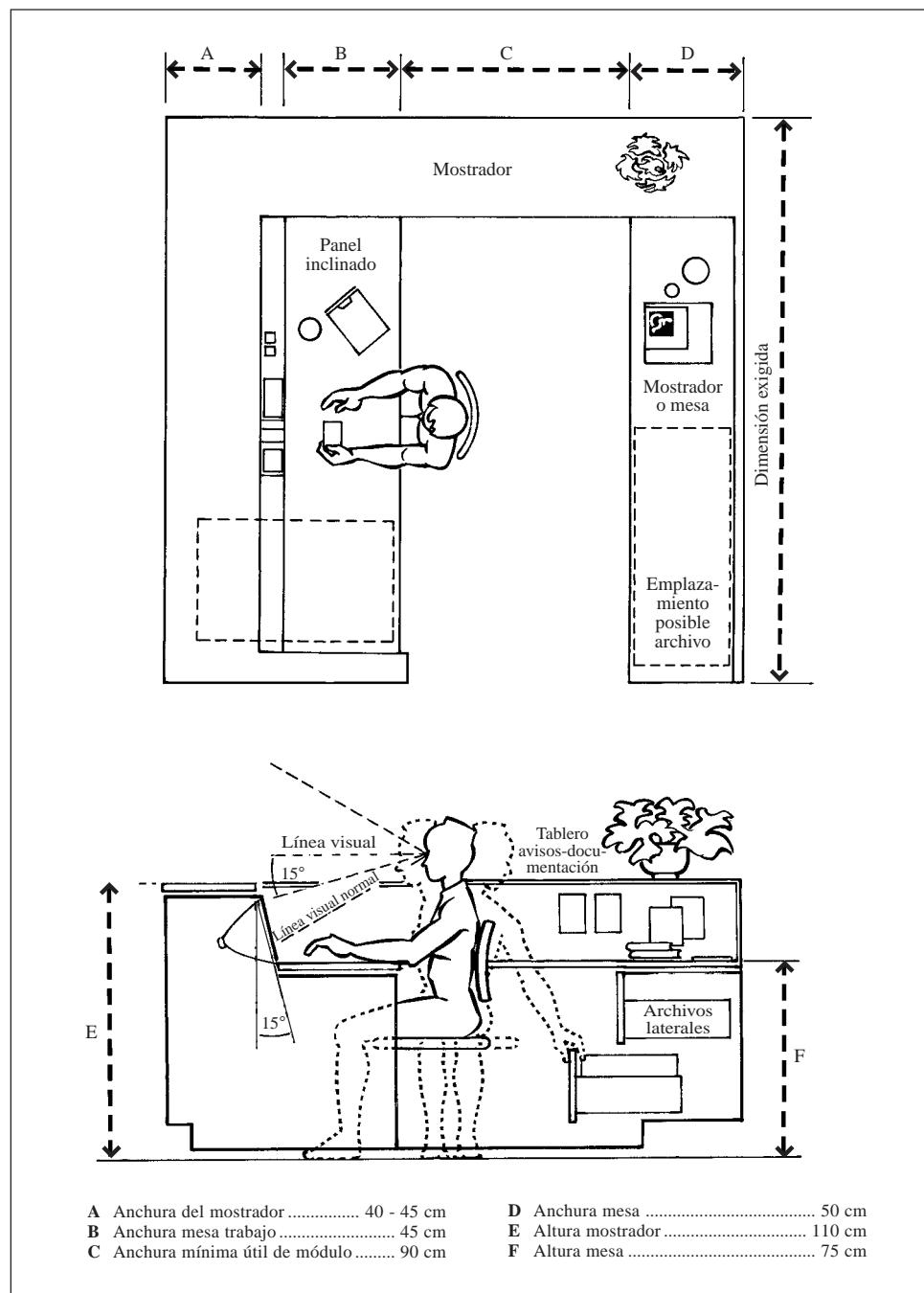


Figura 5.- Módulo de enfermería

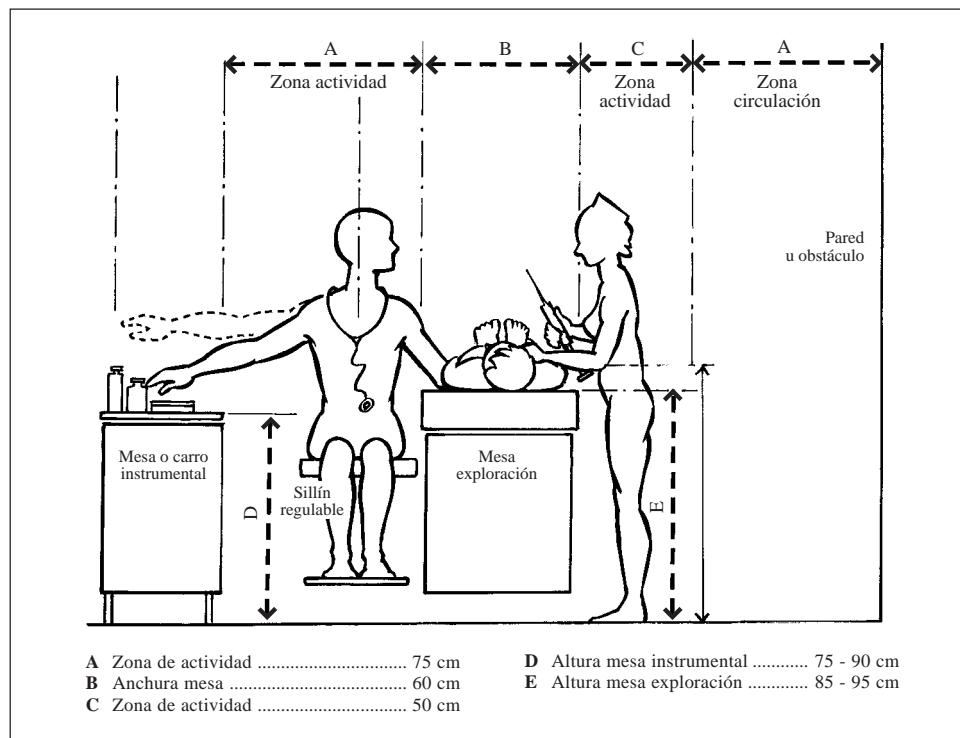


Figura 6.- Zona de exploración

nes antropométricas más importantes citadas en el texto “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”, de J. Panero. Es preciso mencionar que las distancias son aproximadas y en algunos casos se deben tomar como mínimas.

### Cubículo con cama de paciente y cortinas divisorias

En este espacio de trabajo la dimensión humana más importante que se ha de tener en cuenta es la máxima anchura del cuerpo. El 95 % de la población tiene una anchura corporal máxima de 58 cm, por lo que una anchura entre la cama y la cortina de aproximadamente 75 cm será suficiente para realizar las tareas de observación. La altura de la cortina separadora está determinada por la altura del ojo o la estatura de la persona más alta, su finalidad es proporcionar la máxima privacidad. En la figura 4 se muestra el esquema en planta de este tipo de cubículos.

### Módulo de enfermería y atención al público

En la figura 5 se muestra en planta y en alzado un módulo de enfermeras típico con las dimensiones recomendables. Son de resaltar algunas caracte-

rísticas. Por ejemplo, la anchura del módulo permite la presencia y movimiento simultáneo de dos personas pero mantiene los elementos del módulo al alcance con un simple giro de la silla; el plano posterior del mostrador debe estar ligeramente inclinado ( $15^\circ$ ), ya que, al ser perpendicular a la dirección de la mirada, mejora la visibilidad; la altura del mostrador debe ser cómoda para el público y no interferir con la visión del personal de enfermería.

### Zona de exploración

En la figura 6 se muestran las dimensiones aplicables en torno a una mesa de exploración. Si la actuación médica requiere el uso de instrumental o de la manipulación de controles, se debe tener en cuenta la extensión lateral del brazo.

### Zona de laboratorio. Consideraciones femeninas y masculinas

En la figura 7 se estudian las consideraciones antropométricas femeninas y masculinas en una zona de laboratorio, en concreto su relación con la mesa de trabajo y las estanterías situadas en la pared.

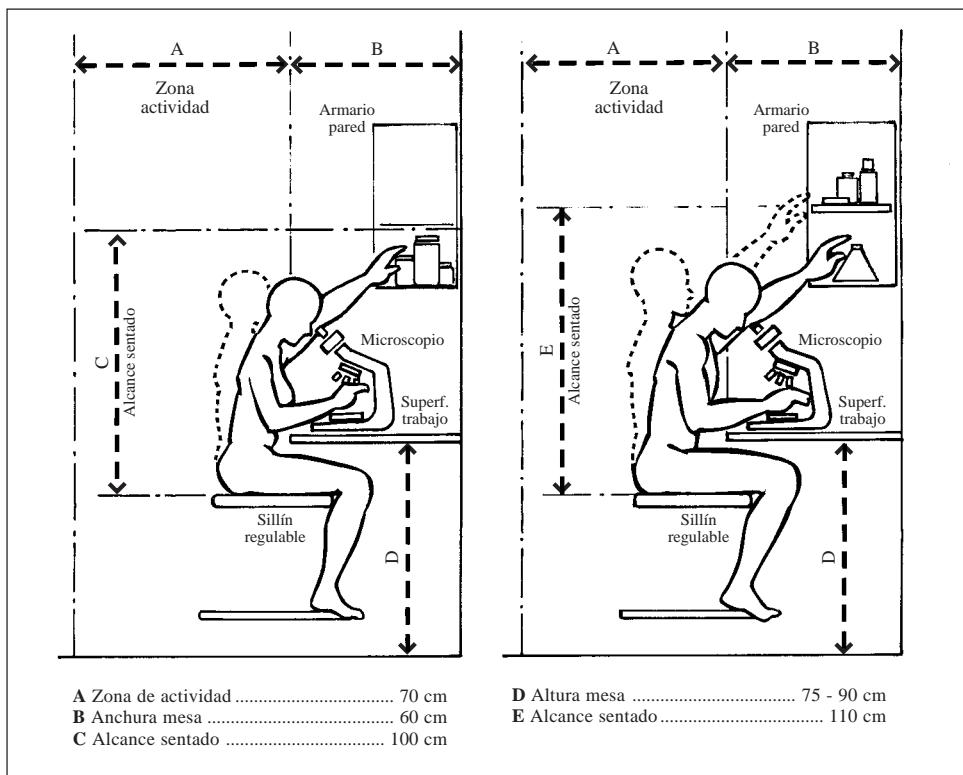


Figura 7.- Zona de laboratorio

## ILUMINACIÓN

La mayor parte de la información, aproximadamente un 80%, se recibe a través de la vista, siendo la visión uno de los sentidos más importantes y requiriéndose para ello disponer de luz. Sin embargo, dada la capacidad de la vista de adaptarse a condiciones de iluminación deficientes, es habitual no cuidar demasiado las condiciones de iluminación.

La ergonomía visual tiene por objeto favorecer al máximo la percepción de las informaciones visuales que se utilizan durante el trabajo, asegurar una buena ejecución de las tareas, garantizar la seguridad y proporcionar unos niveles aceptables de confort visual.

En la práctica, estos objetivos se alcanzan cuando al concebir un ambiente visual se tienen en cuenta, entre otros aspectos, las características fisiológicas del individuo. En la figura 8 se indican los parámetros que influyen en las capacidades de un trabajador en un ambiente visual concreto.

La capacidad, tal como se muestra en la figura 8, depende a la vez de las características propias de la tarea, el tamaño, el color o el factor de reflexión de los objetos y de las condiciones de iluminación como, por ejemplo, los deslumbramientos, la falta de uniformidad de la iluminación o un deficiente balance de brillos o luminosidades. Estas malas condiciones pueden conducir a la aparición de la fatiga tras un tiempo de trabajo prolongado. Esta fatiga puede ser de dos tipos fundamentalmente: una fatiga del sistema nervioso central resultante del esfuerzo requerido para interpretar las informaciones equívocas o poco nítidas y una fatiga muscular debida, en general, al mantenimiento de las posturas forzadas que se adoptan para evitar las molestias ocasionadas por unas distancias inadecuadas o los reflejos que dificultan la visión de los detalles como, por ejemplo, el reflejo de una lámpara sobre una pantalla de ordenador.

Dada la amplísima variedad de tareas que se llevan a cabo en un centro sanitario y los diferentes usos a que se destinan las distintas zonas del mismo, es evidente que la iluminación es un factor decisivo para alcanzar unas condiciones ergonómicas adecuadas en cada área de trabajo.

### Principales aspectos que influyen en la capacidad visual

En este apartado se describen algunos de los parámetros que tienen mayor influencia en la capacidad visual.

#### *Nivel de iluminación*

La finalidad de la iluminación de un local mediante luz natural o luz artificial es proporcionar las condiciones óptimas para la realización de las tareas concretas, además de un ambiente visual apropiado que facilite el reposo de la vista o el paso de una actividad visual a otra.

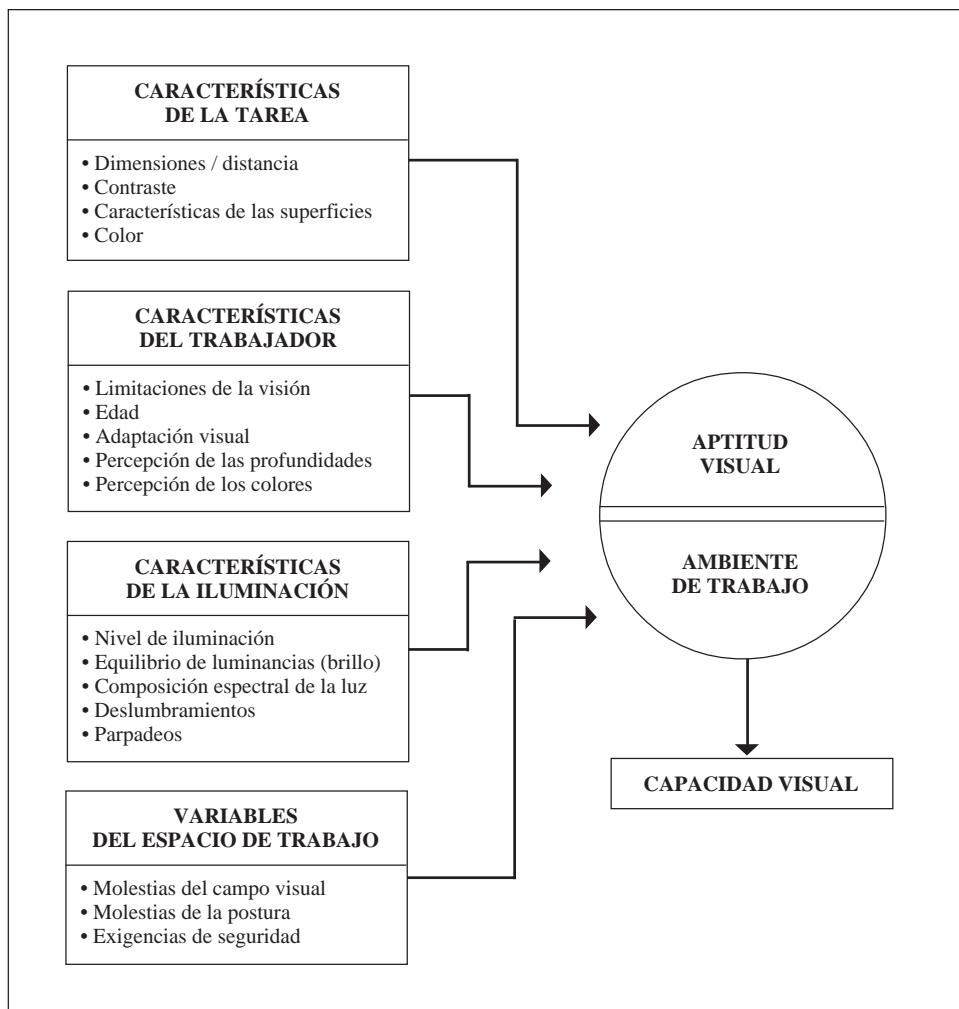


Figura 8.- Factores que influyen en la capacidad visual

El valor del nivel de iluminación depende, principalmente, de los siguientes factores: el tamaño de los detalles que se han de identificar, la distancia entre el ojo y los objetos observados, los factores de reflexión de los materiales, los contrastes entre diferentes partes del objeto y entre los objetos y el fondo sobre el que destacan, la edad del observador y los equilibrios de brillos o luminancias entre las diferentes partes del objeto y el fondo, de modo que no se produzcan deslumbramientos molestos.

Los objetivos que se persiguen al establecer los niveles de iluminación apropiados son los siguientes:

- Definir claramente un espacio, permitiendo la facilidad y la seguridad de los movimientos en ese espacio.
- Facilitar la concentración de la atención sobre la zonas de trabajo.
- Proporcionar zonas con brillos inferiores a los de la tarea que permitan una buena adaptación visual.
- Obtener un modelo real de los objetos, dulcificando las sombras duras mediante un equilibrio correcto entre los componentes directos y difusos de la iluminación.
- Proporcionar una buena reproducibilidad de los colores.
- Conseguir una buena combinación entre el brillo de las superficies y los colores aplicados, de forma que contribuyan al bienestar de los ocupantes.

En el Real Decreto 486/97 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en su anexo IV, se establecen los valores mínimos de iluminación de los lugares de trabajo. Dichos valores se muestran en la tabla 1.

Los niveles mínimos incluidos en la tabla deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a) En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b) En zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

En la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo, además de una serie de indicaciones y recomendaciones sobre los aspectos cualitativos del sistema de iluminación, se incluyen, en el anexo A, unas tablas de iluminación con los valores medios recomendados para distintas actividades. En concreto para las actividades sa-

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de ilumin. (Lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
- Bajas exigencias visuales	100
- Exigencias visuales moderadas	200
- Exigencias visuales altas	500
- Exigencias visuales muy altas	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

(\*) *El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.*

Tabla 1.- Niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo

nitarias únicamente recoge las de enfermería y salas de atención médica para las que recomienda valores medios de iluminación de 500 lux. Estos valores están extraídos del proyecto de norma europea prEN 12464.

En la tabla 2 se muestran algunos niveles de iluminación recomendados en la Norma ISO 8995.89 "Principes d'ergonomie visuelle. L'éclairage des systèmes de travail intérieurs", para diferentes locales y tareas hospitalarias. En esta tabla se indican una gama de tres valores de nivel de iluminación. Los más altos de la gama se pueden adoptar en las siguientes circunstancias: cuando los factores de reflexión y los contrastes de la tarea sean excepcionalmente débiles, cuando la rectificación de errores sea particularmente costosa, cuando los resultados que se han de obtener o la situación sea crítica, cuando la precisión o el rendimiento sean muy importantes y cuando lo impone la capacidad visual del trabajador.

Los valores más bajos de la gama se pueden utilizar en los siguientes casos: cuando los factores de reflexión y los contrastes son excepcionalmente altos, cuando la velocidad de ejecución o la precisión tienen una importancia secundaria o cuando la tarea sólo se ejecuta ocasionalmente.

Estos valores están en función de las exigencias visuales de la tarea, de la experimentación práctica y de la necesidad de una utilización óptima de la energía al menor coste. En ocasiones, será útil combinar la iluminación general con una iluminación

Hospitales	Gama de niveles de iluminación (lux)
<i>Salas de hospitalización</i>	
iluminación general	50 - 100 - 150
reconocimientos	200 - 300 - 500
lectura	150 - 200 - 300
circulación nocturna	3 - 5 - 10
<i>Salas de reconocimientos</i>	
iluminación general	300 - 500 - 750
inspección local	750 - 1000 - 1500
<i>Cuidados intensivos</i>	
iluminación general	30 - 50 - 100
observación	200 - 300 - 500
<i>Zonas de enfermeras</i>	200 - 300 - 500
<i>Quirófanos</i>	
iluminación general	500 - 750 - 1000
iluminación localizada	10000 - 30000 - 100000
<i>Autopsias</i>	
iluminación general	500 - 750 - 1000
iluminación localizada	5000 - 10000 - 15000
<i>Laboratorios y Farmacia</i>	
iluminación general	300 - 500 - 750
iluminación localizada	500 - 750 - 1000
<i>Consultorios</i>	
iluminación general	300 - 500 - 750
iluminación localizada	500 - 750 - 1000

Tabla 2.- Niveles de iluminación para locales y tareas hospitalarias

localizada, próxima a la tarea, que asegure los niveles de iluminación requeridos para determinadas tareas.

#### *Contraste*

La percepción de un objeto dentro de un ambiente depende, fundamentalmente, del contraste debido a la luminancia o brillo de las partes o del contraste que proporcionan los colores del objeto y del fondo sobre el que destaca.

La luminancia o brillo es un atributo de la sensación visual asociada a la cantidad de luz emitida por una superficie, bien porque sea una fuente emisora (por ejemplo: una bombilla, el sol, una pantalla de ordenador), bien porque se trate de la luz reflejada o transmitida por dicha superficie (por ejemplo: materiales con acabados superficiales brillantes, metálicos, cristales, etc.).

La existencia de objetos con diferente brillo facilita, hasta determinados límites, la existencia del contraste. Por otra parte, grandes diferencias de brillo o luminancia pueden ocasionar una reducción del contraste, por ejemplo cuando en el campo visual aparecen simultáneamente una pantalla de ordenador y una ventana situada detrás de la pantalla; la ventana tiene un brillo muy superior al de la pantalla, esto puede provocar un deslumbramiento cuya consecuencia es una insensibilización transitoria del ojo. Problemas similares al descrito ocurren cuando sobre las superficies de trabajo aparece la imagen de las lámparas; esta imagen de elevado brillo enmascara los detalles de la tarea que se ha de visualizar.

#### *Deslumbramiento*

El deslumbramiento está provocado por la presencia en el campo visual de una fuente brillante. Su consecuencia es una molestia y/o una disminución en la capacidad para distinguir objetos.

Este fenómeno actúa sobre la retina del ojo en la que produce una enérgica reacción fotoquímica, insensibilizándola durante un cierto tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse.

El deslumbramiento puede tener su origen, en la visión directa de fuentes de luz brillantes como: lámparas, ventanas, etc. (deslumbramiento directo); y también en la reflexión de las fuentes de luz sobre superficies de gran reflectancia que se comportan como fuentes de luz secundarias (deslumbramiento por reflexión). Este tipo de deslumbramiento no es tan molesto o incapacitante como el directo, pero sí tiene gran influencia en el deterioro del confort visual; su característica más importante es la disminución o anulación de los contrastes en el objeto examinado.

Uno de los principales factores que intervienen en el deslumbramiento es la luminancia de la fuente de luz o de las superficies iluminadas, aunque existen otros aspectos que se deben tener en cuenta, por ejemplo, la situación de la fuente de luz. El deslumbramiento tiene lugar dentro del ángulo visual, a partir

de los 45° con respecto a la vertical. El ángulo visual depende de la profundidad del local y de la altura a que se encuentran las fuentes de luz.

La situación de la fuente de luz tiene gran importancia en la aparición del deslumbramiento por reflexión. El medio más eficaz de prevenir este tipo de deslumbramiento es la correcta ubicación de las fuentes de luz y de los puestos de trabajo y lo más recomendable es que la luz incida lateralmente sobre el plano de trabajo.

La distribución de luminancias entre los diferentes objetos y superficies incluidos en el campo visual también es importante, ya que cuanto mayores sean las diferencias de luminancias entre un objeto y su entorno, mayor será el deslumbramiento provocado. Las máximas relaciones de luminancias admisibles son: entre la tarea visual y la superficie de trabajo, 3 : 1 y entre la tarea visual y el espacio circundante, 10 : 1. En relación con este tema, adquiere importancia el tiempo de exposición o de observación. Fuentes de luz de baja luminancia presentes en el campo visual pueden producir deslumbramientos si el tiempo de exposición es prolongado.

### *Parpadeo y efectos estroboscópicos*

La luz emitida por todas las lámparas alimentadas por corriente alterna de 50 Hz presenta una variación cíclica de 100 Hz, la cual puede provocar un efecto de parpadeo, impresión visual de intermitencia, de variación de la luz, o un efecto estroboscópico, inmovilización aparente o modificación aparente del movimiento de un objeto.

Estos efectos son débiles en las lámparas de incandescencia, más frecuentes en lámparas fluorescentes, sobre todo con su envejecimiento, y es más marcado en las lámparas de descarga.

El efecto estroboscópico es particularmente molesto cuando aparece una imagen estroboscópica sobre una tarea que requiere atención visual sostenida. Puede resultar peligroso cuando existen partes móviles que pueden dar lugar a accidentes. Estos fenómenos se pueden corregir repartiendo las lámparas en tres fases o alimentando esas lámparas con corriente de alta frecuencia.

### **Alumbrado de hospitales**

Los requisitos para el alumbrado de los hospitales varían en las diferentes zonas del hospital y dependen de las necesidades visuales que existan en cada momento para los usuarios, básicamente personal sanitario y pacientes. Por ello, los sistemas de iluminación han de permitir lograr las condiciones óptimas para cada necesidad; por ejemplo, un alumbrado suave para el reposo de los pacientes y un alumbrado intenso para las curas o revisiones de los mismos.

Uno de los requisitos que hay que tener en cuenta es la utilización del color,

tanto de las fuentes de luz como los empleados en la decoración de las habitaciones o en la ropa, bajo dos aspectos:

- 1) Como elemento que garantice las mejores condiciones para el tratamiento y examen del paciente, de inspecciones anatopatológicas o de diagnóstico por la imagen: por ejemplo, cuando un diagnóstico depende del color o de una modificación del color de la piel, etc.
- 2) Como elemento capaz de modificar las sensaciones que un determinado ambiente proporciona, por ejemplo, la utilización de colores frescos, limpios o relajantes (azul claro, verde claro, etc.), que pueden contribuir a crear atmósferas más acogedoras que faciliten la recuperación del paciente.

### *Salas de hospitalización*

El alumbrado de estos locales no debería producir deslumbramientos molestos a los pacientes, incluidos aquellos cuyo campo de visión se limita al techo, ni al personal sanitario encargado de atenderlos.

El nivel de iluminación general de las habitaciones debe ser suficiente para desarrollar las tareas de tipo médico y las de tipo doméstico. En estas zonas se escogerá un sistema de iluminación de tipo indirecto que proporcione niveles de iluminación medios de entre 100 y 200 lux.

El alumbrado sobre las camas de los pacientes debe proporcionar suficiente iluminación para permitirles la lectura o la realización de algún trabajo manual. Los niveles de iluminación a todo lo ancho de la cabecera deberían ser, en término medio, de 300 lux; su luminancia o brillo no debería sobrepasar las 350 candelas/m<sup>2</sup>, y las lámparas se seleccionarán de modo que el calor irradiando sea lo más bajo posible.

En los casos en que los exámenes médicos se tengan que realizar en la misma habitación, se deberá disponer de luminarias suplementarias, las cuales estarán convenientemente apantalladas para no provocar el deslumbramiento del paciente ni del médico. El nivel de iluminación proporcionado por estas lámparas debe ser de 1000 lux como mínimo, teniendo un índice de rendimiento de color apropiado.

El alumbrado destinado a la observación nocturna del paciente debe causar las mínimas molestias a los demás enfermos. El nivel de iluminación recomendado es de entre 5 y 20 lux.

El alumbrado nocturno debe proporcionar el nivel de iluminación mínimo para que el personal sanitario y los pacientes puedan orientarse con facilidad; se recomiendan niveles de entre 3 y 10 lux.

### *Pasillos*

El alumbrado de los pasillos debe estar en concordancia con el de los locales adyacentes, de modo que no existan grandes diferencias, en cuanto a niveles de iluminación, al pasar de una zona a otra. Como consecuencia, se debe

poder reducir el nivel de iluminación en los pasillos durante la noche y de forma lo más uniforme posible. Cuando el pasillo no reciba luz natural suficiente durante las horas del día, la iluminación artificial deberá facilitar la adaptación visual, esto se puede conseguir disponiendo de luminancias elevadas en la pared opuesta a la puerta de la habitación que esté iluminada por luz natural.

Una distribución asimétrica de las luminarias a lo largo de los pasillos es menos molesta para los pacientes transportados en camillas.

#### *Alumbrado de quirófanos*

En este tipo de locales se precisa un equilibrio cuidadoso entre el alumbrado muy especializado exigido para la mesa de operaciones y el que suministra la iluminación del resto de la sala.

La luminaria que alumbra la mesa de operaciones está diseñada para proporcionar niveles de iluminación muy altos, libres de sombras y regulable, entre determinados límites. El nivel de iluminación general deberá ser de alrededor de 1000 lux.

El color de la iluminación general en un quirófano deberá ser también compatible con la de la mesa de operaciones, es decir, la temperatura de color de las dos fuentes de luz deberá ser concordante.

Las lámparas utilizadas para la iluminación general deben proporcionar rendimiento de color entre bueno y óptimo, siendo las luminarias de baja luminancia.

El nivel de iluminación proporcionado por el alumbrado general en las dependencias anexas al quirófano, lavabos, vestuarios, sala de recuperación, etc., debe ser, como mínimo, del 50% del que se tiene en el quirófano con el fin de facilitar la adaptación de la vista al pasar de un local al otro.

#### *Salas de cuidados intensivos*

El alumbrado de estas salas ha de ser adecuado a una gran variedad de tareas visuales y debe permitir la posibilidad de cambiar rápidamente el nivel de iluminación en situaciones de emergencia.

El nivel de iluminación general debe poder variar de 300 a prácticamente 0 lux. El nivel de iluminación necesario para el examen y tratamiento médicos se puede conseguir con luminarias suplementarias. Puede ser necesario disponer de luminarias portátiles de uso quirúrgico.

## **RUIDO**

El ruido se puede definir como un sonido no deseado y molesto; se origina cuando al aplicar una energía mecánica a un objeto, las moléculas de ese objeto vibran y trasmiten esas vibraciones al aire produciendo ondas sonoras.

El ruido se caracteriza por tres magnitudes: la frecuencia, que se mide en herzios (Hz); la amplitud o intensidad, en decibelios (dB); y la sonoridad, que es la percepción subjetiva del ruido y para la que no hay instrumentos de medida.

El sonido se transmite en el aire desde el punto en que se genera, perdiendo energía a medida que se aleja de él, de forma que se oye menos cuanto más lejos está la fuente originaria. Al encontrar un obstáculo, el sonido se puede reflejar, absorber o trasmitir. En general, ocurren los tres fenómenos a la vez y la magnitud de cada uno de ellos depende del material y de la forma del obstáculo, de modo que el ruido generado en un punto puede afectar y molestar, además de a las personas cercanas a la fuente, a otros que se encuentren alejadas de la misma.

En la percepción del ruido hay un doble aspecto que se debe considerar: por una parte, el sonido es algo físico y medible, y por otra, el individuo que lo oye experimenta una sensación que depende de factores subjetivos no medibles (ver figura 9). Por ejemplo, un paciente ingresado en un hospital puede encontrar muy molesto el ruido de la televisión o de las conversaciones de una habitación contigua, sin que necesariamente el nivel de ruido sea demasiado alto.

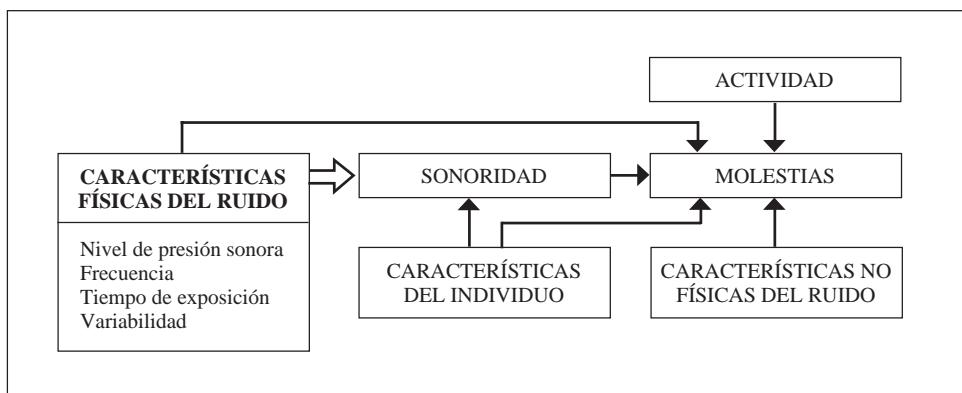


Figura 9.- Factores que influyen en la aparición de molestias por ruido

La exposición a niveles elevados de ruido es uno de los riesgos más comunes en los lugares de trabajo. La experiencia demuestra que los hospitales pueden ser lugares ruidosos a pesar de la imagen de lugares silenciosos que, en general, se tiene de ellos. El ruido en un hospital puede provenir tanto de fuentes situadas en el exterior, como por ejemplo, el tráfico rodado o aéreo o de obras que se estén realizando en las inmediaciones, como del interior. En este caso, las fuentes más habituales son las siguientes: el funcionamiento de las diferentes instalaciones (ascensores, sistemas de ventilación, conducciones o, incluso, la instalación eléctrica), las actividades que allí se desa-

rrollan: uso de determinado instrumental quirúrgico, movimiento de camillas o de carros de comida y la actividad humana (conversaciones, timbres, teléfonos, etc.).

Las áreas más afectadas son el comedor, la cocina, los talleres de mantenimiento, los almacenes, la lavandería, los quirófanos y las salas de hospitalización, aunque este problema se puede presentar en cualquier punto del hospital.

### Efectos para la salud

Las ondas sonoras al llegar al oído desencadenan los impulsos nerviosos que llegarán al cerebro donde se producirá la interpretación de las señales sonoras y la comprensión del sonido. Los ruidos de intensidad elevada son capaces de dañar las células nerviosas del oído interno y el nervio auditivo, produciendo una pérdida de sensibilidad en la capacidad auditiva y, en último extremo, sordera. Además de estos efectos sobre la audición, el ruido tiene efectos fisiológicos y psicológicos. Entre los primeros: cambios en las funciones cardiovascular, endocrina o neurológica. Entre los segundos: alteraciones del sueño, ansiedad, reducción de la capacidad de concentración, dificultades en la comunicación, irritabilidad, etc.

La legislación vigente en nuestro país establece la necesidad de tomar medidas preventivas para evitar estos efectos a partir de 80 dB A, mientras que no existe una normativa aplicable cuando el nivel de ruido está por debajo de esta cifra. No obstante, algunas reglamentaciones técnicas contemplan, aunque sea de forma parcial, esas situaciones en las que el ruido, sin llegar a ser un agresor del sistema auditivo, es un factor generador de molestias.

Estos efectos en los que intervienen de forma notable las peculiaridades del individuo son difícilmente medibles, salvo, quizás, la interferencia que el ruido produce en la comunicación oral entre personas. Un ruido se percibe como especialmente molesto cuando impide oír algo que interesa entender, como por ejemplo, conversaciones o mensajes interferidos por el ruido de fondo de un ambiente.

### Valoración del confort acústico

Partiendo de dos factores que se pueden medir, como son el nivel de ruido de fondo y la distancia entre los interlocutores, se puede conocer cuál es el nivel de ruido máximo que puede existir en un ambiente para que dos personas puedan conversar sin elevar la voz (ver tabla 3).

Otro de los aspectos que contribuyen al nivel de ruido de fondo de un local es la forma en que el ruido generado en o transmitido al local, se refleja, absorbe o transmite a su paso por los objetos y estructuras del mismo (ver figura 10). En ello, tienen un papel muy importante los materiales empleados y la acústica de ese local.

Distancia entre personas que conversan (m)	Nivel de ruido de fondo para hablar sin elevar la voz (dB)
0,3	68
0,6	62
1,2	56
1,8	52
3,7	46

Tabla 3.- Niveles de ruido de fondo máximos en función de la distancia

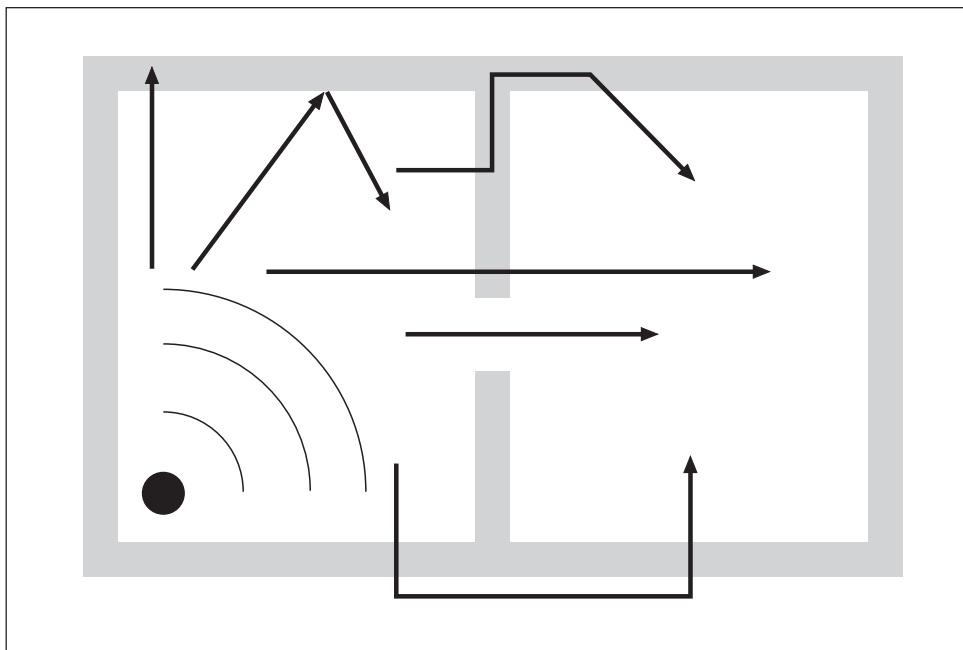


Figura 10.- Esquema de la transmisión del ruido

El sonido que llega a un individuo es la combinación del transmitido directamente desde la fuente y las diferentes reflexiones que se producen en los objetos. Cuando el foco deja de emitir, el sonido tarda un tiempo en desaparecer, debido precisamente a las reflexiones que se siguen produciendo. La duración (segundos) de esas reflexiones o reverberaciones depende de la geometría del local y de los materiales empleados, y se denomina “tiempo de reverberación” de un local al tiempo que tarda el sonido en morir en ese local. Un recinto de superficie muy reflectante, por ejemplo, de baldosas, tendrá un

tiempo de reverberación más bien largo, mientras que otro con materiales más absorbentes, por ejemplo, moquetas, lo tendrá más corto.

Desde el punto de vista de la inteligibilidad de las conversaciones, los tiempos de reverberación largos aportan complejidad al sonido, las palabras son difíciles de entender, ya que se superponen unas a otras; los tiempos de reverberación demasiado cortos también dificultan la comprensión de las palabras y exigen un mayor esfuerzo a los conversantes, ya que el sonido se extingue rápidamente.

En los locales en los que es fundamental una buena audición, por ejemplo auditorios, salas de conferencias o aulas, los tiempos de reverberación más adecuados están comprendidos entre uno y dos segundos. En el anexo 5 de la norma básica de la edificación (NBE-CA-82), se establecen los niveles de inmisión de ruido que se recomienda no sobrepasar y los tiempos de reverberación para los distintos locales sanitarios (ver tabla 4).

Locales	Nivel equivalente máximo de inmisión (dB A)		Tiempo de reverberación (s)
	Día (8 a 22 horas)	Noche (22 a 8 horas)	
Zonas de estancia	45	-	$0,8 \leq T \leq 1,5$
Dormitorios	30	25	$\leq 1$
Zonas comunes	50	-	$1,5 \leq T \leq 2$
Oficinas	45	-	$\leq 1$

Tabla 4.- Niveles de inmisión de ruido y tiempos de reverberación en locales sanitarios

## Medidas de control

La solución a los problemas que origina el ruido pasa, en cualquier caso, por la disminución del ruido. La mejor forma de enfrentarse al problema es actuar sobre la fuente o foco emisor del ruido. Hay que tener en cuenta que, cuando se habla de confort acústico, donde pueden coexistir diversas fuentes de ruido pero con niveles no demasiado altos, antes de actuar se debe conocer cuál de las posibles fuentes de ruido se percibe como más molesta; una vez detectada, se trata de actuar principalmente sobre ella.

Como se ha comentado anteriormente, existen cuatro tipos de fuentes generadoras de ruido: ruido exterior, ruido proveniente de las instalaciones del edificio, ruido debido a los equipos de trabajo y ruido procedente de las personas y de sus actividades.

### *Ruido exterior*

Respecto al ruido que proviene del exterior, las soluciones se deben tomar

en la fase de diseño y construcción del edificio con la selección e instalación de los materiales de construcción y de aislamiento más apropiados. En la reducción del ruido exterior juega un papel muy importante el tipo de ventanas que se vayan a instalar, siendo las más recomendables las de doble cristal con cámara de aire.

#### *Ruido de las instalaciones*

La reducción del ruido procedente de las instalaciones del edificio, como en el caso anterior, es mejor tenerlo en cuenta en la fase de diseño y construcción mediante la selección de los materiales más adecuados.

Cuando una instalación, por ejemplo, el sistema de ventilación/climatización ya está en funcionamiento, las medidas de control de ruido irán encamadas, preferentemente, al ventilador y a los conductos de distribución del aire, incorporando materiales aislantes, estabilizadores y silenciosos. También es posible reducir el nivel de ruido de este tipo de instalación, modificando la forma, el tamaño o el número de los elementos difusores del aire.

#### *Ruido de los equipos de trabajo*

En cuanto a este tipo de ruido la mejor solución pasa por la selección de nuevos equipos o la renovación de los equipos por otros menos ruidosos. Otras acciones pueden consistir en el encerramiento del foco, por ejemplo, mediante la instalación de carcasa aislante para impresoras matriciales, o el aislamiento del foco en locales en los que el personal no deba permanecer de forma continuada, por ejemplo, centrífugas o equipos de ultrasonidos. La información, exigible actualmente al suministrador de la mayoría de equipos, sobre el ruido que puede generar en diferentes condiciones de funcionamiento, es fundamental a la hora de elegir el equipo y su ubicación.

#### *Ruido de personas*

La disminución del ruido producido por las personas y sus actividades (hablar, caminar, señales acústicas, teléfonos, etc.) requiere de actuaciones parciales sobre los posibles focos; por ejemplo, promover campañas para reducir el tono de la voz, utilizar calzado con suelas de goma, utilizar carros de transporte de alimentos o de otro material en los que los elementos metálicos estén sustituidos o recubiertos por material aislante (goma), seleccionar tonos menos molestos para las señales de aviso y el teléfono complementándolas, si es el caso, con señales luminosas.

Otra posible actuación, más general, consiste en la utilización de materiales absorbentes en los suelos, las paredes y los techos. Hay que tener en cuenta que, normalmente, estos materiales son porosos, lo que dificultará la limpieza. En estos casos, lo más recomendable es seleccionar materiales aislantes pero que permiten su limpieza, por ejemplo, los utilizados en industrias alimentarias.

## AMBIENTE TÉRMICO

La existencia de ambientes laborales calurosos constituye, frecuentemente, una fuente de problemas que van de simples quejas por la falta de confort o disminución del rendimiento laboral a riesgo para la salud e incluso la muerte.

El término “ambiente térmico” está definido por los valores de una serie de variables ambientales, como son: la temperatura del aire, la temperatura radiente, la humedad relativa y la velocidad del aire, y por variables ligadas a la persona, el consumo metabólico ligado al tipo de actividad y la indumentaria.

La mayor parte de las posibles combinaciones de estas variables que se dan en un ambiente de trabajo tienen como consecuencia una serie de situaciones térmicas que se pueden calificar de inconfortables, sin que supongan un riesgo para la salud. Con menor frecuencia, se pueden dar situaciones que generen problemas serios de salud.

En los hospitales, las situaciones de inconfort térmico suelen ser las más habituales. En estas instalaciones el clima interior se mantiene cálido, de modo que los pacientes allí ingresados y que se encuentran casi en estado de reposo absoluto (lo que significa poca generación de calor) se sientan en un ambiente térmico confortable.

En ese mismo clima desarrollan su actividad los trabajadores del hospital, realizando diferentes tareas que, en algunos casos, requieren de una actividad física o mental importante, por lo que es frecuente que se planteen quejas por calor. Conseguir que, en un mismo clima interior, se sientan confortables dos colectivos de personas con actividades tan diferentes es, cuando menos, complicado.

La solución pasa por establecer unos valores termoambientales próximos a una situación de confort térmico intermedio para los dos colectivos y corregir alguna de las variables ligadas al individuo, por ejemplo, la indumentaria.

En una hipotética situación en la que los pacientes tengan frío y los trabajadores calor, si se corrige al alza la temperatura ambiental, los pacientes se encontrarán mejor pero los trabajadores tendrán más calor. El mismo caso ocurriría si se disminuyera la temperatura ambiental, entonces los perjudicados serían los pacientes. La mejor solución consistiría en modificar la indumentaria, aligerando la de los trabajadores y abrigando a los pacientes.

No obstante, en el hospital existen determinadas zonas que se pueden calificar de “puntos calientes”, por ejemplo, la lavandería, la cocina o la sala de calderas, en las que no se hablaría de confort térmico sino que la situación se podría calificar de estrés térmico. El riesgo de estrés térmico para una persona expuesta a un ambiente caluroso depende de la producción de calor por su organismo, como resultado de su actividad física, y de las características del ambiente que le rodea, que condicionan el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Cuando el calor generado por el organismo no puede ser

disipado en el ambiente, se acumula en el cuerpo y la temperatura tiende a aumentar pudiendo producir, en casos extremos, daños irreversibles.

### **Efectos para la salud**

#### *Golpe de calor*

El golpe de calor es el efecto más grave relacionado con la exposición al calor. Es el resultado del fallo del mecanismo de regulación de la temperatura corporal. Los afectados se caracterizan por padecer calor, ausencia de sudoración (piel seca), vértigos, dolor de cabeza, náusea, sed, calambres, confusión mental, delirios, convulsiones o inconsciencia. La temperatura corporal puede, en estos casos, exceder los 41 °C.

Las personas que presentan estos síntomas deben ser tratadas de inmediato, llevándolas a lugares más frescos y tratando de rebajar hasta 39 °C su temperatura corporal mediante la ventilación y la aplicación de compresas o ropas húmedas.

#### *Agotamiento por calor*

El agotamiento por calor está causado por la pérdida de grandes cantidades de sudor. Los síntomas son similares a los descritos en el apartado anterior pero más leves. El tratamiento consiste en trasladar al afectado a lugares más frescos y proporcionarle grandes cantidades de líquido.

#### *Calambres*

Son espasmos musculares, sobre todo de los músculos implicados en la tarea, que aparecen tras la pérdida de sales con el sudor. La solución consiste en proporcionar líquidos salinos.

#### *Desmayos*

Este efecto ocurre en situaciones de calor, en las que los vasos sanguíneos se dilatan. El desmayo ocurre cuando la sangre no llega bien al cerebro.

#### *Erupciones debidas al calor*

Las erupciones aparecen cuando la piel permanece mojada por el sudor, durante períodos de tiempo largos, y no se produce la evaporación del mismo. Esta situación puede causar la irritación de las glándulas sudoríparas debido a su obstrucción. La prevención de este efecto pasa por mantener la piel seca y limpia.

### **Valoración del ambiente térmico**

En el Real Decreto 486/1997 se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. En particular, en su anexo III

“Condiciones ambientales de los lugares de trabajo” figuran los requisitos en cuanto a ambiente térmico que deben cumplirse en dichos lugares de trabajo y que son los siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites: 0,25 m/s para trabajos en ambientes no calurosos; 0,5 m/s para trabajos sedentarios en ambientes calurosos y 0,75 m/s para trabajos no sedentarios en ambientes calurosos. 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 de 0,35 m/s en los demás casos.

La Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo proporciona información sobre los métodos de valoración aplicables en las diferentes situaciones térmicas. En la figura 11 se incluye un esquema de los tres métodos más utilizados.

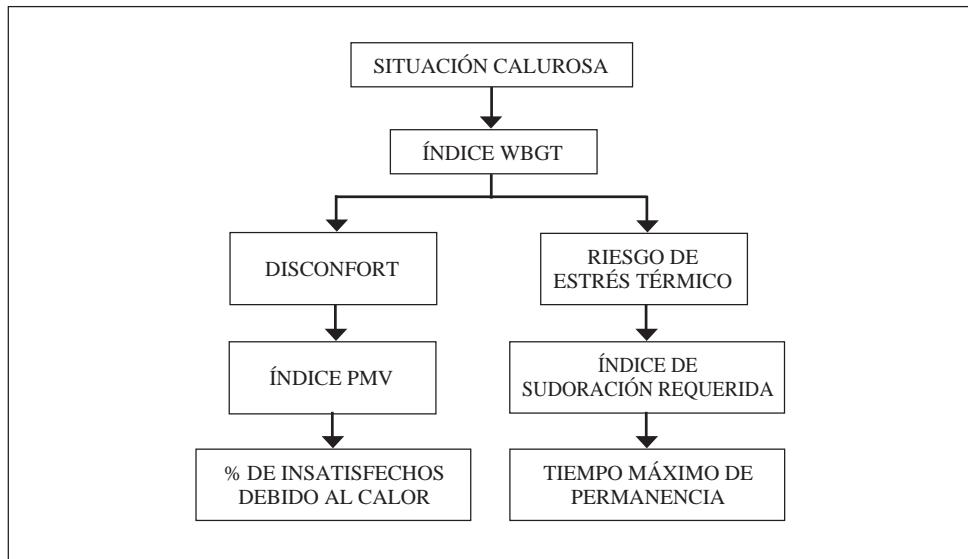


Figura 11.- Esquema de aplicación de los diferentes métodos de valoración del ambiente térmico

De éstos, el Índice de sudoración requerida (Norma UNE-EN 12512:97), que permite establecer, entre otros datos, el tiempo máximo de permanencia en una situación determinada, sólo se utiliza en casos de exposición a ambientes térmicos muy calurosos, por ejemplo, en fundiciones o en vidrierías.

El índice WBGT (*wet bulb globe temperature*) (Norma UNE-EN 27243:95) combina las variables termohigrométricas (humedad y radiación) con el metabolismo de las personas expuestas a una situación calurosa. En la figura 12 se puede observar, mediante la lectura en la curva, el valor máximo que puede alcanzar el índice WBGT en función del valor que adopta el metabolismo.

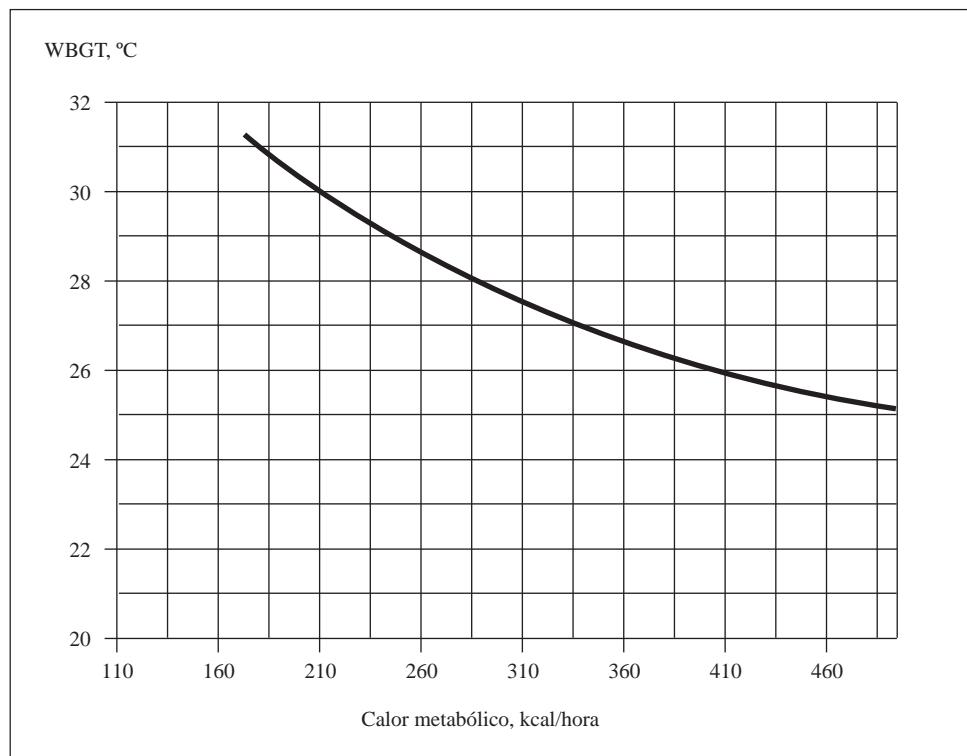


Figura 12.- Valores límite del índice WBGT

Este es un índice sencillo que permite discriminar rápidamente si la situación de riesgo por estrés térmico es o no admisible.

Para ambientes térmicos moderados, como pueden ser buena parte de las situaciones que se encuentran en los hospitales, es útil emplear el método de evaluación del confort térmico, en el que el índice PMV (*predicted mean vote*), que es el resultado de la combinación de seis variables: la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la humedad relativa, la velocidad del aire,

el aislamiento térmico del vestido y la actividad física desarrollada, permite conocer el porcentaje de personas que se sentirán insatisfechas frente a la situación térmica valorada en el conjunto del cuerpo (PPD: *predicted percentage of dissatisfied*).

En la figura 13 se muestra la gráfica en la que se relacionan los posibles valores del índice PMV, obtenidos de las diferentes combinaciones de los seis parámetros anteriormente mencionados, con los porcentajes de personas insatisfechas, por calor o por frío, en esas situaciones térmicas. Es de resaltar que para el valor PMV igual a cero (lo que indicaría una situación térmica neutra, es decir, significaría la combinación óptima de las variables termoambientales), todavía queda un 5% de personas que se mostrarían insatisfechas en ese ambiente.

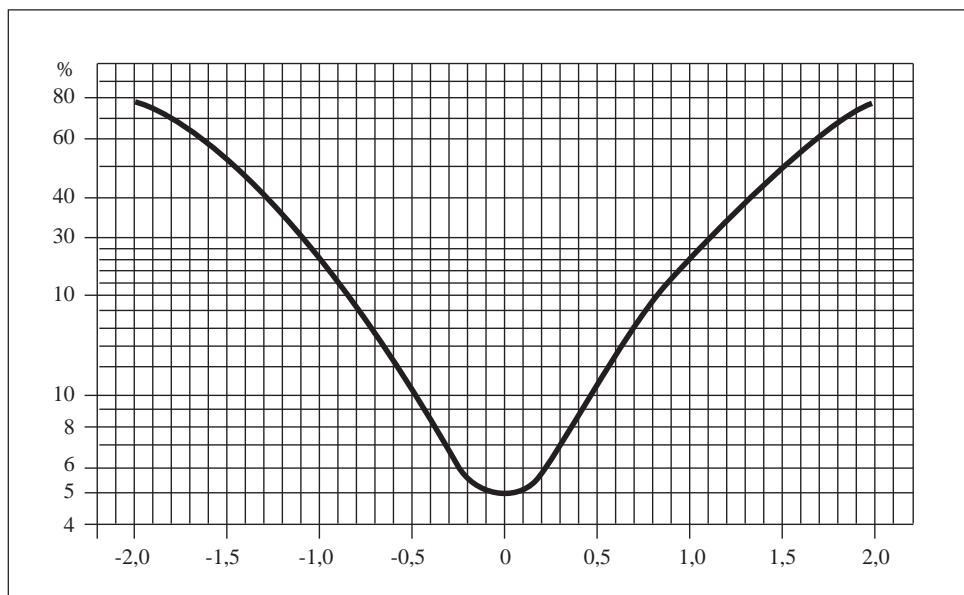


Figura 13.- Proporción prevista de personas insatisfechas en función del valor PMV

La norma UNE-EN-ISO 7730/96 recoge los valores de las variables ambientales que proporcionarían porcentajes de insatisfechos inferiores al 10%. Por ejemplo, para una situación de verano (período de funcionamiento de la refrigeración), un trabajo de tipo sedentario, con una actividad metabólica considerada ligera y una indumentaria típica veraniega (camisa de manga corta y falda o pantalón ligeros), la temperatura del aire debería estar comprendida entre los 23 y 26 °C, la humedad del aire debería ser del 50% y la velocidad del aire, inferior a 0,25 m/s. Con estos parámetros se puede predecir que menos del 10% de las personas que se encuentren en ese ambiente térmico se sentí-

rán insatisfechas, o lo que es lo mismo: el 90% se sentirán confortables en ese ambiente.

Hay que destacar que este método permite predecir lo que ocurrirá en el conjunto de la población, pero no evalúa la satisfacción de la persona concreta que ocupa el lugar de trabajo evaluado, ya que ésta puede perfectamente pertenecer al 10% de insatisfechos. Nótese que es prácticamente imposible proporcionar un clima que satisfaga por igual a todos y cada uno de los ocupantes de un espacio de trabajo.

Tal y como se indica en la figura 11, frente a una situación calurosa dudosa se empleará el método del WBGT, ya que éste permite discriminar rápidamente si la situación se puede calificar de agresiva o de inconfortable. Una vez establecida la diferencia, se deberá aplicar el método correspondiente.

En los hospitales las zonas en las que con mayor frecuencia pueden aparecer quejas o problemas relacionados con el ambiente térmico son los quirófanos, las cocinas, la lavandería y las salas de hospitalización.

### **Medidas de control**

La obtención de condiciones térmicas confortables requiere el control y ajuste de las diferentes variables termoambientales, de modo que éstas alcancen valores cuya combinación conduzca a situaciones en las que las personas se sientan satisfechas o, como mínimo, no supongan un peligro para su salud.

En buena parte de las situaciones de trabajo que tienen lugar en un hospital, que se pueden calificar de inconfortables desde el punto de vista térmico (por ejemplo: zonas administrativas, laboratorios, salas de espera, consultorios, etc.), la mejor forma de controlar esas variables o, por lo menos, la más extendida, consiste en la climatización del aire que se aporta a los diferentes locales. Mediante ese sistema se pueden controlar, de una forma más o menos eficaz, la temperatura del aire y su humedad relativa. En ocasiones, las acciones de control irán encaminadas a modificar otros parámetros, por ejemplo, cambiando el tipo de indumentaria, reduciendo la actividad física mediante la utilización de equipos auxiliares de elevación o movilización de enfermos automáticos, introduciendo pausas o reduciendo el tiempo de trabajo mediante la rotación del personal.

En este tipo de situaciones térmicas no suele haber maquinaria que emita calor radiante de una forma apreciable, pero sí suelen haber ventanas que, en función de su orientación, reciben radiación solar durante buena parte de la jornada. Estas superficies acristaladas ofrecen poco aislamiento frente al calor, por lo que se deben colocar pantallas absorbentes (persianas) cuya eficacia aumenta cuando se colocan por la parte exterior del edificio. Otra posible solución consiste en instalar en las ventanas vidrios tintados, aunque ello suponga una reducción de los niveles de iluminación natural en los puestos de trabajo.

El problema de la radiación solar en superficies acristaladas tiene un doble efecto; por una parte, el individuo cuyo puesto de trabajo está cercano a una de esas superficies puede sufrir la radiación directa del sol; por otra, el sol calienta el cristal que se convierte, a su vez, en una superficie caliente y emisora de radiación calórica. La radiación solar directa es mayor durante el invierno, ya que el sol sigue una trayectoria más baja y los rayos solares inciden, a menudo, perpendicularmente en las ventanas, esto adquiere importancia cuando el sistema de calefacción se diseña y funciona sin tener en cuenta este factor.

Las consecuencias de esta situación pueden ser un inconfort general por exceso de calor o un inconfort local debido a las diferencias de las temperaturas que hay entre un lado y otro del cuerpo. El calentamiento del cristal se puede solucionar lanzando una cortina de aire frío que recorra el plano interior de la ventana enfriándolo.

Además de estas variables que se pueden controlar mediante el sistema de climatización, éste debe distribuir el aire de tal forma que la temperatura sea lo más uniforme posible, evitando la formación de gradientes de temperatura.

Para otras actividades hospitalarias en las que las situaciones térmicas pueden ser más agresivas (cocinas, lavandería), etc., algunas de las soluciones aplicables son las siguientes: el apantallamiento y/o aislamiento de los focos de calor radiante, por ejemplo, los hornos, las superficies de los equipos o las piezas calientes; la ventilación general aportando aire del exterior, si su temperatura es inferior a la del local; la extracción localizada que elimine el calor generado en las proximidades del foco, por ejemplo, las campanas de extracción en las cocinas o en los laboratorios; la existencia de locales climatizados en los que realizar pausas; la disponibilidad de bebida, agua o soluciones salinas, para reponer la pérdida de líquidos y la formación para reconocer y poder actuar sobre los síntomas debidos a la exposición al calor.

## VENTILACIÓN

El término “ventilación” hace referencia a la provisión o suministro de una cantidad suficiente de aire del exterior al edificio con dos objetivos fundamentales: proporcionar aire para la respiración de las personas y reducir la concentración de contaminación que se genera en el interior, ya sea debida a las personas, a las actividades o a los equipos, materiales y productos que se utilizan en el edificio. La reducción de esa contaminación interior está influenciada por la cantidad y la calidad del aire del exterior que se introduce en el edificio y por el modo en que ese aire es distribuido en todo el espacio.

Por otra parte, el término “climatización” engloba las operaciones a las que es sometido el aire para el control del clima, calefacción, refrigeración y niveles de humedad; en este caso la correcta distribución del aire es fundamental para conseguir el objetivo fijado.

En resumen, el propósito de la ventilación en edificios de uso no industrial es proporcionar un microclima interior aceptable y un aire que sea percibido como de calidad por los ocupantes del edificio.

Un hospital es quizás uno de los edificios más complejos a la hora de conseguir que en todos sus ámbitos se consigan estos dos objetivos. Dentro del hospital se encuentran zonas que se podrían asimilar a un hotel (las salas de hospitalización), con el agravante de que los ocupantes son personas cuya salud está de una forma u otra deteriorada; existen zonas en las que el aire no sólo ha de estar limpio sino que debe ser estéril o casi estéril (quirófanos, salas de quemados, etc.); zonas en las que la generación de los contaminantes es fruto de su actividad (laboratorios, anatomía patológica, centrales de esterilización, etc.); y, además, prácticamente todas las actividades que se dan en la sociedad: talleres, oficinas, cocinas, gimnasios, etc., con los contaminantes que les son propios.

En todas esas zonas, la ventilación y la climatización que se precisa para cumplir los objetivos es diferente y no sólo por la cantidad y calidad del aire que se desea conseguir, sino por la peligrosidad de algunos de los contaminantes que se generan en esos locales, algunos de los cuales han sido revisados en este texto.

En estas últimas situaciones, la ventilación general utilizada como herramienta para reducir los niveles de contaminación no es el método de control más idóneo para evitar posibles exposiciones peligrosas. El método de control más indicado será la extracción localizada, una medida que elimina el contaminante en el foco en que se genera, un buen ejemplo de lo cual lo constituyen las vitrinas de gases de los laboratorios.

De todo lo expuesto, se deduce que la ventilación y la climatización de un hospital no es una tarea sencilla. En el diseño de estos sistemas se deberán tener en cuenta las necesidades de los diferentes locales en los que se desarrollarán las distintas actividades, por ejemplo: áreas que deberán estar a distinta presión de otras zonas para evitar la dispersión de los contaminantes; la existencia de zonas "limpias" que requieren una limpieza especial del aire; zonas en las que además de un sistema general de ventilación hay elementos de extracción localizada o zonas en las que es muy importante el control de las corrientes de aire para el adecuado funcionamiento de los equipos, etc. Estas necesidades son más fáciles de conseguir mediante la utilización de distintos equipos de ventilación/climatización que cumplan con los requisitos específicos de los diferentes locales.

### **Características básicas de un sistema de ventilación/climatización**

Un sistema básico de ventilación general forzada dispone de los siguientes elementos: la toma de aire exterior, un pleno de mezcla, diferentes unidades de limpieza del aire, unidades de tratamiento del aire (calefacción, refrigeración,

ción, humidificación), el sistema de distribución del aire (ventiladores, conductos, difusores y retornos del aire) y, finalmente, la expulsión del aire.

#### *Tomas de aire exterior. Volúmenes de aire requeridos*

La toma de aire nuevo se debe realizar en un lugar lo más libre posible de contaminación, tanto la que proviene del ambiente como de otras fuentes cercanas, por ejemplo: tráfico, extracciones de aire de los lavabos, cocinas, laboratorios, etc. En términos generales, se recomienda que estas tomas se encuentren situadas en las azoteas y que estén bien orientadas, teniendo en cuenta la dirección predominante del viento en la zona. Estas tomas estarán protegidas por rejillas que impidan la penetración de animales (roedores o pájaros) en el sistema.

#### *Pleno de mezcla*

En la mayor parte de instalaciones, el aire nuevo se mezcla con una parte de aire recirculado, que proviene del interior de los locales, lo que tiene lugar en el cajón o pleno de mezcla que dispone de una serie de registros que permiten variar las proporciones de los dos tipos de aire. Sea cual sea la posición de estos registros, el sistema debe asegurar, en todo momento, el aporte de unas cantidades mínimas de aire nuevo. El RD 486/1997 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en su anexo III apartado “d”, establece la renovación mínima del aire de los locales de trabajo, que en general será de  $30\text{ m}^3$  de aire limpio por hora y trabajador, en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco, y de  $50\text{ m}^3$  en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables. Todo ello sin perjuicio de lo establecido en el RD 1751/1998 (que sustituye al R.D. 1618/80), por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, en concreto la ITE 02.2.2, en la que se cita la Norma UNE-100-011-91, adoptando las renovaciones de aire en diferentes tipos de locales incluidas en la citada norma y que se reflejan en la tabla 5. Se han incorporado, a las estrictamente referidas a los hospitales, las renovaciones requeridas en otro tipo de locales que también se pueden encontrar en los hospitales.

#### *Unidades de limpieza del aire*

La limpieza del aire tiene como misión fundamental eliminar los aerosoles líquidos y sólidos del flujo del aire, que al entrar en la instalación pueden ocasionar diferentes problemas. En primer lugar, la dispersión en el ambiente interior de sustancias contaminantes que pueden afectar a los ocupantes del local; en segundo lugar, la disminución de la eficacia de los elementos del sistema, por ejemplo, de los ventiladores por acumulación del polvo, y en tercer lugar, la formación de substratos adecuados para el desarrollo microbiológico (básicamente bacterias y hongos) y su posterior dispersión al am-

Tipo de local	Requerimiento de aire de ventilación (l/s)	
	por persona	por m <sup>2</sup>
<i>Hospitales</i>		
Habitaciones	15	-
Quirófanos y anexos (e)	15	3
Unidades de vigilancia intensiva (e)	10	1,5
Laboratorios (d)	10	3
Salas de fisioterapia	10	1,5
Autopsia (e) (f)	-	2,5
Salas de recuperación	10	1,5
Salas de curas	12	2
Lavanderías (a) (c)	15	5
<i>Oficinas</i>		
Espacios generales	10	1
Salas de reunión	10	5
Salas de espera	8	4
<i>Restaurantes y similares</i>		
Comedores	10	6
Cafeterías	15	15
Bares	12	12
Cocinas (b) (c)	8	2
<i>Varios</i>		
Gimnasios	12	4
Vestuarios (e)	-	2,5
Aulas (g)	8	-

(a) Local en depresión con respecto a locales adyacentes.  
 (b) Posible uso intermitente.  
 (c) El caudal de aire extraído a través de campanas debe ser superior al introducido según se indica en esta tabla, a fin de mantener el local en depresión.  
 (d) El caudal de aire exterior necesario en los distintos locales de un laboratorio está determinado por las vitrinas (si éstas no están concentradas en un único local). Para las zonas en las que se encuentren guardados animales, el caudal de aire exterior vendrá determinado según el número y tipo de animales.  
 (e) Se usará normalmente todo aire exterior.  
 (f) No se debe retornar aire de estos locales.  
 (g) El caudal indicado es para lugares donde no está permitido fumar; en caso contrario, el caudal deberá incrementarse en un 50%.

Tabla 5.- Valores de ventilación mínima y máxima según el tipo de actividad

biente. Este es un problema de especial importancia en los hospitales en los que se encuentran pacientes que por su enfermedad o tratamiento son especialmente susceptibles a la acción de los microorganismos.

El método más utilizado para la limpieza del aire son los filtros para la retención mecánica de la materia particulada.

La ubicación de los filtros es variable; así se pueden encontrar en la toma de aire nuevo, después del pleno de mezcla o antes de los difusores de entrada de aire en el local. La selección del tipo de filtro dependerá de las características del aire que se vaya a filtrar y de la calidad que se pretenda obtener.

Las características de un filtro de aire son: la eficacia, la pérdida de carga y la capacidad de retención.

La eficacia es un valor que se obtiene a través de diferentes métodos de ensayo normalizados y se puede expresar por los siguientes términos:

- El rendimiento, o la relación entre la diferencia de las concentraciones antes y después del filtro y la concentración antes del filtro.
- La permeancia, o la relación entre la concentración después del filtro y la concentración antes del mismo.
- El coeficiente de depuración, la relación entre la concentración antes del filtro y la concentración después del mismo.

En términos de eficacia, los filtros se clasifican en tres categorías: filtros de eficacia media (método gravimétrico), alta (método opacimétrico) y muy alta o absolutos (método fotométrico). La diferente categorización está ligada a las pruebas realizadas y al tamaño de partícula del aerosol utilizado en las pruebas. Por ejemplo: un filtro que tenga una eficacia del 90% gravimétrica (tamaño de partícula grueso  $>5 \mu\text{m}$ ) puede tener una eficacia del 50% opacimétrica (tamaño de partícula entre 0,5 y 1  $\mu\text{m}$ ); este filtro se consideraría de eficacia media.

En la práctica, los filtros de eficacia media se utilizan como pre-filtros y se suelen colocar en la toma de aire para proteger y alargar la vida de los demás filtros; los de eficacia alta serían los filtros propiamente dichos y los absolutos serían los reservados para aquellas zonas en las que se requieren ambientes prácticamente estériles, por ejemplo, en los quirófanos o en las “salas limpias”. Estos filtros tienen una eficacia del 99,99% para partículas de 0,3  $\mu\text{m}$  de diámetro.

La pérdida de carga es la resistencia que opone un filtro al paso del aire; se expresa en milímetros de columna de agua o Pascales (Pa). A título de ejemplo, la pérdida de carga inicial de un filtro absoluto es de 300 Pa mientras que la de uno de eficacia alta es de 150 Pa. A medida que un filtro se va cargando de polvo, aumenta su pérdida de carga y lógicamente su resistencia al paso del aire. El valor límite de la pérdida de carga es, en general, el doble de la pér-

dida de carga inicial, pudiendo ser este valor indicativo de cuándo se deben cambiar los filtros.

La capacidad de retención indica la cantidad máxima de polvo que puede retener un filtro.

Como complemento de estos filtros, y en función de la composición química del aire, se puede instalar un filtro de carbón activo útil para la retención de gases y vapores, sobre todo los de tipo orgánico.

#### *Unidades de climatización*

Tras la filtración, el aire se calentará o enfriará en función de la temperatura exterior y de las condiciones que se desean mantener en los locales, al entrar en contacto con las baterías por las que circula agua caliente o fría. En algunas instalaciones se encuentran sistemas de humidificación del aire para regular el grado de humedad del aire. Existen diferentes tipos de humidificadores: humidificación por evaporación, en cuyo caso el agua se calienta y evapora desde un depósito abierto situado en la corriente del aire; humidificación por pulverización, aquí el agua finamente pulverizada se inyecta directamente en la corriente de aire; humidificación por lavado, en la que el aire atraviesa una cortina de agua y humidificación por inyección de vapor en el flujo de aire.

Las tres primeras técnicas no son las más aconsejables, ya que habitualmente el agua que utilizan proviene de un depósito desde donde se recircula una y otra vez, lo que puede dar lugar, si no se lleva un mantenimiento estricto, a la acumulación de suciedad y al desarrollo microbiológico.

#### *Distribución del aire*

El aire climatizado se distribuye a los diferentes locales a través de una red de conductos que deben cumplir con las siguientes exigencias: ser estancos, oponer una resistencia mínima al paso del aire, no aportar elementos contaminantes, por ejemplo, fibras de sus elementos estructurales o del aislamiento utilizado, no amplificar los ruidos existentes, ni producirlos y permitir su limpieza, ya que no es cierto que las conducciones se limpian por sí mismas con el paso del aire.

El aire se introducirá en los locales a través de los difusores, cuya forma tamaño y número deben ser tales que permitan un aporte de aire uniforme sin que éste sea fuente de ruido ni de corrientes de aire molestas.

El aire climatizado que llega a los locales tiene dos misiones: por una parte, reducir los niveles de contaminación interior y, por otra, conseguir un clima interior de acuerdo con los parámetros termoambientales establecidos. Estos objetivos se pueden conseguir mediante dos procedimientos: por desplazamiento del aire y por mezcla del aire.

En el primer caso, el aire se introduce en el local desde la parte baja del

mismo y, a modo de un flujo pistón, el aire introducido va desplazando el aire viciado del local hasta la zona alta donde es evacuado. El segundo procedimiento implica la mezcla completa del aire que se introduce con el aire del local antes de ser evacuado.

### *Expulsión del aire*

Finalmente el aire que se extrae de los locales es o bien enviado directamente al exterior a través de puertas y ventanas, o bien es reconducido por medio de otra red de conducciones, hasta la unidad central donde una parte puede ser utilizada de nuevo y otra parte expulsada al exterior.

Problema	Posibles causas	Soluciones
Entrada de contaminantes.	Toma de aire exterior.	Situar las tomas en zonas en que el aire esté limpio.  Limpiar el aire.
	Orientación de la toma.	Orientar de modo que se impida la entrada de contaminantes.
	Aberturas del edificio.	Impedir la infiltración mediante sellado de aberturas o presurización del edificio (presión positiva).
	Caudales de renovación insuficientes.	Suministrar caudales de ventilación recomendados.
Concentración de los contaminantes.	Mala distribución del aire.	Diseñar y disponer de elementos de distribución del aire adecuados.  Equilibrado del sistema.
	Presurización de los locales.	Combinar las presiones atmosféricas entre locales para evitar el paso de un contaminante de un local a otro.
Dispersión de los contaminantes.	Sistemas de ventilación comunicados.	Disponer sistemas de ventilación independientes y, en determinadas zonas (laboratorios), sin recirculación del aire.
	Presurización de los locales.	Combinar las presiones atmosféricas entre locales para evitar el paso de un contaminante de un local a otro.
Creación de focos de contaminación: • Filtros • Unidades de climatización • Torres de refrigeración • Humidificadores • Materiales de los conductos	Equipos y materiales no adecuados.	Instalar elementos y materiales que reduzcan la posibilidad de formación de focos de contaminación.
	Programas de mantenimiento inexistentes o deficientes.	Implantar y cumplir los programas de mantenimiento de las instalaciones, incluida su limpieza.

Tabla 6.- Resumen de problemas cuyo origen es el sistema de ventilación y sus posibles soluciones

## **Medidas de control**

Buena parte de los problemas que pueden tener su origen en una instalación de ventilación/climatización se pueden obviar en la fase de diseño y construcción de la misma, por ejemplo: colocando ventiladores con potencia suficiente para superar las pérdidas de carga de los sistemas de filtración y suministrar los caudales de aire necesarios a los diferentes locales; utilizando materiales en los conductos de distribución del aire que no generen contaminantes ni permitan la formación de focos de contaminación microbiológica.

Otros problemas surgen de una inexistente o deficiente aplicación de programas de mantenimiento de las instalaciones, en los que, además de las operaciones técnicas que aseguren el correcto funcionamiento del equipo, deben estar incluidas las operaciones de limpieza de todos los elementos que forman parte de la instalación.

A modo de resumen, y de forma esquemática, en la tabla 6 se comentan los principales problemas que tienen su origen en un mal diseño, operación y mantenimiento de un sistema de ventilación/climatización del aire, así como las posibles soluciones.

## **13**

### **CARGA DE TRABAJO**

#### **INTRODUCCIÓN**

El trabajo humano puede ser considerado como una actividad que responde a las exigencias de una tarea cuya realización precisa de una determinada cantidad y calidad de energía. Se puede definir la carga de trabajo como “el conjunto de requerimientos físicos y mentales a los que se ve sometida la persona a lo largo de su jornada laboral”.

Es evidente que cualquier actividad humana tiene componentes físicos y mentales y, por tanto, el estudio de cualquier actividad laboral exigirá el análisis de ambos. Sin embargo, también hay que tener en cuenta que las variables que determinan estos conceptos son muy distintas por lo que su valoración debe realizarse de manera independiente, atendiendo en cada caso al tipo de esfuerzo que predomine en la situación estudiada.

El trabajo es una actividad en la que, ante las exigencias de una tarea, el individuo pone en marcha una serie de recursos, capacidades o habilidades; unas conductas, en definitiva, tanto físicas como psíquicas, con el objeto de dar satisfacción a los requerimientos de esa tarea.

En el ámbito hospitalario existen numerosas actividades en las que el trabajo físico que se realiza es importante y en las que un inadecuado diseño de ese trabajo puede provocar en el trabajador situaciones de inconfort, insatisfacción e incluso puede posibilitar la aparición de diversas patologías. Así mismo, en el sector hospitalario se dan distintos factores de riesgo de fatiga a consecuencia de la carga de trabajo mental.

Por esto, la ergonomía estudia las características y el contenido del trabajo, las condiciones ambientales y las condiciones de organización en las que se realiza ese trabajo; además, estudia las características individuales que pueden tener algún tipo de incidencia en la ejecución del trabajo, tales como el

sexo, la edad, la condición física, el grado de adiestramiento y el estilo de vida y de alimentación.

Así, a partir del estudio de las características de los individuos, la ergonomía se ocupa de señalar las condiciones o las medidas que debe reunir el trabajo, tanto para su correcta ejecución como para evitar consecuencias molestas y/o perjudiciales sobre los individuos.

## CARGA MENTAL

Se define la carga de trabajo mental como “el grado de movilización mental de la persona para el desempeño de su trabajo”. Esta movilización es variable según el tipo de trabajo y las características de la persona que lo realiza, el entorno organizativo y ambiental, los medios técnicos y humanos disponibles, la complejidad y cantidad de informaciones que se han de tratar y el tiempo disponible para responder a las exigencias de las tareas. En este sentido, la carga de trabajo mental es un concepto multidimensional muy amplio.

Un enfoque conceptual utilizado para el estudio de la carga de trabajo mental es el del procesamiento de la información. La carga de trabajo mental, la realización de tareas con exigencias principalmente mentales, se aborda como un sistema de procesamiento de la información que media entre los estímulos y las respuestas; en las personas, este sistema tiene algunas limitaciones conocidas, como por ejemplo, la capacidad de almacenamiento de información en la memoria inmediata. Desde este enfoque, la carga mental de trabajo sería un síntoma de disfunción entre las características de la situación de trabajo y los límites cognitivos de la persona.

En el sector hospitalario existen diferencias entre los distintos puestos de trabajo en cuanto a las exigencias de atención y de procesamiento de datos e informaciones durante la jornada, responsabilidad sobre los equipos técnicos y sobre las personas, duración de la jornada y tipo de horario, etc. Asimismo, se trabaja en muy diversas condiciones de iluminación, climáticas, de ruido, de olores, etc. A ello hay que añadir los efectos de factores externos a la organización, tales como: demandas sociales, valores culturales y situación económica. Todo ello afecta al personal en muy diferente medida, tanto al sanitario como al no sanitario. Por tanto, los factores que determinan unas condiciones de trabajo que pueden afectar a la carga de trabajo mental de la persona son muy diversos: de tipo ambiental, de tipo organizativo y de tipo personal.

### Factores ambientales

Entre los de tipo ambiental, un entorno ruidoso y unas inadecuadas condiciones de iluminación no sólo dificultan la recogida de informaciones relevantes para la realización del trabajo, sino que fuerzan a una atención y concentración, en algunas tareas, superiores a las que serían necesarias.

## Factores organizativos

Los aspectos organizativos, tales como la distribución del personal en los diversos servicios del hospital, la organización de los turnos de trabajo, la duración de las jornadas, las redes de información y comunicación, la definición de los puestos y tareas, la estructura de control y el clima de la organización, también influyen en la carga de trabajo mental. Pero tiene especial relevancia el aspecto temporal del trabajo, las interrupciones en el mismo y el apremio de tiempo con el que se debe trabajar; por ejemplo, una red de comunicaciones lenta y complicada entre el personal sanitario de atención directa al paciente y el del laboratorio de análisis reduce los márgenes de tiempo para interpretar los resultados y atender a las exigencias del trabajo. También es muy importante la contribución de las interrupciones en la tarea sobre la carga de trabajo mental, por el esfuerzo adicional que puede suponer el centrarse de forma instantánea en algo diferente de lo que se está haciendo.

## Factores personales

Entre los factores personales destacan la experiencia, el espíritu colaborador y la motivación, por cuanto que la primera aporta esquemas de trabajo que economizan tiempo para el desempeño del mismo, sin detrimento de su calidad; el espíritu colaborador y una fuerte motivación para realizar el trabajo facilitan el afrontamiento de situaciones difíciles en las que, por ejemplo, se deben coordinar las informaciones y las actuaciones simultáneas sobre un paciente. Una perfecta sincronía de esfuerzos y una gran profesionalidad son los que permiten que, por ejemplo, cuando entra un paciente en el servicio de urgencias, se le estén practicando simultáneamente diferentes acciones: toma de muestras, reconocimientos de diversos parámetros y tratamientos urgentes.

## Consecuencias

La carga de trabajo mental tiene repercusiones tanto sobre la persona que desempeña el trabajo como sobre la organización en la que ésta se halla inmersa. Mediante la evaluación de estas repercusiones, se puede estimar dicha carga y proponer las medidas de actuación necesarias para mejorar la situación.

Por un lado, la carga de trabajo mental se evidencia en las personas a través de la fatiga. La fatiga se refiere a la experiencia subjetiva del coste de respuesta frente a las exigencias del trabajo y el medio ambiente. Entre los indicadores de la fatiga se pueden encontrar las perturbaciones psicoafectivas del tono emocional, como son las manifestaciones de irritabilidad y de agresividad. También pueden presentarse problemas de coordinación motora, de memoria y de atención. En concreto, un primer indicador subjetivo de fatiga es la dificultad de la persona para mantener la atención sobre algo durante el tiempo necesario.

Por otra parte, la carga de trabajo mental repercute en la organización en la medida en que se cometan errores en el trabajo, se pueden modificar a la baja los estándares de calidad y, en ocasiones, el apremio de tiempo se afronta en detrimento de algunas medidas de protección de la salud del personal y/o de los pacientes o usuarios del centro hospitalario.

Según un estudio realizado por el Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, en el servicio de urgencias de un centro hospitalario del área metropolitana de Barcelona, las variables más significativas de carga mental son las que se reflejan en la figura 1, destacando, entre ellas, la cantidad de trabajo excesiva, las órdenes de trabajo que se transmiten de manera verbal y no por escrito y la interrupción del trabajo por un gran número de llamadas telefónicas.

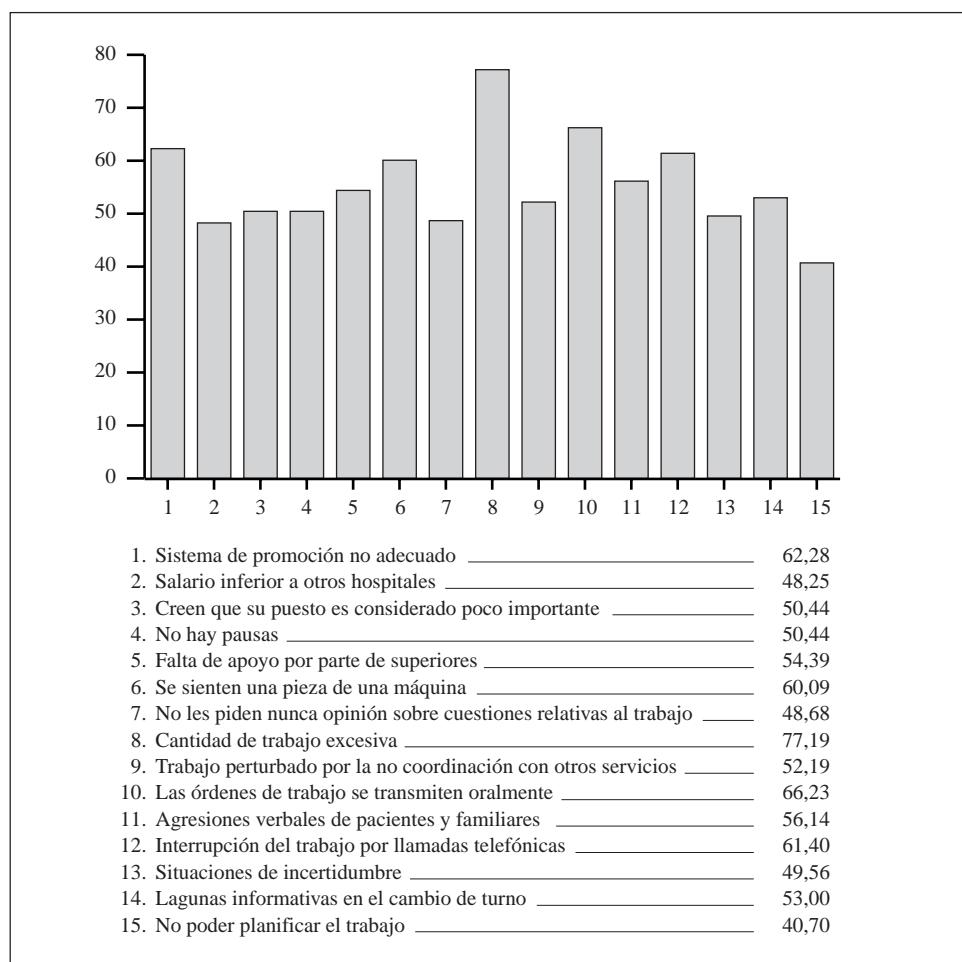


Figura 1.- Distribución de las variables de carga mental en un servicio de urgencias

## Prevención

Una buena higiene del sueño y de los hábitos alimentarios, junto con unas condiciones de trabajo favorables que adecuen las exigencias de procesamiento de información de cada puesto de trabajo y las capacidades humanas, configuran un marco preventivo frente a la carga de trabajo mental. En concreto, la cantidad y complejidad de las informaciones que se manejan para responder a las exigencias del trabajo, así como los tiempos para elaborar tales respuestas, deben adecuarse entre sí y ser compatibles con las características de las personas.

Es necesario que exista una red de comunicaciones sencilla, clara y ágil que posibilite la solución rápida de cuantos problemas (técnicos y humanos) puedan plantearse y facilite los momentos de cambio de turno. También es recomendable disponer de algún sistema de registro de información que no sólo reduzca la necesidad de memorizarla sino que además facilite las comunicaciones entre distintos turnos y equipos de trabajo.

Mientras no sea posible conseguir unas condiciones de trabajo óptimas para prevenir la carga de trabajo mental y la consiguiente fatiga, la existencia de pausas cortas a lo largo de la jornada de trabajo tiene efectos reparadores de dicha fatiga. Cuando estas pausas son autodistribuidas aumentan su eficacia para la recuperación del organismo.

## CARGA FÍSICA DE TRABAJO

Se define la carga física de trabajo como “el conjunto de requerimientos físicos a los que se ve sometida la persona a lo largo de su jornada laboral”. Esos requerimientos físicos suponen la realización de una serie de esfuerzos; así, todo trabajo requiere por parte del operario un consumo de energía, tanto mayor cuanto mayor sea el esfuerzo solicitado.

Al consumo de energía producido como consecuencia del trabajo se le denomina “metabolismo de trabajo”. Respecto al consumo de energía admisible para una actividad física profesional repetida durante varios años, se fija un metabolismo de trabajo de 2.000 a 2.500 kcalorías/día. Cuando se supera este valor, el trabajo se considera pesado.

Ligado a la carga de trabajo se encuentra el concepto de “fatiga” que es la consecuencia de una carga de trabajo excesiva. La aparición de la fatiga está relacionada con la superación de unos máximos de consumo de energía, pero también depende del tipo de trabajo muscular que deba realizarse. En toda actividad en la que se requiere un esfuerzo físico importante se consume gran cantidad de energía lo que aumenta los ritmos cardíaco y respiratorio. A través del estudio de estas variables se puede determinar el grado de penosidad de una tarea. La consecuencia directa de una carga física excesiva es la fatiga muscular, que se traduce en patología osteomuscular, un aumento del riesgo

de accidente, la disminución de la productividad y calidad del trabajo y en un aumento de la insatisfacción personal o en inconfort.

El estudio de la carga física se basa en los tipos de trabajo muscular, que son el estático y el dinámico. La carga estática viene determinada por las posturas, mientras que la carga dinámica está determinada por el esfuerzo muscular, los desplazamientos y el manejo de cargas.

El trabajo muscular es estático cuando la contracción de los músculos puestos en acción es continua y se mantiene durante un cierto período de tiempo. A este tipo de esfuerzo corresponderían las contracciones musculares denominadas isométricas. En esta situación existe un desequilibrio entre las necesidades de irrigación del músculo y el aporte de sangre debido a una compresión de los vasos sanguíneos, por lo que se llega rápidamente un nivel de fatiga caracterizado por un dolor agudo que obliga a interrumpir la tarea.

El trabajo dinámico produce una sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos de muy corta duración. A este tipo de esfuerzo corresponderían las contracciones musculares denominadas isotónicas. Al contrario que en el caso anterior, en el trabajo dinámico el músculo está bien irrigado, pero se dificulta la concentración de residuos por lo que la fatiga aparecerá más tarde.

Para realizar estas contracciones musculares se requiere un aporte de energía y de oxígeno, como consecuencia del trabajo realizado se producen unos residuos que se han de evacuar. Todo este proceso se realiza a través de la sangre.

En el estudio de la carga física de trabajo hay que tener en cuenta, además, las situaciones en las que el trabajo sea repetitivo (actividades cuyo ciclo sea inferior a 30 segundos o trabajos en los que se repiten los movimientos elementales durante más de un 50% de la duración del ciclo), y aquellas en las que se deban mantener posturas forzadas y/o incómodas.

Deberá considerarse, así mismo, que en ambientes calurosos el ritmo cardíaco aumenta, con lo que las personas que trabajen en este tipo de ambientes sufrirán una aceleración adicional de la frecuencia cardíaca.

### Fatiga muscular

La fatiga se define como “la disminución de la capacidad física del individuo, después de haber realizado un trabajo durante un tiempo determinado”. La fatiga constituye un fenómeno complejo que se caracteriza porque el operario baja su ritmo de actividad, nota cansancio, los movimientos se hacen más torpes e inseguros y va acompañada de una sensación de malestar e insatisfacción como consecuencia se produce una disminución, en cantidad y calidad, del rendimiento laboral (ver figura 2).

La fatiga puede responder a múltiples factores dependientes tanto del indi-

viduo como de las condiciones de trabajo y otras circunstancias acompañantes. Tradicionalmente, se ha considerado que el origen de la fatiga muscular está en la forma en que el músculo es irrigado y en la forma en que se eliminan los residuos, básicamente dióxido de carbono y ácido láctico, generados durante la realización del trabajo.

En el caso de un esfuerzo estático, al aumentar la fuerza desarrollada, el aporte de sangre al músculo es más difícil, ya que éste comprime los vasos sanguíneos que se hallan en su interior, por lo que el riego sanguíneo está disminuido e incluso anulado. La falta de oxígeno, derivada de esta situación, lleva a la utilización de la vía anaeróbica para la obtención de energía, utilizando las limitadas reservas de glucógeno hasta agotarlas, lo que tiene como consecuencia un incremento de la producción del ácido láctico y su acumulación en el músculo. La dificultad de la eliminación de estos residuos desencadena un dolor agudo, típico de la fatiga muscular que fuerza a interrumpir el trabajo.

Cuando se trata de un trabajo dinámico, la sucesión de contracciones y relajamientos actúa a manera de una bomba sobre la circulación sanguínea; las contracciones facilitan la expulsión de la sangre, mientras que las relajaciones consecutivas permiten una nueva irrigación del músculo. El músculo está, por tanto, bien irrigado al aumentar la circulación sanguínea y, al mismo tiempo, los residuos producidos son eliminados con mayor rapidez, impidiéndose su concentración.

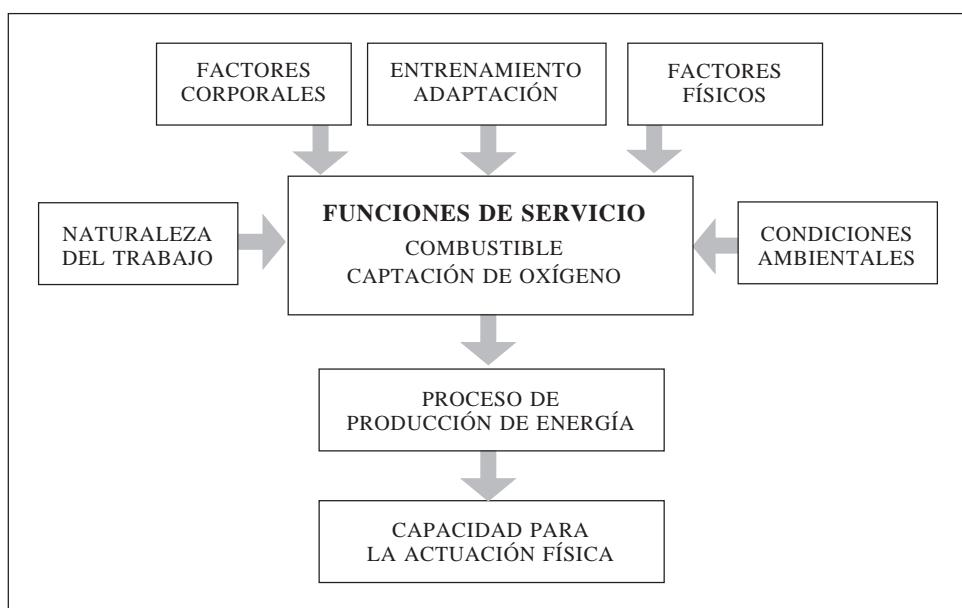


Figura 2.- Factores que influyen en la fatiga

En resumen, la máxima cantidad de trabajo que puede realizar un músculo está condicionada por el ritmo de trabajo, la tensión muscular y la circulación sanguínea. La aparición, por consiguiente, de la fatiga estará relacionada con el mantenimiento de la irrigación y, en definitiva, con el aporte de oxígeno a la célula muscular.

Si las exigencias físicas de trabajo sobrepasan las capacidades del individuo (sobrecarga de trabajo), pueden llevar a éste a una situación de fatiga muscular entendida como una disminución progresiva de la capacidad de seguir realizando el trabajo al mismo nivel. Cuando esta situación se mantiene durante tiempo, la fatiga no solamente puede tener efecto sobre el/los músculo/s directamente implicado/s en la ejecución del trabajo, sino que puede entrañar una fatiga de músculos que no han realizado un trabajo e incluso del sistema nervioso.

Se pasaría, entonces, de una fatiga normal, que implicaría un deterioro pasajero de la capacidad de trabajo de ciertas partes del cuerpo y que es fácilmente reversible a través del descanso, a una fatiga crónica o patológica con graves repercusiones de carácter general sobre el cuerpo humano, y difícilmente reversible.

### Evaluación de la carga física

Toda actividad física entraña un consumo energético susceptible de ser medido. Dependiendo del nivel de exactitud que se quiera conseguir, los métodos de estudio de la carga física, tal como se apunta en UNE 28996 «Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico», pueden agruparse en tres categorías, de menor a mayor precisión:

#### *Nivel I*

Los métodos más utilizados son dos: uno basado en la estimación de la carga física a partir del tipo de actividad realizada; el otro, en función de la profesión. La precisión de la estimación es, en este último caso, muy deficiente, no requiriendo el estudio del puesto de trabajo sino tan sólo una información sobre la maquinaria utilizada y sobre la organización del trabajo.

#### *Nivel II*

En este nivel, los métodos de medición también se basan en la estimación del consumo energético a partir de unas tablas de valores estándar que se aplicarán después de un estudio detallado del puesto de trabajo y su descomposición en actividades elementales. La posibilidad de error es elevada, siendo la precisión de un 15%.

#### *Nivel III*

El metabolismo se determina por su medición directa o indirecta sobre el

propio individuo. El error está condicionado por la precisión del instrumento de medida utilizado, pudiéndose estimar en un 5%.

Los métodos que se emplean son los siguientes: la estimación del metabolismo según el tipo de actividad, la estimación del metabolismo según la profesión, la estimación del metabolismo a partir de tablas de valores estándar, la estimación del metabolismo por medición directa basado en el estudio del consumo de oxígeno y la estimación del metabolismo por medición indirecta a partir de la medición individualizada de la frecuencia cardiaca.

### Prevención de la fatiga

Tanto al definir un trabajo como al diseñar las medidas preventivas para paliar la sobrecarga de trabajo se deben tener en cuenta las características personales del individuo (sexo, edad, peso, etc.) que va a desarrollar dicho trabajo. Así mismo, las pausas para la recuperación se deben calcular basándose en las condiciones físicas del trabajador y en los requerimientos de la tarea.

La prevención de la carga estática se basa en la alternancia de las posturas (de pie y sentado) evitando la fatiga producida por una tensión estática prolongada. El espacio de trabajo ha de ser suficiente para facilitar los movimientos del cuerpo, de la misma forma, el asiento y el conjunto del puesto de trabajo se deben ajustar a las medidas antropométricas del usuario.

En cuanto a la carga dinámica se deben tener en consideración los siguientes factores:

- El esfuerzo muscular: el diseño de la tarea ha de evitar en lo posible la carga excesiva de músculos, ligamentos y articulaciones, ajustando el esfuerzo requerido a la capacidad física del trabajador. Los útiles de trabajo se adaptarán a la anatomía funcional de la mano.
- El manejo de cargas: no se deben sobrepasar los límites establecidos para el manejo de cargas, teniendo en cuenta el sexo y la edad del trabajador. Es muy importante informar y adiestrar al personal en las técnicas de manipulación y levantamiento de cargas.
- La repetitividad: disminuir la repetitividad de la tarea reestructurando el método de trabajo de tal forma que se alternen diferentes grupos musculares, introduciendo rotación de tareas, mecanizando, etc.

En cuanto a los factores relacionados con la organización del trabajo, para evitar llegar a una situación de fatiga es conveniente la adopción de algunas medidas preventivas tales como la mejora de métodos y medios de trabajo y la administración de tiempos de trabajo.

Para conseguir una mejora de los métodos y medios de trabajo y una mejor adecuación entre los músculos que el operario pone en juego y la tarea que se debe realizar, hay que adecuar para cada actividad muscular aspectos como los siguientes: el ritmo de las operaciones, el peso y el manejo de las cargas,

la dirección de los movimientos, los útiles y herramientas, las posturas de trabajo y el diseño de la tarea.

La administración de tiempos de trabajo consiste en prever tiempos de reposo que permitan la recuperación del organismo, tanto reduciendo el tiempo total de trabajo como distribuyendo los tiempos de reposo a lo largo de la jornada laboral, de manera que procuren el descanso necesario para la recuperación de la fatiga.

La distribución de las pausas ha de hacerse de modo que impidan que el esfuerzo físico realizado tenga efectos acumulativos sobre el individuo y, en consecuencia, que éstos puedan alcanzar el nivel de fatiga. Esas pausas deben permitir la recuperación, al menos parcialmente, de la capacidad de ejecución del individuo.

Tanto a la hora de definir un trabajo como al diseñar las medidas preventivas para paliar la sobrecarga física debida a ese trabajo, es importante tener en consideración ciertas características personales (edad, sexo, peso, grado de entrenamiento, etc.). Éstas, por su variabilidad individual, son la causa de que existan diferencias importantes en aspectos como la capacidad física, la resistencia y el umbral de aparición de la fatiga.

Existen otros aspectos referidos a las condiciones de trabajo (calor, ruido, etc.), que también deben considerarse por la incidencia de sus efectos sobre la capacidad física del individuo.

## LUMBALGIAS

Los dolores de espalda, en especial en la zona lumbar, son uno de los problemas laborales más frecuentes. Se ha comprobado que más del 50% de la población laboral ha tenido en algún momento de su vida dolor de espalda. Esta situación, pasajera en muchos casos, puede derivar en dolores persistentes o en recaídas cuyo coste en horas no trabajadas puede ser, en algunas actividades, altamente gravoso.

Las causas más frecuentes de las molestias en la región lumbar tienen un origen mecánico (sobreesfuerzos) o en el envejecimiento de las estructuras que conforman nuestra espalda. Un número importante de lumbalgias se deben a un uso indebido o excesivo de los músculos y/o los ligamentos. Estas estructuras suelen lesionarse por movimientos imprevistos o bruscos, así como por posturas forzadas o sostenidas durante mucho tiempo.

La valoración ergonómica del dolor de espalda se basa en aquellos factores de las condiciones de trabajo que pueden ser desencadenantes de dicha patología. Así, a partir del estudio de las características de los individuos, se pueden indicar las condiciones o las medidas que debe reunir el trabajo, tanto para su correcta ejecución como para evitar consecuencias molestas y/o perjudiciales sobre los individuos.

El problema del dolor de espalda en el ámbito hospitalario ha sido ampliamente estudiado especialmente entre el personal de enfermería, pero también presenta una prevalencia notoria en personas que trabajan en mantenimiento, en la cocina, la lavandería, el archivo, el servicio de limpieza, en urgencias y en quirófanos.

### Biomecánica

La columna vertebral como eje central del cuerpo está sometida a gran cantidad de requerimientos mecánicos y por lo tanto es muy susceptible de sufrir lesiones. Consta de 33-34 vértebras y está estructurada en cinco zonas: cervical, torácica, lumbar, sacra y coxígena (ver figura 3).

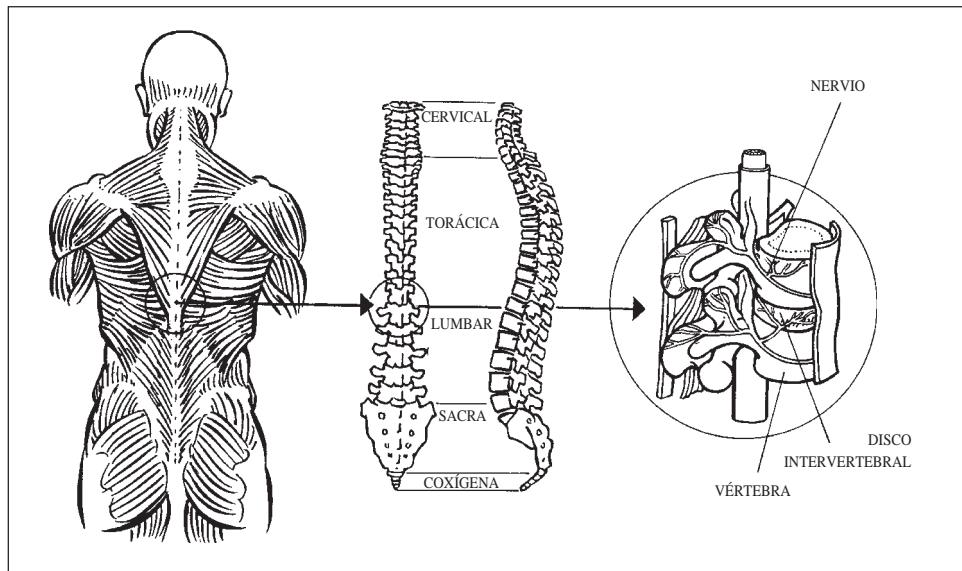


Figura 3.- Esquema de la columna vertebral

El tipo de articulación entre los cuerpos vertebrales es de tipo sínfisis, no sinovial, es decir, poseen movimiento limitado. El lugar donde se concentra el peso del cuerpo es el centro de gravedad y suele estar situado, en posición de pie, cerca de la segunda vértebra sacra. Los músculos de las espalda, los abdominales y los glúteos son importantes para la estabilidad de la columna.

La articulación entre las vértebras L5-S1 soporta unas dos terceras partes del peso del tronco más el tono de los músculos, lo que explica que esta zona se vea especialmente afectada al realizar una carga excesiva o un sobreesfuerzo. Para evidenciar los efectos que las cargas pueden tener sobre el cuerpo humano y en especial sobre la columna vertebral, es necesario re-

cordar el principio general de las palancas (ver figura 4) que se expresa según la siguiente ecuación:

$$F_1 \times a = F_2 \times b$$

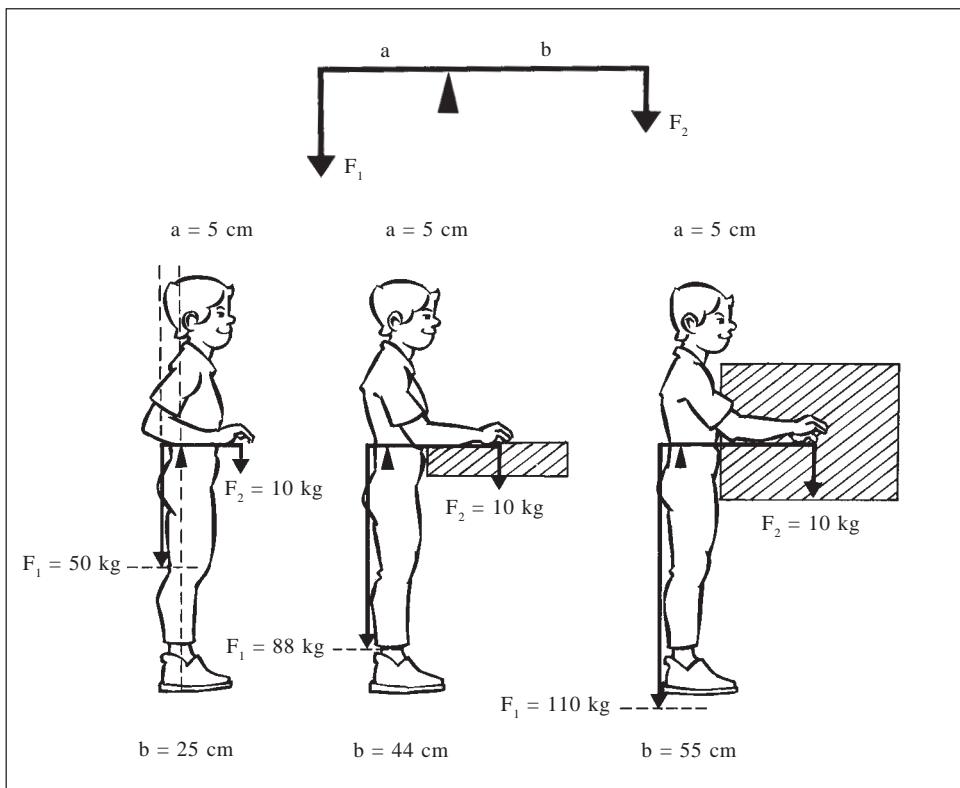


Figura 4.- Ley de la palanca. Ejemplos de aplicación

En la tabla 1 se muestra el esfuerzo, en kilogramos-fuerza sobre el quinto disco lumbar de una persona de altura media, impuesto por la erección de la espalda inclinada, según el ángulo de inclinación del tronco y el peso de la carga.

En la tabla 2 se muestra el esfuerzo máximo permisible, en kilogramos-fuerza, en la elevación ocasional de cargas por hombres y mujeres de 20 a 35 años, según el ángulo de inclinación del tronco.

### Factores causantes o agravantes de las lumbalgias

Los factores que favorecen la aparición de lumbalgias pueden agruparse en dos grandes apartados: los individuales y los relacionados con el trabajo.

Ángulo de inclinación del tronco	Peso de la carga			
	0 kg	50 kg	100 kg	150 kg
	= 0°	50 kg	100 kg	150 kg
= 30°	150 kg	350 kg	600 kg	850 kg
= 60°	250 kg	650 kg	1000 kg	1350 kg
= 90°	300 kg	700 kg	1100 kg	1500 kg

Tabla 1.- Esfuerzo en función de la inclinación del tronco y el peso de la carga

Ángulo de inclinación del tronco	Cargas máximas soportables			
	Hombres		Mujeres	
	Espalda plana	Espalda curva	Espalda plana	Espalda curva
= 0°	400 kg	200 kg	240 kg	120 kg
= 15°	200 kg	100 kg	120 kg	60 kg
= 45°	100 kg	50 kg	60 kg	30 kg
= 90°	50 kg	25 kg	30 kg	15 kg

Tabla 2.- Esfuerzo en la elevación ocasional de cargas

### Factores individuales

Son el resultado de hábitos inadecuados, de entre los que destacan las malas posturas y la vida sedentaria.

Un aumento o una disminución de la curvatura lumbar fisiológica por actitudes posturales defectuosas lleva a una mayor predisposición a sufrir dolores de espalda (ver figura 5).

Por otro lado la falta de ejercicio condiciona la existencia de músculos abdominales y paravertebrales débiles y, por lo tanto, una inestabilidad vertebral. Del mismo modo un exceso de peso, un abdomen prominente, sobrecarga la columna vertebral y dificulta la acción esta-

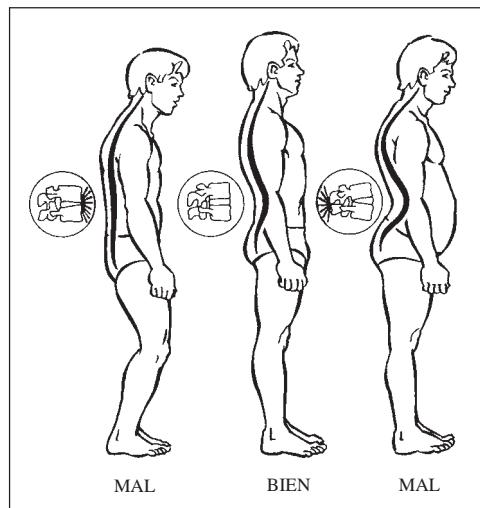


Figura 5.- Posiciones de la columna vertebral

bilizadora y de sostén de los músculos del abdomen, por otro lado, más débiles.

#### *Factores relacionados con el trabajo*

Los principales son el esfuerzo físico intenso y la carga estática de trabajo, por ejemplo, por permanecer sentado prolongadamente. En el ámbito hospitalario la postura desfavorable que se da con más frecuencia es la de encorvado (quirófanos, extracciones, curas, etc); la carga dinámica de trabajo, el manejo o el levantamiento de enfermos o cargas pesadas, la realización de acciones de forma repetitiva, la rotación del tronco, tirar y/o empujar cargas y factores ambientales como las vibraciones.

En algunos estudios se ha puesto de manifiesto una relación entre las lumbalgias y ciertos factores psicosociales como son la monotonía del trabajo, la insatisfacción e incluso la tendencia a las depresiones o al estrés. En este tipo de lumbalgia, de causa psicosomática, normalmente no existe lesión orgánica.

#### **Valoración del riesgo**

Para poder realizar la valoración de las lumbalgias existen publicados varios cuestionarios entre los que se encuentra el realizado por el Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, el mapa de riesgos hospitalario INSHT o la guía para el manejo de cargas del *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH).

Así mismo pueden realizarse mediciones ergonómicas mediante la observación directa, mediciones biomecánicas, filmaciones y su posterior análisis, programas estandarizados como entre otros el método OWAS para posturas.

#### **Prevención de las lumbalgias**

La prevención de las lumbalgias en el trabajo debe realizarse a varios niveles.

En el plano *individual* se ha de intentar que los trabajadores cuiden su espalda de forma correcta. Para ello se les indicará cuáles deben ser sus actuaciones frente a los factores de riesgo antes citados.

En suma, lo que el trabajador puede hacer para evitar las lumbalgias se centra en tres puntos bien definidos: evitar los factores de riesgo o agravantes, mantener sus músculos en buenas condiciones y levantar cargas de forma segura.

En relación con las posturas de trabajo, debe quedar claro que se ha de proporcionar reposo, de forma periódica, a los músculos que intervienen en el mantenimiento de la misma. Desde un punto de vista ergonómico, parece que lo más recomendable es alternar la postura de pie con la de sentado. En la figura 6 se muestran las posturas correctas e incorrectas para el manejo de cargas.

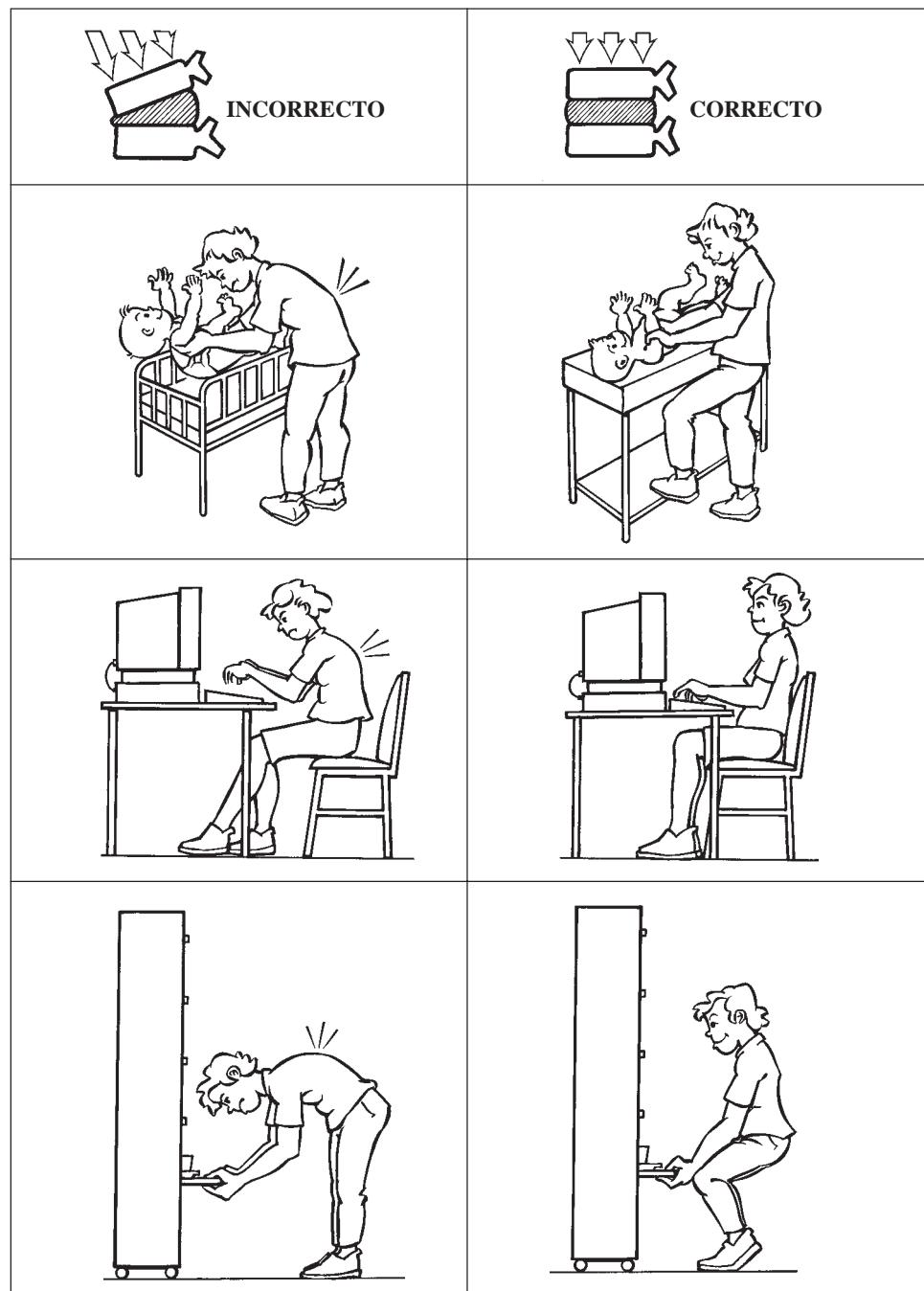


Figura 6.- Posturas correctas e incorrectas

En la postura de pie se ha de mantener la curvatura de la espalda en su alineamiento normal. Para ello, hay que mantener la cabeza erguida, el mentón contraído y echar la pelvis hacia adelante. El relax de la musculatura se realizará adoptando otras posturas antagónicas, por ejemplo: agachándose de vez en cuando, doblando el tronco hacia atrás, cambiando el peso de un pie al otro, apoyando el pie en un reposapiés, etc.

Para adoptar una buena postura en la posición de sentado se deben colocar las rodillas por encima de la pelvis ayudándose de un reposapiés. La silla ha de disponer de un respaldo adecuado que nos permita apoyarnos con firmeza. Es conveniente levantarse de vez en cuando, hacer estiramientos o caminar.

El ejercicio físico es importante, ya que la estabilidad de la columna vertebral a nivel dorsolumbar está asegurada por varios grupos musculares que corresponden a tres zonas bien definidas: abdominal, dorsal y paravertebral. Si estos músculos están debilitados por la falta de ejercicio, no han sido preparados (calentados) antes del mismo o si están cansados por movimientos repetitivos o contracción sostenida, se pueden producir lesiones que den lugar a lumbalgias. De ahí la importancia de mantener dichos músculos en perfecto estado. Para ello se deberán realizar ejercicios físicos que los tonifiquen y fortalezcan diariamente, así como ejercicios de estiramiento para favorecer su descanso (ver figura 7).

El levantamiento, manejo y transporte de cargas está asociado a una alta incidencia de alteraciones en la zona lumbar. La información y el adiestramiento de los trabajadores en las técnicas de la manutención de cargas es uno de los aspectos fundamentales de la prevención de las lumbalgias. El Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores, define la manipulación de cargas como “cualquier operación de transporte o sujetación de una carga por parte de uno o varios trabajadores, como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción, el transporte o el desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas desfavorables entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores”.

Es básico, para levantar o manejar cargas, planificar antes la acción: examinando el objeto en busca de posibles suciedades, bordes afilados, etc.; decidiendo, a partir de su forma, peso y volumen, el punto o puntos de agarre; eliminando cualquier objeto que se interponga en el camino que se debe seguir durante el transporte de la carga; teniendo claro dónde se ha de dejar la carga y pidiendo ayuda para realizar el levantamiento.

Una vez planificado, ya se puede realizar el levantamiento o transporte. Las cinco reglas tradicionales para levantar una carga son:

- Disponer los pies de forma tal que la base de sustentación permita conservar

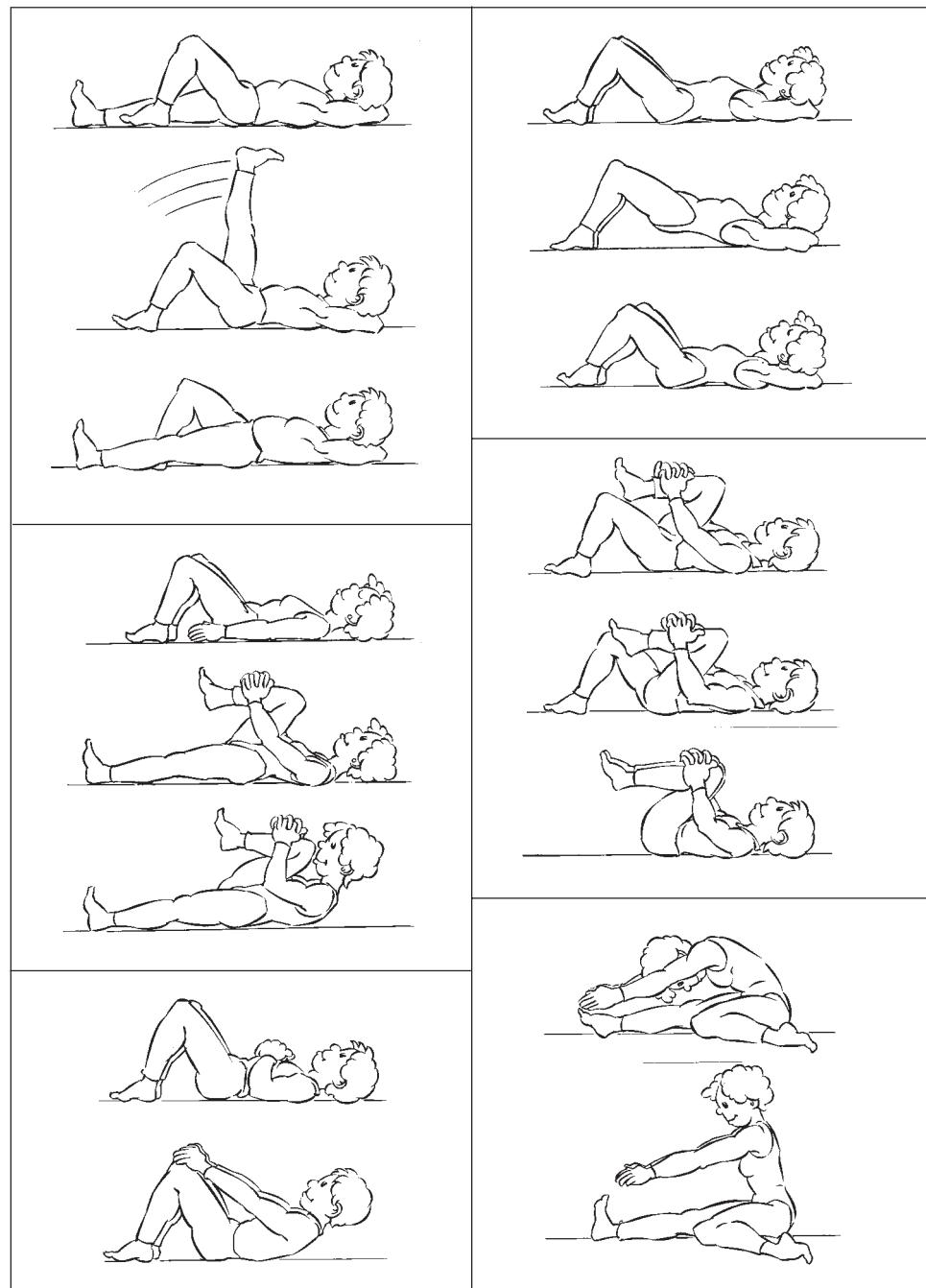


Figura 7.- Ejercicios para el mantenimiento de la espalda

el equilibrio. En principio, los pies han de estar separados por una distancia equivalente a la anchura de los hombros.

- Doblar las rodillas.
- Acercar al máximo el objeto al centro del cuerpo.
- Levantar el peso de forma gradual, suavemente y sin sacudidas.
- No girar el tronco mientras se está levantando la carga, es preferible pivotar sobre los pies.

El manejo de una carga entre dos personas deberá considerarse cuando se produzca alguna de las siguientes circunstancias: el objeto que se debe manejar tiene al menos dos dimensiones superiores a 76 cm, independientemente de su peso, el levantamiento del peso no es el trabajo habitual y su peso es superior a 30 kg o el objeto es muy largo y es difícil su traslado de forma estable por una sola persona.

En el plano *colectivo* se ha de considerar el diseño del puesto de trabajo. Si las dimensiones del puesto de trabajo, el material utilizado y la organización de las tareas son las adecuadas, el trabajo será seguro y confortable. A continuación, se señalan algunos de los factores que se deben tener en cuenta en el diseño de los puestos de trabajo para evitar o minimizar la aparición de lesiones de espalda.

Las dimensiones y la altura de la superficie de trabajo condiciona un mayor o menor sufrimiento de la espalda durante el trabajo. Es aconsejable que la altura de dichas superficies se encuentre alrededor de la altura del codo del trabajador, medida del suelo al codo, si está de pie, o del asiento al codo, si está sentado. Dependiendo de la tarea, la altura de la superficie de trabajo oscilará 10 cm por encima o por debajo de dicha altura en posición de pie y 15 cm, en posición sentado. El espacio donde deba llevarse a cabo la tarea será lo suficientemente amplio para permitir movimientos no restringidos. Así mismo se evitarán las barreras arquitectónicas, los desniveles pronunciados, los trayectos largos y tortuosos, etc.

Los alcances de más de 38 cm, enfrente del trabajador, deben evitarse, ya que provocarían una flexión hacia adelante del tronco. Si los objetos que se deben coger se hallan a los lados del trabajador, la distancia debe ser entre 25 y 30 cm para evitar torsiones del tronco. La orientación de las superficies de trabajo ha de ser tal que los movimientos del trabajador se desarrollen en un ángulo de 90°.

En cuanto a asientos y accesorios, el máximo confort en las posturas de pie y sentado se obtiene a través de la consideración de las medidas ergonómicas, ya propuestas para el mobiliario, en especial para las sillas, así como para todos los accesorios necesarios para la realización del trabajo (máquinas, herramientas, etc.).

Por lo que se refiere a la situación de las cargas, el lugar más favorable para

la colocación de la carga que se debe manipular es enfrente del trabajador, cerca de él y a la altura de la cintura.

El peso máximo que podrá levantar o manejar un trabajador está condicionado por su capacidad aeróbica, el número de levantamientos o manipulaciones que deba realizar y la postura de trabajo. El NIOSH define dos límites para el manejo de cargas basados en los niveles de compresión a nivel L5-S1, según sea la postura adoptada (ver figuras 8 y 9). Estos límites son el “límite de acción” (AL) y el “límite máximo permisible” (MPL), en función de que la medida de la presión intradiscal en la zona L5-S1, sea 350 o 650 kilogramos-fuerza (kgf). Estudios epidemiológicos demuestran que, cuando el valor de AL supera los 350 kgf, existe un aumento moderado del riesgo de lesión vertebral, y que cuando el valor de MPL supera los 650 kgf, el riesgo de lesión vertebral es significativo.

Siempre que sea posible, se utilizarán ayudas mecánicas para reducir las flexiones del tronco hacia adelante. En los alcances a distancias importantes, por ejemplo, en el caso de personal de archivo, se pueden usar ganchos o varas. La hiperextensión del tronco se evita colocando escaleras o tarimas. El trans-

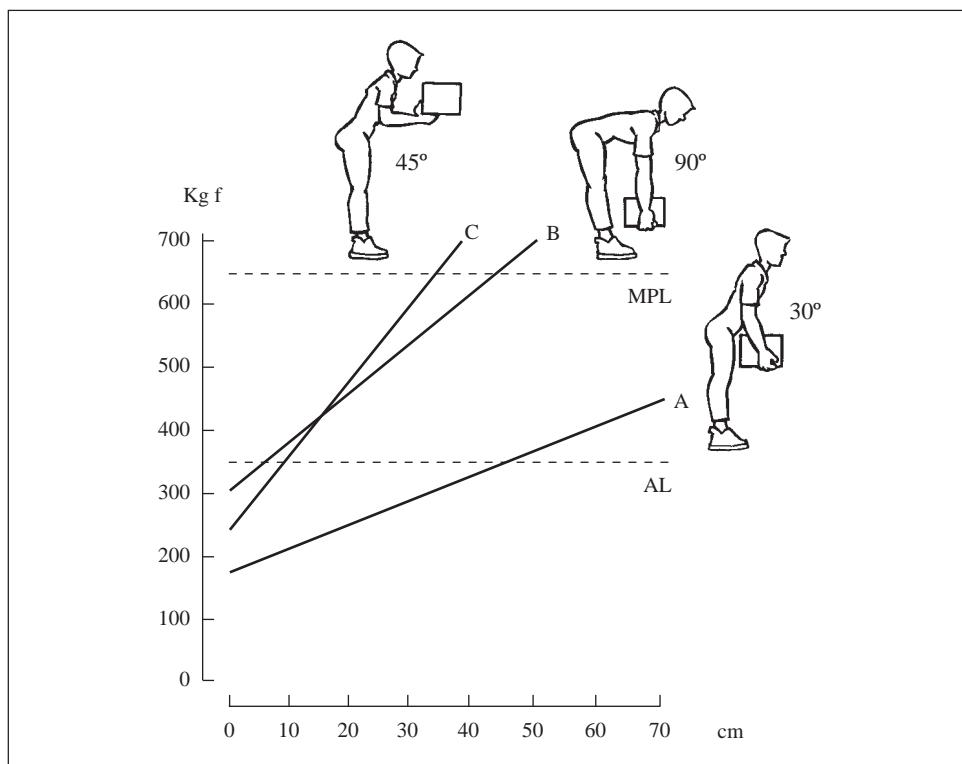


Figura 8.- Límite de acción y límite máximo permitido (NIOSH)

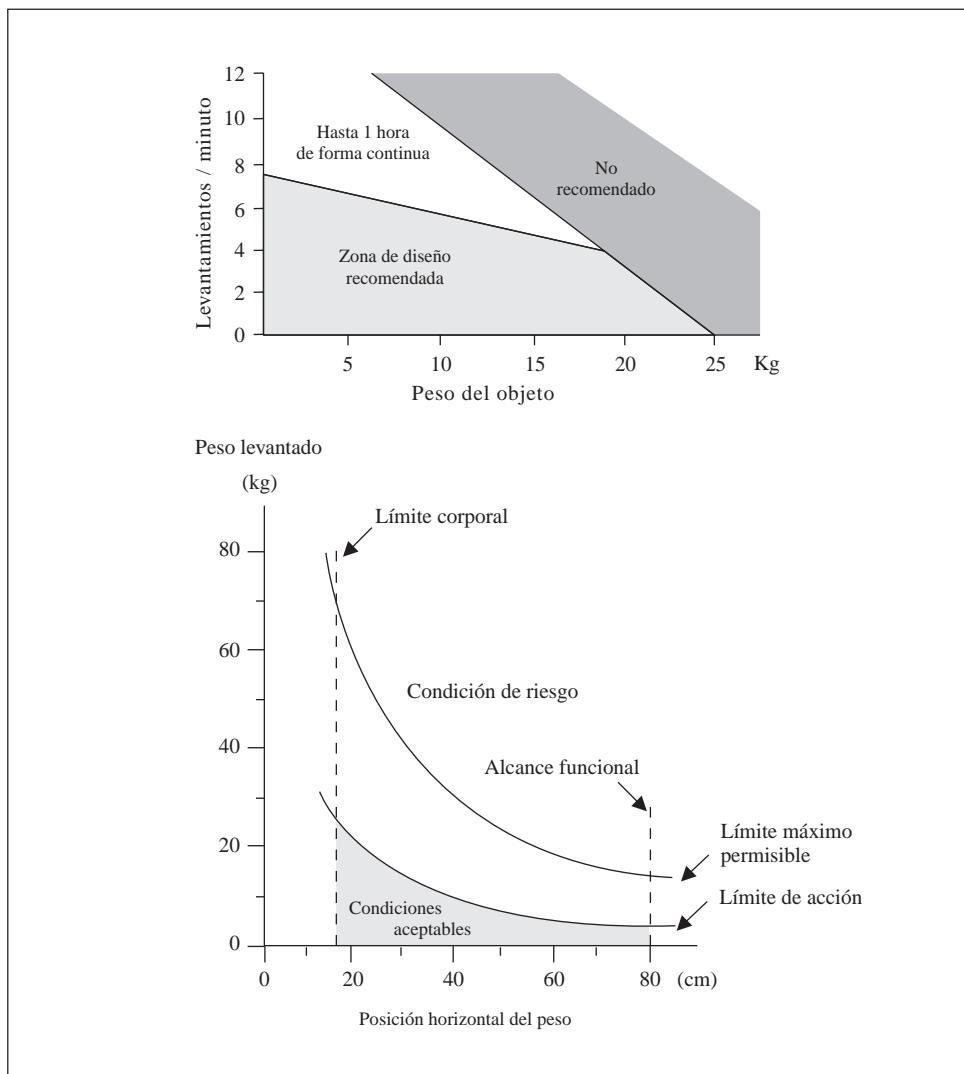


Figura 9.- Recomendaciones del NIOSH para levantamientos ocasionales o repetitivos

porte de cargas puede beneficiarse de ayudas para agarres especiales, de grúas o de carretillas.

El tamaño y volumen de las cargas. Si el transporte se realiza con los dos brazos, las dimensiones del objeto han de permitir que el trabajador mantenga sus codos cerca del cuerpo y los brazos y los antebrazos formando un ángulo de 90°. Las dimensiones ideales serían las siguientes: longitud inferior o igual a 46 cm; ancho inferior o igual a 25 cm. Si el transporte se realiza con un solo

brazo, se tendrán que evitar inclinaciones laterales de la columna. Para ello, la profundidad del objeto no debería sobrepasar los 10 cm. Cabe añadir que lo ideal es que la distribución del peso sea uniforme e invariable.

En lo que a pausas y tiempos de recuperación se refiere, se han de evitar los trabajos que se realizan de forma continuada en una misma postura, por muy ergonómica que ésta sea y aunque no se esté sometido a esfuerzos físicos. Se debe promover la alternancia de tareas en posturas diferentes y de esfuerzos de distintas intensidades. Se debe calcular el número y la duración de las pausas para cada trabajador, según sus condiciones físicas y el requerimiento del puesto de trabajo. En la figura 10 se muestran algunas posiciones en las que la columna vertebral recibe menos kilos de presión.

Hasta aquí se ha tratado la importancia de un buen diseño y de una buena organización del trabajo, así como de una buena preparación y buen adiestramiento de los trabajadores. Existen otros dos puntos en la prevención de las lumbalgias en el hospital que competen específicamente a los servicios sanitarios: los reconocimientos preempleo y el tratamiento/rehabilitación de los trabajadores con lesiones de espalda.

### Técnicas para la movilización de enfermos

Uno de los grupos de mayor riesgo de padecer lumbalgias en el ámbito hospitalario es el de personal de enfermería, ya que es el que se encarga de movilizar a los enfermos. Es por ello que dentro de un buen programa de prevención siempre se introducirá un programa de formación de cara a adiestrar a los trabajadores antes mencionados en las técnicas de movilización y traslado de enfermos. Esta formación no será suficiente si no se realiza un seguimiento de la misma.

Para mover un enfermo ha de conocerse, por un lado, la técnica correcta que se debe utilizar y por otro, explicar al enfermo, de forma clara y concisa, los movimientos que debe realizar pidiendo su colaboración. Así mismo, hay



Figura 10.- Posiciones de máximo reposo para el disco vertebral

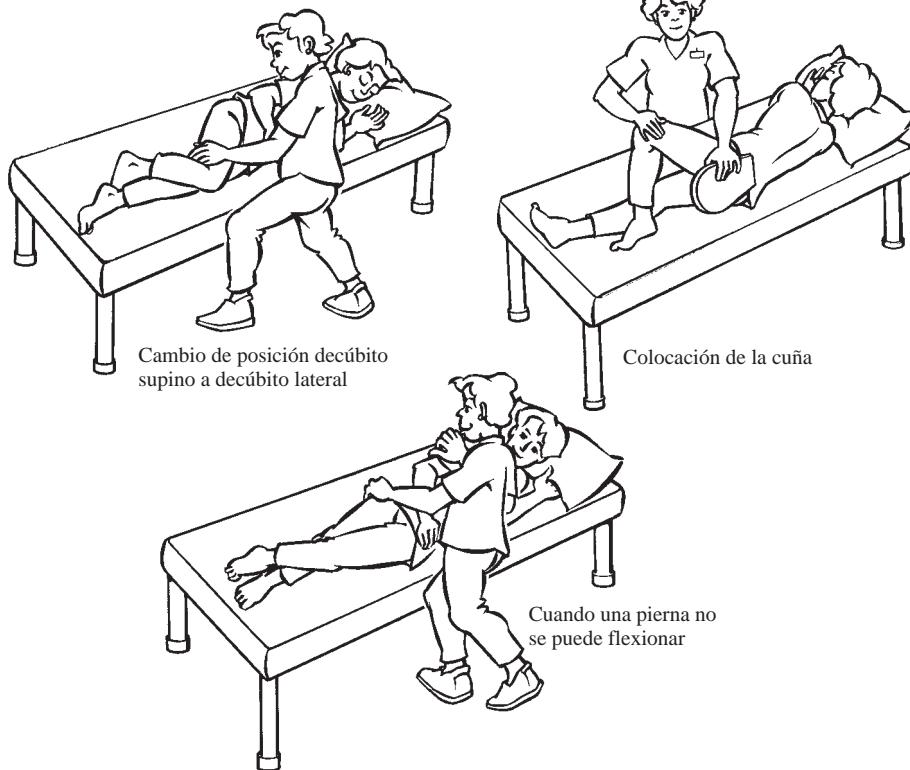
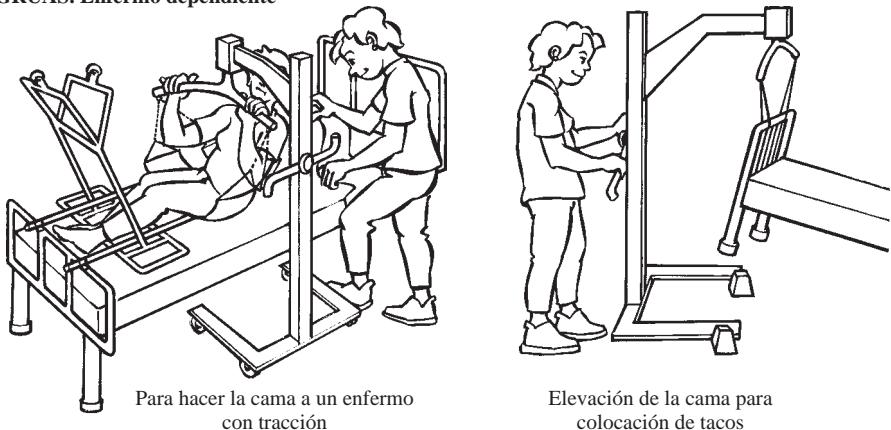
**DECÚBITO LATERAL. Enfermo dependiente****GRÚAS. Enfermo dependiente**

Figura 11.- Movilización de enfermos

que tener en cuenta el estado del paciente y los utensilios de los que se dispone (ver figura 11).

Básicamente estas técnicas de movilización consisten en las siguientes:

- Mantener la espalda recta, contraer los glúteos y los músculos abdominales para mantener la pelvis en posición correcta y utilizar los músculos de las piernas para levantarse y moverse.
- Sostener a los enfermos con los antebrazos manteniendo los brazos cerca del cuerpo, con ello se consigue desplazar lo mínimo el centro de gravedad y se requiere menos fuerza para mantener el equilibrio.
- Separar los pies, uno ligeramente delante del otro, con una amplitud igual a la anchura de los hombros. El pie de delante se colocará en la dirección en la que vaya a efectuarse el giro.
- Parece ser que la incidencia de lumbalgias se incrementa en manipulaciones de carga superiores a los 20 kg, por lo que se intentará utilizar, siempre que sea posible, medios mecánicos tales como: camillas regulables, grúas, camas con sistema hidráulico, sillas de ruedas, etc. y solicitar la ayuda de otra persona cuando la movilización sea demasiado pesada o difícil.
- Ayudarse con puntos de apoyo exteriores y con el contrapeso del propio cuerpo para aumentar la fuerza aplicada al movimiento.
- Utilizar un vestido que no moleste para realizar los movimientos y calzado seguro, que sujeté bien el pie y con suela antideslizante.
- Recordar que siempre es mejor empujar que tirar (sillas, camillas, carros, etc.).

## MOVIMIENTOS REPETITIVOS

Las lesiones de extremidad superior derivadas de microtraumatismos repetitivos (CTD) son un problema frecuente que ha sido estudiado de forma exhaustiva en industrias tan dispares como son las del calzado, las alimentarias o las del automóvil. En la Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo realizada por el INSHT en el año 1997, se señala que el factor de carga física más frecuente entre la población trabajadora es la realización de movimientos repetitivos de manos y brazos (36%), con especial afectación de la muñeca (ver figura 12).

Estos datos coinciden con los recogidos por la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo de los que se desprende que los problemas de salud relacionados con el trabajo mencionados con más frecuencia son: los dolores de espalda (30%), el estrés (28%) y los dolores musculares en brazos y piernas (17%) y que el trabajo repetitivo y monótono continúa estando muy extendido (37% de los trabajadores realizan tareas breves y repetitivas y el 45% tareas monótonas).

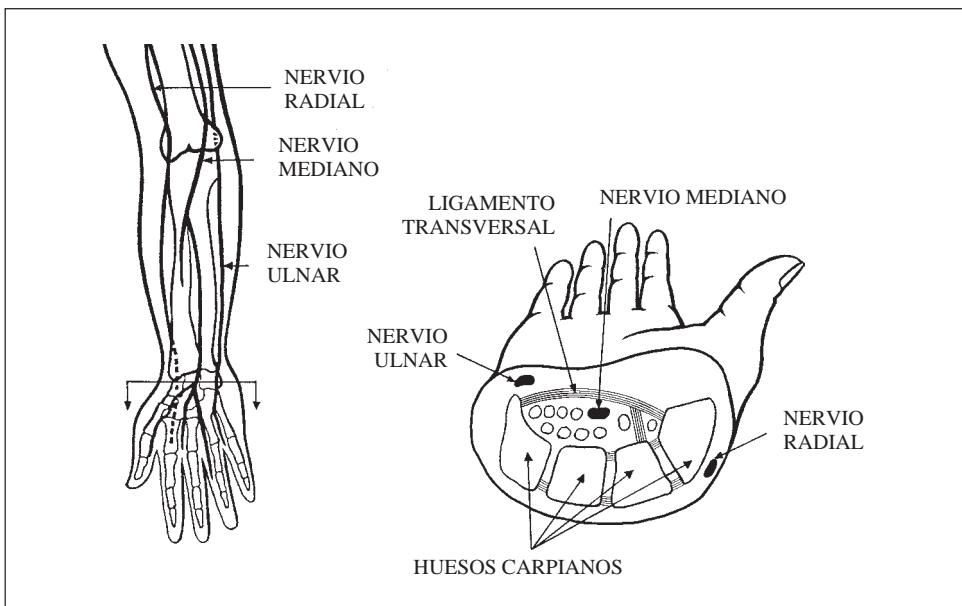


Figura 12.- Estructura de la muñeca

En el ámbito hospitalario los grupos de mayor riesgo son los que están constituidos por el personal de mantenimiento, el de limpieza y el que trabaja en pantallas de visualización de datos (PVD).

### Factores de riesgo

Se han ido perfilando ciertos factores de riesgo que, en síntesis, son los siguientes: el mantenimiento de posturas forzadas de muñeca o de hombros, la aplicación de una fuerza manual excesiva, los ciclos de trabajo muy repetitivos, dando lugar a movimientos rápidos de pequeños grupos musculares o tendinosos y unos tiempos de descanso insuficientes (ver figuras 13 y 14).

De hecho, un gran número de autores consideran que esta patología se produce por la combinación de varios de estos factores, especialmente de la asociación de un movimiento repetitivo con una tensión muscular.

Existen situaciones que se deben evitar para prevenir la aparición de lesiones osteomusculares y que se relacionan a continuación:

- Tareas repetitivas. Considerando como tales aquellas actividades cuyo ciclo sea inferior a 30 segundos o aquellos trabajos en los que se repitan los mismos movimientos elementales durante más de un 50% de la duración del ciclo.
- Trabajos que requieran esfuerzos prolongados o repetitivos que superen el 30% de la capacidad muscular máxima del trabajador.

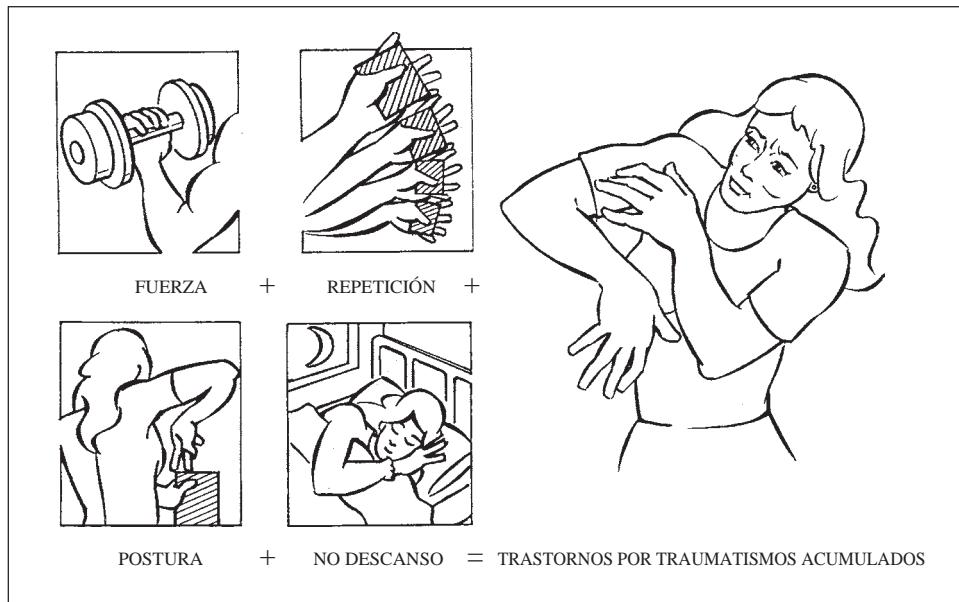


Figura 13.- Trastornos por traumatismos acumulados

Alteración	Factores de riesgo por tareas
El síndrome del túnel carpiano	Flexión o extensión repetida de la muñeca Torsión repetida de la muñeca Desviación radial o cubital Esfuerzos repetidos de la muñeca en posturas forzadas Maniobras de presión con la palma o con los dedos
Tendinitis	Esfuerzos repetidos con la muñeca en extensión-flexión o en desviación cubital
Tenosinovitis	Trabajos manuales Empujar con la muñeca en extensión y desviación radial o en supinación. Maniobras de presión con la palma de la mano, estando la muñeca en flexión o extensión. Torsión rápida de la muñeca

Figura 14.- Factores de riesgo

- Exposición de ciertos segmentos corporales al frío o al contacto con superficies duras.
- Posturas extremas de determinados segmentos corporales.
- Mantenimiento prolongado de cualquier postura.
- Trabajos con herramientas que vibran.
- Trabajos en los que se produzcan combinaciones de los factores anteriores.

## Valoración

Al igual que para la valoración del dolor de espalda, se pueden utilizar diversos cuestionarios disponibles como, por ejemplo, el test de Michigan, completados por estudios ergonómicos ayudados por programas informatizados con los que pueden analizarse, por ejemplo, los ángulos de desviación de la muñeca.

## Medidas preventivas

Ante la sospecha de que un determinado trabajo es el origen de lesiones osteomusculares de extremidad superior, se intentará identificar cuáles son los factores de riesgo presentes y en qué magnitud se encuentran, y se intentará evaluar la importancia del efecto sobre las personas.

Los factores de riesgo más relevantes han de buscarse en cuatro grandes áreas: organización, tarea y equipos, individuo y ambiente.

La repercusión de las condiciones de trabajo sobre la extremidad superior deberá valorarse a través de la información médica preexistente y de reconocimientos médicos específicos.

Generalmente, la solución al problema planteado pasa por un nuevo diseño de las condiciones de trabajo (herramientas, máquinas, entorno de trabajo y métodos) y por cambios en la organización del trabajo.

### *Diseño de las condiciones de trabajo*

Los temas que se deben considerar en relación con esta cuestión son tres: la disminución del esfuerzo que se debe realizar, la reducción de la repetitividad y los cambios posturales.

El control de los esfuerzos dependerá del tipo de trabajo que se esté estudiando; aunque las soluciones son múltiples, a continuación se relacionan algunas de ellas: reducir la fuerza que se debe emplear, distribuir la fuerza prefiriendo la actuación de varios dedos a uno solo o favoreciendo el uso alternativo de las manos, usar grupos musculares potentes y herramientas con mangos largos, vigilar el efecto del uso de guantes sobre las maniobras que se deben realizar, mantenimiento de las herramientas y el adiestramiento.

La identificación de los factores que condicionan una alta repetitividad de los movimientos nos permitirá poner en práctica medidas para contrarrestarlos, incluyendo la reducción del tiempo de trabajo repetitivo o reestructurando los métodos de trabajo haciendo que se alternen los diferentes grupos musculares, variando la tarea de los operarios, mecanizando o automatizando el trabajo, etc.

Un mal diseño del puesto de trabajo es, a menudo, el responsable del mantenimiento de ciertas posturas que conducen a lesiones osteomusculares.

#### *Aspectos relativos a la organización del trabajo*

El adiestramiento de los trabajadores para la realización de una tarea determinada y un buen diseño del puesto de trabajo son de gran ayuda en la prevención de este tipo de lesiones.

Para llevar a cabo este adiestramiento es conveniente separar a los trabajadores sanitarios en dos grandes grupos: los que llevan en el puesto de trabajo cierto tiempo y los recién incorporados.

Para los primeros, hay que determinar las necesidades y el contenido del adiestramiento mediante: el análisis de su trabajo, la identificación de posturas o maniobras viciadas, la modificación de los métodos existentes y el desarrollo de los objetivos del adiestramiento, la comunicación de las nuevas técnicas mediante los métodos apropiados, el establecimiento de períodos de prácticas para familiarizarlos con los nuevos métodos y permitir corregir las maniobras mal aprendidas, la seguridad de mantener los nuevos métodos.

Es de gran importancia que los trabajadores de reciente incorporación al hospitalse introduzcan de forma paulatina en el ritmo de trabajo normal, aumentando lentamente los topes hasta el nivel de los trabajadores ya experimentados, contando para ello con programas de formación. Dentro de este grupo se incluyen también los trabajadores que se reincorporan a su trabajo, después del período vacacional o de una baja prolongada.

Por último, queda por mencionar una de las medidas más utilizadas, aunque no por ello resulta la más acertada: la rotación en los puestos de trabajo. Esta solución es válida si realmente las diferentes tareas asignadas favorecen el descanso de las estructuras sometidas a sobreesfuerzo.



## **14**

# **ASPECTOS PSICOSOCIALES DEL TRABAJO**

## **INTRODUCCIÓN**

La inclusión de la Psicología y la Sociología en el campo de la prevención de riesgos laborales está motivada por la necesidad de analizar ciertos aspectos de la realidad laboral, a partir de los puntos de vista de estas ciencias, mediante la aplicación de sus procedimientos y métodos tanto para la evaluación de ciertas circunstancias laborales como para la intervención sobre algunos aspectos conflictivos originados en el ámbito laboral. Este interés es debido a que la problemática de origen psicosocial, por la frecuencia e incidencia con la que se presenta, tiene graves repercusiones, no sólo sobre la salud y el bienestar del individuo, sino también sobre otros aspectos como el rendimiento y la calidad del trabajo.

En psicosociología del trabajo, los factores de riesgo son denominados factores psicosociales. Éstos se podrían definir como aquellas condiciones presentes en la situación laboral relativas a la organización y al contenido del trabajo con capacidad para afectar tanto a la salud y al bienestar de los trabajadores como al desarrollo del trabajo (absentismo, baja productividad, etc.). Estos factores actúan como desencadenantes de diversos problemas, a partir de distintos procesos; uno de ellos es el estrés.

Dentro de los factores que se refieren a la organización del trabajo merece especial atención la organización del tiempo de trabajo y, más especialmente el trabajo a turnos y nocturno, debido a las repercusiones que puede tener sobre la salud de aquellas personas que trabajan con estos horarios.

## **ESTRÉS**

Cuando se habla de estrés se hace referencia a la vivencia de un individuo ante una situación que no puede controlar, que le supera, caracterizada por

una emoción dolorosa, por una sensación de peligro y por un miedo a una amenaza que se hará efectiva en un futuro. Atendiendo a los factores que concurren en su desarrollo se podría definir como “un desequilibrio sustancial percibido entre la demanda y la capacidad de respuesta del individuo bajo condiciones en las que el fracaso ante esta demanda posee importantes consecuencias percibidas”.

Un aspecto importante del estrés es la percepción que se tiene de esa situación. Parece que la situación real u objetiva no tiene tanta importancia en el desencadenamiento del estrés como la situación que es experimentada y percibida por el propio individuo.

Otras definiciones suelen emplear el concepto de “ajuste inadecuado entre la persona y el entorno”, en este caso, entre el trabajador y el entorno laboral, que hace referencia tanto a unas demandas de la realidad laboral, que deben ser satisfechas por el individuo, como a unas demandas del individuo, que deben ser satisfechas por la realidad laboral. Con el nombre de “demandas de la realidad laboral” se hace referencia a aquellos factores que pueden ser desencadenantes del estrés. También son denominados *estresores*.

Una situación es estresante cuando supone para la persona una dificultad o incapacidad para enfrentarse a ella, junto con un sentimiento de amenaza. Estas situaciones suelen presentar una o varias de estas características: son nuevas o cambiantes, son impredecibles, difíciles de controlar o que provocan incertidumbre, existe falta de información o ésta es muy ambigua, suponen demandas intensas o de gran magnitud, se prolongan en el tiempo o aparecen frecuentemente o se acumulan diversas demandas.

En los centros de salud suelen coexistir distintos colectivos profesionales, cada uno de los cuales tiene sus particulares demandas o problemas debido a que realizan distintos trabajos. Por otra parte, aunque trabajan en una misma organización y por ello pueden tener problemas comunes, normalmente el distinto estatus otorgado por la organización a cada colectivo modula las relaciones de dicho colectivo con la organización. En este ámbito, el colectivo que mayor atención ha recibido lo constituye, por sus problemas de estrés, el personal de enfermería.

En una comparación de los resultados obtenidos en tres estudios, realizados en EE.UU., en Nueva Zelanda y en el Reino Unido, aparecen coincidencias al señalar cuatro situaciones como las más comúnmente estresantes para el personal de enfermería. Estas situaciones son:

- Problemas para realizar todo el trabajo debido, sobre todo, a no disponer del tiempo suficiente para atender las tareas propias de enfermería y a las demás tareas administrativas asignadas.
- Conflictos con la dirección, sobre todo por la falta de participación en la toma de decisiones, falta de apoyo y mala o escasa comunicación.

- Inadecuada preparación para las funciones que han de desempeñar como, por ejemplo, tener que tratar con las necesidades sociales y emocionales de los pacientes y de sus familiares.
- Tratar con problemas de vida o muerte que, según los resultados, no deja de ser estresante a pesar de la experiencia o la antigüedad del enfermero/a.

Para el estudio realizado en el Reino Unido, se desarrolló un instrumento para identificar fuentes de estrés en personal de enfermería denominado Índice de estrés en enfermeros/as, *Nurse Stress Index*, (NSI). Esta prueba consta de 30 ítems divididos en seis factores que se muestran en la figura 1.

Numerosos investigadores han demostrado que el hecho de poseer una serie de características personales hace que un individuo, ante unas determinadas situaciones o demandas, tenga más probabilidades de sufrir una situación de estrés. Estas características (los rasgos de personalidad, las necesidades, las aspiraciones, las expectativas, los valores, la formación adquirida, la experien-

<b>1. Gestión de la carga de trabajo (I)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presiones y límites, plazos de tiempo.</li> <li>• Poco tiempo para hacer todo lo que se espera de mí.</li> <li>• Conflicto entre las demandas de distintas personas a la hora de emplear mi tiempo de trabajo.</li> <li>• Gasto mi tiempo de trabajo “apagando fuegos” y no trabajando planificadamente.</li> <li>• Tareas triviales interfieren mis funciones como enfermero/a.</li> </ul>	<b>4. Trato con pacientes y familiares</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas a la hora de tratar con gente agresiva.</li> <li>• Problemas con los pacientes.</li> <li>• Implicación en situaciones de vida o muerte.</li> <li>• Tener que consolar a personas que han sufrido una desgracia.</li> <li>• Tratar con los familiares de los pacientes.</li> </ul>
<b>2. Gestión de la carga de trabajo (II)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluctuaciones de la carga de trabajo.</li> <li>• La dirección interrumpe mi trabajo con nuevas prioridades.</li> <li>• Decidir prioridades.</li> <li>• Conflicto entre tener que desempeñar funciones de enfermería y funciones administrativas.</li> <li>• Falta de recursos esenciales.</li> </ul>	<b>5. Conflicto trabajo-hogar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implicación emocional excesiva.</li> <li>• Demandas del trabajo y del hogar contrapuestas.</li> <li>• Mis superiores no tienen en cuenta mis cargas domésticas.</li> <li>• Las demandas familiares y domésticas me impiden la promoción.</li> <li>• Necesito ausentarme de mi trabajo para arreglar problemas domésticos.</li> </ul>
<b>3. Apoyo de la organización y participación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las decisiones y los cambios que me afectan son hechos “desde arriba” sin mi conocimiento ni mi participación.</li> <li>• La dirección no comprende las necesidades reales de mi departamento.</li> <li>• Falta de apoyo del equipo directivo.</li> <li>• Mis jefes sólo hablan conmigo cuando mi trabajo no es satisfactorio.</li> <li>• Relaciones con superiores.</li> </ul>	<b>6. Confianza y competencia en el rol que desempeña</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios que se producen en el equipo o la organización.</li> <li>• Tareas fuera de mi competencia.</li> <li>• Arreglármelas con las nuevas tecnologías.</li> <li>• Falta de entrenamiento especializado para desarrollar las actuales tareas.</li> <li>• Incertidumbre acerca del grado o área de mi responsabilidad.</li> </ul>

Figura 1.- The Nurse Stress Index

cia y la capacidad intelectual y física, etc.) modulan las conductas y las reacciones del individuo y determinan su vulnerabilidad o su resistencia al estrés.

Cuando una situación es valorada como estresante, se pone en marcha la respuesta de estrés, que consiste en un aumento de la activación tanto a nivel fisiológico como psicológico. Esta reacción es un mecanismo adaptativo para afrontar las situaciones. A nivel emocional, se empieza a desarrollar ansiedad. El individuo vuelve a la situación de equilibrio si consigue afrontar con éxito la situación; si no es así, se irá incrementando la situación de ansiedad e irán surgiendo progresivamente otros problemas emocionales.

Por otra parte, si no se consigue la adaptación, la activación continuada de distintos órganos y funciones empieza a tener efectos de desgaste y debilitamiento, produciendo un descenso de la resistencia del individuo a diferentes niveles y el desencadenamiento de enfermedades (ver figura 2).

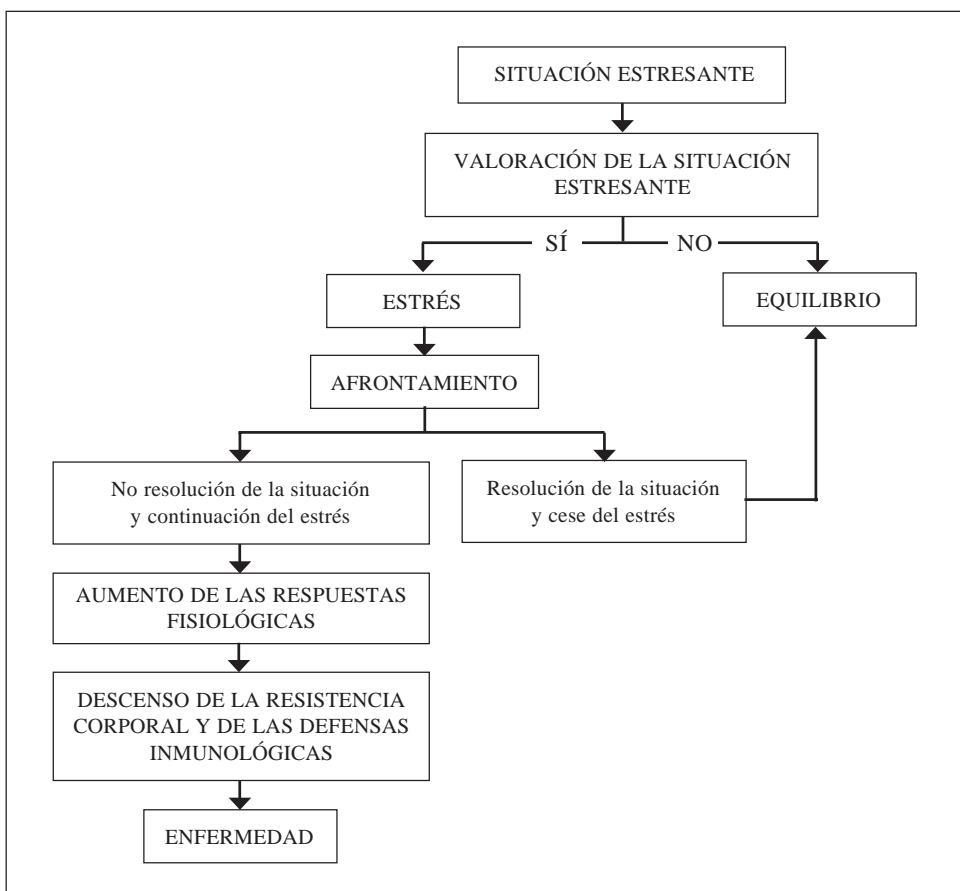


Figura 2.- Modelo cognitivo que relaciona situaciones estresantes y la forma de reaccionar ante ellas.

La gama de enfermedades asociadas al estrés es muy amplia; así, pueden aparecer trastornos cardiovasculares como la hipertensión o enfermedades coronarias, gastrointestinales, psicopatológicos como neurosis o adicciones, musculares, dermatológicos, respiratorios, etc.

## OTROS PROBLEMAS PSICOSOCIALES

Además del estrés, existen otros aspectos que indican problemas psicosociales tales como la satisfacción/insatisfacción laboral o el *burnout*.

### Satisfacción laboral

La satisfacción laboral expresa en qué medida se acomodan las características del trabajo a los deseos, aspiraciones, expectativas o necesidades del trabajador. Cuando se presenta una situación en la que existe un malestar con respecto al trabajo o en la que se tiene un grado de bienestar escaso, se dice que existe una satisfacción laboral baja o una insatisfacción laboral. Existen distintas escalas para la valoración de la satisfacción laboral como la escala de satisfacción de *Warr* o el Índice descriptivo del trabajo.

### Burnout

El término *burnout* (en castellano «estar quemado») suele hacer referencia a un tipo característico de estrés, generado progresivamente y con un carácter crónico, que aparece en trabajadores que realizan su trabajo en contacto con otras personas, por ejemplo, profesores, personal sanitario, asistentes sociales, etc.

Surge cuando el trabajador va viendo defraudadas las expectativas que tenía con respecto a su trabajo y se encuentra imposibilitado para controlar o modificar su situación laboral y para poner en práctica sus ideas con respecto a cómo ha de ser realizado el trabajo.

El *burnout* es una respuesta inadecuada a un estrés emocional crónico, que presenta las siguientes características: el individuo presenta síntomas de agotamiento emocional, cansancio físico y psicológico; en su intento de aliviar esta situación, trata de aislarla desarrollando una actitud fría y despersonalizada en la relación con los demás, mostrando una falta de compromiso con su trabajo. Asimismo, se da un sentimiento de inadecuación, de incompetencia, de ineeficacia, etc., de no poder atender debidamente las tareas que ha de realizar.

## PREVENCIÓN DE LOS PROBLEMAS PSICOSOCIALES

El planteamiento idóneo para abordar los problemas psicosociales en una organización de trabajo consiste en la prevención de las causas que originan

el problema, más que en el tratamiento de las consecuencias. En la figura 3 se muestran, en esquema, las acciones que se han de desarrollar para el análisis y prevención de los problemas psicosociales.

Este tipo de problemas se suelen producir de manera progresiva, es decir, que se pueden encontrar en diferentes fases en cuanto a su evolución. Así, sería conveniente detectar, cuanto más precozmente mejor, los síntomas e indicadores de situaciones estresantes en el seno de la organización, para identificar qué aspectos lo motivan y llevar a cabo una intervención sobre ellos.

El tratamiento de estos problemas, desde el punto de vista preventivo, ha de estar centrado en la actuación sobre ciertas condiciones de trabajo, en la modificación de ciertos aspectos organizativos y tener como objetivo la eliminación de tantas causas como sea posible, de forma que puedan reducirse los problemas existentes, así como prevenir su aparición en el futuro (ver figura 4).

Por lo tanto, son más recomendables las medidas de carácter global, organizativas y colectivas que las medidas particulares sobre cada individuo. Aunque con carácter complementario sería necesaria la intervención individual, que consistiría en dotar a los individuos de estrategias de adaptación sobre algunos aspectos que son difícilmente abordables mediante medidas organizativas.

Para evitar la aparición del estrés en una organización de trabajo hay que tener en consideración cuatro elementos importantes que concurren en el desarrollo de este problema: la presencia de unas demandas o condiciones de trabajo estresantes, la percepción de esas condiciones como amenazantes por parte del trabajador, las dificultades del trabajador para

1. COMPROMISO DE LA DIRECCIÓN
2. IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LAS CAUSAS
3. ESTUDIO Y PROPUESTA DE SOLUCIONES
4. DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN (cómo, dónde, cuándo, quién, etc.)
5. EJECUCIÓN DE LA INTERVENCIÓN
6. SEGUIMIENTO, CONTROL Y EVALUACIÓN

Figura 3.- Ordenación de los pasos que se han de llevar a cabo en una intervención

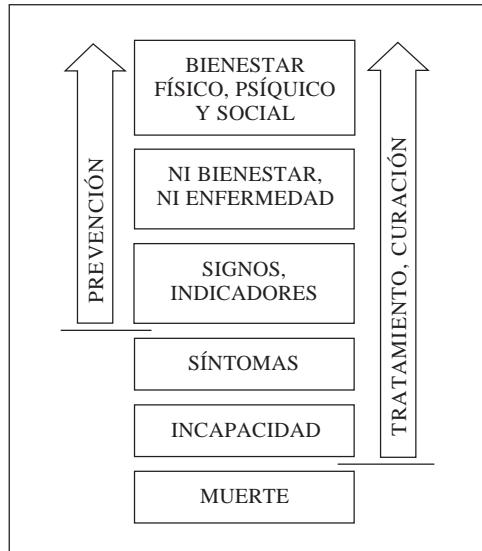


Figura 4.- Esquema de un planteamiento preventivo

afrontar o para responder a esas demandas y las respuestas fisiológicas y emocionales inadecuadas que se desencadenan en el trabajador en la situación de estrés.

En general, todas las medidas que se establecen a continuación hacen referencia a un incremento de la atención y confianza en el trabajador por parte de la organización. Estos sistemas alternativos han de ser flexibles y permitir una mejor adaptación de la organización y del trabajo a las capacidades, necesidades y expectativas del trabajador.

Así, en primer lugar, habría que reducir o minimizar las demandas y condiciones de trabajo objetivamente estresantes. Genéricamente, la fijación de unas determinadas demandas de trabajo debe hacerse en función de las capacidades del trabajador (no sólo considerando las necesidades del servicio o la producción) y el incremento de las demandas sólo habría de realizarse cuando correlativamente se incrementen las capacidades del trabajador.

Es importante dotar al individuo de destrezas, habilidades y estrategias de comportamiento para enfrentarse con confianza a las situaciones y resolver los problemas. Esto supone tanto la formación de los trabajadores como establecer un tiempo de adaptación, previo al desempeño del puesto o ante cualquier cambio que se realice.

Pero todo esto por sí solo no sería efectivo si el trabajador sigue percibiendo que algunas condiciones o demandas le resultan estresantes o si no tiene confianza en afrontar la situación con sus capacidades. Se debería, pues, desde la empresa, resolver incertidumbres facilitando información clara e inequívoca de las responsabilidades del trabajador, de los objetivos (cantidad y calidad del producto), de los métodos y medios de trabajo, de los plazos, etc. Esto conllevaría una adecuada definición de los roles de cada trabajador en la organización. La ambigüedad y el conflicto de rol constituyen unos de los más potentes estresores.

Dado que los problemas que se pueden dar por unas deficientes información y comunicación son muy importantes, es necesario, para paliar estas deficiencias, el desarrollo de unos sistemas de información y comunicación, tanto descendentes como ascendentes u horizontales, verdaderamente efectivos y no únicamente restringidos a la eficacia productiva sino que respondan a las necesidades de los trabajadores y que faciliten su ajuste con la organización de trabajo.

Por otra parte, el que una situación se perciba o no como amenazante puede depender de las posibilidades que tenga el individuo de controlarla, de enfrentarse a ella con éxito. Una de las medidas que ha de tomarse es la de incrementar el grado de control que el trabajador tiene sobre su trabajo por ser una condición para mantener la salud y para aumentar la satisfacción de los trabajadores.

El control de una situación está en función de la posibilidad efectiva que

tiene el trabajador de actuar directamente sobre esta situación y de si tiene las estrategias necesarias para enfrentarse a ella. Se ha constatado en diferentes estudios que este tipo de medida es particularmente eficaz en las situaciones en las que las demandas de trabajo son muy elevadas. Cuando se habla de control del trabajador sobre su propio trabajo se está haciendo referencia al control de los siguientes aspectos: la forma o el método para realizar el trabajo, los tiempos de trabajo y de descanso (autonomía temporal), el ritmo de trabajo, la elección de turnos, unos horarios flexibles, la participación en la toma de decisiones en los aspectos relacionados con su trabajo y lo que el trabajador debe hacer, sus funciones, competencias, responsabilidades, y la cantidad y calidad de los resultados de su trabajo.

Este incremento de la capacidad de control del trabajador debe ir aparejada tanto con una adecuada formación específica para su puesto de trabajo como con una formación genérica para gestionar con éxito esta autonomía (formación en gestión del tiempo, en la toma de decisiones, etc.), puesto que conceder al trabajador libertad en su trabajo, sin que esté preparado para ello, puede ser una gran fuente de estrés e insatisfacción.

Una organización laboral necesita, por una parte, del establecimiento de normas para la coordinación de actividades, la regularización de comportamientos individuales y la búsqueda de una cierta homogeneidad en los fines y los valores de los individuos y, por otra, del ejercicio del poder para unificar las posibles desviaciones a las normas que las conductas individuales pueden ocasionar y para dar rápida respuesta a situaciones imprevistas o no contempladas normativamente.

Sin embargo, la concreción de esas normas o del ejercicio del poder en una organización produce una serie de efectos colaterales distintos a los buscados, algunos de los cuales se constituyen en fuentes de un intenso estrés tanto para el que ejerce el poder como, sobre todo, para el destinatario del poder. Según esto, se requiere, además de un diseño adecuado de la jerarquía y de la implantación de un sistema normativo y reglamentario aceptado por los trabajadores, el ejercicio efectivo de un estilo de dirección democrático y participativo por parte de los cuadros directivos.

La aparición de conflictos es algo que puede considerarse normal y previsible en un centro de trabajo, por lo que es necesario arbitrar medios para la resolución de esos conflictos. Las medidas que se deben tomar en este sentido deben tender a la reducción de la aparición de conflictos, la creación de procedimientos de arbitraje y mediación y la impartición de formación a los empleados para la resolución no traumática de conflictos.

Las relaciones interpersonales constituyen uno de los aspectos más importantes en este tipo de problemas, tanto porque pueden ser una fuente de estrés e insatisfacción como porque constituyen uno de los aspectos más valorados por los trabajadores como fuente de satisfacción, o porque actúan como un

elemento reductor del estrés que sufre el individuo. En este sentido, los procesos de socialización y el entrenamiento en las relaciones interpersonales son prácticas muy comunes actualmente.

Por otra parte, está comprobado que un buen ambiente social en la empresa, el que el trabajador se sienta apoyado y que perciba confianza en él por parte de la organización, amortiguará el impacto emocional y la generación de consecuencias físicas y psíquicas de las situaciones estresantes.

Se hace mejor lo que nos gusta que lo que no nos gusta. Puede aumentarse el interés del trabajo actuando sobre la organización del trabajo, es decir, modificando la manera de realizarlo, modificando sus fases, intercambiando las tareas con otros trabajadores, o realizando tareas de mayor cualificación relacionadas con el puesto (planificación, control de calidad, etc.).

Muchas veces no es que una tarea no sea interesante o carezca de interés en sí misma, sino que depende del trabajador juzgar eso y lo hará de forma distinta en función de sus gustos y capacidades. Teniendo en cuenta esto, sería conveniente presentar previamente el puesto al candidato antes de su contratación y recolocar a los trabajadores según sus gustos.

## TRABAJO A TURNOS Y NOCTURNO

El tiempo de trabajo es uno de los aspectos de las condiciones de trabajo que tiene una repercusión más directa sobre la vida diaria.

El número de horas trabajadas y su distribución pueden afectar no sólo a la calidad de vida en el trabajo sino a la vida extralaboral. En la medida en que la distribución del tiempo libre es utilizable para el esparcimiento, la vida familiar y la vida social, constituye un elemento que determina el bienestar de los trabajadores.

Dadas las características humanas, la actividad laboral debería desarrollarse durante el día a fin de lograr una coincidencia entre la actividad laboral y la actividad fisiológica; sin embargo, en algunas actividades es necesario establecer turnos de trabajo con horarios que están fuera de lo que sería aconsejable; esto se hace evidente en el caso del personal sanitario, cuyos servicios deben estar asegurados durante las 24 horas del día.

En un intento de definición de los distintos tipos de horario, se entiende por tiempo “normal” de trabajo el que implica una jornada laboral de ocho horas, con una pausa para la comida, y que suele oscilar entre las 7-9 de la mañana y las 6-7 de la tarde. Se considera horario normal de trabajo el que supone un promedio de 40 horas semanales.

Se habla de trabajo a turnos cuando el trabajo es desarrollado por distintos grupos sucesivos, cumpliendo cada uno de ellos una jornada laboral de manera que se abarca un total de entre 16 y 24 horas de trabajo diarias (ver figura 5).

Respecto a los turnos de trabajo existen las siguientes formas de organización: sistema discontinuo, en el que el trabajo se interrumpe normalmente por la noche y el fin de semana, supone, pues, dos turnos, uno de mañana y uno de tarde; sistema semi-continuo, en el que la interrupción es semanal, supone tres turnos, mañana, tarde y noche, con descanso los domingos y el sistema continuo, en el que el trabajo se realiza de forma ininterrumpida, el trabajo queda cubierto durante todo el día y durante todos los días de la semana. Supone más de tres turnos y el trabajo nocturno.

En el Estatuto de los Trabajadores, se define el trabajo a turnos como “toda forma de organización del trabajo en equipo según la cual los trabajadores ocupan sucesivamente los mismos puestos de trabajo, según un cierto ritmo, continuo o discontinuo, implicando para el trabajador la necesidad de prestar sus servicios en horas diferentes en un período determinado de días o de semanas”. Asimismo se considera trabajo nocturno el que tiene lugar “entre las 10 de la noche y las 6 de la mañana” y se considera trabajador nocturno al que invierte no menos de tres horas de su trabajo diario o al menos una tercera parte de su jornada anual en este tipo de horario.

De los distintos sistemas de organización de turnos, en los hospitales se aplica el sistema continuo, es decir que el trabajo se realiza de forma ininterrumpida; ya que es la manera de garantizar un servicio continuado, las 24 horas del día, 365 días al año.

En el trabajo hospitalario, el trabajo a turnos tiene unas características algo distintas al de la industria donde los turnos de noche son menos frecuentes y las actividades de día y de noche están más diversificadas. En general, además, las personas que trabajan en un hospital parecen aceptar mejor el hecho de trabajar de noche, lo que se refleja en algunos estudios en los que se demuestra que las quejas sobre las repercusiones para la salud son inferiores en trabajadores a turnos de hospitales que en trabajadores de la industria.

Sin embargo, en estudios realizados en personal hospitalario, se ha visto que las personas que trabajan a turnos demuestran una menor satisfacción con el horario y con el trabajo en general que las personas que prestan sus servicios en jornada laboral diurna.

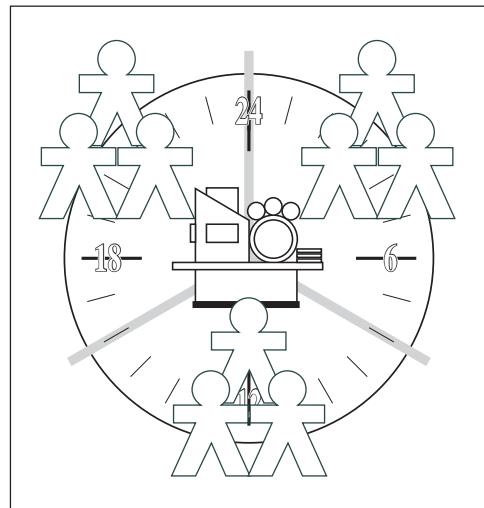


Figura 5.- Trabajo a turnos

Ello puede ser debido a diversas causas, pero, sin duda, una de ellas es la falta de adaptación debida a la alteración de los ritmos circadianos y sociales; así como una deficiente organización de los turnos.

Por ello es importante tener en consideración las repercusiones que el trabajo nocturno tiene sobre la salud de los trabajadores a fin de organizar los turnos.

### Inconvenientes del trabajo a turnos

Los efectos negativos del turno de noche sobre la salud de las personas se dan a distintos niveles. Por una parte se ve alterado el equilibrio biológico, por el desfase de los ritmos corporales y por los cambios en los hábitos alimentarios. También se dan perturbaciones en la vida familiar y social. Desde el punto de vista ergonómico, es importante tener en cuenta estas consecuencias y diseñar el trabajo a turnos de manera que sea lo menos nocivo posible para la salud de aquellas personas que se encuentran en dicha situación.

#### Ritmos circadianos

El ser humano es una criatura diurna, que tiene asociado su estado de alerta y actividad a la luz del día y, consecuentemente, el descanso y el sueño a la noche. Este comportamiento se debe a las fluctuaciones rítmicas de las actividades corporales ya que el organismo humano sigue un ciclo de 24 horas, que regula muchas funciones (actividad cardiovascular, renal, respiración, temperatura, etc.). Estos ritmos biológicos se llaman ritmos circadianos y coinciden con los estados de vigilia y sueño, siendo la mayor parte de ellos más activos durante el día que durante la noche; por ejemplo, la temperatura corporal disminuye por la noche hasta alcanzar un mínimo de 35,5-36 °C entre las dos y las tres de la madrugada, y aumenta de día hasta los 37- 37,3 °C alrededor de las cinco de la tarde (ver figura 6).

Al cambiar los ciclos sueño-vigilia, estos ritmos se desequilibran, pero recuperan la normalidad cuando

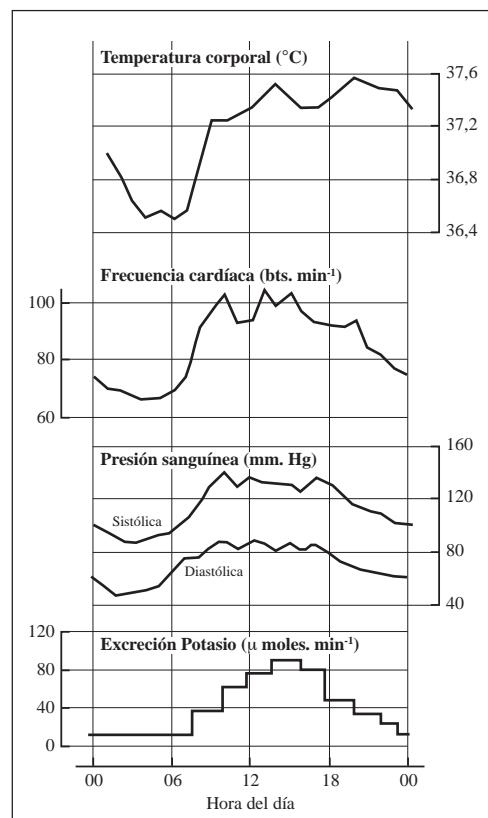


Figura 6.- Ritmos circadianos de las variables fisiológicas

se vuelve a un horario normal. El trabajo a turnos, especialmente el trabajo nocturno, fuerza a la persona a invertir su ciclo normal de actividad-descanso, obligándole a ajustar sus funciones al período de actividad nocturna. Ello acarrea un cambio en las funciones corporales, que aumenta con el número de noches trabajadas, pero que no llega nunca a ser completo. De hecho, el cuerpo está sometido a un estrés continuo en su intento de adaptarse al cambio de ritmo.

Esta perturbación de la estructura rítmica juega un papel importante sobre la salud de las personas, produciendo alteraciones tanto a nivel físico como social, así como sobre su capacidad de trabajar.

#### *Hábitos alimentarios*

El deterioro de la salud física puede manifestarse, en primer lugar, por la alteración de los hábitos alimentarios y, más a largo plazo, en alteraciones más graves, que pueden ser gastrointestinales, neuropsíquicas y cardiovasculares.

Las personas necesitan al menos tres comidas diarias, algunas de ellas calientes, con un cierto aporte calórico y tomadas a una hora más o menos regular. El horario de trabajo afecta a la cantidad, calidad y ritmo de las comidas.

Los trastornos digestivos, manifestados a menudo por las personas que trabajan a turnos, se ven favorecidos por la alteración de los hábitos alimentarios: la calidad de la comida no es la misma, se suelen tomar comidas rápidas y en un tiempo corto e inhabitual. Desde el punto de vista nutricional, los alimentos están mal repartidos a lo largo de la jornada y suelen tener un alto contenido calórico, con abuso de la ingesta de grasas. La aparición de dispepsias es frecuente en el turno de noche, y son debidas a los siguientes factores: la alteración de los ritmos biológicos normales, el abuso de los alimentos ricos en grasas, el cambio del horario habitual de las comidas, el aumento del consumo de bebidas alcohólicas, un mayor consumo de tabaco y estimulantes para combatir el sueño, falta de sueño y descanso, falta de adaptación y causas psíquicas.

La calidad de los alimentos se ve alterada (aumento de grasas, comidas rápidas, alcohol, etc.), así como el aporte equilibrado de elementos (exceso de lípidos y falta de glúcidos/hidratos de carbono), cuando el ritmo metabólico es más bajo.

Los ritmos alimenticios responden a la necesidad del organismo de rehacerse. El trabajo a turnos supone a menudo aplazar una comida o incluso saltársela, siendo habitual, por ejemplo, saltarse el desayuno después de un turno de noche. Las alteraciones debidas a la desincronización de los ciclos circadianos digestivos pueden verse agravadas por el hecho de que los trabajadores suelen comer a disgusto por comer fuera de hora, sin la familia.

#### *Alteraciones del sueño*

Durante las horas que se duerme se suceden distintas fases de sueño, unas

permiten principalmente la recuperación de la fatiga física (sueño profundo), mientras que otras, que se dan ya en las últimas horas de sueño, y es cuando se sueña, permiten la recuperación de la fatiga mental (sueño paradójico).

Para recuperarse de la fatiga diaria es necesario dormir, con variaciones individuales, alrededor de siete horas. Esto hace posible que se den las distintas fases del sueño de manera que la persona pueda recuperarse tanto física como mentalmente. En el trabajo a turnos, sin embargo, esto no es posible ya que el sueño se ve alterado, tanto desde el punto de vista de la cantidad de horas dormidas como de la calidad del sueño que tiene lugar (ver figura 7).

En el turno de mañana, al tener que despertarse demasiado pronto y acortar las últimas horas de sueño, se reduce el sueño paradójico. En el turno de noche, al alterar el ritmo sueño-vigilia y debido a la mayor dificultad de dormir de día, debido a la luz, los ruidos, etc., se observa una reducción del sueño profundo, con lo que se dificulta la recuperación de la fatiga física (ver figura 8).

El mantenimiento de esta situación impide la recuperación del organismo, por lo que se va acumulando la fatiga hasta que llega un momento en que aparece la denominada fatiga crónica, que produce alteraciones de tipo ner-

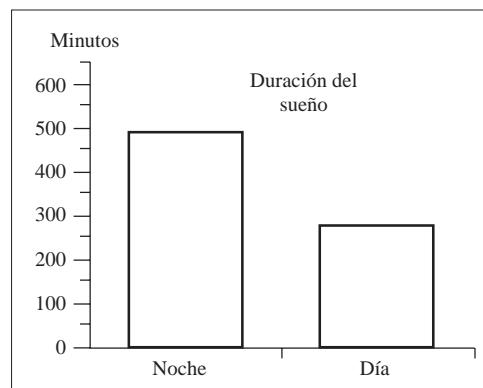


Figura 7.- Variación de las horas dormidas en sueño nocturno o diurno

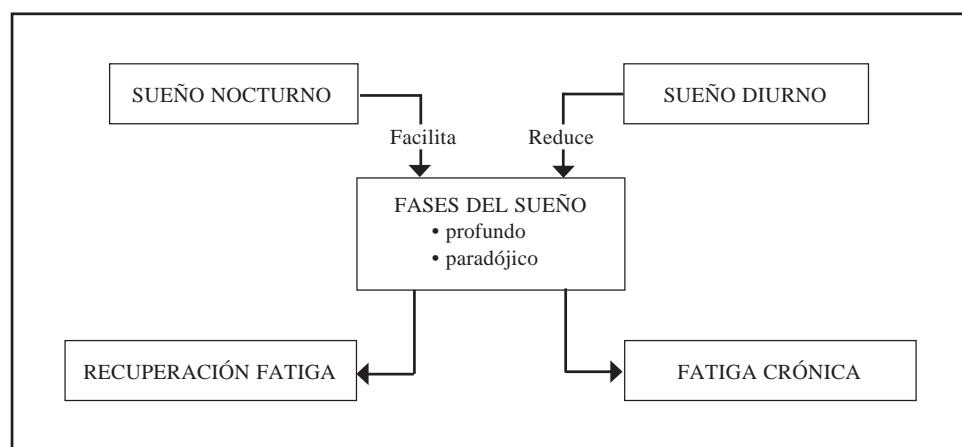


Figura 8.- Relación sueño - fatiga

vioso como dolor de cabeza, irritabilidad, depresión, temblor de manos, etc., así como enfermedades digestivas, entre las que destacan náuseas, falta de apetito o gastritis, y del aparato circulatorio.

#### *Alteraciones de la vida social*

Las actividades de la vida cotidiana están organizadas pensando en las personas que trabajan en lo que se llama “horarios normales”, puesto que el ser humano es diurno y la sociedad es una cultura diurna. La sociedad espera que la persona duerma durante la noche y tenga su interacción familiar y social por las tardes, noches o los fines de semana. El trabajo a turnos, especialmente el turno de noche y el de tarde, dificulta estas actividades e incluso la relación diaria debido a la falta de coincidencia con los demás.

Las dificultades se dan en el ámbito familiar ya que se limita la vida de pareja, el papel de padre o madre; aparecen problemas de coordinación y de organización (cambian los horarios de comida, se debe mantener silencio durante el día, etc.), y existe menor oportunidad de vida social al disminuir la posibilidad de participar en las actividades habituales (ir al cine, teatro, clubes, etc.) o de coincidir con amigos o familiares. El tiempo de ocio se dedica a actividades individuales.

Todo esto hace que aumenten los problemas familiares y que pueda aparecer una sensación de vivir aislado y de que no se es necesario para los demás, creando un sentimiento de inferioridad o culpabilidad que dificulta la aceptación del horario nocturno.

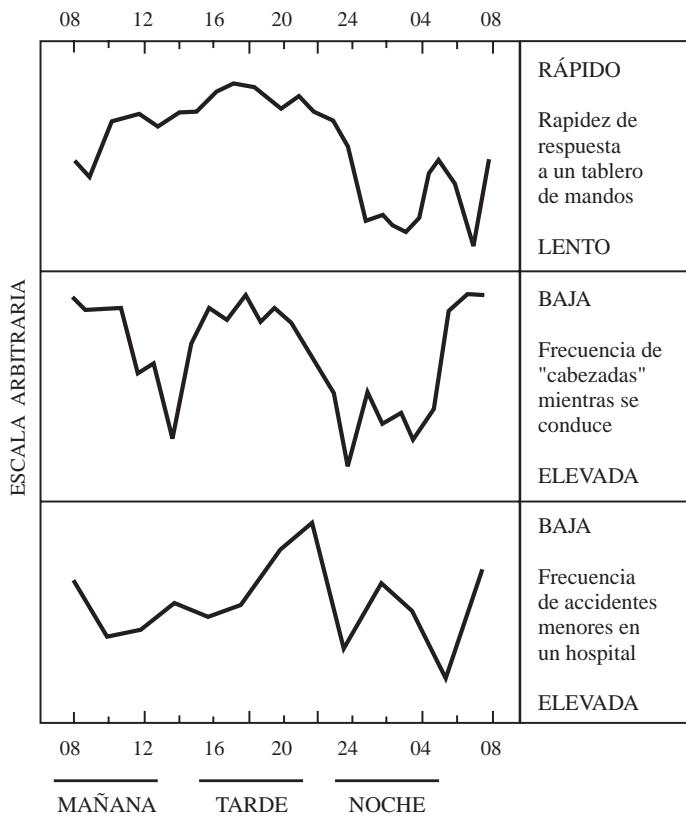
#### *Incidencia en la actividad profesional*

La baja actividad del organismo durante la noche y la posibilidad de que los trabajadores nocturnos acumulen fatiga por un sueño deficiente hacen que aparezcan una serie de repercusiones negativas sobre la realización del trabajo: acumulación de errores, dificultad para mantener la atención, percibir correctamente la información o actuar con rapidez.

Generalmente se obtiene un menor rendimiento en el turno de noche y una menor calidad del trabajo realizado, especialmente entre las 3 y las 6 de la madrugada, ya que en estas horas la capacidad de atención y toma de decisiones así como la rapidez y precisión de los movimientos es más reducida (ver figura 9).

A veces ocurre también que, en el cambio de turno, las consignas no son suficientemente precisas o que, por la prisa de marcharse, no se comunican al turno que entra las posibles incidencias o no se transmiten adecuadamente las informaciones necesarias o determinadas órdenes. Esta falta de comunicación es otra posible causa de errores o incidentes.

Algunos estudios (ver tabla 1) han demostrado que las enfermeras que trabajan en turnos rotativos perciben su trabajo como más estresante que las del tur-



Fuente: Folkard y Monk. *Applied Ergonomics* 1996

Figura 9.- Capacidad de respuesta a lo largo del día

no de día y con mayor frecuencia piensan que su trabajo es fatigante tanto física como mentalmente. La presión que sienten la relacionan principalmente con aspectos de tipo organizativo y no tanto con la complejidad de la tarea que desarrollan; por ejemplo, se quejan concretamente de la cantidad de situaciones inesperadas a las que tienen que dar respuesta, de la falta de personal, de tener que hacer tareas que no les corresponden, y de la falta de tiempo para las pausas.

### Intervención en el trabajo a turnos

Mejorar las condiciones del trabajo a turnos supone actuar a nivel organizativo y, aunque no existe el diseño de una organización de turnos óptima, se

Factores	Turno de día	Turno de noche
<i>Tensión</i>		
Trabajo fatigante físicamente	31,3	55,5
Trabajo fatigante mentalmente	61,9	80,2
Presión temporal	47,8	60,7
Trabajo muy cansado	24,8	46,8
<i>Mando</i>		
Falta de supervisión	44,3	30,2
<i>Organización del trabajo</i>		
Situaciones imprevistas	48,6	67,3
<i>Presión en el trabajo</i>		
Falta de personal	43,8	74,8
Tener que hacer el trabajo de otros	31,5	55,6
Carga de trabajo elevada o muy elevada	44,2	63,4
Falta de tiempo para las pausas	56,6	78,4
Alteraciones de la vida privada debidas al trabajo	31,0	52,8
Trabajaría menos (cobrando menos)	19,6	24,3
Descontento con el horario	2,7	36,9

Tabla 1.- Prevalencia de quejas (%) de distintos aspectos del trabajo en enfermeras que trabajan en turno de día y a turnos

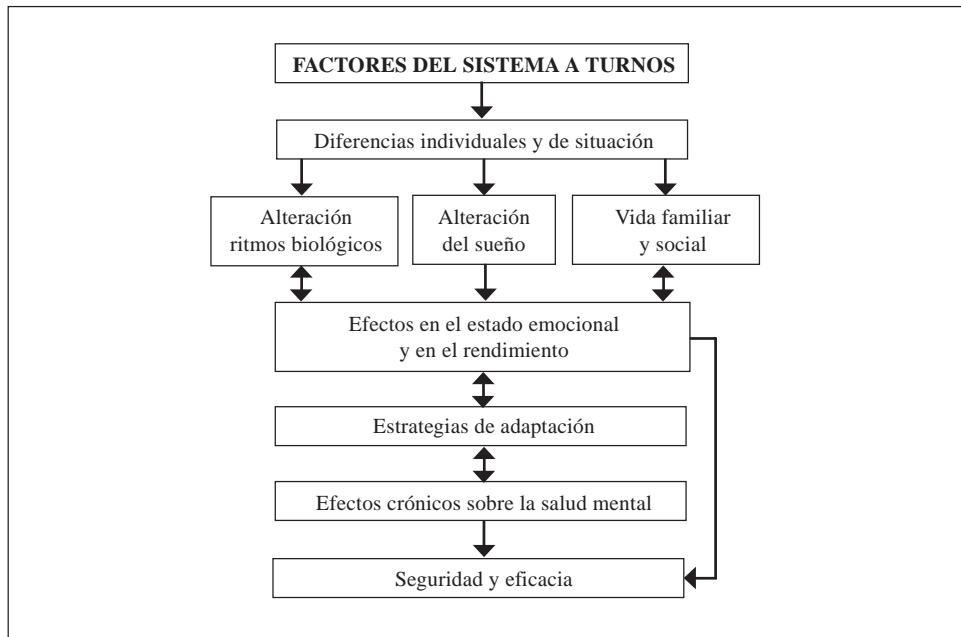


Figura 10.- Factores del sistema a turnos

pueden establecer unas condiciones más favorables. La actuación se debe basar principalmente en intentar respetar al máximo los ritmos biológicos de vigilia-sueño y alimentación, así como las relaciones familiares y sociales.

La organización de los turnos de trabajo en un hospital es un problema complejo, que requiere, además de los condicionamientos legales, la consideración de los aspectos relacionados con la organización global y la estructura de los recursos humanos, teniendo en cuenta que el horario debe adaptarse al número de trabajadores existente, presupuestos, niveles profesionales, etc.

El sistema que se adopte debe adaptarse al tipo de hospital (estructura, tamaño, ubicación, servicios que cubre, etc.), a las características de los distintos departamentos (tamaño, especialidad, saturación de demanda, etc.), así como a las tareas que deben realizarse. Ya que no todas las tareas deben realizarse las 24 horas del día, es importante tener esto en cuenta y diseñar las tareas en función de los turnos, dejando para las horas de la madrugada sólo aquellas que sean imprescindibles. En la práctica y según un estudio realizado sobre las tareas que se llevan a cabo en un hospital, se vio que el tiempo que se emplea en las habitaciones de los pacientes es superior en el turno de noche que en el de día. Es evidente que hay tareas que no se desarrollan por la noche, por ejemplo el tomar muestras, pero hay otras tareas técnicas que deben realizarse, por ejemplo: control de constantes, medicación, control de gota a gota o de transfusiones.

Esta organización de los turnos debe basarse en la protección de la salud de los trabajadores. Para ello deberán seguirse las recomendaciones disponibles. A este respecto existe acuerdo sobre las medidas para mejorar la salud y la adaptación de los trabajadores a turnos. Se debe emprender una política global en la que se consideren los factores que se comentan a continuación.

La elección de los turnos será discutida por los interesados sobre la base de una información completa y precisa que permita tomar decisiones de acuerdo con las necesidades individuales. Los turnos deberán respetar al máximo el ciclo de sueño. Para ello, los cambios de turno deberán situarse entre las seis y las siete de la mañana, las dos y las tres de la tarde y las diez y las once de la noche.

En cuanto a la duración de cada turno, actualmente se tiende a realizar ciclos cortos (se recomienda cambiar de turno cada dos o tres días), ya que de esta manera los ritmos circadianos apenas llegan a alterarse. Sin embargo, la vida de relación se hace más difícil con un ritmo de rotación tan cambiante, por lo que puede existir una contradicción entre el punto de vista fisiológico y las necesidades psicosociales de los individuos. Este es uno de los aspectos por los que el problema de la rotación es tan complejo y por lo que es necesario adaptarlo a las necesidades individuales.

Otro aspecto importante es el sentido de la rotación. Es posible establecer la rotación en dos sentidos: uno natural: mañana - tarde - noche, y uno inver-

so: noche - tarde - mañana. Este último es más recomendable pues, al enlazar con el turno de tarde, permite dormir más horas, facilitando el descanso. También es conveniente aumentar el número de períodos en los que se puede dormir de noche con la posibilidad de descanso después de hacer el turno de noche, acumular días de descanso o ciclos de rotación distintos a lo largo del año.

Reducir, en lo posible, el número de años que el individuo realiza turnos y la carga de trabajo en el turno de noche. Programar aquellas actividades que se consideran imprescindibles, intentando evitar tareas que supongan una elevada atención, tener en cuenta las variables mencionadas en el apartado sobre carga mental (precisión y rapidez requeridas, consecuencias de los errores, etc.), en la franja horaria entre las tres y las seis de la madrugada.

Procurar que los turnos de noche y de tarde nunca sean más largos que los de mañana, dando a conocer con antelación el calendario con la organización de los turnos. Es conveniente mantener los mismos miembros en un grupo de manera que se faciliten las relaciones estables, así como contar con la participación de los trabajadores en la determinación de los equipos

Además de lo indicado anteriormente es recomendable establecer un sistema de vigilancia médica que detecte la falta de adaptación y pueda prevenir situaciones irreversibles.

Como complemento de las recomendaciones sobre la organización de los turnos, a nivel individual es útil tener en cuenta una serie de ellas dirigidas a mejorar el sueño y en las que el papel de la familia adquiere una gran relevancia, de modo que se procurará desarrollar una estrategia de adaptación, disponer de espacios para dormir oscuros y silenciosos, mantener un horario regular de comidas, evitar comidas pesadas, la cafeína, los estimulantes en general y el alcohol en particular dos o tres horas antes de acostarse y hacer ejercicio regularmente.

A modo de conclusión se presenta un ejemplo sobre las acciones llevadas a cabo en un hospital italiano. El objetivo de la dirección administrativa era conseguir un nivel satisfactorio de racionalización de los recursos, a fin de mejorar los estándares de asistencia.

El diseño, implantación y valoración de los nuevos horarios se llevaron a cabo siguiendo las siguientes fases:

1. Trabajo preliminar: en el que se definirán los condicionantes legales, sociales y de organización, la cuantificación temporal de las demandas de trabajo y la cuantificación del personal requerido. En esta fase participaron representantes de la empresa, dirección de enfermería, enfermeras y representantes sindicales.
2. Diseño de los turnos de acuerdo con los criterios fisiológicos, a partir de las siguientes bases: ciclos de rotación regulares, máximo dos noches consecutivas, al menos un día de descanso después del turno de noche, al menos cinco días de intervalo entre dos turnos de noche, rotación natural, el retraso del turno

Enfermera	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	M	T	T	N	d	R	M
2	T	T	N	d	R	M	T
3	T	N	d	R	M	T	T
4	N	d	R	M	T	T	N
5	d	R	M	T	T	N	d
6	R	M	T	T	N	d	R
7	M	M	M	M	M	R	R
8	F	F	F	F	F	R	R
9	M	T	T	N	d	R	M
10	T	T	N	d	R	M	T
11	T	N	d	R	M	T	T
12	N	d	R	M	T	T	N
13	d	R	M	T	T	N	d
14	R	M	T	T	N	d	R
15	M	M	M	M	M	R	R
16	F	F	F	F	F	R	R
17	M	M	T	N	d	R	M
18	M	T	N	d	R	M	M
19	T	N	d	R	M	M	T
20	N	d	R	M	M	T	N
21	d	R	M	M	T	N	d
22	R	M	M	T	N	d	R
23	M	M	M	M	M	R	R
24	*	*	*	*	*	*	*

M = Mañana      N = Noche      d = día después de turno de noche      \* = A disposición para sustituciones  
 T = Tarde      R = Descanso      F = Fiesta

Sistema diseñado para que en el turno de mañana haya 7 enfermeras, 5 en el de tarde y 3 en el de noche, en función de la carga de trabajo (47%, 33% y 20% respectivamente).

Tabla 2.- Ejemplo de organización de turnos en un departamento de medicina interna  
 (sistema de rotación de seis días)

- de mañana hasta las siete de la mañana, previsión de las vacaciones y previsión de equipos para cubrir ausencias imprevistas.
3. Aplicación de los horarios de trabajo por un período de prueba de seis meses.
  4. Valoración de los aspectos positivos y negativos, a través de reuniones y cuestionarios en los que se contemplaban aspectos relacionados con la satisfacción en el trabajo y con aspectos de la vida familiar y social.
  5. Puesta en práctica de los horarios.

Transcurridos siete años, la mitad de los departamentos del hospital habían aplicado el nuevo horario, mientras los demás mantenían el sistema de turnos tradicional.

Los departamentos en los que se ha mantenido, se caracterizan por tener personal preferentemente masculino y de mayor edad. También existen diferencias en cuanto a las condiciones de trabajo. En estos departamentos el tipo de tarea no es de dedicación continua sino que la actividad durante los turnos consiste en atender emergencias, por lo que los trabajadores de estos departamentos tienen mayor posibilidad de descansar o dormir durante el turno de noche.

En la tabla 2 se muestra un sistema diseñado para que en el turno de mañana haya siete enfermeras; en el de tarde, cinco enfermeras y tres enfermeras en el de noche, en función de la carga de trabajo, lo que supone el 47%, el 33% y el 20%, respectivamente.

## **15**

# **ASPECTOS GENERALES DE LA SEGURIDAD EN CENTROS SANITARIOS**

### **INTRODUCCIÓN**

En los hospitales, al igual que en cualquier otra actividad profesional, la realización del trabajo puede comportar la exposición a factores de riesgo que, si no se conocen y controlan, pueden dar lugar a accidentes de trabajo.

#### **Definición legal de accidente de trabajo**

La legislación vigente define el accidente de trabajo como “toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena”, aplicándose tanto a las lesiones que se producen en el centro de trabajo como a las que sufra el trabajador al ir o volver del lugar de trabajo (accidentes *in itinere*). Por otro lado, también son considerados como accidente de trabajo las enfermedades que contraiga el trabajador con motivo de la realización de su trabajo, cuando las mismas no están incluidas en el cuadro de enfermedades profesionales legalmente admitidas como tales. En este caso, se tiene que probar siempre que la enfermedad tuvo por causa exclusiva la ejecución del trabajo.

Esta definición, de carácter eminentemente protector y con finalidad reparadora, debe considerarse como inadecuada desde un enfoque preventivo con criterios técnicos, ya que la misma identifica “accidente” con “lesiones”.

#### **Concepto técnico de accidente**

Un accidente de trabajo se debe considerar como un suceso anormal que se presenta de forma brusca e inesperada, interrumpe la normal continuidad del trabajo y tiene potencialidad lesiva para los trabajadores. Este concepto, que diferencia el accidente de sus consecuencias, permite aplicar medidas de lucha contra la siniestralidad laboral desde una doble perspectiva: la de la pre-

vención, que comprende las medidas encaminadas a evitar que el accidente se produzca, y la de la protección, que comprende las medidas complementarias de las anteriores y que tienen por finalidad eliminar las consecuencias de los accidentes o, en su defecto, minimizarlas.

### Concepto de seguridad

La seguridad en el trabajo es, precisamente, el conjunto de técnicas y procedimientos que tienen por objeto eliminar o disminuir la posibilidad de que se produzcan los accidentes de trabajo. Para evitar los accidentes dispone y utiliza técnicas encaminadas a conseguir dos objetivos: identificar riesgos para conocer su grado de peligrosidad, y diseñar e implantar medidas de corrección y control. En las figuras 1, 2 y 3 se muestra, en esquema, la metodología de actuación, las técnicas y los principios de la acción preventiva en seguridad.

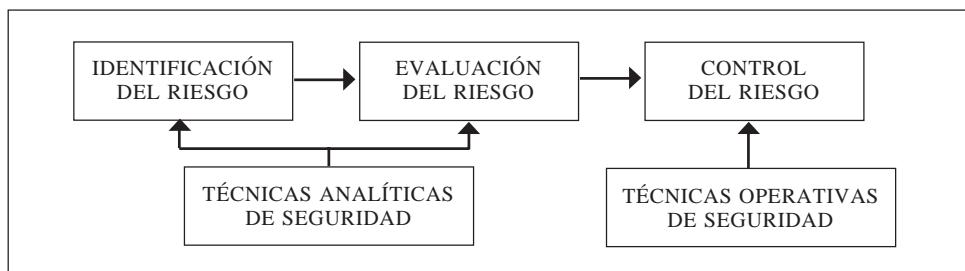


Figura 1.- Seguridad en el trabajo

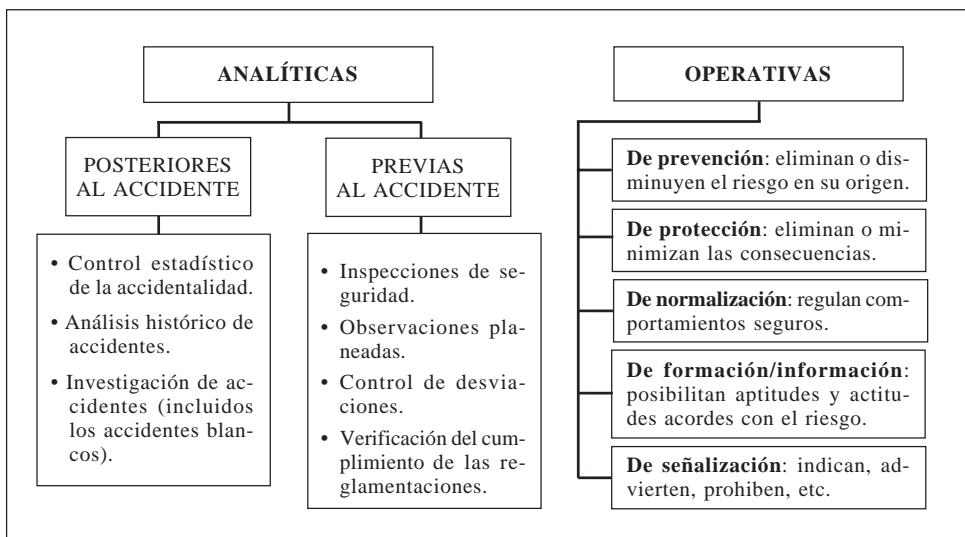


Figura 2.- Clasificación de las técnicas analíticas de seguridad

## Detección de factores de riesgo

El conjunto de técnicas posteriores al accidente proporcionan datos precisos de una historia anterior que van a permitir orientar objetivamente la aplicación de técnicas como la inspección de seguridad u observaciones planeadas, encaminadas a detectar situaciones de riesgo a través de la previa identificación de los factores de riesgo que las determinan y definen.

Una vez identificada una situación de riesgo, es necesaria una valoración de la importancia del riesgo a fin de establecer un orden de priorización para actuar con mayor o menor urgencia en función de las posibilidades de desarrollo de los factores de riesgo identificados.

La seguridad, para la valoración de una situación de riesgo detectada, contempla e integra tres parámetros cuyo tratamiento interrelacionado permite conocer la graduación del riesgo: las consecuencias esperadas en relación con el riesgo que se considera, la frecuencia de exposición a la situación de riesgo y la probabilidad de que la situación potencial de riesgo se actualice, originando accidente y consecuencias.

## Corrección de los factores de riesgo

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) enumera de manera jerarquizada unos principios de acción preventiva que el empresario debe aplicar en la corrección de los factores de riesgo detectados en la empresa (ver figura 3), teniendo en cuenta que la planificación de la prevención es la mejor manera de conjuntar coherentemente todas las acciones que se deben llevar a cabo.

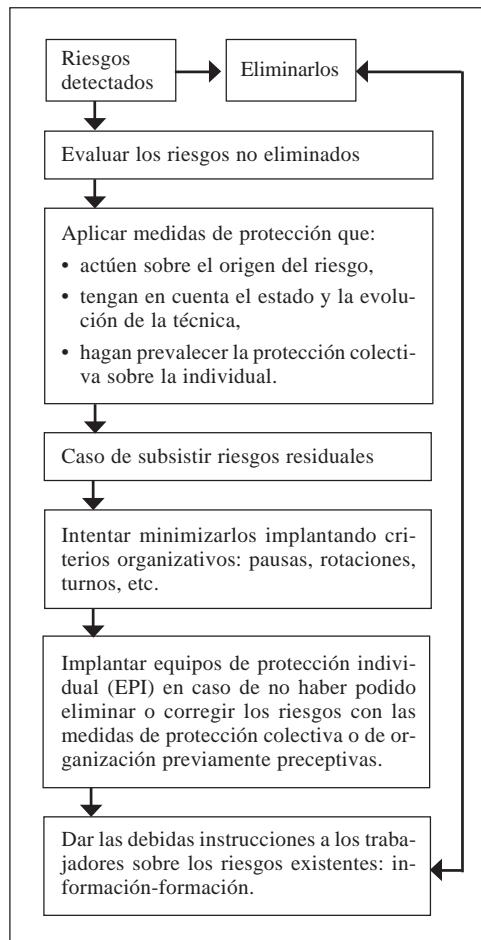


Figura 3.- Principios de acción preventiva

## ACCIDENTES DE TRABAJO EN HOSPITALES

En el quinquenio 1988-1992 se produjeron en los centros hospitalarios es-

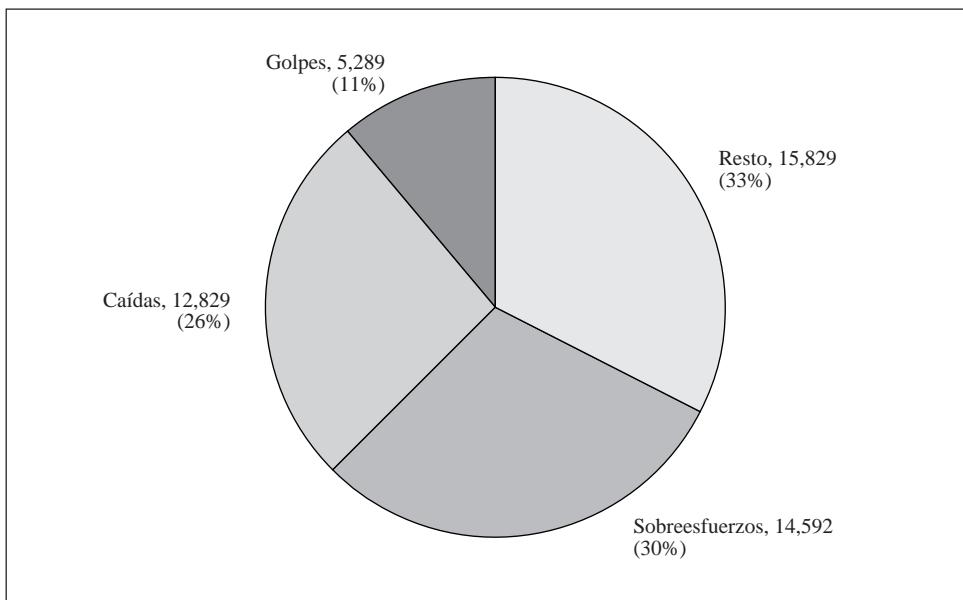


Figura 4.- Accidentes según su forma más frecuente

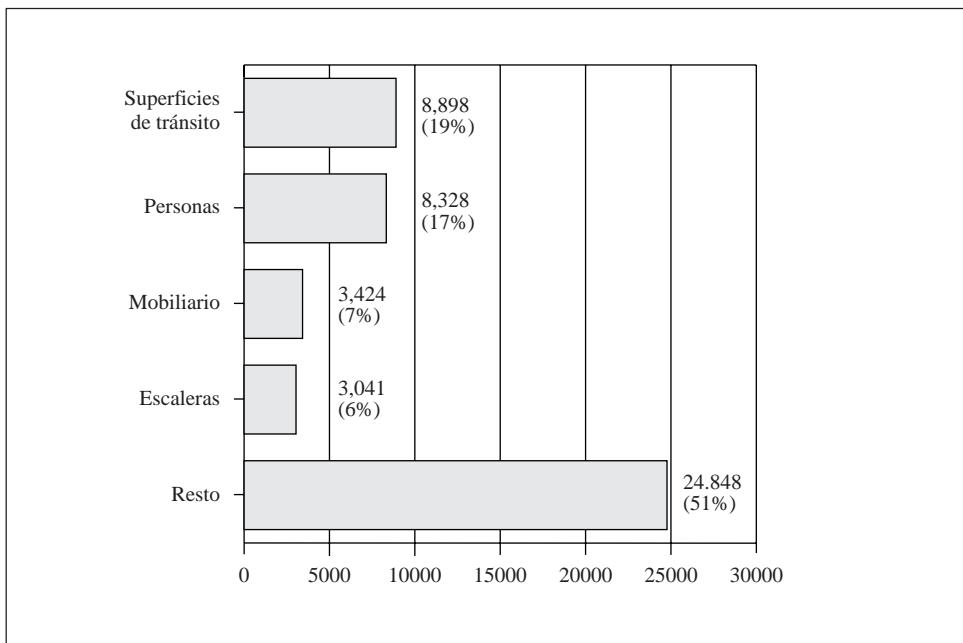


Figura 5.- Agente material más frecuente

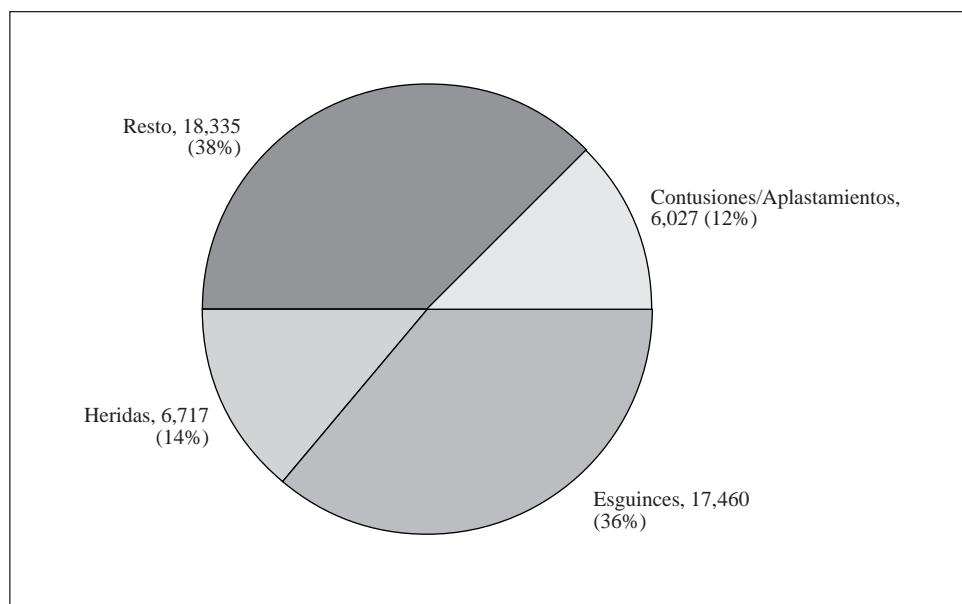


Figura 6.- Lesiones más frecuentes

pañoles un total de 48.539 accidentes de trabajo con baja. De ellos, 46.933 fueron clasificados como leves, 1505 como graves, 69 muy graves y 32 mortales.

Clasificando estos accidentes con criterios de forma de accidente (ver figura 4) el conjunto de los sobreesfuerzos y las caídas fueron la causa de más de la mitad de los mismos.

En los aspectos que se comentan a continuación se excluyen los accidentes con riesgo biológico, ya que éstos han sido tratados en el capítulo 9 dedicado a la exposición laboral a agentes biológicos.

Las formas de accidente anteriores se distribuyen en los agentes materiales siguientes (ver figura 5): superficies de tránsito y escaleras (25%), movimiento-levantamiento-desplazamiento de personas (17%).

En cuanto al tipo de lesiones sufridas como consecuencia de los accidentes anteriores (figura 6), los esguinces (36%) y las heridas-contusiones (26%) representaron más del 60% de las lesiones. Éstas se concretan en los sobreesfuerzos en el movimiento de pacientes y las caídas en zonas de tránsito y trabajo.

## RIESGOS GENERALES

Además de las situaciones de riesgo conocidas por el análisis histórico de los accidentes, en los centros hospitalarios existen distintas instalaciones,

procesos y actividades en las que pueden darse situaciones de riesgo, en ocasiones con consecuencias previsibles graves o catastróficas, que es preciso conocer y controlar a fin de evitar su actualización.

## **Caídas**

Los datos de accidentalidad en centros hospitalarios muestran la gran incidencia de la forma de accidente “caída de personas”, siendo mayoritarias las producidas por resbalones.

### *Factores de riesgo*

Esta situación de riesgo viene determinada por dos factores: el tipo y estado de los suelos y las características del calzado utilizado.

Los suelos de los centros hospitalarios, tanto de los pasillos como de las escaleras, por sus características constructivas (principalmente terrazo, materiales plásticos, etc.) favorecen los resbalones, sobre todo en las situaciones en las que el suelo está mojado (recepción de pacientes en urgencias, quirófanos) o ha sido recientemente pulido y encerado o abrillantado. En muchos casos esta situación se hace extensible, además de al personal propio del centro, a los pacientes hospitalizados, a los que asisten en régimen ambulatorio y al personal visitante en general.

El personal sanitario y los celadores acostumbran a utilizar un tipo de calzado abierto (tipo zuecos), sin sujeción ninguna y con suelas de cuero o similar que favorecen los deslizamientos y torceduras; acentuándose tal situación de riesgo cuando los pies deben asentarse con firmeza para mover o levantar a pacientes, arrastrar instrumental y, en ciertos momentos, andar rápidamente o, incluso, correr. La exposición a este riesgo es básicamente continua y las consecuencias para las personas, variables.

### *Medidas preventivas*

Respecto a las características y estado de los suelos, éstos serán de material no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y consiguiente desgaste y de fácil limpieza, la cual debe realizarse siempre en medio húmedo. A fin de evitar tener que pisar el suelo mojado, se recomienda limpiar los pasillos primero una mitad y, cuando esté seco, la otra, limpiando las zonas de mayor tránsito en horas de menor afluencia de personas y empleando señales de peligro, por ejemplo: “Atención, suelo mojado”.

En las escaleras, cuando sea preciso, los peldaños estarán dotados de tiras antideslizantes, situadas preferentemente en la parte más próxima al borde exterior de la huella, intentando cubrir siempre la mayor zona de peldaño posible y, lógicamente, de más frecuente utilización.

### *Recomendaciones para el calzado*

En cuanto al tipo de calzado, se desaconseja el zueco y se recomienda la utilización de zapatos cerrados, ya que, además del problema de los resbalamientos y caídas, en un estudio recientemente publicado se observó un 42% de pies en forma de “garra” debido al movimiento típico de intentar sujetar el zueco contrayendo los dedos para evitar el desplazamiento y caída del zueco. En dicho estudio, también se establecen unos mínimos exigibles que deben reunir los zapatos empleados en el trabajo sanitario, así como recomendaciones para su elección, que se resumen a continuación: el eje longitudinal de un zapato debe pasar siempre por el segundo dedo, la puntera debe ser redondeada, el tacón puede llegar a tener una altura de 3-5 cm, pero siempre con una base de sustentación amplia, la suela será antideslizante, la entresuela será de corcho y la suela de caucho microcelular, el forro interno llevará pieles naturales de *flor de cerdo* o piel ovina, los elementos de cierre recomendados son cordones o velcros y los contrafuertes deben ser resistentes para sujetar el calcáneo, pero en su parte distal, blandos.

Es recomendable probarse el zapato antes de decidir su uso, andando con él. Debe usarse la talla justa, ya que los que quedan pequeños dificultan la circulación y causan dolor, mientras que los que quedan grandes provocan rozaduras. Asimismo, el peso del zapato debe oscilar entre 200 y 300 g, ya que los más pesados pueden provocar fatiga. No es conveniente emplear calcetines muy ajustados y hay que tener en cuenta que el calzado de madera deforma los pies.

### **Cortes**

Sin considerar los pinchazos por agujas, que serán tratados en el capítulo de riesgos biológicos, este factor de riesgo está determinado por el manejo constante y necesario de material cortante y muy afilado.

### *Factores de riesgo*

Entre los principales factores de riesgo se encuentran los cuchillos en las cocinas, bisturíes, tijeras, lancetas, etc. y el material de vidrio (envases, termómetros, etc.). Aunque el uso de guantes está muy extendido para la manipulación de materiales y objetos que pudieran estar contaminados por agentes biológicos (y en ciertos casos también por químicos), éstos carecen de suficiente resistencia mecánica frente a los cortes, ya que en muchas ocasiones los usuarios precisan tener una completa sensibilidad en sus dedos.

### *Medidas preventivas*

Si bien no es fácil fijar medidas que proporcionen un nivel de garantía alto para un eficaz control de este riesgo, las recomendaciones que se deta-

llan a continuación pueden reducir la exposición y/o sus consecuencias:

- Desechar el material de vidrio con defectos (rebabas, fisuras, bordes cortantes, etc.).
- Evitar el almacenamiento de material de vidrio en estanterías insuficientes (en las que el material esté forzosamente amontonado) y/o de difícil acceso (en las que se deban adoptar posturas forzadas para alcanzar el material).
- La recogida de vidrio roto se realizará con material (pinzas, tenazas) o protecciones (guantes frente a riesgos de corte) adecuados. El vidrio roto se depositará en envases o contenedores rígidos y resistentes señalizando su presencia en el interior. Nunca se debe eliminar en papeleras o bolsas de plástico.
- Los objetos afilados (cuchillos, material quirúrgico, etc.) se depositarán, cuando no se utilicen, en lugares idóneos y específicos a tal efecto. Se transportarán en estuches o fundas especiales, previstos para ello.
- Los cuchillos utilizados en la cocina serán acordes con las distintas operaciones que se realicen (fileteado, despiece, etc.) e irán dotados de “tope guardamanos” entre el mango y la hoja de corte.

### **Choques, golpes o atrapamientos**

Las situaciones que pueden dar lugar a este tipo de accidente son infinitas y distintas en cada centro.

#### *Factores de riesgo*

Entre las situaciones comunes citaremos:

- Golpes y/o atrapamientos en puertas batientes: al pasar por ellas con las manos ocupadas, al estar dentro de su campo de giro y ser abiertas por otra persona, por falta de visibilidad al carecer de mirilla o estar mal ubicadas o por iluminación deficiente.
- Golpes por caída de objetos: por incorrecta manutención y transporte (en bandejas insuficientes, en carritos sobrecargados, etc.); por incorrectos sujetión y fijamiento durante su transporte y en zonas de uso (cilindros de gases, etc.).
- Golpes y/o atrapamientos en traslado de pacientes y transporte de material: por golpes en manos contra paredes o marcos de puertas en los celadores portadores de camillas o camas con ruedas por espacios angostos, dimensiones insuficientes para la maniobrabilidad, etc. También puede ocurrir el atropello de personas en los desplazamientos por el centro sanitario, debido fundamentalmente a la estrechez de las zonas de paso, a la anarquía de sentidos direccionales y a falta de visibilidad por sobrecarga en el caso de carros de transporte de materiales (bolsas de basura, ropa, etc.).

#### *Medidas preventivas*

A continuación se proponen medidas tendentes a controlar los factores de

riesgo descritos, prestando especial atención en la normalización de sentidos de circulación y en la señalización clara de los sentidos prioritarios.

- Las puertas batientes opacas dispondrán de mirilla de visión situada a una altura aproximada de 1,60 m desde el suelo y de dimensiones suficientes para garantizar una visión rápida de la existencia o no de personas en la parte contraria.
- En caso de ser puertas transparentes, se señalizará su presencia de manera fácilmente perceptible, mediante bandas amarillas oblicuas alternadas sobre fondo negro.
- Se seleccionará y señalizará la derecha como sentido obligatorio de circulación, prohibiéndose el uso de la hoja izquierda de la puerta excepto para aquellas situaciones en que se precise de la anchura de ambas, en cuyo caso serán previamente abiertas y calzadas.
- Cuando sea posible, se procederá a la señalización de sentidos de circulación en pasillos a fin de que tanto el movimiento de personas incapacitadas (camillas, sillas de ruedas, etc.) como de materiales (carros, carretillas, etc.) dispongan de zonas habilitadas a tal fin.
- En el caso de transporte de materiales voluminosos (bolsas de basura, ropa, etc.) su apilamiento no deberá impedir la visibilidad del usuario.
- Los cilindros de gases se transportarán en carretillas especiales que garanticen su equilibrio y sujeción. Asimismo, permanecerán sujetos mediante abrazaderas o cadenas que los fijen a la pared en sus lugares de uso.

Independientemente de los factores de riesgo citados, todos ellos inherentes a la actividad sanitaria, en los hospitales existen un gran número de servicios o instalaciones complementarias (calderas, mantenimiento, jardinería, etc.) en las que es posible la existencia de factores de riesgo ligados a esas actividades, e independientes de la actividad sanitaria, y que a su vez son comunes a los existentes en otros sectores de actividad que dispongan de estos mismos servicios o instalaciones, por ejemplo, cortes y/o atrapamientos en máquinas, riesgos derivados de operaciones de soldadura, etc. Si bien estos aspectos no se tratan específicamente en el presente capítulo, es obvio que los mismos deben ser identificados, valorados y corregidos.



## **16**

# **RIESGO ELÉCTRICO. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN CENTROS SANITARIOS**

### **INTRODUCCIÓN**

Al hablar de riesgo eléctrico en hospitales se pueden diferenciar dos situaciones que, generalmente, coexisten:

a) Aquellas en las que la exposición al riesgo eléctrico no se diferencia de las que ocurren en las instalaciones industriales, en las empresas de servicios o en el ámbito doméstico. Estas exposiciones comunes en cualquier actividad son: contacto eléctrico directo con instalaciones permanentemente en tensión, contacto eléctrico indirecto con masas accidentalmente en tensión y sobrecargas eléctricas en líneas de distribución infradimensionadas.

Estos casos, si no están controlados, pueden afectar tanto al personal empleado (sanitario y no sanitario), como a los pacientes y a los visitantes. Aunque no serán desarrolladas con detalle aquí, ya que las medidas de prevención-protección a tomar son las mismas que en cualquier otro ámbito de actividad, en el apartado siguiente se resumen las medidas de protección más habituales frente a estas exposiciones.

b) Las situaciones específicas del ámbito hospitalario por los factores de riesgo que a continuación se presentan:

- Los pacientes, que en determinadas áreas hospitalarias (quirófanos, UVI, etc.), se encuentran en unas condiciones físicas disminuidas (anestesiados, en coma), con una conductividad mayor provocada por la presencia de elementos metálicos en su cuerpo como electrodos sobre la piel (EEG, ECG) y catéteres dentro del cuerpo y, en definitiva, con una capacidad de respuesta menor que en una situación normal ante un contacto eléctrico directo o indirecto.
- Determinadas áreas o instalaciones hospitalarias (quirófanos, UVI, banco de sangre, etc.) que precisan de garantía de continuidad de suministro eléctrico,

ya que un fallo en el mismo podría dar lugar a situaciones peligrosas, en muchos casos irreversibles para los pacientes.

- Todos los establecimientos sanitarios en general, y algunas áreas en concreto (quirófanos, salas de cura, UVI), precisan de alumbrados especiales.

Las medidas adoptadas o que se deban adoptar en la instalación, uso y mantenimiento de este tipo de instalaciones eléctricas, deben garantizar no sólo una protección adecuada al paciente, al personal sanitario y no sanitario del establecimiento y a los visitantes, sino que además deben proporcionar un nivel de calidad de servicio estimable a todos ellos.

## MEDIDAS GENERALES DE PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS ELÉCTRICOS

### Protección contra contactos eléctricos directos

Se llaman así aquellos en que la persona entra en contacto con una parte activa de la instalación. A continuación se describen las principales medidas preventivas frente a este tipo de contactos.

#### *Alejamiento de las partes activas*

Las partes activas de la instalación eléctrica estarán situadas a una distancia tal que las personas que se encuentren en o pasen por las inmediaciones no puedan tocarlas con las manos ni con objetos conductores, cuando éstos se utilicen cerca de la instalación.

#### *Interposición de obstáculos*

Se colocarán de forma segura obstáculos resistentes para impedir el contacto accidental con las partes activas. Las cubiertas envolventes del material eléctrico deben tener un grado de protección IP 2XX o de IP 4XX para equipos eléctricos instalados en locales para niños o disminuidos psíquicos (UNE 20324).

#### *Recubrimiento de las partes activas*

Las partes activas deben estar recubiertas con elementos aislantes. Esta medida se aplica de forma general en la fabricación de material eléctrico, aunque en muchos casos es posterior (cuadros eléctricos, terminales, bornes).

#### *Utilización de tensiones de seguridad*

Se trata de emplear tensiones iguales o inferiores a 24 V ó 50 V según se trate de emplazamientos mojados o secos respectivamente, cuando dos partes activas de la instalación, de polaridades diferentes, pueden ser accesibles a la vez, por parte de personal no cualificado, o no están dentro de un local de acceso restringido.

### *Protección complementaria con dispositivos diferenciales de alta sensibilidad*

Elementos que aseguran la rápida desconexión de la instalación frente a fallos de aislamiento, imprudencias defectos de mantenimiento que pudieran provocar contactos eléctricos directos.

### *Instrucción y entrenamiento del personal para realizar trabajos en instalaciones eléctricas*

Las personas que realicen trabajos eléctricos deben estar habilitadas por sus empresas y deben acreditar conocimientos suficientes sobre la problemática del riesgo eléctrico y cómo controlarlo.

### *Equipos y prendas de protección personal*

Existen prendas y equipos específicos y adecuados para evitar el contacto eléctrico directo: guantes, calzado, cascos, herramientas, pétigas, etc. aislantes, así como instrumental específico.

### *Normas de seguridad*

Las empresas que realicen trabajos en instalaciones eléctricas deben disponer de una normativa de seguridad que contemple aspectos como los siguientes: relación de trabajos a realizar, asignación y prohibición de trabajos, habilitación del personal, manual de operaciones, circunstancias en las que hay que suspender el trabajo y auxilio a los accidentados.

## **Protección contra contactos eléctricos indirectos**

Los contactos eléctricos indirectos son aquellos en que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que en condiciones normales no debería tener tensión, pero que la ha adquirido accidentalmente. Las principales medidas preventivas se describen a continuación.

### *Doble aislamiento*

En pequeños receptores, herramientas eléctricas manuales, cajas y cuadros eléctricos se emplea este sistema de protección que consiste en reforzar el aislamiento entre partes activas y masas accesibles. Deben estar construidos según norma UNE 20314.

### *Separación de circuitos*

El circuito de utilización y la fuente de energía están físicamente separados mediante un transformador, manteniendo aislados de tierra todos los conductores del circuito de utilización.

### *Utilización de tensiones de seguridad*

Obedece al mismo principio que se ha expuesto al hablar de la protección contra los contactos eléctricos directos.

### *Dispositivos automáticos de corte*

Basan su funcionamiento en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de la masa a proteger, asociándola a un dispositivo automático de corte. Se consideran tres posibilidades: puesta a tierra de masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto (diferenciales), puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto y neutro aislado a tierra.

## **CONDICIONES ESPECIALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

### **Continuidad de suministro**

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), en su art. 13 clasifica los suministros en normales y complementarios y define estos últimos como: “los que, a efectos de seguridad y continuidad de suministro, complementan a un suministro normal”.

Estos suministros pueden ser realizados por dos empresas diferentes o por la misma empresa, cuando se disponga, en el lugar de utilización de la energía, de medios de transporte y distribución independientes o por el usuario, mediante medios de producción propios.

Los suministros complementarios definidos por el REBT son los de socorro, reserva y duplicado y, de entre ellos, los hospitales, las clínicas, los sanatorios y los ambulatorios deben disponer de suministro de reserva, el cual se define como: “el dedicado a mantener un servicio restringido de los elementos de funcionamiento indispensables de la instalación receptora, hasta una potencia máxima del 50% de la potencia total contratada para el suministro normal”.

El REBT exige, con independencia del suministro de reserva, cuando éste sea facilitado por compañías eléctricas, que los centros hospitalarios cuenten con una fuente propia de energía, destinada a alumbrados de carácter especial y cuyas características se fijan, para cada caso, en las Instrucciones Complementarias correspondientes al reglamento (en adelante MIE-BT) y que estén vigentes en el momento de su aplicación.

### **Alumbrados especiales**

La MIE-BT-025 define los alumbrados especiales como: las instalaciones que tienen por objeto asegurar, aun faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público, o iluminar otros puntos que se señalen (quirófanos, etc.).

En el caso de los establecimientos sanitarios, la MIE-BT-025 les exige tres tipos de alumbrados especiales: alumbrado de emergencia, de señalización y de reemplazamiento. En los tres casos se emplearán lámparas de incandescencia o de fluorescencia con dispositivo de encendido instantáneo.

### *Alumbrado de emergencia*

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada. La Norma Básica NBE-CPI-96, sobre condiciones de protección contra incendios en los edificios (en adelante NBE-CPI-96) en su art. H. 21 exige que en las zonas de hospitalización y de tratamiento intensivo, el alumbrado de emergencia proporcione una iluminación no inferior a 5 lux, durante 2 horas como mínimo.

El alumbrado de emergencia estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70% de su valor nominal. Todos los establecimientos sanitarios deben, obligatoriamente, estar equipados con este tipo de alumbrado.

### *Alumbrado de señalización*

Es el que se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales durante todo el tiempo que permanezcan con público. Deberá ser alimentado, al menos, por dos fuentes de suministro, sean éstas normales, complementarias o propias.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización deberá pasar automáticamente al segundo suministro.

Todos los establecimientos sanitarios deben, obligatoriamente, estar equipados con este tipo de alumbrado, que deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

### *Alumbrado de reemplazamiento*

Este alumbrado debe permitir la continuación normal del alumbrado total durante un mínimo de 2 horas y deberá, obligatoriamente, ser alimentado por fuentes propias de energía. Si las fuentes propias de energía están constituidas por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, podrá utilizarse un suministro exterior para su carga.

Únicamente los quirófanos, salas de cura y UVI deben disponer obligatoriamente de este tipo de alumbrado.

## Fuentes propias de energía

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos, o grupos electrógenos; en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas. Su puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. Asimismo, deberán poder suministrar, además de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes e indispensables.

Como se ha visto, la reglamentación vigente que regula la garantía de continuidad de suministro, así como alguno de los alumbrados especiales (por ejemplo, el de señalización), permite al usuario optar entre distintas soluciones alternativas: suministro por dos empresas diferentes, suministros independientes de una misma empresa y fuentes propias y entre ellas, así mismo, distintas opciones.

Si bien todas ellas son válidas para dar cobertura a los distintos requisitos de funcionalidad que se les exige, técnicamente es recomendable que todo establecimiento sanitario esté equipado con un grupo electrógeno por dos motivos fundamentales: en primer lugar, si está correctamente mantenido, es el que garantiza una mayor disponibilidad y por consiguiente una mayor fiabilidad de funcionamiento sin fallo y, en segundo lugar, si su potencia es suficiente, permite no sólo atender los servicios urgentes e indispensables que exige la legislación (quirófanos, UVI, etc.), sino que permite la normalidad de funcionamiento de todos los servicios. Ello, además de cumplir con los niveles de seguridad exigidos, redonda en una calidad de servicio del que se benefician todos los usuarios: pacientes, personal del establecimiento y visitantes.

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS ESPECIALES

Además de los requisitos descritos, referentes a alumbrados especiales y continuidad de suministro, el REBT en su instrucción MIE-BT-025 exige instrucciones específicas para determinadas áreas de los establecimientos sanitarios que se comentan a continuación.

### Salas de anestesia

Las salas de anestesia y demás dependencias donde puedan utilizarse anestésicos u otros productos inflamables serán considerados como locales con riesgo de incendio Clase I, División 1, salvo indicación en contrario, y, como tales, las instalaciones deben satisfacer las condiciones para ellas establecidas en la Instrucción MIE-BT-026.

La Clase I, División 1 equivale a la Clase I, Zona 0 o Zona 1 de la actual clasificación de la MIE-BT-026.

La *zona 0* se define como aquella en la que una atmósfera de gas explosiva está presente en forma continua o se prevé que esté presente durante períodos de tiempo largos, o durante cortos períodos pero que se producen frecuentemente.

Se considera *zona 1* aquella en la que una atmósfera de gas explosiva se prevé pueda estar de forma periódica u ocasional durante el funcionamiento normal.

Es muy improbable que estas situaciones se den actualmente en las salas de anestesia por dos motivos: en primer lugar, los productos anestésicos utilizados en la actualidad (halotano, enfluorano, protóxido de nitrógeno, etc.) no son inflamables y, en segundo lugar, la forma de suministro y la ventilación del recinto difícilmente posibilitarán la formación de una atmósfera de gas explosiva aun en el supuesto de utilizar productos inflamables.

No obstante lo anterior, es el usuario el que en cada supuesto debe demostrar que las instalaciones eléctricas en tales áreas no precisan ser antiexplosivas. También debe tener en cuenta el usuario la probable existencia de atmósferas ricas en oxígeno, por la aplicación terapéutica de éste y por su suministro a los pacientes durante las intervenciones quirúrgicas con anestesia general inhalatoria.

## Quirófanos

Las instalaciones de aparatos médicos y aparatos de rayos X se realizarán de acuerdo con lo dispuesto en la instrucción MIE-BT-037 del REBT.

Es necesario que el equipo electromédico cumpla con las normas técnicas a nivel estatal o local que le afecten y, en caso de no existir éstas, con las normas internacionales de garantía reconocida, tales como CEI, ISO, VDE, etc. Todos estos equipos deberán disponer de una marca de conformidad a Normas concedida por el Ministerio de Industria o por cualquier otra entidad concesionaria de otras marcas de igual significado y que sean reconocidas a estos efectos por el indicado ministerio.

Básicamente, la instalación eléctrica de un quirófano persigue distintos objetivos que podrían concretarse en una protección frente a contactos eléctricos, tanto del paciente como del personal sanitario, y en la fiabilidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro no es tolerable ya que podría poner en peligro la vida del paciente.

Para cubrir con estos objetivos, la instalación eléctrica de un quirófano debe disponer de las medidas de protección que seguidamente se detallan y que esquemáticamente se representan en la figura 1.

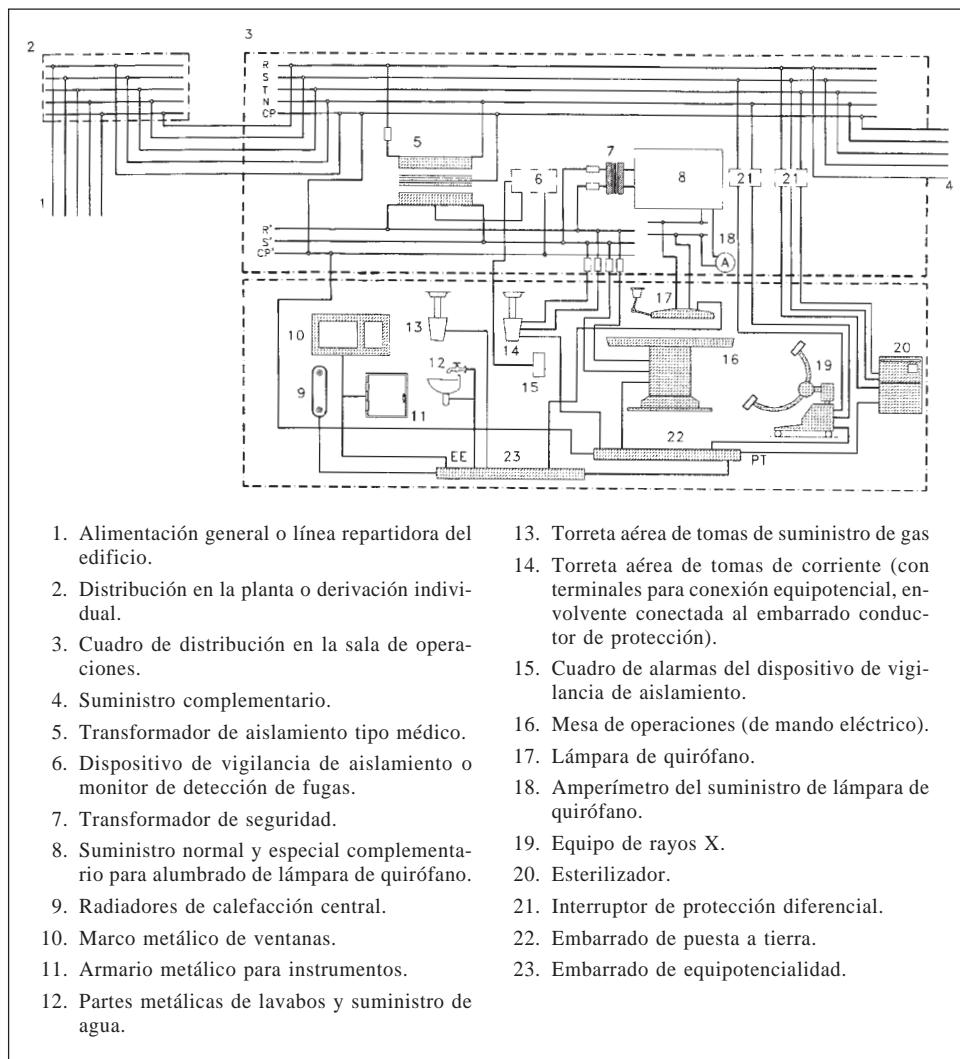


Figura 1.- Ejemplo de un esquema general de la instalación eléctrica de un quirófano

### *Suministro a través de un transformador de aislamiento*

La instalación eléctrica de un quirófano debe contar con suministro a través de un transformador de aislamiento (de separación de circuitos) para uso médico. La protección por separación de circuitos consiste en mantener separados el circuito de utilización y la fuente de energía por medio de un transformador, manteniendo aislados de tierra a todos los conductores del circuito de utilización.

Este modo de protección persigue dos objetivos: por una parte, limitar las corrientes de defecto que podrían afectar al paciente, ya que éste no queda suficientemente protegido contra un fallo de aislamiento por el sistema de protección de puesta a tierra, y, por otra parte, asegurar la continuidad de suministro eléctrico aun en el supuesto de que se produzca un defecto por un fallo del aislamiento.

La utilización de un transformador separador cubre ambos objetivos ya que, ante un primer fallo de aislamiento, el contacto con la masa no resulta peligroso debido a que el posible circuito de defecto está abierto y en consecuencia no existe circulación de corriente de defecto. Un segundo defecto provocaría la actuación de los fusibles o magnetotérmicos por cortocircuito.

Así pues, para garantizar la continuidad de suministro eléctrico en aquellos equipos para los que una interrupción de suministro puede poner en peligro al paciente, es indispensable la detección del primer defecto. Por ello, es preceptivo vigilar el nivel de aislamiento de estos circuitos, para lo que dispondrá de un monitor de detección de fugas que señalizará óptica (color rojo) y acústicamente toda pérdida de aislamiento capaz de originar una corriente de fuga superior a 2 mA en instalaciones a 127 V y a 4 mA en instalaciones a 220 V, siempre que se trate de medida por impedancia, o que sea inferior a 50.000  $\Omega$  cuando se trate de medida por resistencia. Deberá disponer, además, de un pulsador de detención de la alarma acústica y de un indicador óptico (color verde) de correcto funcionamiento.

Complementariamente a la medida de protección anterior, la MIE-BT-025 exige para los quirófanos otras medidas de protección, enfocadas hacia la protección de los contactos directos e indirectos que pudieran producirse y, preferentemente, a proteger al paciente y al equipo médico de aquellas corrientes de fuga que se establecen desde las partes activas hacia las conductoras accesibles o conectadas al propio paciente.

#### *Puesta a tierra*

Las instalaciones eléctricas hospitalarias, y en concreto los quirófanos, dispondrán de un suministro trifásico con neutro y conductor de protección. Todas las masas metálicas de los equipos electromédicos deben conectarse a través de un conductor de protección a un embarrado común de puesta a tierra (PT en figura 1) y éste a su vez, a la puesta a tierra general del edificio. Téngase en cuenta que los dispositivos de puesta a tierra requieren control y mantenimiento periódicos.

La impedancia entre el embarrado común de puesta a tierra de cada quirófano y las conexiones a masa, o a los contactos de tierra de las bases de toma de corriente, no deberá exceder de 0,2  $\Omega$ .

#### *Protección diferencial*

Este sistema se basa en la limitación del tiempo de exposición a los efectos

de la corriente. En quirófanos, se dispondrá de dispositivos de protección diferencial de alta sensibilidad ( $< 30\text{ mA}$ ) para la protección individual de aquellos equipos que no estén alimentados a través de un transformador de aislamiento. El empleo de los mismos no exime de la necesidad de puesta a tierra y equipotencialidad.

Los equipos alimentados a través de un transformador de aislamiento no deben protegerse con diferenciales en el primario ni en el secundario del transformador.

#### *Conexión de equipotencialidad*

Esta medida consiste en unir entre sí todas las masas de la instalación que se han de proteger y a los elementos conductores simultáneamente accesibles, para evitar que puedan aparecer en un momento dado diferencias de potencial peligrosas entre ambos.

En quirófanos, todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas al embarrado de equipotencialidad (EE en figura 1). La impedancia de estas partes y el embarrado no deberá exceder de  $0,1\text{ }\Omega$  y su diferencia de potencial no será superior a  $10\text{ mV}$ . Además, los embarrados PT y EE estarán unidos por un conductor de cobre de  $16\text{ mm}^2$  de sección mínima.

#### *Pequeñas tensiones de seguridad*

En los quirófanos, la tensión de seguridad será de  $24\text{ V}$  en corriente alterna y  $50\text{ V}$  en corriente continua. El suministro se realizará a través de un transformador de seguridad o de otros sistemas con aislamiento equivalente.

#### *Suministros complementarios*

Se ha visto repetidamente que una interrupción de energía no es asumible ni tolerable y se han descrito distintas soluciones que el usuario debe implantar.

Además, se prescribe que la lámpara de quirófano y los equipos de asistencia vital deben disponer de un suministro especial complementario que garantice su entrada en servicio en menos de  $0,5$  segundos. La lámpara de quirófano siempre será alimentada a través de un transformador de seguridad.

Todo el sistema de protección deberá funcionar con idéntica fiabilidad, tanto si la alimentación es realizada por el suministro normal como por el complementario.

#### *Riesgo de incendio o explosión de origen eléctrico en quirófanos*

En la figura 2 se definen las zonas G y M que deberán ser consideradas como zonas Clase I, división 1 y Clase I, división 2, respectivamente, y tratadas como tales según la MIE-BT-026. La zona M, situada debajo de la mesa de operaciones, podrá considerarse como zona sin riesgo de incendio o explosión cuando se asegure una ventilación de 15 renovaciones/hora de aire.

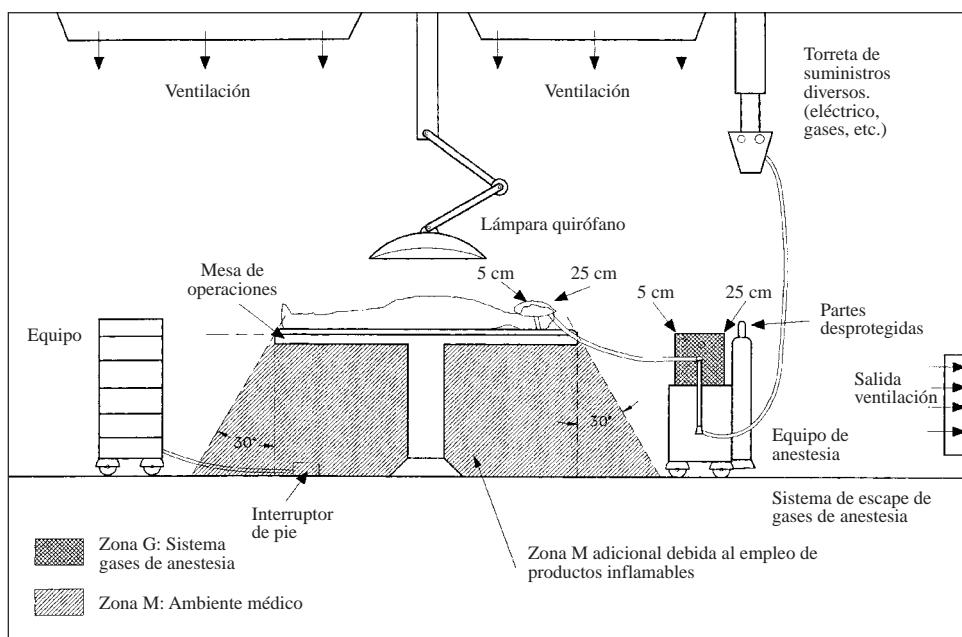


Figura 2.- Zonas con riesgo de incendio y explosión en quirófano, cuando se empleen mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables

Se ha visto anteriormente, al hablar de salas de anestesia, la correspondencia entre Clase I, división I y la actual clasificación de la MIE-BT-026 y se han definido las Zonas 0 y 1.

La Clase I, división 2, equivale Clase I, Zona 2 de la actual clasificación de la MIE-BT-026 y la misma se define como aquella en la que una atmósfera de gas explosiva no se prevé pueda estar presente en funcionamiento normal y, si lo está, será de forma poco frecuente y de corta duración.

Respecto a la necesidad u obligatoriedad de que la instalación eléctrica en algunas zonas de los quirófanos sea de características antiexplosivas, son válidas las consideraciones que al respecto se han realizado al hablar de salas de anestesia.

Los suelos de los quirófanos serán del tipo antielectroestático y es conveniente que el calzado utilizado sea conductor y, en general, se prescribe una ventilación que evite las concentraciones peligrosas de los gases empleados para la anestesia y desinfección de quirófanos (ver el capítulo específico sobre exposición a gases anestésicos).

#### *Control y mantenimiento de la instalación*

La MIE-BT-025 exige un control estricto de las condiciones de la instala-

ción eléctrica de los quirófanos y para ello diferencia dos situaciones en las que se debe ejercer tal control:

- a) Antes de la puesta en servicio de la instalación, el instalador deberá proporcionar un informe escrito sobre los resultados de los controles realizados al término de la ejecución de la instalación.
- b) En instalaciones ya en servicio se debe realizar un control continuado del correcto estado de la instalación eléctrica y para ello exige la programación de revisiones a realizar con distintas cadencias: semanal, mensual y anual; y cuya complejidad va aumentando a medida que aumenta también la frecuencia.

Todos los controles realizados serán recogidos en un “libro de mantenimiento”, de cada quirófano, en el que se expresarán los resultados obtenidos y las fechas en que se efectuaron, con la firma del técnico que los realizó. En el mismo deberán reflejarse, con detalle, las anomalías observadas, para disponer de antecedentes que puedan servir de base en la corrección de deficiencias.

Obviamente, la tarea de mantenimiento en instalaciones hospitalarias en general, y sobre todo en un quirófano, implican, además de al personal de mantenimiento, a los usuarios de dichas instalaciones ya que son quienes mejor conocen las incidencias y anomalías que cotidianamente puedan aparecer y que no pueden esperar a la revisión programada para ser subsanadas.

### **Otros aspectos a considerar en la instalación eléctrica en hospitales**

El REBT, en su MIE-BT-021, contempla como una de las medidas a tomar para la protección contra contactos directos, la de interponer obstáculos que deben impedir todo contacto accidental con las partes activas de la instalación.

Esta medida puede ser aplicada a las cubiertas y envolventes de los receptores en general y en concreto a las tomas de corriente. Éstas deben garantizar, como mínimo, un grado de protección IP 2XX (protección contra la penetración de dedos o de cuerpos sólidos de diámetro >12 mm).

Cuando los equipos eléctricos deban instalarse en locales para niños de corta edad (clínicas infantiles, departamentos de pediatría) o disminuidos psíquicos, el grado de protección no será inferior a IP 4XX (protección contra la penetración de herramientas o cuerpos de diámetro >1 mm).

## PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

### INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de su protección contra incendios, los hospitales presentan los problemas propios de todo edificio de pública concurrencia, a los que hay que añadir varias características particulares: el tipo de ocupación, la diversidad de riesgos, su funcionamiento permanente y la frecuente realización de obras de reforma.

La *ocupación de un hospital* se caracteriza porque en él coexisten: pacientes en condiciones de poder evacuar por sí mismos, en caso de producirse una emergencia; pacientes difícilmente evacuables por tener sus capacidades físicas o psíquicas disminuidas; pacientes inevacuables; personal visitante, cuyo control es difícil si es necesaria la evacuación; y personal sanitario y no sanitario cuya facilidad de evacuación va íntimamente ligada a la de los pacientes a los que atienden. Algunas dependencias del hospital no sólo no van a poder ser evacuadas, sino que además se debe garantizar la no interrupción de sus actividades, con un desarrollo lo más normal posible de las mismas (quirófanos, UVI, UCI, etc.).

En el hospital se dan *múltiples situaciones de riesgo* completamente distintas que requieren tratamiento diferenciado en cuanto a las medidas de preventión-protección de incendios que se han de tomar. De modo general se pueden considerar dos situaciones la existencia de áreas con un elevado riesgo de incendio, pero con un riesgo moderado de consecuencias para las personas, y la existencia de áreas con un moderado o incluso bajo riesgo de incendio, pero con un elevado riesgo para las personas. Entre las primeras se encuentran los servicios generales y las instalaciones técnicas del hospital, por ejemplo: cocina, lavandería, lencería, laboratorios, almacenes (generales, de farmacia, de productos inflamables), archivos de historias clínicas, esterilización, etc.; en cada una de estas áreas existen o una elevada carga térmica o

una considerable presencia de focos de ignición o ambos factores simultáneamente. Entre las segundas, se encuentran las salas de hospitalización y los quirófanos.

Esta diferenciación es de gran importancia porque permite agrupar en dos grandes conjuntos homogéneos la infinidad de dependencias y secciones existentes en un hospital cuyo tratamiento individualizado revestiría gran complejidad. Por otra parte, facilita la comprensión de las medidas de sectorización necesarias.

Aunque la *actividad hospitalaria es continua* e ininterrumpida, existen zonas en las que la ocupación es prácticamente nula y que pueden permanecer largo tiempo sin ser vigiladas (almacenes, archivos de historias clínicas, salas de calderas, etc.).

Los centros hospitalarios son *edificios casi permanentemente en obras* y reformas, lo que dificulta enormemente tener actualizados los planos del edificio y sus instalaciones. Son, además, edificios con gran movimiento de aire y, por lo tanto, con un alto riesgo de transmisión e invasión rápida de los humos a diversas zonas del edificio.

Estas circunstancias obligan a que en todos los hospitales y centros de asistencia sanitaria deban existir zonas en las que la permanencia de personal no comporte para ellos un riesgo y garantizar, además, el normal funcionamiento de determinadas dependencias, incluso durante el desarrollo de una emergencia. Esto es posible conseguirlo si se prevé en una fase temprana de diseño o durante la realización de las obras y reformas en aquellos hospitalares antiguos que ya están en funcionamiento.

## **CAUSAS DE INCENDIOS EN HOSPITALES Y LOCALIZACIÓN DE LOS MISMOS**

Según la información disponible, entre las causas que habitualmente producen los incendios en los hospitales se encuentran, con carácter sistemático, las siguientes:

- Instalaciones y aparatos eléctricos en mal estado, infradimensionadas o con defectos de mantenimiento.
- Material de fumadores (cigarrillos, fósforos, mecheros, etc.). A este respecto, debe recordarse aquí que en el R.D. 192/1988, BOE de 9 de marzo de 1988 se establecen las limitaciones en la venta y uso del tabaco para la protección de la salud de la población; en el mismo se indica que estará prohibido fumar en las instalaciones sanitarias.
- Líquidos y gases inflamables deficientemente almacenados y/o residuos (algodones impregnados de alcohol, éter, etc.) inadecuadamente eliminados, depositados en papeleras o recipientes a los que se arroja alguna fuente de calor, por ejemplo, cigarrillos mal apagados o fósforos.

- Acumulación de basuras en zonas inapropiadas.
- Trabajos de reparación y mantenimiento, especialmente soldadura, realizados sin las debidas precauciones.
- Equipos y productos utilizados en cocinas.
- Fuegos intencionados.

Estas causas de origen de incendios se han obtenido de la investigación de los siniestros que se han producido en los siguientes locales: locales técnicos (talleres), almacenes, lencería, salas de hospitalización y habitaciones, centrales de instalaciones (térmica, incineradora, esterilización), salas de estar de enfermería y visitas, cocinas, quirófanos, lavanderías, pasillos y huecos de escalera.

Como dato estadístico se puede añadir, en cuanto a la localización temporal de los incendios, según las estadísticas consultadas, que aproximadamente la mitad de los incendios (47%) se producen de noche.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Se definen como medidas de prevención aquel conjunto de medidas tendentes a impedir que un incendio se produzca y, entre ellas, el establecimiento de un plan general de prevención del fuego es el primer paso dentro de un programa integral de lucha contra incendios.

Las actuaciones en materia de prevención de incendios deben encaminarse a garantizar la imposibilidad de que coexistan en tiempo, espacio y con suficiente intensidad los distintos tipos de material combustible existente en hospitales (ver tabla 1) con focos de ignición de distinta tipología (eléctricos, térmicos, mecánicos, químicos).

MATERIALES QUE PUEDEN ARDER. CLASIFICACIÓN DE FUEGOS		
Materiales		Clasificación
SÓLIDOS CON BRASA	Madera. Papel. Telas. Gomas. Corcho. Trapos. Caucho.	A
LÍQUIDOS INFLAMABLES Y SÓLIDOS LICUABLES	Gasolina. Petróleo. Aceites. Grasas. Pinturas. Barnices. Disolventes. Gasoil. Alcohol. Cera.	B
GASES INFLAMABLES	Propano. Butano. Metano. Hexano. Gas ciudad. Gas hulla. Acetileno.	C
METALES Y PRODUCTOS QUÍMICOS REACTIVOS	Magnesio. Titanio. Sodio. Potasio. Uranio.	D
FUEGOS ELÉCTRICOS	Cualquiera en presencia de la corriente eléctrica.	E

Tabla 1.- Materiales que pueden arder. Clasificación de fuegos

## Medidas de prevención sobre los combustibles

Las botellas y botellones de los gases comprimidos, licuados y disueltos a presión estarán siempre correctamente identificados siguiendo los criterios de la instrucción número 7 del Reglamento de Aparatos a Presión (ITC-MIE-AP 7) y su almacenamiento y manipulación se realizará según los criterios de la ITC-MIE-APQ-005, para gases inflamables (ver tablas 2, 3, 4 y 5).

Botellas y botellones		Color
Cuerpo de la botella	Inflamables y combustibles	Rojo
	Oxidantes e inertes	Negro o gris
	Tóxicos y venenosos	Verde
	Corrosivos	Amarillo
	Butano y propano industriales	Naranja
	Mezclas industriales	Color del componente mayoritario
	Mezclas calibración	Gris plateado
Colores de la ojiva	Oxígeno	Blanco
	Protóxido de nitrógeno	Azul
	Hidrógeno	Rojo
	Acetileno	Marrón
	Óxido de etileno	Violeta
	Mezclas	En cuarterones
	Gases medicinales	Cruz de Ginebra

Tabla 2.- Colores de identificación

### CON CARÁCTER GENERAL

- Está prohibida su ubicación en locales subterráneos, huecos de escalera y ascensor, pasillos, túneles, bajo escaleras exteriores, en vías de evacuación señalizadas y en aparcamientos.

### CATEGORÍA 1

- Área de almacenamiento compatible con otras actividades.
- Se admite el almacenamiento conjunto de gases inflamables y otros gases si se respetan distancias y RF que fija la APQ.
- Los almacenes en área cerrada deben tener muros RF >180.
- Los almacenes en áreas abiertas deben tener zonas de protección según APQ (no es exigible si está separado de la vía pública, del límite de propiedad en edificios habitados o de actividades con riesgo de incendio por un muro sin huecos de RF >180 y altura >2 m).

Tabla 3.- Almacenamiento y manipulación. Emplazamiento

**CON CARÁCTER GENERAL**

- Suelos incombustibles (M0 - M1).
- Superficie de ventilación directa al exterior  $\geq 1/18$  S (suelo).
- Instalación eléctrica acorde REBT (MIBT 026 y 027).
- Existencia y uso correcto de EPI adecuados al riesgo.
- Ducha de emergencia y fuente lavaojos (gases corrosivos).
- Las botellas llenas se deben almacenar separadas de las vacías.
- Identificación del tipo de gas en botellas y en zonas de almacenamiento.
- Instrucciones de seguridad de cada gas depositado.
- Formación del personal.
- Prohibición de fumar o usar llamas abiertas en esas áreas.
- Disponer de un mínimo de dos extintores de eficacia mínima 89B cada uno.

Tabla 4.- Almacenamiento y manipulación. Protección contra riesgos

- Las botellas deben estar identificadas antes de su uso, en caso contrario se deben devolver al proveedor.
- El manejo de las botellas lo realizarán personas formadas; no obstante, en el lugar de uso deben estar las instrucciones de manejo.
- Las botellas en uso deben estar en lugares abiertos o bien ventilados.
- En el recinto de consumo sólo estarán las botellas en uso y las de reserva que sean imprescindibles.
- Las botellas deben estar bien sujetas para evitar caídas.
- En caso de que pudiera ocurrir una contaminación por retroceso, las botellas deben disponer de válvulas antirretorno.
- En los procesos de combustión con gases inflamables y/o comburentes, existirán, como mínimo, dispositivos antirretroceso de la llama a la salida de cada manorreductor.
- Establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo de las instalaciones y accesorios de uso.
- El gas de la botella se utilizará siempre a través de un medio de regulación de presión adecuado.
- Se prohíbe trasvasar gases de una botella a otra por personal no cualificado y nunca en centros sanitarios.
- No se emplearán llamas para detectar fugas

Tabla 5.- Almacenamiento y manipulación. Utilización

El almacenamiento de líquidos inflamables se realizará en recinto independiente y exclusivo al efecto (ver figura 1), en donde se centralizará el almacenamiento del hospital; en cada sección o departamento se limitará la presencia de productos inflamables a la cantidad necesaria para el uso diario, y se depositarán en armarios protegidos (ver figura 2).

Se llevará un control sobre la eliminación de residuos inflamables, dentro del plan de eliminación de residuos del hospital. Su almacenamiento temporal se realizará en recipientes de chapa metálica con tapa de cierre hermético y automático.

Las operaciones con inflamables se llevarán a cabo en locales muy ventilados y las operaciones con desprendimiento de inflamables, en vitrina o cabina

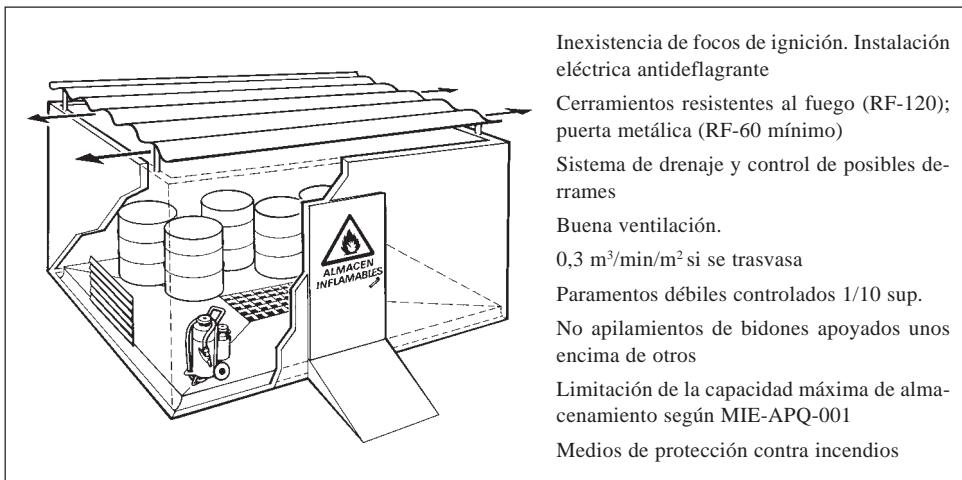


Figura 1.- Salas de almacenamiento de sustancias inflamables

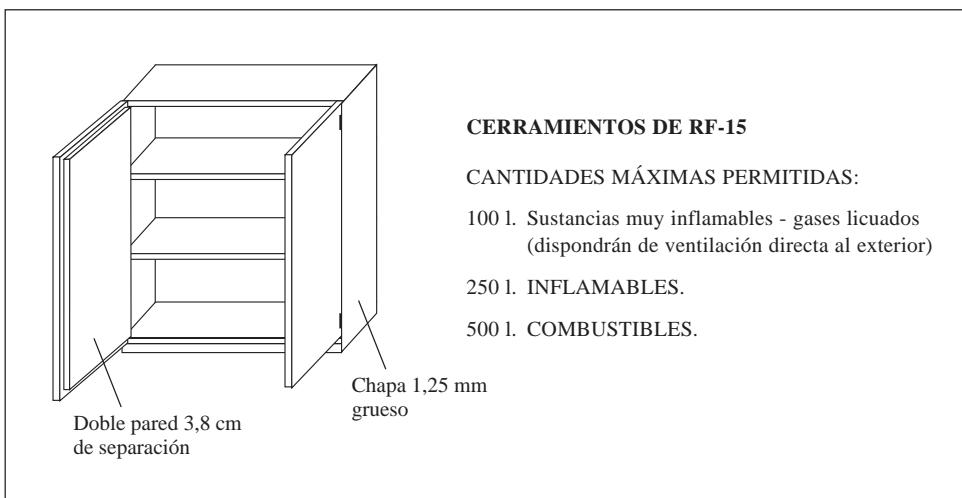


Figura 2.- Características de los armarios para sustancias inflamables

de extracción. Se mantendrá el orden y la limpieza en locales de riesgo: cocinas, talleres, almacenes, laboratorios, etc.

Dentro del plan de eliminación de residuos se planificará un sistema continuo de evacuación de desperdicios y basura. Es recomendable que su almacenado momentáneo se realice en cubos de chapa metálica con tapa y cierre hermético.

## Medidas de prevención sobre los focos de ignición

Entre las medidas de prevención a tomar, a fin de conseguir un control lo más exhaustivo posible de los focos de ignición, destacan las siguientes:

*Focos térmicos:* prohibición de fumar en todo el hospital, excepto en las zonas destinadas al efecto; alejamiento-aislamiento de fuentes caloríficas (calderas, estufas, etc.); uso de superficies calientes en lugar de llama viva en las operaciones de laboratorio; presencia humana continuada en la realización de las operaciones peligrosas y permiso de fuego en operaciones de mantenimiento o reparaciones.

*Focos eléctricos:* con carácter general, la instalación eléctrica del hospital se adecuará al REBT y a sus ITC-MIE-BT. Existirá, por lo menos, una cabina acorde a la MIE-BT-026 en laboratorios en los que se realicen operaciones con desprendimiento de gases o vapores inflamables; en cuartos de inflamables la instalación será eléctrica según MIE-BT-026 y se debe garantizar el control de cargas estáticas.

*Focos mecánicos:* lubricación y correcto mantenimiento de los órganos móviles de máquinas; evitar golpes y fricciones, uso de herramientas antichispa en aperturas y cierres de envases metálicos que contienen inflamables, etc.

*Focos químicos:* controles térmicos automáticos de reacciones químicas; almacenamiento seguro de reactivos químicos.

Las medidas anteriores reducirán el riesgo de incendio pero no lo eliminarán, por lo que es preciso tomar medidas de protección contra incendios.

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Se definen como medidas de protección pasiva aquel conjunto de medidas tendentes a evitar la propagación y las consecuencias de un incendio que se haya producido o, en su defecto, a minimizar su importancia, que se resumen en la figura 3.

### Medidas de protección pasiva

Las medidas de protección pasiva se denominan así porque, cuando se han implantado, no precisan de actuación humana alguna para que cumplan con total eficacia con los fines para los cuales se han tomado. Su eficacia se debe a su presencia permanente.

#### *Protección estructural*

El hospital, desde el punto de vista de su construcción, ha de garantizar un cierto comportamiento frente al fuego de sus elementos estructurales, de modo que se garantice una estabilidad o capacidad portante de los mismos, durante un cierto tiempo.

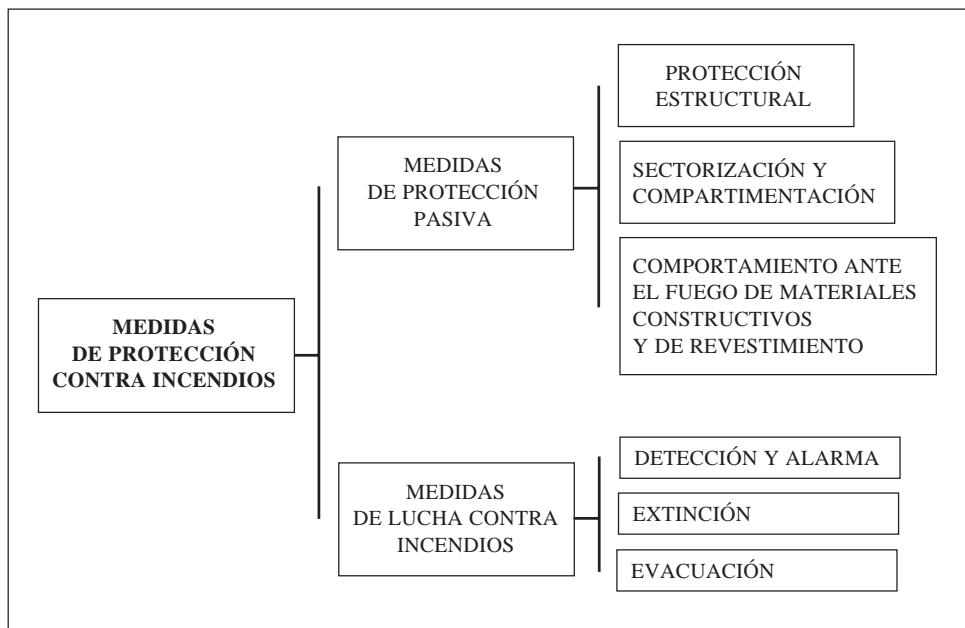


Figura 3.- Medidas de protección contra incendios

Adoptar estas medidas, por su propia naturaleza, será siempre más fácil y económico si se incorporan en la fase de proyecto y, a su vez, serán más eficaces. En cambio, habitualmente serán difíciles de tomar en hospitales ya construidos y en uso. No obstante, se deben aprovechar las frecuentes obras y reformas a las que, como se ha dicho, se ven sometidos estos edificios para subsanar errores u omisiones iniciales y así mejorar la respuesta del edificio ante el fuego.

La NBE-CPI-96, en su Art.14 Tabla 1, establece el siguiente grado de estabilidad al fuego (EF) para los elementos estructurales del hospital:

- Plantas de sótano: EF-120 (EF-180 si la altura de evacuación del edificio es  $\geq 28$  m).
- Plantas de piso: Altura de evacuación del edificio  $< 15$  m: EF-90 (EF-120 en edificios con más de tres plantas sobre rasante).
- Plantas de piso: Altura de evacuación del edificio  $< 28$  m: EF-120.
- Plantas de piso: Altura de evacuación del edificio  $\geq 28$  m: EF-180.

A título orientativo, la NBE-CPI-91, en su Apéndice 1, establece la estabilidad al fuego de determinados elementos estructurales a fin de garantizar un comportamiento eficaz de los mismos.

### *Sectorización y compartimentación*

La sectorización y compartimentación del hospital deberá tener en cuenta las dos situaciones de riesgo comentadas al principio del capítulo: áreas de elevado riesgo de incendio, pero con un riesgo moderado de consecuencias para las personas; y áreas con un moderado o bajo riesgo de incendio, pero con un elevado riesgo para las personas. Todo hospital debiera tener como objetivo imposibilitar la coexistencia de ambas situaciones de riesgo en un mismo edificio y, si coexisten, garantizar que los efectos del fuego producido en una dependencia de riesgo elevado (laboratorio, almacén, cocina, etc.) no incrementen el riesgo ni agraven las consecuencias para el personal que trabaja o está internado en otras dependencias (salas de hospitalización, UVI, quirófanos, etc.).

En fase de proyecto es viable tal planteamiento y, siempre que sea posible y no interfiera gravemente el funcionamiento del hospital, se deben situar fuera de él las zonas de alto riesgo de incendio.

En un hospital construido y en uso, tal solución es totalmente inviable en la práctica y por ello la única medida posible es la de situar estas áreas o dependencias en plantas o zonas del edificio destinadas exclusivamente a este fin, alejadas de la zona de hospitalización y debidamente compartimentadas.

El hospital debe dividirse en sectores de incendio, entendiendo como tal aquel que tiene confinado el riesgo de incendio y/o sus consecuencias sea por separación por distancia o sea mediante elementos compartimentadores resistentes al fuego (ver figura 4).

La NBE-CPI-96, en su Apéndice 1, establece la resistencia al fuego de determinados elementos constructivos a fin de garantizar una compartimentación eficaz.

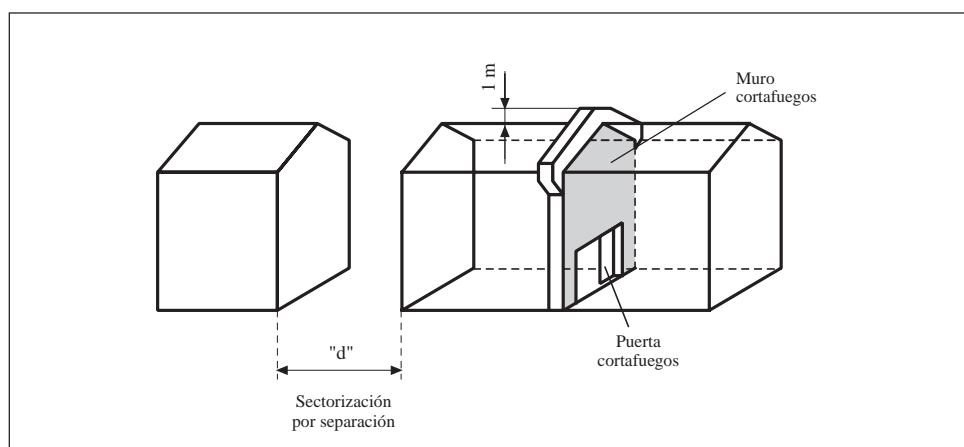


Figura 4.- Sectorización por separación y por compartimentación

Los objetivos a conseguir con la sectorización son: por una parte, confinar un posible incendio en el sector hasta su extinción y, por otra parte, servir de barrera, impidiendo o retardando la propagación del fuego.

Para conseguir estos objetivos y dado que la propagación del incendio se produce genéricamente hacia arriba (propagación vertical) y hacia los lados (propagación horizontal) del foco inicial, la sectorización debe realizarse en horizontal y en vertical, es decir, cada planta del hospital debe constituir un sector de incendio con respecto a las que la limitan y, a su vez, subdividirse en tantos sectores como sea necesario en función de la naturaleza y la cuantía del riesgo de sus instalaciones.

La NBE-CPI-96 establece las condiciones de compartimentación en sectores de incendio en su capítulo 2, artículo 4. Para el uso hospitalario (Artículo H.4.1.) deberá cumplirse, además, lo siguiente:

- a) Las plantas en las que existan zonas de hospitalización o unidades especiales (quirófanos, UVI, etc.) estarán compartimentadas al menos en dos sectores de incendio. Cada sector deberá contar con superficie suficiente para albergar a los ocupantes de otros sectores colindantes cuya evacuación esté prevista hacia el sector considerado.
- b) Los sectores que contengan zonas de hospitalización o unidades especiales sólo podrán contener dichos usos y su superficie construida no podrá exceder de 1000 m<sup>2</sup>.
- c) Las zonas destinadas a apoyo de diagnóstico y las destinadas a tratamientos que no requieran hospitalización, estarán compartimentadas en sectores de incendio cuya superficie construida, en uno o más niveles, sea menor que 1.500 m<sup>2</sup>.
- d) Deberán constituir sector de incendio las zonas del edificio o establecimiento destinadas a viviendas, a residencia cuya ocupación sea superior a 20 personas, a uso docente cuya superficie construida sea mayor que 300 m<sup>2</sup> o a uso administrativo cuya superficie construida sea mayor que 1.000 m<sup>2</sup>.

Asimismo, en su Art. H.19.1 la NBE-CPI-96 clasifica los locales y zonas de riesgo especial para el uso hospitalario y en el Art. 19.2 se especifican las condiciones exigibles a los mismos en lo referente a compartimentación.

En la figura 5 se muestra una recopilación no exhaustiva de zonas de un edificio hospitalario que, según su peligrosidad, o por su importancia en caso de evacuación, o por la necesidad de seguir funcionando con normalidad en caso de incendio deben constituir sector de incendio.

Para obtener la máxima garantía de protección y eficacia en la ejecución de los sectores de incendio establecidos se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Los elementos compartimentadores serán continuos, atravesando falsos techos o falsos suelos y atracando en los forjados. (La NBE-CPI-96 hace referencia a las características de los elementos de compartimentación en los

- Cajas de escaleras
- Cajas de ascensores
- Vestíbulos de independencia
- Conductos verticales de instalaciones (patinillos)
- Galerías de servicio o plantas técnicas
- Chimeneas
- Almacenes y conductos de evacuación de basuras
- Conductos de evacuación de ropa sucia y almacenes a los que descargan
- Almacenes generales
- Almacenes de farmacia
- Almacenes de inflamables
- Archivos generales
- Centrales térmicas e incineración
- Centrales de transformación y grupo electrógeno
- Centrales de gases medicinales
- Centrales de detección y grupo de presión de la red de extinción
- Cocinas
- Depósitos de combustibles, líquidos o sólidos
- Depósitos de gases combustibles
- Depósitos de gases medicinales
- Salón de actos
- Bloque quirúrgico, paritorios, UVI y unidades de hospitalización de pacientes difícilmente evacuables
- Talleres de mantenimiento

Figura 5.- Sectores de incendio específicos en el edificio sanitario

rompa, no deje huecos al paso de las llamas. En caso necesario puede utilizarse doble cristal armado. Una protección eficaz para las ventanas situadas en la fachada del edificio son los salientes de los forjados (alerones o balconadas) que obligan a las llamas a separarse de la fachada.

Debe prestarse atención a las aberturas próximas a las vías de evacuación, en especial escaleras de emergencia ya existentes, puesto que pueden quedar cortadas por las llamas salientes de dichas aberturas. La solución más racional es eliminar o proteger mediante voladizos horizontales o salientes verticales en la fachada las aberturas situadas en las proximidades ( $\cong \leq 3m$ ) de una escalera abierta.

La climatización del edificio es conveniente diseñarla de forma autónoma para cada sector. En las instalaciones existentes que suministren a diversos

arts.15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5 y 15.6). Sus aberturas y huecos serán los mínimos posibles y cuando existan deben estar protegidos.

Las puertas deben ser resistentes al fuego (el grado de resistencia exigible en cada caso está referenciado en el art. 15.5 de la NBE-CPI-96) y para que la protección que se desea obtener esté garantizada, deben permanecer siempre cerradas, por lo que han de disponer de mecanismos de cierre automático que deben poder actuar permanentemente o sólo en caso de incendio para aquellos supuestos en que las puertas cortafuegos se abran a zonas con mucho tráfico. Para estos casos las puertas dispondrán de elementos de retención, dotados de dispositivos de desbloqueo automático que podrán ser accionadas por control remoto, por detectores automáticos o por pulsadores manuales próximos a la puerta; además, las puertas deben ser siempre practicables manualmente.

Las ventanas o ventanales deben limitarse al máximo; las que se instalen deben ser resistentes al fuego y montar vidrio armado que, cuando se

sectores, los conductos deberán disponer de compuertas cortafuego al atravesar los elementos de compartimentación, las cuales deberán ser accionadas automáticamente por el sistema de detección previsto (ver figura 6) y admitirán, en todo caso, maniobra manual. Se sellarán todos los huecos de paso de dichas conducciones que atraviesen elementos de compartimentación del edificio, garantizando idéntica RF a la del elemento compartimentador. La NBE-CPI-96 hace referencia a las condiciones de las instalaciones centralizadas de climatización o de ventilación en el art. 18.2.

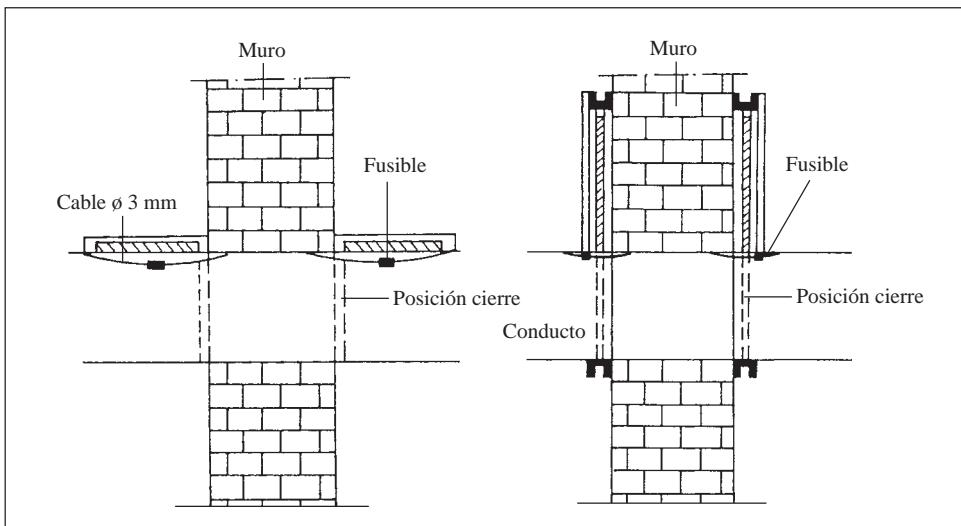


Figura 6.- Cortafuegos para conductos atravesia-muros

Los huecos verticales que intercomunican todo el edificio (escaleras, ascensores, patinillos, etc.) constituirán sector de incendio independiente RF-120 como mínimo, con el objetivo de evitar que los mismos posibiliten la propagación vertical a otros sectores por el “efecto chimenea” y asegurar su estanqueidad al humo y las llamas como mínimo el tiempo necesario para la evacuación.

La NBE-CPI-96 en sus arts. 7.3 y H.7.3 hace referencia a la disposición de escaleras y aparatos elevadores, define en qué casos las escaleras deben ser protegidas o especialmente protegidas y cuándo se precisa de vestíbulo previo para el acceso a las mismas. Éste, cuyos requisitos define la NBE-CPI-96 en sus arts. 10.3, H.10.3 y 15.4, tiene por finalidad proteger contra el fuego y el humo sectores o vías de evacuación contiguas al lugar donde se ha producido el incendio, en los casos en que tal protección no queda garantizada con la disposición de puertas cortafuegos. Se trata de un espacio diseñado de tal forma que las puertas que lo limitan sean estancas al humo y estén dispuestas de

manera que, cuando la de uno de sus puntos se abra, la opuesta permanezca cerrada, impidiendo el paso del fuego o el humo al evitarse la formación de corrientes de aire que lo favorezcan. Estarán ventilados (ver figura 7).

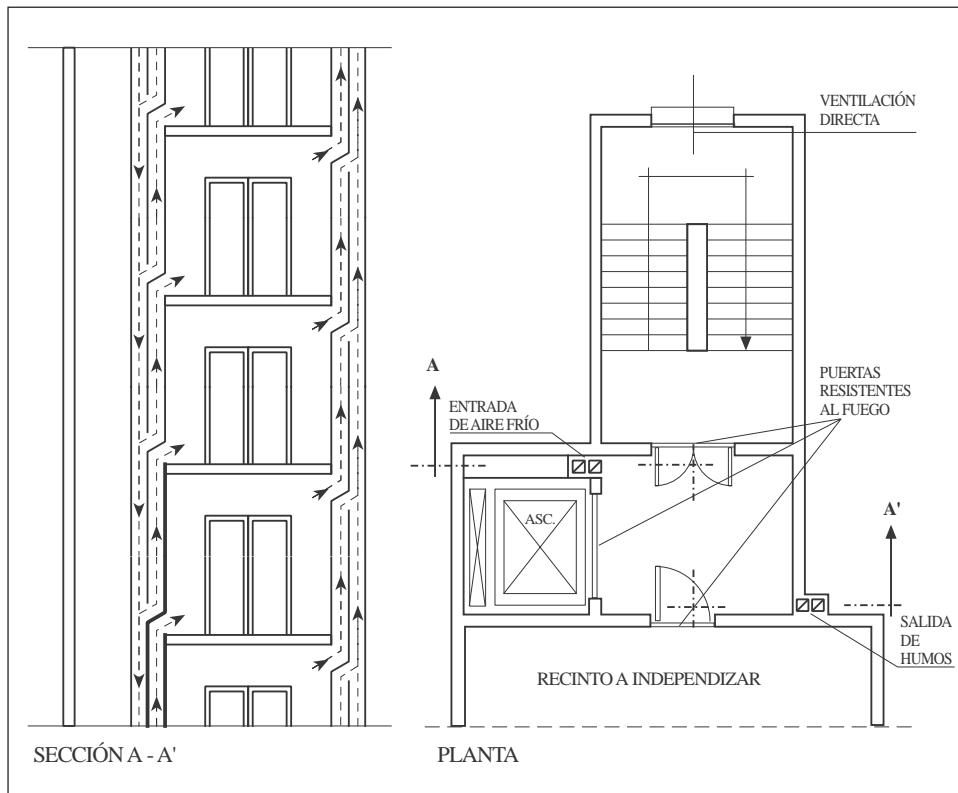


Figura 7.- Esquema de vestíbulo de independencia y ventilación

#### *Comportamiento ante el fuego de materiales constructivos y de revestimiento*

Los materiales constructivos y de revestimiento deben minimizar el riesgo de inicio del fuego y/o dificultar su propagación. En consecuencia, la fase de proyecto es de suma importancia para la adecuada elección de los elementos constructivos y de los materiales que van a constituir el hospital, así como su mobiliario. Ello va a permitir reducir la carga de fuego y un mayor control de la propagación de llamas o emisión de humos en caso de incendio. En los hospitales en uso hay que recordar, una vez más, la necesidad de aprovechar las obras y reformas para mejorar este aspecto.

La elección de materiales debe hacerse atendiendo a su comportamiento ante el fuego y a la emisión de humos o gases tóxicos en un incendio. Por tanto, se evitará elegir aquellos materiales que no ofrezcan tales garantías y,

cuando ya estén instalados y no se puedan sustituir (por ejemplo, estructura metálica desnuda), se recubrirán con materiales de conocido comportamiento al fuego para conseguir el grado de EF o RF exigido. En el caso de materiales de revestimiento y decoración, como son las cortinas, moqueta, etc., deben haber sido tratados con la aplicación de productos ignífugos y exigir el correspondiente certificado de ignifugación a la empresa fabricante o suministradora.

La NBE-CPI-96, en su art. 13, clasifica los materiales siguiendo los criterios de la UNE-23.727 en:

- M0 INCOMBUSTIBLE
- M1 NO INFLAMABLE
- M2 DIFÍCILMENTE INFLAMABLE
- M3 MEDIANAMENTE INFLAMABLE
- M4 FÁCILMENTE INFLAMABLE

La NBE-CPI-96, a lo largo de su articulado especifica las exigencias de comportamiento al fuego de los materiales utilizados. Así, a título de ejemplo, en el art. 16 define la clase de reacción al fuego admisible en los materiales de revestimiento en recorridos de evacuación y para uso hospitalario admite materiales M2 y M1 como clases más desfavorables en revestimiento de suelos y paredes-techos, respectivamente.

### **Medidas de lucha contra incendios**

Las medidas de lucha contra incendios precisan de la actuación humana para hacerlas operativas y conseguir su máxima eficacia.

Aun suponiendo que el hospital se ha diseñado con criterios constructivos adecuados al riesgo de incendio, que existe un seguimiento y un control exhaustivo de los distintos combustibles almacenados y/o manipulados y de los distintos focos de ignición existentes, no se puede ni se debe excluir la posibilidad de que se origine un incendio y, por lo tanto, se han de prever e implantar los medios para que, si ocurre, sea conocido con prontitud a fin de poder actuar en fase de conato y poder eliminar o, en su caso, disminuir sus efectos destructivos. Estos medios deberán estar constituidos por un conjunto de instalaciones específicas para la detección, alarma, protección y lucha contra incendios y evacuación de las personas, que seguidamente se describen.

#### *Detección*

Se entiende por detección de incendios el hecho de descubrir y avisar que hay un fuego en un determinado lugar. La detección no sólo debe descubrir que hay un incendio, sino que debe localizarlo con precisión en el espacio y

comunicarlo con fiabilidad a las personas responsables de activar el plan de emergencia previsto.

La característica fundamental de la detección es que debe ser lo más rápida posible en detectar un conato de incendio. Una detección tardía supondrá que el fuego ha alcanzado un desarrollo grande y ello dificultará enormemente tanto su extinción con los medios de lucha disponibles como una evacuación fluida, rápida y segura del personal a evacuar.

La detección de un incendio puede realizarse fundamentalmente por dos vías: detección humana e instalaciones automáticas de detección.

La *detección humana* es aquella que queda confiada a las personas. Su eficacia es alta cuando la presencia de personas está garantizada de forma continua, en densidad suficiente y en las distintas áreas o zonas del edificio siempre que éstas sean visibles (no es así en zonas “escondidas”). En aquellas zonas de riesgo en las que no se den las premisas anteriores la detección se debe confiar a instalaciones automáticas.

Una vez detectado un incendio, debe avisarse con rapidez y fiabilidad a través de los medios previstos a las personas o dependencias previstas en el plan de emergencia. Estos medios serán básicamente el teléfono interior o pulsadores. Si se utiliza *teléfono interior* debe existir una línea única para la comunicación de emergencias y estar ubicado el teléfono en una dependencia con garantía total de presencia humana en todo momento, las 24 horas. Si se dan las condiciones descritas, es un medio eficaz ya que permite a la persona identificarse y transmitir una primera valoración de la envergadura del siniestro. El empleo de *pulsadores de alarma* permite la transmisión rápida de una señal a un puesto de control permanentemente vigilado. La señal se produce al ser activado uno cualquiera de los pulsadores por la persona que descubre un incendio y en el puesto de control es posible discernir en qué zona se encuentra el pulsador activado.

Los pulsadores deben ir protegidos por un cristal cuya previa rotura es necesaria para la activación y deben ser localizables fácilmente, por lo que es recomendable su señalización. La distancia a recorrer hasta alcanzar un pulsador habrá de ser inferior a 25 m, y deben tener una alimentación eléctrica auxiliar que garantice su funcionamiento en caso de fallo de la principal.

La NBE-CPI-96 en su art. H.20.4.b) indica que se dispondrán pulsadores manuales de alarma de incendio en los pasillos, en las zonas de circulación, en el interior de los locales destinados a tratamiento intensivo y en los locales de riesgo alto y medio (definidos en el art. H.19.1).

La *detección automática* se realiza mediante instalaciones cuya misión detectar automáticamente un incendio en su fase inicial y transmitir la alarma consiguiente. Su implantación es imprescindible en áreas de riesgo en las que

no está garantizada la presencia humana de forma continuada o en zonas del edificio difícilmente visibles. Las funciones del sistema de detección automática son:

- Detectar la presencia de un conato de incendio con rapidez, dando una alarma preestablecida, óptica-acústica a un panel o control de señalización permanentemente vigilado. Esta detección ha de ser fiable. Normalmente debe verificarse su veracidad antes de activar las acciones previstas en el plan de emergencia.
- Localizar el incendio en el espacio.

El sistema debe garantizar seguridad de funcionamiento por lo que necesariamente debe autovigilarse e indicar los defectos o averías mediante señales ópticas o acústicas de la indisponibilidad por avería, que requerirá de reparación inmediata. Sus componentes principales son: el detector, la central de recepción, las líneas y la fuente de suministro.

El detector es el elemento que reconoce el fuego a través de alguno de los fenómenos que lo acompañan: gases, humo, llamas, temperatura o radiación. Una instalación de detección será tanto más operativa y eficaz cuanto menor sea el tiempo de retardo en la detección y cuanto menor sea el número de falsas alarmas que ocasione. Este tiempo viene determinado por la sensibilidad del detector (cantidad de factor reconocible necesario para excitar el detector) y su ubicación (la densidad de detectores, su altura respecto al suelo y su situación relativa respecto a las irregularidades del techo u otros elementos perturbadores como corrientes de aire, etc.).

Respecto a la producción de falsas alarmas, son la sensibilidad del detector y la idoneidad del tipo de detector quien las que las determinan. Por ello la sensibilidad debe ajustarse a la intensidad de posibles focos perturbadores y la idoneidad debe seleccionarse en función del tipo de combustión esperada y de las actividades normales en la zona a proteger que pudieran producir focos perturbadores.

La NBE-CPI-96 en su art. 20.4.b) exige instalación de detección en los edificios hospitalarios y en su art. H.20.4.b) especifica que se dispondrán detectores de humo en las zonas de hospitalización y detectores adecuados a la clase de fuego previsible en el interior de todos los locales de riesgo especial.

La central de recepción es el cerebro del sistema y a ella están unidas las líneas de detectores y la de pulsadores de alarma, debiendo diferenciar la procedencia de la señal de ambas instalaciones. Entre las funciones que debe realizar una central de señalización destacan: recibir la señal enviada por los detectores y pulsadores, indicando la alarma de forma óptica y acústica, localizar el lugar donde se encuentra el detector o pulsador activado, autocontrolar el correcto estado de la instalación, indicando óptica y acústicamente los defectos o averías y realizar otras funciones como activar los dispositivos de

alarma, transmitir alarma al exterior, dar orden de disparo de instalaciones automáticas, etc.

La NBE-CPI-96 establece en el art. H.20.4.b) que los equipos de control y señalización dispondrán de un dispositivo que permita la activación manual y automática de los sistemas de alarma y estarán situados en un local vigilado permanentemente. La activación automática de los sistemas de alarma podrá graduarse de forma tal que tenga lugar, como máximo, cinco minutos después de la activación de un detector o de un pulsador.

Las líneas constituyen los elementos de unión desde detectores y pulsadores a la central y de ésta a las alarmas. Una rotura u otra avería debe ser detectada y señalizada en la central. Su sección será adecuada a la carga y dispondrán de un grado de protección acorde con el tipo de local. La fuente de suministro debe estar constituida por el suministro ordinario y por una fuente secundaria que dispondrá de una autonomía de funcionamiento que no será inferior a 24 horas en estado de vigilancia y de media hora en estado de alarma.

La planificación del mantenimiento necesario para las instalaciones de detección se realizará conforme al programa mínimo establecido en el Apéndice 2 del R.D. 1942/1993.

#### *Alarma*

La instalación de alarma tiene por finalidad el poner en conocimiento de determinadas personas (alarma restringida), de los ocupantes de ciertas áreas (alarma sectorial) o de los ocupantes de todo el edificio (alarma general) que se ha producido un incendio y ha de procederse de acuerdo con las instrucciones establecidas en el plan de emergencia. Se activa, según lo previsto en el plan de emergencia, una vez se ha recibido aviso de incendio procedente de cualquiera de los medios descritos (teléfono, pulsador, detector) y se ha evaluado su evolución y posibles consecuencias.

La NBE-CPI-96 en su art. 20.4.b) establece que estarán dotados con una instalación de alarma los establecimientos destinados a uso hospitalario y en su art. H.20.4.b) especifica que el sistema de alarma permitirá la transmisión de alarmas locales, de alarma general y de instrucciones verbales y que, cuando el edificio disponga de más de 100 camas, deberá contar con comunicación telefónica directa con el servicio de bomberos. Al igual que en las instalaciones de detección, el mantenimiento de la instalación de alarma se realizará conforme a lo establecido en el Apéndice 2 del RD 1942/1993.

#### *Instalaciones de extinción de incendios*

Se consideran instalaciones de extinción de incendios los extintores portátiles, las bocas de incendio equipadas (BIE), los hidrantes de incendios, las columnas secas y los sistemas fijos de extinción automática que se comentan brevemente a continuación.

Los *extintores portátiles* se definen como elementos de primera interven-

ción para la lucha contra el fuego y con ese criterio deben ser utilizados ya que su utilidad va ligada a que se ataque el fuego en sus primeras fases de desarrollo, en fase de conato. En fases más avanzadas del incendio, cuando éste alcanza desarrollo y propagación, el extintor portátil puede utilizarse con criterios de control del fuego, pero difícilmente se logrará la extinción del mismo. Por tanto, se ha de alcanzar el máximo rendimiento del uso del extintor y ello tan sólo es posible si se dan las siguientes condiciones:

Los extintores deben ser fácilmente localizables y accesibles en caso de necesidad. Para ello tiene que haber suficiente número de extintores correctamente distribuidos y estar bien ubicados y debidamente señalizada dicha ubicación en el supuesto de que ésta sea dificultosa.

La NBE-CPI-96 en su art. 20.1 para fijar el número y distribución de extintores por planta da el criterio de que el recorrido real desde todo origen de evacuación hasta un extintor no supere 15 m y que en grandes recintos, en los que no existan paramentos o soportes en los que puedan fijarse los extintores conforme a la distancia requerida, éstos se dispondrán a razón de uno por cada 300 m<sup>2</sup> de superficie construida y convenientemente distribuidos.

Para locales o zonas de riesgo especial la NBE-CPI-96 en su art. 20.1 fija los siguientes criterios para determinar el número de extintores: Se instalará un extintor en el exterior del local o de la zona y próximo a la puerta de acceso; este extintor podrá servir simultáneamente a varios locales o zonas. En el interior de la zona o local se instalarán, además, los extintores suficientes para que la longitud del recorrido real hasta alguno de ellos, incluido el situado en el exterior, no sea superior de 15 m en locales de riesgo medio o bajo, o a 10 m en locales o zonas de riesgo alto, cuya superficie construida sea menor que 100 m<sup>2</sup>. Cuando estos últimos locales tengan una superficie construida mayor que 100 m<sup>2</sup>, los 10 m de longitud de recorrido se cumplirán con respecto a algún extintor instalado en el interior del local o de la zona.

La NBE-CPI-96, en su art. H.20.1.3, regula que las zonas de riesgo alto cuya superficie construida exceda de 500 m<sup>2</sup> contarán con extintores móviles (sobre ruedas) de 25 kg de polvo o de CO<sub>2</sub>, a razón de un extintor por cada 2500 m<sup>2</sup> de superficie o fracción.

En cuanto al modo de ubicarse, la NBE-CPI-96 determina que los extintores se dispondrán de forma tal que puedan ser utilizados de un modo rápido y fácil; siempre que sea posible, se situarán en los paramentos de forma tal que el extremo superior del extintor se encuentre a una altura sobre el suelo inferior a 1,70 m.

Si la localización del extintor es dificultosa, la NBE-CPI-96 en su art. 12.2 remite a las normas UNE 23033 y UNE 81501 para su señalización.

La eficacia del extintor debe ser adecuada a la clase de fuego previsible. La eficacia de un extintor se define como la aptitud del mismo para la extinción

de una o de diferentes clases de fuegos. La eficacia de un extintor se designa mediante un código formado por: un valor numérico indicativo del tamaño del fuego que puede apagar y una letra indicativa de la clase de fuego para la cual es adecuado el agente extintor que contiene (ver tabla 6).

Cuando es posible la coexistencia de fuegos de distinta clase, cada extintor ha de tener la eficacia requerida para cada clase de fuego. La NBE-CPI-96 en

CLASES DE FUEGO		AGENTES EXTINTORES						
		AGUA CHORRO	AGUA PULVERIZ.	ESPUMA FÍSICA	POLVO SECO	POLVO POLIVAL.	NIEVE CARBÓNICA $\text{CO}_2$	(I)
<b>A</b>	SÓLIDOS	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>B</b>	LÍQUIDOS	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>C</b>	GASES	<b>NO</b> <b>SI</b>	EXTINGUE LIMITA PROPAG.		<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>D</b>	METALES	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>
<b>E</b>	FUEGOS ELÉCTRICOS	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO**</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>

CLAVES: **SI** Bueno – **SI** Aceptable – **NO** Inaceptable o Peligroso  
**NO\*** Requiere agentes especiales – **NO\*\*** No utilizar en A.T.

(I) Hidrocarburos halogenados autorizados

Tabla 6.- Agente extintor respecto a la clase de fuego

su art. 20.1 exige eficacia mínima 21A - 113B para los extintores. En los locales o las zonas de riesgo especial los extintores tendrán como mínimo eficacia 21A o 55B, según la clase de fuego previsible.

Los usuarios deben poseer una formación y un entrenamiento actualizados sobre el correcto manejo del extintor. Tan sólo así existe la certeza de una actuación rápida y correcta y sin vacilaciones por parte del usuario.

Los extintores deben estar en todo momento en perfecto estado para un uso inmediato. La garantía de que ello es así requiere planificar el mantenimiento necesario para el extintor y ello debe hacerse conforme al programa mínimo establecido en el Apéndice 2 del R.D. 1942/1993.

Una *boca de incendio equipada* es el conjunto de elementos necesarios para

transportar y proyectar agua desde un punto fijo de una red de abastecimiento de agua hasta el lugar del fuego, incluyendo los elementos de soporte, medición de presión y protección del conjunto (ver figura 8).

Las BIE pueden ser de dos tipos: 25 y 45 mm. La facilidad de manejo de las BIE de 25 mm aconseja su uso en la mayor parte de edificios, salvo en aquellos en los que pueda darse un incendio más severo y que habitualmente cuenten con personal formado y adiestrado, en los que debe utilizarse la BIE de 45 mm.

La determinación del número de BIE y su distribución se hará de tal modo que la totalidad de la superficie que se debe proteger lo esté, al menos, por una BIE. Una zona diáfanas se considera protegida por esta instalación cuando la longitud de la manguera y el alcance del agua proyectada, estimado en 5 m, permite alcanzar a todo punto de la misma. Si la zona está compartimentada, bastará que la longitud de la manguera alcance a todo origen de evacuación. En cualquier caso, la distancia entre dos BIE no excederá de 50 m ni de 25 m desde cualquier punto a una BIE.

La presión dinámica en punta de lanza estará comprendida entre 3,5-5 kg/cm<sup>2</sup>. Los caudales mínimos serán de 1,6 l/s para las bocas de 25 mm y 3,3 l/s para los de 45 mm. Estas condiciones de presión y caudal se deberán mantener durante una hora, bajo la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos bocas hidráulicamente más desfavorables. Si los servicios públicos de abastecimiento de agua no pudieran garantizar estas condiciones, será necesario instalar en el edificio un depósito de agua con capacidad suficiente y equipos de bombeo adecuados (ver figura 9).

Se instalarán, preferentemente, lanzas de triple efecto que posibilitan la salida de agua en chorro o pulverizada y crear una pantalla de agua que protege al usuario aislando del fuego y le permite operar con mayor seguridad y confort. Se señalizará su localización, en caso necesario, según normas UNE 23033 y 81501. El mantenimiento de la red de BIE se realizará basándose en los criterios y con la cadencia que se estipula en el R.D. 1942/1993.

La NBE-CPI-96 en su art. 20.3 exige la protección por una instalación de BIE a los edificios, establecimientos o zonas de uso hospitalario.

Un hidrante de incendios, según la norma UNE 23405-89, es un aparato hidráulico, conectado a una red de abastecimiento, destinado a suministrar agua

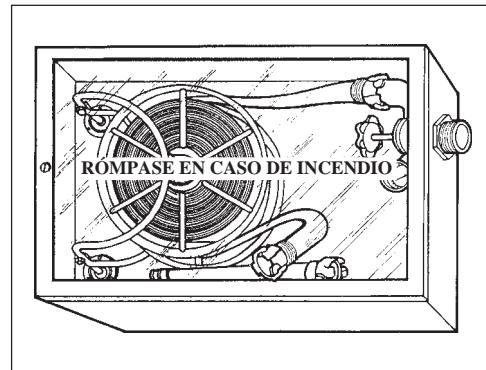


Figura 8.- Instalaciones fijas de extinción. Boca de incendio

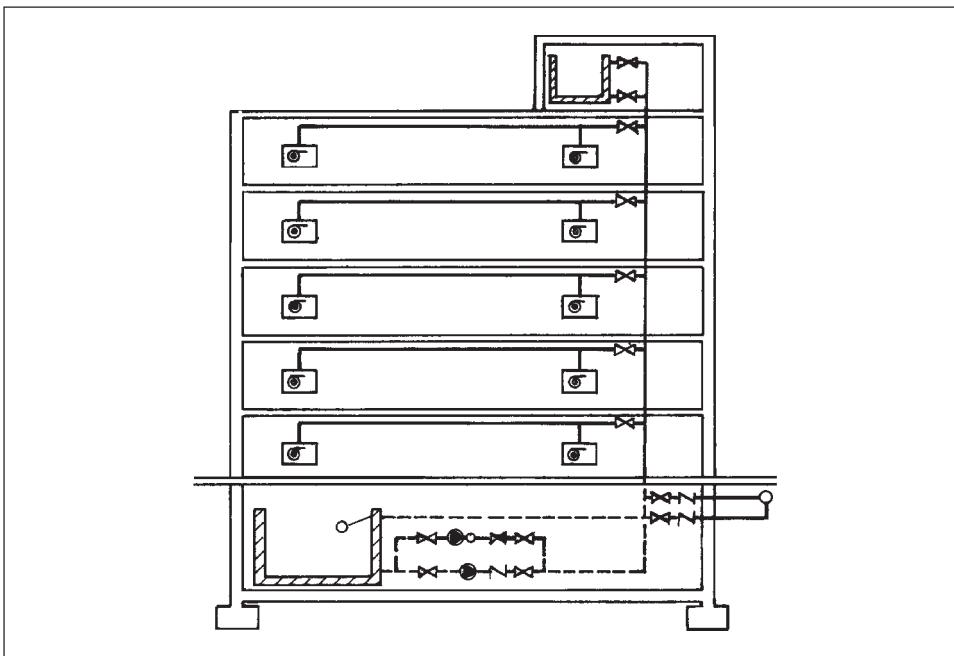


Figura 9.- Instalaciones fijas de extinción. Equipo de manguera

en caso de incendio en todas las fases del mismo. Los hidrantes, que pueden ser de columna (ver figura 10) o enterrados en arqueta, están ubicados en el exterior del edificio con la finalidad de luchar contra el incendio desde el exterior o alimentar otras instalaciones.

La NBE-CPI-96 en su Apéndice 2 establece que corresponde a las autoridades locales regular las condiciones que estimen precisas para el establecimiento de redes de suministro de agua. En ausencia de dicha regulación, recomienda adoptar los siguientes criterios: deben contar con la instalación de al menos un hidrante los edificios o establecimientos de uso hospitalario con superficie construida comprendida entre 2.000 y 10.000 m<sup>2</sup>, deben contar con un hidrante más por cada 10.000 m<sup>2</sup> adicionales de superficie construida o

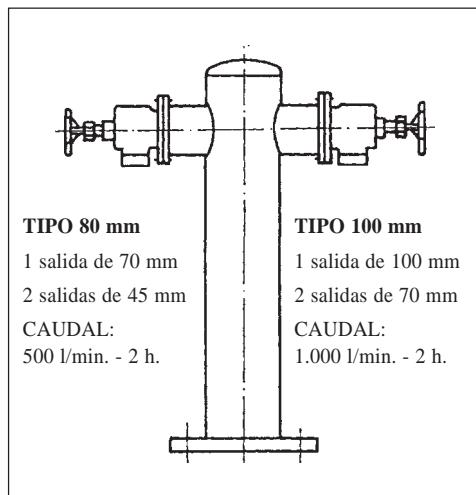


Figura 10.- Instalaciones fijas de extinción.  
Hidrantes de columna

fracción y los hidrantes de la red pública pueden tenerse en cuenta a efectos de cumplimiento de las dotaciones indicadas en el punto anterior. En cualquier caso, los hidrantes que protejan a un edificio deberán estar razonablemente repartidos por su perímetro, ser accesibles para los vehículos del servicio de extinción de incendios y, al menos, uno de ellos debe estar situado a no más de 100 m de distancia de un acceso al edificio.

El mantenimiento de los hidrantes se realizará según lo previsto en el Apéndice 2 del R.D. 1942/1993.

La instalación de *columna seca* es para uso exclusivo del Servicio de Extinción de Incendios (bomberos) y está formada por una conducción normalmente vacía que, partiendo de la fachada del edificio discurre generalmente por la caja de escalera y está provista de bocas de salida en pisos y de toma de alimentación en la fachada para la conexión de los equipos del Servicio de Extinción de Incendios, que es el que proporciona a la conducción la presión y el caudal de agua necesarios para la extinción del incendio (ver figuras 11 y 12).

La NBE-CPI-96 en su art. H. 20.2. exige instalación de columna seca a los edificios hospitalarios cuya altura de evacuación sea superior a 15 m. El número de columnas secas a instalar será el suficiente para que la distancia, siguiendo recorridos de evacuación desde una boca de salida hasta cualquier

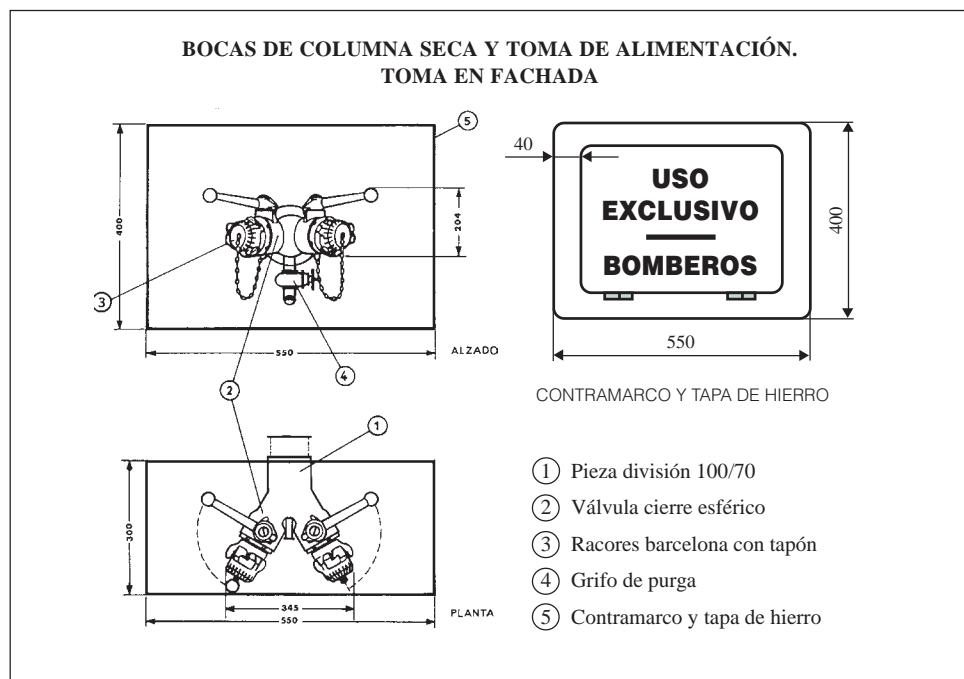


Figura 11.- Toma de columna seca

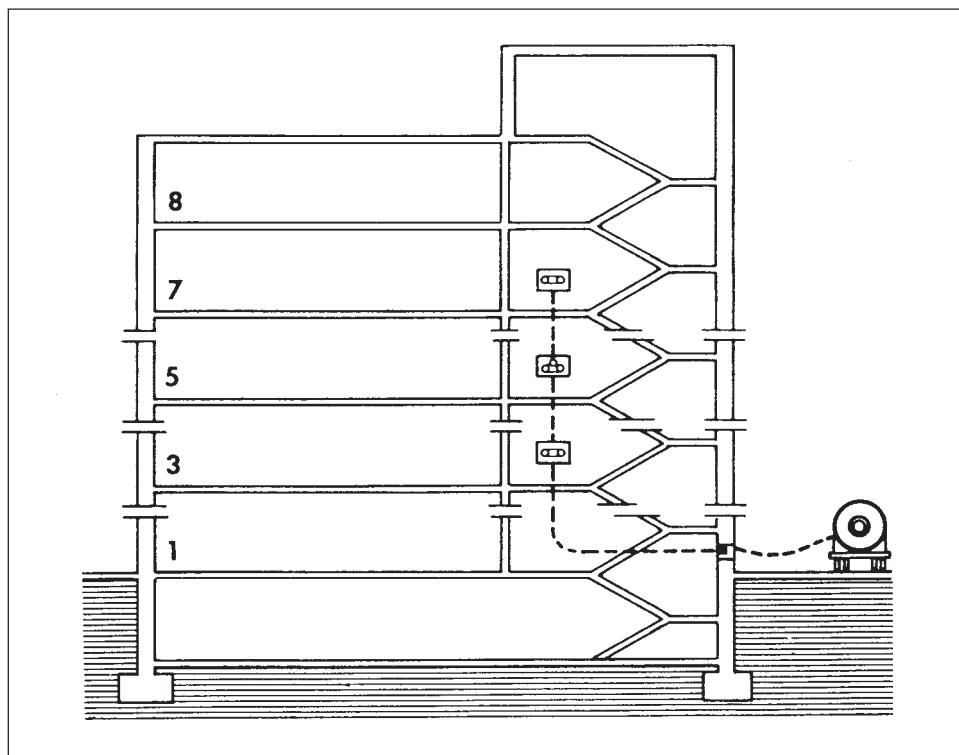


Figura 12.- Instalación de columna seca

origen de evacuación, sea inferior a 60 m. Las bocas de salida estarán situadas en recintos de escaleras o en vestíbulos previos a ellas.

Su mantenimiento se realizará según lo previsto en el Apéndice 2 del R.D. 1942/1993.

Los sistemas fijos de extinción automático tienen como finalidad el control y la extinción de un incendio mediante la descarga automática de un producto extintor en el área protegida. Basicamente, estas instalaciones son de tres tipos: de rociadores automáticos de agua (ver figura 13), de extinción por polvo y de extinción por agentes gaseosos. La NBE-CPI-96 no exige este tipo de instalación en edificios para uso hospitalario.

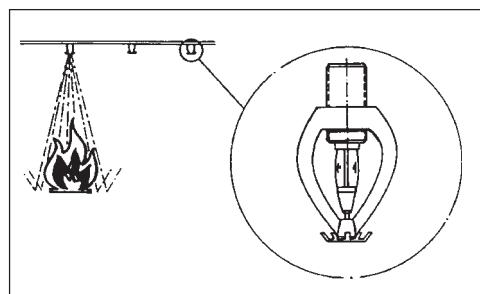


Figura 13.- Instalaciones de extinción automática. Rociadores de agua

Su mantenimiento, cuando existan, se realizará siguiendo los criterios y con la cadencia establecida en el Apéndice 2 del R.D. 1942/1993.

### **Instalaciones de evacuación**

En las consideraciones generales al riesgo de incendio en hospitales se decía que éstos presentan singularidades que los diferencian de otros edificios de pública concurrencia y entre ellas se destacaba el tipo de ocupación del edificio, ya que: en él coexisten pacientes en condiciones de poder evacuar por sí mismos en caso de producirse una emergencia, pacientes inievacuables y el personal sanitario, entre otros.

Todo este conglomerado de situaciones tan heterogéneas hacen presumir que la evacuación ordenada y fluida de un hospital será altamente dificultosa o en ocasiones imposible si las citadas situaciones no se han previsto ni se han planificado, diseñado e implantado medidas racionales tendentes a facilitar soluciones posibles a cada una de las situaciones previstas.

Ello es relativamente fácil si así se prevé en fase de diseño y proyecto, pero es de difícil solución en hospitales en uso, construidos sin criterios de evacuación adecuados a las necesidades de los distintos ocupantes. Para paliar las posibles carencias actuales en ese sentido, tendrán que orientarse las obras y reformas que se realicen en el edificio.

Se exponen seguidamente los medios de evacuación a implantar y los criterios que se deben considerar para facilitar la evacuación total de un hospital en caso de que la gravedad de la emergencia así lo requiera. Entre los requisitos que deben cumplir los edificios se encuentran los siguientes:

#### *Limitaciones de altura*

Esta condición pretende minimizar los recorridos verticales de evacuación, que en el caso de hospitales son especialmente difíciles, a la par que facilitar las tareas (entre ellas la de evacuación) de los servicios de extinción de incendios. En cualquier caso, tanto en hospitales en proyecto como en aquellos que vayan a sufrir remodelaciones, se debería tener en cuenta que sobrepasar las cuatro plantas de edificación introduce problemas accesorios de seguridad que se deberán resolver y, a partir de 28 m sobre el nivel del terreno, estos problemas adquieren en edificios hospitalarios una dimensión que los hace difícilmente resolubles.

#### *Sectorización y compartimentación*

La resistencia al fuego y a la penetración de humos del sector que aloja a pacientes hospitalizados, especialmente en zonas consideradas como inievacuables por las condiciones de los pacientes que las ocupan, es, prácticamente, su única defensa frente al incendio.

La NBE-CPI-96 recoge de forma explícita ya en su art. H.1 el concepto

“evacuación horizontal”. Así, al considerar que la movilidad reducida de muchos pacientes impide que, en caso de incendio, puedan utilizar rápidamente las escaleras para abandonar la planta, en su art. H.4.1 prescribe:

- a) Las plantas en las que existan zonas de hospitalización o unidades especiales (quirófanos, UVI, etc.) estarán compartimentadas al menos en dos sectores de incendio. Cada sector deberá contar con superficie suficiente para albergar a los ocupantes de otros sectores colindantes cuya evacuación esté prevista hacia el sector considerado.
- b) Los sectores que contengan zonas de hospitalización o unidades especiales sólo podrán contener dichos usos y su superficie construida no podrá exceder de 1000 m<sup>2</sup>.

El articulado pretende que, en el mismo nivel, exista la posibilidad de pasar a otro sector distinto de aquel en el que se ha producido el incendio, y se pueda proceder a la posterior evacuación ordenada y paulatina, si fuera necesario. Para conseguir este objetivo, el diseño de los sectores de incendio deberían tener en cuenta los siguientes criterios:

- La RF exigible a los elementos delimitadores de estos sectores será proporcional a la carga de fuego de su contenido y nunca inferior a 60 minutos.
- Cada sector debe tener al menos dos salidas alternativas, protegidas por puertas cortafuegos. Las características de los pacientes internados deben ser evaluadas para fijar los criterios de localización de las salidas.

La planificación y la disposición de las salidas deberán realizarse de tal manera que sea posible trasladar un paciente de un área a otra de la misma planta que constituya otro sector de incendio y que los pacientes internados puedan ser trasladados en sus camas.

Cuando el diseño lo permita, el núcleo central de comunicaciones verticales de una planta con dos o más unidades de enfermería deberá constituir un sector de incendio, de tal manera que se establezca una doble barrera y se posibilite la evacuación por dicho núcleo.

- Al realizar la compartimentación se pondrá especial cuidado en que las salidas alternativas de un conjunto de sectores no desemboquen a un mismo sector, para evitar que las salidas se vean bloqueadas por un posible fuego en ese sector.

Por último, en cuanto a compartimentación en sectores de incendio, la NBE-CPI-96, en su art. H.4.1. para determinadas zonas, establece una restricción de las dimensiones que con carácter general se fijan en el art. 4:

- c) Las zonas destinadas a apoyo de diagnóstico y las destinadas a tratamientos que no requieran hospitalización estarán compartimentadas en sectores de incendio, de forma tal que la superficie construida de cada uno de ellos, en uno o más niveles, sea menor que 1.500 m<sup>2</sup>. Esta excepción restrictiva de la norma

general, viene motivada en que aunque la mayoría de los pacientes que ocupan estas zonas son ambulantes, es frecuente que además existan pacientes hospitalizados en espera de tratamiento o exploración para su diagnóstico.

- d) Deberán constituir sector de incendio las zonas del edificio o establecimiento destinadas a viviendas, a residencia cuya ocupación sea de más de 20 personas, a uso docente cuya superficie construida sea mayor que 300 m<sup>2</sup> o a uso administrativo cuya superficie construida sea mayor que 1000 m<sup>2</sup>.

#### *Elementos de evacuación*

Con el fin de concretar la infraestructura de elementos de evacuación necesarios, tanto en número como en dimensionamiento, la NBE-CPI-96 fija unos valores de densidad de ocupación que como mínimo se deberán aplicar. Así, en su art. 6.2., fija en una persona por cada 10 m<sup>2</sup> la densidad de ocupación en zonas de hospitalización. El art. H.6.2.a) concreta tal consideración general y establece: “El número de ocupantes que hay que considerar en cada planta a los efectos del dimensionamiento y ubicación de los sectores y salidas de evacuación, será el máximo número de personas previsible en función de la actividad, horario y organización en cada planta, y como mínimo una persona por cada 10 m<sup>2</sup> construidos en las plantas de hospitalización, servicios ambulatorios y de diagnóstico y 1 persona por cada 20 m<sup>2</sup> construidos en los servicios de tratamiento destinados a pacientes internados en el hospital.”

La NBE-CPI-96 en sus arts. H.7, H.8, H.9, H.10, H.11 y H.22 fija las siguientes exigencias a las salidas de evacuación:

- “Las plantas con hospitalización o tratamiento intensivo deberán disponer, al menos, de dos salidas situadas de forma tal que la longitud del recorrido desde todo origen de evacuación hasta alguna de ellas sea menor que 30 m y la del recorrido hasta algún punto del que partan dos recorridos alternativos hacia sendas salidas sea menor que 15 m.
- Los recintos cuya superficie exceda de 90 m<sup>2</sup> construidos y se utilicen como habitación de pacientes hospitalizados, contarán al menos con dos salidas alternativas.
- Con carácter general, las habitaciones de pacientes y las salas de tratamiento, de curas, etc., deben tener salida directa a un pasillo general de evacuación de la planta. No obstante, cuando la superficie construida de dichos recintos no excede de 90 m<sup>2</sup>, se admite que las salidas comuniquen con salas intermedias que no sean locales de riesgo especial. Asimismo, en unidades especiales de enfermería (cuidados intensivos, neonatología, etc.), se admite la existencia de salas de control para el personal de enfermería.
- Para que una puerta de paso desde una zona de hospitalización a otro sector de incendio pueda considerarse salida de planta, la superficie del espacio al que se accede debe ser al menos de 0,70 m<sup>2</sup> por cada ocupante. Cuando la puerta

sea de paso desde una zona de tratamiento intensivo, la superficie será al menos de 1,50 m<sup>2</sup> por cada ocupante.

En las zonas de tratamiento intensivo de pacientes se supone que, en caso de incendio, la totalidad deben ser trasladados en cama o en camilla.

- Para que pueda considerarse como salida de planta la puerta de paso desde una zona de hospitalización o de tratamiento intensivo a una escalera protegida, a un pasillo protegido, o a un vestíbulo previo, dichos elementos deben tener una superficie igual o mayor que la calculada conforme a los criterios expuestos en el párrafo anterior. En el caso de escaleras, dicha superficie se refiere a la del rellano de la planta considerada, admitiéndose su utilización para actividades de escaso riesgo, como salas de espera, etc.

La exigencia del articulado puede cumplirse por dos procedimientos: dando a los recintos protegidos que se citan, con el espacio requerido, o bien interponiendo, entre el sector de hospitalización y la salida considerada, otro sector sin hospitalización en el cual se puede computar la superficie de salas de visita, despachos, oficios, etc.

Para las escaleras, la NBE-CPI-96 en su art. 7.3 y H.7.3 establece:

- Serán protegidas las escaleras que sirvan a plantas cuya altura de evacuación sea mayor que 10 m en edificios de uso hospitalario.
- Las escaleras a las que se acceda desde sectores de incendio destinados a hospitalización o tratamiento intensivo, serán protegidas.
- Serán especialmente protegidas las escaleras que sirvan a plantas cuya altura de evacuación sea mayor que 20 m en uso hospitalario.
- Las escaleras a las cuales se accede desde sectores de incendio destinados a hospitalización o a tratamiento intensivo y cuya altura de evacuación sea mayor que 14 m, serán especialmente protegidas.

La enumeración de los requisitos exigibles a las escaleras para ser consideradas como protegidas o especialmente protegidas se realiza, con carácter general, en el art. 10. Estas escaleras deberán reunir las siguientes características:

- Los tramos de escaleras que sirvan a zonas de hospitalización o de tratamiento intensivo no podrán salvar una altura mayor que 2,50 m.
- En escaleras que sirvan a zonas de hospitalización o de tratamientos intensivos, la profundidad de las mesetas en las que se produzcan cambios de dirección de 180°, medida en la dirección del eje de los tramos, será 2,00 m, como mínimo.
- En escaleras que sirvan a zonas de hospitalización o de tratamientos intensivos no se permiten escaleras con trazado curvo.
- Cuando esté prevista la evacuación de zonas de hospitalización o de trata-

miento intensivo a través de un vestíbulo previo, la distancia entre las dos puertas que deben atravesarse consecutivamente en la evacuación será de 4 m como mínimo.

La evacuación a través de un vestíbulo previo es preceptiva para el acceso a escaleras especialmente protegidas y la separación entre puertas del vestíbulo, exigida en el articulado, pretende evitar que en el traslado de camas o camillas ambas puertas permanezcan simultáneamente abiertas con el consiguiente paso de humo.

#### *Dimensiones de los elementos de evacuación*

La *asignación de ocupantes* se llevará a cabo conforme a los criterios establecidos en el art. 7.4.1 de la NBE-CPI-96.

La *anchuras mínimas y máximas* de aquellos elementos de evacuación que sirvan a zonas de hospitalización, a tratamientos intensivos o a áreas de apoyo de diagnóstico serán las siguientes:

- La anchura libre en puertas, pasos y huecos previstos como salidas y en las puertas de las habitaciones será igual a 1,05 m, como mínimo. La anchura de cada hoja será igual a 1,20 m como máximo.
- La anchura libre mínima de todo pasillo previsto como recorrido de evacuación será igual a 2,20 m, como mínimo, excepto el paso a través de puertas, que podrá ser de 2,10 m.
- Las escaleras previstas para la evacuación tendrán una anchura libre de 1,20 m como mínimo. Si los recorridos por ella obligan a giros de 90°, la anchura libre será 1,40 m, como mínimo.

El incremento en las dimensiones mínimas de los elementos de evacuación proviene de la necesidad de desplazar camas o camillas. En las zonas no destinadas a pacientes internos o externos, como por ejemplo las de uso Administrativo y de Dirección, la anchura de los pasillos de evacuación será 1,10 m, como mínimo.

Respecto a las *escaleras de incendios* la NBE-CPI-96 establece que en los edificios y en los establecimientos de uso hospitalario no se tendrán en cuenta las escaleras de incendios, a efectos de justificar el cumplimiento de las condiciones de evacuación.

La prescripción del articulado no prohíbe la existencia de escaleras de incendio, como sí lo hacía la NBE-CPI-91. Se pretende que en los edificios de uso hospitalario, tanto en los de nueva planta como en la reforma de los existentes, las condiciones de evacuación se cumplan mediante escaleras normales y no mediante las de incendio, cuyas exigencias son menos rigurosas.

Respecto al *ascensor de emergencia*, la NBE-CPI-96 en su Art. H.22 establece:

- Dotación: Las zonas de hospitalización y las de tratamiento intensivo, cuya

altura de evacuación sea mayor que 15 m. dispondrán, al menos, de un ascensor que cumpla las condiciones de ascensor de emergencia.

- Características: Las dimensiones de la planta de la cabina serán 1,20 x 2,10 m, como mínimo. Estas dimensiones mínimas tienen por finalidad que este ascensor, además de que pueda ser utilizado en caso de incendio por el servicio de bomberos, tenga capacidad para evacuar a pacientes en cama o camilla.

En la planta de acceso al edificio se dispondrá, junto a los mandos del ascensor, un pulsador, bajo una tapa de vidrio, con la inscripción “USO EXCLUSIVO BOMBEROS”; la activación del pulsador debe provocar el envío del ascensor a la planta de acceso y permitir su maniobra exclusivamente desde cabina.

En caso de fallo del abastecimiento normal, la alimentación eléctrica al ascensor de emergencia pasará a realizarse de forma automática desde una fuente propia de energía que disponga de una autonomía de 1 h como mínimo.

#### *Materiales de revestimiento en recorridos de evacuación*

La clase de reacción admisible en los materiales utilizados como revestimiento o acabado superficial en pasillos, escaleras y en las zonas por las que discurrían los recorridos de evacuación en edificios o establecimientos de uso hospitalario serán M2 para revestimiento de suelos y M1 para paredes y techos o una clase más favorable.

#### *Señalización de evacuación*

La señalización tiene carácter de medida de “protección pasiva” ante el fuego, en el sentido en que ésta se ha definido. Debe considerarse como una instalación de ayuda a la evacuación ya que su misión es la de facilitar la evacuación de los ocupantes del edificio y, en particular, la de aquellos ocupantes no habituales que por no estar familiarizados con el edificio podrían tener dificultades de evacuación por desorientación.

Así pues, para que ofrezca garantías plenas de eficacia, las señales deben disponerse de forma que resulten claramente visibles y la instalación de señalización debe proporcionar “información continuada” de la dirección de los recorridos a seguir desde todo origen de evacuación hasta el punto desde el que sea visible la salida o la señal que la indica.

En los puntos de cualquier recorrido de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, la señalización implantada debe indicar claramente la alternativa correcta.

En recorridos señalizados, toda puerta que no sea de salida, que no tenga ninguna indicación relativa a la función del recinto al que da acceso y que pueda inducir a error en la evacuación, deberá señalizarse con el rótulo “sin salida”, dispuesto en lugar fácilmente visible, preferentemente en la propia puerta.

La simbología empleada, a fin de lograr la adecuada y necesaria uniformidad y facilitar su interpretación, debe normalizarse. A tal fin, la NBE-CPI-96 en su art. 12 remite explícitamente a la norma UNE 23034 para fijar las características de las señales de evacuación.

Hay que añadir, por último, que en los centros en que por albergar pacientes con sus facultades sensoriales disminuidas así se precise, se deberá disponer de otros medios de aviso complementarios.

#### *Alumbrados especiales*

Estos alumbrados, que, al igual que la señalización, tienen carácter de medida de “protección pasiva” y cuya misión es la de ayuda a la evacuación, fueron convenientemente desarrollados en el Capítulo referente a “Riesgo eléctrico. Instalaciones eléctricas en hospitales” y en concreto al comentar la MIE-BT-025 del REBT.

La NBE-CPI-96 fija en su art. 21 la dotación y características que, con carácter general, debe cumplir la instalación de alumbrado de emergencia y en su art. H.21.2.1 introduce una especificidad que consiste en exigir, para zonas de hospitalización y en las de tratamiento intensivo, que el alumbrado de emergencia proporcione una iluminación no menor que 5 lux, durante 2 horas como mínimo.

La instalación de alumbrado de emergencia, para que ofrezca garantías plenas de eficacia, debe proporcionar “continuidad de iluminación” desde todo origen de evacuación hasta el punto en que sea visible la salida o la señal que la indique. Además, debe garantizar el nivel mínimo de iluminación requerida no sólo en caso de corte de suministro de energía, sino también en presencia de humo.

#### *Aspectos de organización para la evacuación de hospitales*

Complementariamente a los requisitos exigibles a los edificios en cuanto a instalaciones para facilitar la evacuación fluida y rápida de un hospital en caso de necesidad, se deben considerar una serie de aspectos que, a buen seguro, contribuirán en la eficacia de la evacuación.

Respecto a las *restricciones a la ocupación*, la NBE en su art. H.5.1 fija los siguientes requisitos:

- “No podrán destinarse a hospitalización ni a tratamiento intensivo aquellas zonas cuya evacuación hasta alguna salida del edificio precise salvar una altura mayor que 2 m en sentido ascendente.
- No obstante, podrán destinarse a tratamiento intensivo con radioterapia zonas cuya evacuación precise salvar alturas mayores que la indicada en el párrafo anterior, siempre que dichas zonas cuenten, como mínimo, con dos salidas de planta y al menos una de ellas consistirá en una puerta que dé acceso a otro

sector en la misma planta, a una escalera protegida, a un pasillo protegido, o a un vestíbulo previo.”

Además de estas restricciones fijadas por la NBE, la dirección de todo centro hospitalario debe considerar, a la hora de estructurar la ocupación del edificio y de distribuir las distintas áreas o dependencias del mismo, la necesidad de ubicar las áreas asistenciales, cuyos pacientes presenten mayores dificultades de evacuación (Neonatología, Traumatología, Psiquiatría, etc.), en plantas bajas y en sectores que comuniquen con el exterior o vías de evacuación que allí desemboquen.

Parece obvio que estos pacientes, por sus condiciones disminuidas, tendrán mayores dificultades de evacuación cuanto más alejados se encuentren de las plantas bajas, pero no son sólo ellos los afectados por tal circunstancia, sino también todos aquellos profesionales del hospital (enfermeros/as, celadores/as, ...) responsables de su seguridad y evacuación.

Respecto a la *planificación de la evacuación*, los edificios o establecimientos de uso hospitalario están legalmente obligados a implantar un Plan de Emergencia y dentro de su contexto merece ser resaltado, por su importancia e incidencia en la gravedad de las posibles consecuencias, la planificación de la evacuación.

Un Plan de Evacuación se compone de dos partes perfectamente diferenciadas y necesariamente complementarias para garantizar la operatividad y eficacia del mismo: una componente técnica, que facilite la detección inmediata del siniestro, proporcione una transmisión fiable y ágil de la alarma, tenga una señalización de acceso a vías de evacuación (horizontal y/o vertical) y unas vías de evacuación suficientes, racionales y estancas a humo y llamas, y una componente humana, que optimice la utilización de la componente técnica. Ello exigirá una adecuada formación y el adiestramiento de los individuos que deban intervenir en la ayuda a la evacuación, única forma de garantizar una respuesta correcta de los mismos y evitar que se produzcan interferencias.



## **18**

### **PLAN DE EMERGENCIA**

#### **INTRODUCCIÓN**

El plan de emergencia es la planificación y organización humana para la utilización óptima de los medios técnicos previstos con la finalidad de reducir al mínimo las posibles consecuencias humanas y/o económicas que pudieran derivarse de la situación de emergencia.

De la definición se desprende que el plan de emergencia persigue optimizar los recursos disponibles, por lo que su implantación implica haber dotado previamente al edificio de la infraestructura de medios materiales o técnicos necesarios en función de las características propias del edificio y de la actividad que en el mismo se realiza. Ello a su vez comporta haber realizado previamente una identificación y análisis de los riesgos o deficiencias del edificio, imprescindible para conocer la dotación de medios de prevención-protección que se precisan en el mismo.

Sólo en este momento, cuando el edificio está correctamente equipado, cabe hablar de la implantación de un plan de emergencia si se quiere tener la certeza de que éste será operativo y eficaz. En caso contrario, se dispondrá de un documento más o menos correcto, pero ineficaz en su puesta en práctica.

#### **¿Qué hacer en el período de tiempo que forzosamente va a transcurrir hasta que el edificio se equipa con las instalaciones necesarias?**

En este período, el plan de emergencia, que debe existir aunque sea con carácter de provisionalidad, debe contemplar tal situación y adecuarse a tales carencias, de modo que las actuaciones que en el mismo se prevean se adecúen

a lo que se pueda hacer en función de “aquello con lo que se cuenta y en qué condiciones”.

### **¿Debe existir un plan de emergencia en edificios hospitalarios?**

La respuesta a tal pregunta es un **sí** rotundo y la justificación a tal afirmación se fundamenta en un doble aspecto:

- En España, en la Orden Ministerial de 24 de octubre de 1979 se señala la obligatoriedad para centros hospitalarios de la elaboración de un Plan de Emergencia contra Incendios. El artículo 20 de la LPRL obliga a todo tipo de establecimientos, y por supuesto a los hospitalarios, a implantar medidas de emergencia.
- Los centros hospitalarios constituyen, generalmente, establecimientos complejos en los que coexisten instalaciones de riesgo (laboratorios, almacenes, cocinas, etc.) con una ocupación de los mismos (densidad de ocupación, edad y estado de los ocupantes) que hace previsible que la aparición de una situación de emergencia en este tipo de edificios e instalaciones podría dar lugar a consecuencias catastróficas si previamente no se ha previsto tal evento y no se han diseñado e implantado medidas de prevención-protección tendentes a evitar la aparición de siniestros y, en su caso, a minimizar las consecuencias humanas y materiales que éstos pudieran provocar.

El conjunto de medidas de prevención-protección previstas y/o implantadas, así como la secuencia de actuaciones a realizar ante la aparición de un siniestro deben estar normalizadas por escrito y ser conocidas por todas aquellas personas que puedan verse afectadas. El documento que compila todo ello se denomina “PLAN DE EMERGENCIA”.

### **OBJETIVOS DEL PLAN DE EMERGENCIA**

Todo plan de emergencia persigue un objetivo general que consiste en evitar la aparición de un siniestro y en garantizar la intervención inmediata y eficaz de los medios previstos y disponibles en caso de que el siniestro se produzca.

Para el cumplimiento de ese objetivo, es preciso: conocer el edificio y sus instalaciones (locales y zonas de riesgo que existan); adecuar la infraestructura de medios de prevención-protección necesarios al riesgo existente y a las características del edificio; determinar las necesidades de evacuación (vertical u horizontal) que se precisan; tener informados a todos los ocupantes del edificio de cómo deben actuar ante una alarma o emergencia; disponer de personal que pueda actuar con eficacia y rapidez ante una situación de emergencia; y conocer todos los medios de protección disponibles y garantizar su viabilidad de funcionamiento.

## CONTENIDO DEL PLAN DE EMERGENCIA

Si bien la propia legislación que obliga a elaborar e implantar un plan de emergencia fija un contenido (ver figura 1), esta información es generalmente insuficiente para permitir al responsable de elaborar un plan de emergencia tener unas directrices sobre cómo hacerlo.

- Medidas de prevención necesarias para evitar la producción de un incendio.
- Definición de la secuencia de actuaciones del personal y de los usuarios ante un fuego.
- Determinación de rutas y formas de evacuación de algunas zonas del edificio o de su totalidad.
- Difusión del plan; éste debe estar escrito y debe ser conocido por el personal y los usuarios del hospital.
- Colocación de forma visible de un resumen de las actuaciones inmediatas en caso de incendio en:
  - Los locales ocupados de forma habitual por el personal del centro.
  - Las zonas de alto riesgo.
  - Las habitaciones de los pacientes.
  - Las salas de espera.
  - Los pasillos y vestíbulos.
- Formación del personal en los siguientes aspectos:
  - Prevención
  - Detección
  - Normas de actuación ante el fuego
  - Evacuación del centro

Figura 1.- Contenido del plan de emergencia

Esta información no da respuesta a un montón de preguntas que se plantean: ¿por dónde empezar?, ¿qué aspectos debe contemplar?, ¿cómo se debe estructurar?, ¿qué secuencia de actuaciones se debe prever? y ¿qué alcance debe tener?, entre otras.

Para dar respuesta a la cuestión “¿cómo elaborar un plan de emergencia?”, en este tema se remite a la Orden de 29.11.1984 del Ministerio del Interior. Protección Civil. “Manual de Autoprotección. Guía para el desarrollo del plan de emergencia contra incendios y de evacuación de locales y edificios”.

Aunque su utilización es voluntaria y así lo refleja en su disposición 1<sup>a</sup> la propia Orden, su aplicación facilita significativamente los pasos a realizar para evaluar el riesgo, redactar e implantar un plan de emergencia. Se procede seguidamente a desarrollar y comentar la citada Orden.

## MANUAL DE AUTOPROTECCIÓN

El manual de autoprotección se estructura en cuatro documentos que cu-

bren cuatro fases para su correcta aplicación y que se comentan en los apartados siguientes.

### Evaluación del riesgo

Este documento persigue identificar el riesgo potencial de incendio, su valoración y su localización en el edificio.

#### *Riesgo potencial*

Para su identificación se deben indicar de modo detallado las situaciones peligrosas existentes con todos sus factores de riesgo determinantes. En especial los descritos en la figura 2.

- El emplazamiento del establecimiento respecto a su entorno.
- La situación de los accesos, anchura de las vías públicas o privadas, accesibilidad de vehículos de bomberos, etc.
- La ubicación de medios exteriores de protección, hidrantes, etc.
- Las características constructivas del edificio, entre ellas: vías de evacuación, sectores de incendio, resistencia al fuego (RF) de elementos estructurales, etc.
- Las actividades que se desarrollen en cada planta, con su situación y superficie que ocupen.
- La ubicación y características de las instalaciones y servicios.
- El número máximo de personas a evacuar en cada área con el cálculo de ocupación según los criterios de la normativa vigente.

Figura 2.- Factores de riesgo potencial

#### *Evaluación*

Se realizará una valoración que pondere las condiciones del estado actual de cada uno de los riesgos considerados en cada área, así como su interrelación.

El manual utiliza para este fin el criterio del riesgo intrínseco en función de su uso, de la ocupación, superficie de la actividad y altura de los edificios. Ello permite clasificar el nivel de riesgo en “alto”, “medio” y “bajo”.

Las condiciones de evacuación de cada planta del edificio deberán ser evaluadas en función del cumplimiento o no de la normativa vigente, definiéndose las condiciones de evacuación en “adecuadas” e “inadecuadas”.

Independientemente de los criterios de valoración tomados por el manual; en función del uso del edificio, de la peligrosidad de los productos o instalaciones existentes, de su complejidad o de otros parámetros que el técnico que realiza la valoración pueda en cada caso considerar, se podrán utilizar para este fin métodos de evaluación específicos o más precisos. Así, por ejemplo, puede ser útil el método *Gretener*.

### *Planos de situación y emplazamiento*

A parte de la memoria en la que se recogerá el análisis y contraste de todos los aspectos anteriormente citados, la información recopilada y evaluada del riesgo se representará gráficamente en planos realizados en un formato manejable y a escala adecuada. Los símbolos gráficos utilizados se corresponderán con la norma UNE 23-032.

De estos planos deben realizarse tres ejemplares: uno para el cuerpo de bomberos, otro para la dirección del establecimiento y el tercero para depositarlo en un armario o similar situado en la entrada principal del edificio e identificado con la leyenda “uso exclusivo de bomberos”.

## **Medios de protección**

Se deben relacionar en este documento los medios tanto técnicos como humanos necesarios o disponibles para la autoprotección de la forma siguiente:

### *Inventario de medios técnicos*

Se efectuará una descripción detallada de los medios técnicos necesarios y de los que se disponga para la autoprotección. En particular se describirán las instalaciones de detección, de alarma, los equipos de extinción de incendios, los alumbrados especiales (señalización, emergencia, reemplazamiento) y los medios de socorro y rescate indicando para cada uno de ellos sus características, ubicación, adecuación, nivel de dotación, estado de mantenimiento, etc.

### *Inventario de medios humanos*

Se efectuará una descripción detallada de los medios humanos necesarios y disponibles para participar en las acciones de autoprotección. El inventario se efectuará para cada lugar y para cada tiempo que implique diferentes disponibilidades humanas: día, noche, festivos, vacaciones, etc.

Se especificará el número de equipos necesarios con el número de sus componentes en función de sus cometidos. Deberá justificarse la dotación de componentes de cada equipo así como su distribución en todo el edificio. Los equipos deben cubrir toda el área del edificio, repartiéndoselos por zonas, de manera que cada equipo tenga definida un área de actuación, que generalmente se corresponderá con aquella en la que estén ubicados sus puestos de trabajo.

### *Plano de edificio por plantas*

Complementando la memoria donde se exponen todas las características importantes de las instalaciones existentes, incidiendo especialmente en las instrucciones de uso, ámbitos de aplicación, limitaciones de uso, etc., se representará gráficamente en planos la localización de los medios de protección y vías de evacuación existentes.

Estos planos, realizados en un formato manejable y a escala adecuada, contendrán, como mínimo, la información reflejada en la figura 3.

- Compartimentación y resistencia al fuego.
- Vías de evacuación principales y alternativas.
- Medios de detección y alarma.
- Sistemas de extinción fijos y portátiles, manuales y automáticos.
- Señalización y alumbrado de emergencia.
- Almacén de materias inflamables y otros locales de especial peligrosidad.
- Ocupación por zonas.
- Situación de interruptores generales de suministro eléctrico, válvulas de cierre de las instalaciones de suministro de gas, etc.
- Ubicación de medios materiales para los equipos de emergencia.

Figura 3.- Información contenida en los planos

De estos planos se realizarán tres ejemplares, dándoseles idéntica distribución a la de los planos de situación y emplazamiento de las zonas de riesgo.

### **Plan de emergencia**

En este documento se elaborará el esquema de actuaciones que se deben realizar en caso de emergencia. Del estudio anterior de los riesgos potenciales y de los medios de protección con los que se cuenta se derivarán las actuaciones que se plasmarán en el plan de emergencia.

Para ser operativo, el plan de emergencia ha de tener respuesta clara, concreta y concisa a las preguntas: “¿qué se hará?, ¿quién lo hará?, ¿cuándo?, ¿cómo? y ¿dónde se hará?”, planificando la organización humana con los medios necesarios que la posibilite.

En el plan de emergencia se contemplarán los distintos tipos de posibles emergencias así como los equipos de emergencia.

#### *Clasificación de emergencias*

La elaboración de los planes de actuación se hará teniendo en cuenta la gravedad de la emergencia, las dificultades de controlarla y sus posibles consecuencias y la disponibilidad de medios humanos.

En función de la gravedad de la emergencia, se suele clasificar en distintos niveles:

- Conato de emergencia: situación que puede ser controlada y solucionada de forma sencilla y rápida por el personal y medios de protección del local, dependencia o sector.

- Emergencia parcial: situación que para ser dominada requiere la actuación de equipos especiales del sector. No es previsible que afecte a sectores colindantes.
- Emergencia general: situación para cuyo control se precisa de todos los equipos y medios de protección propios y de la ayuda de medios de socorro y salvamento externos. Generalmente comportará evacuaciones totales o parciales.

En función de la disponibilidad de medios humanos, los planes de actuación pueden clasificarse en: diurnos (a turno completo y en condiciones normales de funcionamiento), nocturnos, festivos y vacacionales.

#### *Equipos de emergencia: denominación, composición y misiones*

Constituyen el conjunto de personas especialmente entrenadas y organizadas para la prevención y actuación en accidentes dentro del ámbito del establecimiento, en concreto: los equipos de alarma y evacuación, los equipos de primeros auxilios, los equipos de primera intervención, los equipos de segunda intervención, el jefe de intervención y el jefe de emergencia.

En materia de prevención su misión fundamental consiste en evitar la coexistencia de condiciones que puedan originar el siniestro. En materia de protección, en hacer uso de los equipos e instalaciones previstos a fin de dominar el siniestro o, en su defecto, controlarlo hasta la llegada de ayudas externas, procurando, en todo caso, que el coste en daños humanos sea nulo o el menor posible. Para ello, deberán estar informados de la dotación de medios de que se dispone, formados en su utilización y entrenados a fin de optimizar su eficacia.

- Equipos de alarma y evacuación: Entre sus misiones fundamentales destacan: preparar la evacuación, entendiendo como tal la comprobación de que las vías de evacuación están expeditas; la toma de puestos en puntos estratégicos de las rutas de evacuación y dirigir el flujo de evacuación mediante la conducción y el barrido de personas hacia las vías de evacuación; su colocación en las puertas, controlando la velocidad de evacuación e impidiendo las aglomeraciones; en los accesos a escaleras, el control del flujo de personas; impedir la utilización de los ascensores en caso de incendio; y en salidas al exterior, impedir las aglomeraciones de sujetos evacuados cerca de las puertas.

Este equipo debe también comprobar la evacuación de sus zonas y controlar las ausencias en el punto de reunión exterior, una vez que se haya realizado la evacuación.

El número de personas que componen el equipo de alarma y evacuación puede ser muy variable, debido a que los componentes necesarios para las labores de barrido dependen de las características de la actividad y del edificio: ocupación, número de plantas y superficie de las mismas, etc. El perfil de estas personas, debe ser tal que entre otras características tengan serenidad y sepan infundir y transmitir tranquilidad a los demás.

- **Equipos de primeros auxilios:** Su misión será prestar los primeros auxilios a los lesionados durante una emergencia. Para ello deberá estar capacitado para decidir la atención que hay que prestar a los heridos de forma que las lesiones que presentan no empeoren y proceder a la estabilización de los lesionados graves, a fin de ser evacuados. Asimismo, debe tener el criterio de priorizar ante la atención de lesiones.

Para un correcto y eficaz desarrollo de su cometido los integrantes del equipo deberán tener formación y adiestramiento continuados en emergencias médicas, urgencias médicas, inmovilización, movilización y transporte de heridos.

- **Equipos de primera intervención:** Sus cometidos constituyen una importante labor preventiva, ya que son los que conocen las normas fundamentales de la prevención de incendios. Son los encargados de combatir los conatos de incendio con los extintores portátiles en su zona de actuación; fuera de su zona de actuación los componentes del equipo serán un ocupante más del establecimiento, a no ser que sea necesaria su intervención en otras zonas (en casos excepcionales). Son también los encargados de apoyar a los componentes del Equipo de Segunda Intervención cuando les sea requerido (tendido de mangueras, etc.).

El número de componentes de estos equipos será aproximadamente similar al número de unidades extintoras colocadas. La actuación de sus miembros será siempre por parejas. En caso de necesitar ayuda de otros equipos de primera intervención, éstos serán siempre de plantas inferiores al incendio. Si existiesen sistemas fijos de extinción en alguna zona, el equipo de la misma conocerá su operación.

Los componentes de estos equipos tendrán además formación en los siguientes temas: conocimiento del fuego, métodos de extinción, agentes extintores, extintores portátiles, prácticas de extinción con extintores portátiles, operaciones en sistemas fijos de extinción (en su caso) y plan de emergencia.

- **Equipos de segunda intervención:** Este equipo representa la máxima capacidad extintora del establecimiento. Su ámbito de actuación será cualquier punto del establecimiento donde de pueda producir una emergencia de incendio.

Deben ser personas localizables permanentemente durante la jornada laboral mediante algún medio de transmisión fiable (llamada colectiva, buscapersonas, radio, etc.).

Deberán tener formación y adiestramiento adecuados en el combate del tipo de fuegos que puedan encontrar en el establecimiento con medios de primera intervención (extintores portátiles), de segunda intervención (mangueras) y, en su caso, equipos especiales (sistemas fijos de extinción, equipos de respiración autónoma, etc.). Deben asimismo conocer exhaustivamente el plan de emergencia.

La composición mínima del equipo debe ser de tres personas, pudiendo formar más de un equipo cuando las circunstancias de amplitud del establecimiento lo requieran (tiempos de intervención demasiado dilatados, etc.).

- Jefe de Intervención: Dirigirá las operaciones de extinción en el punto de la emergencia, donde representa la máxima autoridad, e informará y ejecutará las órdenes que reciba del Jefe de Emergencia a través de algún medio de comunicación fiable. Deberá ser una persona permanentemente localizable durante la jornada laboral de manera similar a los Equipos de Segunda Intervención, con un conocimiento bastante profundo teórico-práctico en seguridad contra incendios, buenas dotes de mando y un gran conocimiento del plan de autoprotección. A la llegada del servicio público de extinción les cederá el mando de las operaciones, informando y colaborando con los mismos en lo que le sea solicitado.
- Jefe de Emergencia: Es la máxima autoridad en el establecimiento durante las emergencias. Actuará desde el centro de control (lugar donde se centralizan las comunicaciones) a la vista de las informaciones que reciba del Jefe de Intervención desde el punto de la emergencia.

Poseerá sólidos conocimientos de seguridad contra incendios y del plan de autoprotección, debiendo ser una persona con dotes de mando y localizable durante las 24 horas del día. Decidirá el momento de la evacuación del establecimiento.

En los supuestos en que se considere preciso, en aras a incrementar la operatividad del plan, la figura del Jefe de Emergencia puede sustituirse por la creación de un órgano colegiado, que se identificará con el nombre de Comité de Emergencia.

## **Implantación**

Por “implantación” de un plan de emergencia se entiende el conjunto de medidas que se han de tomar o secuencia de acciones que se deben realizar para asegurar la eficacia operativa del mismo. Estas actuaciones comenzarán por su presentación y divulgación a todo el personal del centro así como al público usuario y/o visitante del hospital. La presentación se hará extensiva a organismos e instituciones que presumiblemente deberían o podrían intervenir en la resolución de emergencias (bomberos, fuerzas de seguridad, etc.).

### *Divulgación del plan entre el personal del centro*

La adecuación de los medios humanos a las necesidades del plan no se limitan a la constitución, formación y adiestramiento de los equipos de intervención. Todo el personal del centro debe ser conocedor de la existencia del plan y de su contenido y debe ser informado de qué pautas de comportamiento debe observar y cómo debe actuar en caso de activación del plan.

A tal fin, se celebrarán reuniones informativas a las que asistirán todos los ocupantes habituales del edificio. En ellas se explicará el plan de emergencia, entregando a todas y cada una de las personas por escrito las consignas generales de autoprotección que deben conocer y tomar. Estas se referirán al me-

nos a: las precauciones que se han de adoptar para evitar las causas que pueden originar una emergencia; la forma en que deben informar cuando detecten una emergencia; la forma en que se les transmitirá la alarma y la información sobre lo que se debe y lo que no se debe hacer ante una emergencia.

#### *Divulgación del plan entre el público*

Los usuarios del hospital, pacientes y visitantes deben, durante su estancia en el mismo, estar informados de aquellos aspectos del plan de emergencia cuyo conocimiento les permita prevenir situaciones de emergencia y promover que, una vez producidas estas, no impliquen para ellos consecuencias lesivas.

La información a los pacientes, verbal y escrita, podría facilitarse conjuntamente con la documentación que se les entrega cuando son hospitalizados sobre las características del centro, horarios, derechos y deberes, etc.

Complementariamente y a modo de recordatorio de la información facilitada, se deberán colocar en las habitaciones planos de la planta con la localización de las vías de evacuación a utilizar y consignas de actuación a seguir.

La información a visitantes se realizará a través de planos del tipo “Ud. se encuentra aquí” que se distribuirán estratégicamente por las distintas áreas de todo el hospital y, especialmente, en los espacios físicos propicios para su lectura: salas de espera, proximidad de ascensores, vestíbulos, etc. La información contendrá como mínimo: un plano de planta con la localización exacta de su ubicación, la localización de las vía de evacuación a utilizar en caso de emergencia y de los recorridos para acceder a las mismas, la forma en que se debe notificar una emergencia detectada y los medios de que se disponen para ello, la forma en que se le notificaría la necesidad de evacuación del edificio y las consignas concretas sobre “que debe hacer” y “qué no debe hacer” en caso de emergencia.

### **ACCIONES QUE SE HAN DE DESARROLLAR EN CASO DE EMERGENCIA**

Los distintos tipos de emergencia antes señalados requerirán la intervención de personas y medios y las correspondientes actuaciones para garantizar en todo momento: la alerta, que de la forma más rápida posible pondrá en acción a los equipos del personal de primera intervención interiores e informará a los restantes equipos del personal interiores y a las ayudas externas; la alarma para la evacuación de los ocupantes; la intervención para el control de las emergencias y el apoyo para la recepción e información a los servicios de ayuda exterior.

Para lograr una correcta coordinación entre todos los estamentos actuantes, ante una emergencia, y dar eficacia y fluidez a las órdenes que darán lugar a

la activación de las distintas acciones a tomar, es aconsejable centralizar en un centro de control la información y toma de decisiones durante el desarrollo de una situación de emergencia. Dicho centro estará ubicado en un lugar accesible y seguro del edificio. En el mismo estarán centralizados los medios de comunicación interior y exterior, números de teléfono importantes, centrales de alarma y en general toda la información necesaria durante una emergencia.

A título de ejemplo se describen a continuación unas secuencias de actuación de las distintas personas implicadas en caso de activación del plan de emergencia, según las funciones que en el mismo tengan asignadas.

### **Detección del incendio**

La cadena de actuaciones se inicia con la detección del incendio. Como se ha comentado en el capítulo anterior, la detección puede ser humana o automática.

#### *Detección humana*

Si el fuego ha sido detectado por una o varias personas, el personal del hospital, que previamente habrá sido formado al respecto, debe actuar de forma que no alarme al resto del personal, (por ejemplo gritando). Debe avisar al centro de control del siniestro. Preferiblemente la comunicación se hará por teléfono a través de la línea reservada al efecto y se dirá desde qué número se hace la llamada, identificándose el comunicante e informando de la ubicación y, en su caso, envergadura del siniestro.

Si la transmisión se hace a través de pulsador de alarma, acto seguido se debe confirmar por teléfono la existencia del siniestro. De no hacerse así, el responsable del centro de control deberá confirmar la existencia del incendio mediante llamada o enviando alguna persona al sector que el panel de control refleje como afectado. Una vez confirmada la recepción del aviso, procederá a actuar según lo previsto en el plan de emergencia.

#### *Detección automática*

El responsable del centro de control deberá confirmar siempre la existencia del incendio mediante llamada o enviando alguna persona al sector a fin de que verifique la localización y la magnitud del fuego.

En caso de confirmar su existencia, procederá a actuar según lo previsto en el plan de emergencia.

### **Transmisión de la alarma**

El responsable del centro de control, siguiendo las instrucciones que al respecto deben existir por escrito en un cartel claramente visible deberá transmitir la alarma, sin abandonar en ningún momento su puesto y por medio de buscapersonas, interfono o cualquier otro medio fiable.

Las peculiares características del hospital obligan, ante la detección de un incendio, a transmitir la alarma por fases, con objeto de evitar el pánico y permitir la puesta en marcha de las actuaciones previstas. El primer nivel de alarma se comunica únicamente al Jefe de Emergencia, al que corresponderá decidir si se pasa a los estados de alarma sectorial o general. Si así fuera, se procedería al aviso de: los equipos de intervención del centro, los servicios públicos de extinción de incendios, exigiendo confirmación de recepción de llamada y dejando una línea libre para recibir, en su caso, instrucciones de los mismos y del personal responsable de los sectores afectados y sus limítrofes.

### **Actuación del jefe de emergencia o del comité de emergencia**

El jefe de emergencia, confirmada la recepción del aviso de emergencia, se personará en el centro de control, desde donde tomará la responsabilidad y el mando directo de las acciones a realizar. Si se trata de un comité de emergencia, cada integrante del mismo asumirá la dirección y coordinación del personal que de él depende directamente.

En uno u otro supuesto deberán valorar directamente el alcance del siniestro con los datos proporcionados por el Jefe de Intervención y, basándose en los mismos, proceder a la activación de los niveles de alarma sectorial o general previstos y establecidos en el plan de emergencia.

Deberán permanecer en contacto permanente con los equipos de intervención hasta el fin de la alarma con el fin de estar puntualmente informados de la evolución del incendio y esperar, recibir, informar y conducir al lugar del siniestro a los servicios públicos de extinción de incendios, colaborando con ellos.

De acuerdo con los servicios públicos de extinción de incendios, a menos que éstos no hayan llegado y la situación sea crítica, se tomarán decisiones sobre: las órdenes necesarias para la evacuación parcial o total, las órdenes para el cese de la evacuación y de la alarma si el incendio se controla.

Asimismo deberán evaluar, con los servicios públicos de extinción de incendios, el alcance del incendio y sus consecuencias con el objeto de determinar la posibilidad de reanudar las actividades o, en su caso, ordenar el traslado a otros centros de los pacientes afectados; deberán dirigir la actuación de los servicios de información para informar de la situación a familiares, medios de comunicación y autoridades y deberán localizar y comunicar el siniestro al personal que se encuentra fuera del hospital y cuya labor sea necesaria.

### **Actuación de los equipos de intervención**

Los distintos equipos de intervención, ante la activación de alguno de los niveles de alarma, realizarán las tareas que tienen encomendadas en el plan y para las que habrán sido previamente formados y adiestrados. El adiestramien-

to del personal de intervención se garantizará a través de entrenamientos periódicos con regularidad frecuente.

### **Funciones del personal del hospital**

Dada la heterogeneidad de funciones desarrolladas por el personal hospitalario, no se hace una puntuación de las acciones concretas a desarrollar por parte de todo el personal, sino que se trazan líneas generales de actuación de algunos colectivos.

#### *Personal de urgencias*

Desviará las urgencias que lleguen y que estén en condiciones clínicas que permitan su derivación a otro centro sanitario y coordinará con otros centros el traslado de pacientes cuyo estado lo permita y/o aconseje.

El personal no necesario para atender las urgencias ingresadas colaborará en tareas de apoyo a las unidades afectadas por el incendio y, en especial, colaborará en la atención y clasificación de enfermos que se evacuen.

#### *Personal de servicios médicos*

Dispondrán la salida de visitantes y pacientes de consultas externas y supervisarán la evacuación de aquellos pacientes que no se valgan por sí mismos. Además, atenderán y tranquilizarán a los pacientes evacuados y autorizarán y coordinarán los trasladados de los pacientes a otros hospitales o a su domicilio.

Cuando no sean imprescindibles en sus servicios, prestarán apoyo al personal de servicios críticos, colaborando especialmente en aquellas situaciones extremas que requieran la evacuación de los pacientes ingresados en ellos.

#### *Personal de servicios críticos: UVI, quirófanos, hemodiálisis*

Todo el personal del servicio permanecerá en su puesto de trabajo, atendiendo a los pacientes ingresados.

Organizarán y prepararán la evacuación de los enfermos que tengan garantía de resistirla y supervisarán el traslado. En caso necesario, solicitarán a los bomberos la utilización del ascensor de emergencia y, en su caso, del resto de ascensores para la evacuación vertical de los pacientes.

Se encargarán también de controlar que las puertas y ventanas del servicio permanecen cerradas y que no entre humo. En su caso, sellarán sus juntas disponiendo toallas mojadas. Desconectarán las instalaciones de climatización y, en caso necesario, obturarán las salidas de conductos.

#### *Personal de enfermería de áreas de hospitalización*

Sus funciones consisten en: informar a los pacientes a su cargo de la situa-

ción; ordenar el cese de las visitas y disponer la salida de las mismas; revisar y, en su caso, actualizar la lista de pacientes; preparar una posible evacuación. En caso de llevarse a cabo, cada paciente deberá ir acompañado de su expediente clínico. También determinarán el orden de prelación para la evacuación de pacientes, si llega el caso, y los medios que se deben usar para la misma.

En caso de precisar refuerzos para la evacuación, el personal de enfermería solicitará la colaboración de personal de plantas inferiores.

#### *Personal de farmacia*

Preparará materiales y medicación básica para la atención de enfermos evacuados. Acudirá con todo ello para su suministro en las zonas previstas en el plan de emergencia para la concentración de enfermos evacuados.

#### *Personal de mantenimiento*

Este personal, por su especial y profundo conocimiento del centro, será el encargado y responsable del corte o garantía de suministro, según proceda y a indicación del jefe de emergencia, de las distintas instalaciones del centro, entre otras, energía eléctrica, gases medicinales, climatización, etc.

Así mismo, procederá a sacar los productos peligrosos (inflamables, tóxicos, ...) de las áreas afectadas o áreas próximas al incendio y los trasladará a una zona segura del edificio.

### **Simulacros**

La realización de simulacros periódicos persigue distintos objetivos, entre los que cabe destacar: probar la bondad e idoneidad del plan organizado; permitir subsanar errores y/u omisiones que sólo serán detectables en la práctica; y conferir práctica y confianza a todo el personal del edificio, tanto al que con motivo de una emergencia tenga encomendadas unas tareas como a aquel que debe tan sólo desalojar el edificio. Ello limita la aparición del pánico en el supuesto de que se presente una emergencia real.

Para el logro de tales objetivos, los simulacros deben realizarse periódica y sistemáticamente, tomando nota escrita de las deficiencias y anomalías observadas, estableciendo plazos para su corrección y comprobando la ejecución de las medidas correctoras y su eficacia.

La realización de simulacros en un centro sanitario es objeto de opiniones encontradas entre defensores y detractores de los mismos. Ante ello, hay que convenir que, respetando las justificaciones correctas y válidas que unos y otros plantean, se deben tener presentes una serie de premisas al respecto entre las que destacan que sólo hay una manera de validar la eficacia y operatividad de aquello que se ha escrito: ensayándolo. Sólo de esa manera se identificarán

los errores u omisiones existentes en el plan redactado y cuya subsanación mejorará su operatividad. Se debe ser consciente de que la realización de simulacros no puede ni debe nunca acarrear consecuencias negativas ni mucho menos trágicas, por lo que los mismos deben excluir la participación de enfermos y visitantes y realizarse tan sólo movilizando a los equipos de intervención a los que se transmitirá la alarma a través de medios internos: red telefónica interior, buscapersonas, intercomunicadores, etc. Se deben valorar los resultados obtenidos (agilidad y eficacia en la transmisión de órdenes, tiempos de movilización, existencia de medios de actuación previstos, etc.) y en virtud de los resultados se llevarán a cabo en el plan las correcciones a que haya lugar.

### **Programa de mantenimiento**

Se preparará un programa anual con su correspondiente calendario, que comprenderá las actividades siguientes: realización de cursos periódicos de formación y adiestramiento del personal; mantenimiento de las instalaciones que representen un riesgo potencial de incendio y de las instalaciones de detección, alarma y extinción; inspecciones de seguridad y simulacros de emergencia.

### **Revisión periódica del plan de emergencia**

El plan de emergencia no tiene una vigencia indefinida ni ilimitada sino que debe ser objeto de revisiones sistemáticas y periódicas. Estas se producirán cada vez que se realicen modificaciones o alteraciones en la estructura, división u organización del centro, que deben ser recogida en el plan. Para ello deberían sistematizarse unos cauces de notificación de las modificaciones al Jefe de Emergencia a fin de que valore la necesidad de incorporarlas al plan.

Con independencia de lo anterior, con periodicidad al menos anual, debiera hacerse una revisión global del plan a fin de verificar su plena vigencia.



## **19**

# **MEDICINA DEL TRABAJO**

## **INTRODUCCIÓN**

La medicina es una ciencia que, partiendo del conocimiento del funcionamiento del cuerpo humano y del medio en que éste desarrolla su actividad, tiene como objetivos la promoción de la salud, la prevención de la pérdida de la salud, la curación de las enfermedades y la rehabilitación. La medicina del trabajo, como parte de esta ciencia, actúa sobre el trabajador teniendo en cuenta fundamentalmente el medio laboral en el que éste se encuentra.

Al igual que las otras especialidades preventivas globales (ergonomía, higiene industrial, psicosociología aplicada y seguridad en el trabajo), la medicina del trabajo, en su vertiente preventiva, intenta evitar o disminuir los efectos derivados de unas condiciones de trabajo inadecuadas. Las técnicas que utiliza para ello pueden resumirse en: promoción de la salud, investigación epidemiológica y vigilancia de la salud.

Entre todas ellas, la vigilancia de la salud de los trabajadores constituye uno de los instrumentos imprescindibles de los programas de prevención de riesgos laborales, siendo, además, una de las obligaciones del empresario que está incluida en la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales (art. 22), y apareciendo en diversas disposiciones tanto de carácter general (como la Ley General de la Seguridad Social o la Ley General de Sanidad) como en específicas; por ejemplo las relativas al benceno, las radiaciones ionizantes y el ruido. Mención aparte merece el RD 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en el que se marcan las funciones de la disciplina médica en dichos servicios.

## ACTIVIDADES PREVENTIVAS DE LA MEDICINA DEL TRABAJO EN EL CENTRO SANITARIO

Las actividades preventivas se dividen en dos grandes grupos: las que evitan que aparezca la enfermedad (vacunas y promoción de la salud) y las que actúan una vez ya se han producido las alteraciones (vigilancia de la salud y rehabilitación, principalmente).

### Vacunación

La vacunación es una de las estrategias de prevención más efectivas en la lucha contra las enfermedades infecciosas. Dado que este tema ha sido tratado en el capítulo dedicado a los agentes biológicos, tan solo cabe recordar aquí que la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo está expresamente reglamentada, principalmente en el RD 1955/1978, en el que se desarrolla el cuadro de enfermedades profesionales, y en el RD 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. En ambas normas se recomienda poner a disposición de los trabajadores expuestos aquellas vacunas consideradas eficaces, siendo su aplicación voluntaria por parte del trabajador.

Los argumentos para la vacunación del personal sanitario son los siguientes:

- La protección de la salud de los trabajadores, evitando que desarrollen enfermedades infecciosas, algunas de las cuales pueden evolucionar hacia la muerte o la cronicidad: hepatitis fulminante, cirrosis.
- La protección de los pacientes ingresados en el centro sanitario, evitando que los trabajadores les transmitan enfermedades infecciosas.
- La prevención de enfermedades infecciosas en trabajadores especialmente sensibles.
- La reducción del absentismo por enfermedades infecciosas.
- La colaboración para mantener el calendario de vacunaciones para adultos, ya que la mayoría no han sido inmunizados de acuerdo con las normas actuales.

Es, pues, función de la parte sanitaria de los servicios de prevención el establecer los planes de inmunización adecuados para el personal sometido a riesgo biológico en el centro sanitario. Los citados planes de inmunización deberían constar, como mínimo, de las siguientes etapas:

- 1) *Establecimiento de los objetivos del programa.* Aunque está claro que la meta final es evitar la aparición de enfermedades infecciosas en los trabajadores expuestos a agentes biológicos, la experiencia demuestra que ello es muy difícil de conseguir. Un objetivo factible, y sobre todo evaluable, sería conseguir un determinado porcentaje de personal vacunado, tanto del propio centro como de los servicios contratados.

- 2) *Evaluación de los riesgos e identificación de los trabajadores expuestos.* El resultado final de esta fase debería ser un listado de puestos de trabajo, trabajadores por puesto de trabajo y factores de riesgo biológico existentes en los mismos.
- 3) *Revisión del estado de inmunización de los expuestos.* Es oportuno realizar encuestas seroepidemiológicas entre los trabajadores para proceder a la vacunación tan sólo de aquellos en los que se demuestre una falta de inmunidad frente a la enfermedad de la que se pretende vacunar. Esto es especialmente importante en aquellas vacunas cuyo coste es elevado, como la de la hepatitis B, pudiéndose extender a las de la rubéola, la parotiditis, el sarampión y la varicela, entre otras. El momento ideal para dicha revisión es al inicio de la relación laboral con el centro sanitario.
- 4) *Establecimiento de las pautas y criterios de vacunación:* según el riesgo, vigilando específicamente la posible existencia de incompatibilidades.
- 5) *Formación e información sobre los riesgos y la vacunación.* La negativa a ser vacunado puede deberse a la existencia de reservas sobre la eficacia de la vacuna o al temor a sus efectos secundarios.
- 6) *Administración de las vacunas.* En la fase de ejecución del programa de inmunización, el personal sanitario responsable debe asegurarse del buen estado de las vacunas (fecha de caducidad, conservación, etc.), así como de que el individuo que se va a vacunar no presenta ninguna contraindicación ya sea temporal o definitiva. Otros aspectos que se deben tener en cuenta serán el respeto de las técnicas y vías de administración, la supervisión del personal encargado directamente de la vacunación y una vigilancia adecuada tras la aplicación de la vacuna.
- 7) *Establecimiento de un sistema de registro:* individual y colectivo de las vacunas administradas y de las reacciones adversas. Esto permite conocer el estado vacunal de cada trabajador, programar revacunaciones, revisar el plan de inmunización, etc.
- 8) *Evaluación de la eficacia del programa de vacunación.* Dicha evaluación dependerá de los objetivos perseguidos y podrá basarse tanto en la tasa de vacunación conseguida, como en el estado de inmunización del personal o en el índice de absentismo por una enfermedad infecciosa determinada, entre otros.

En resumen, se trata de facilitar la prevención de determinadas enferme-

• HEPATITIS B	• VARICELA
• RUBÉOLA (*)	• SARAMPIÓN/ PAROTIDITIS
• GRIPE	• TÉTANOS (**)
• NEUMOCÓCICA (*)	• DIFTERIA (**)
• HEPATITIS A (*)	

(\*) Para grupos especiales

(\*\*) Política de vacunación comunitaria

Figura 1.- Vacunas recomendadas para el personal de los centros sanitarios

dades infecciosas que puedan afectar al personal tanto sanitario como no sanitario de los centros sanitarios.

Mención aparte merece el personal de laboratorio que, además de las vacunas recomendadas para el personal sanitario en general (ver figura 1), deberá estar protegido contra aquellos agentes biológicos a los que esté expuesto en razón de su trabajo con muestras de origen humano o animal, y para los cuales existan vacunas, por ejemplo, cólera, carbunco, peste, rabia, etc.

### Promoción de la salud

La definición más aceptada de “promoción de la salud” es la que da la Organización Mundial de la Salud: «proceso de capacitación de las personas para aumentar el control sobre su salud y mejorarl». Se considera, pues, la salud como una herramienta cotidiana para aumentar tanto las capacidades físicas como los recursos sociales y personales. Es promoción de la salud tanto la educación sanitaria que se proporciona a los pacientes con enfermedades crónicas para promover el autocuidado de su enfermedad, como el modificar el ambiente de trabajo para reducir riesgos.

Según los expertos, los objetivos de la promoción de la salud pertenecen a doce categorías de conducta: fumar, nutrición, uso del alcohol, uso de drogas que crean hábito, conducir, ejercicio, sexo-anticoncepción, desarrollo familiar, manejo de riesgos, manejo de tensiones, adaptación/confrontación y aumentar el valor de la estimación por sí mismo. Si se tiene en cuenta que los principales indicadores de la mala salud de los trabajadores (el absentismo, las incapacidades y las jubilaciones anticipadas) están relacionados con el fumar, el exceso de peso, la mala nutrición, la hipertensión arterial, la falta de ejercicio, el abuso de drogas/alcohol, la tensión nerviosa, las deficientes medidas de autoprotección contra los factores de riesgo laborales y los propios factores de riesgo laborales, a nadie se le escapa que la promoción de la salud es una herramienta indispensable para mejorar la calidad de vida y de trabajo de la población trabajadora.

Las estrategias para fomentar estilos de vida saludables, como por ejemplo, hábitos dietéticos correctos, eliminación/reducción del consumo de tabaco, alcohol u otras drogas, práctica regular de ejercicio físico, son intervenciones clásicas de la promoción de la salud en el lugar de trabajo. Ahora bien, la asunción por parte de la empresa de que una mejora en la salud de la población trabajadora va ligada a una mejora en la salud financiera de la propia empresa, lleva a actuaciones menos típicas como son las estrategias de adiestramiento y formación continuada del personal, las de humanización de los tiempos de trabajo, de mejora del clima de trabajo, de protección de los no fumadores, de instauración de ayudas sociales e incluso de diseños ergonómicos y saludables de los lugares de trabajo.

La secuencia de actuación en promoción de la salud es idéntica a la utilizada

en la prevención de riesgos laborales: identificación de los problemas, establecimiento de prioridades y objetivos, elaboración de un programa de actuación y evaluación del proceso en su conjunto y de los resultados obtenidos.

Algunos de los temas que podrían ser objeto de intervención en el centro sanitario para mejorar la calidad de vida y de trabajo de su personal consistirían en programas para controlar la violencia en el trabajo, mejorar la organización de los turnos o las relaciones entre compañeros, evitar el acoso sexual e incluso promover el trabajo en equipo o fomentar hábitos alimentarios ajustados a los horarios a turnos.

### **Educación para la salud**

Uno de los campos que ha adquirido protagonismo dentro de la promoción de la salud es la educación sanitaria o, en términos más actuales, la educación para la salud.

Contestar a la pregunta “¿qué es la educación para la salud?” es una tarea bastante compleja. No existe una definición única ya que cada educador tiene la suya propia. Por motivos obvios, se ha escogido la que conjuga los rasgos principales que es preciso tener en cuenta. Educación para la salud es cualquier combinación de experiencias que faciliten adaptaciones voluntarias del comportamiento y que conduzcan a la salud. Es decir, se asume que existe la necesidad de una complejidad de experiencias de aprendizaje, la ayuda y el apoyo de un educador y la ausencia de cualquier imposición.

La educación para la salud no es únicamente la información sobre salud, sino que debe ser complementada por los demás factores que afectan al comportamiento en la esfera de la salud (ver figura 2). Entre ellos destacan la disponibilidad de recursos, el apoyo social y los niveles de aptitud para la autoayuda. Mediante la educación para la salud se ayuda a las personas a comprender su comportamiento y cómo éste afecta a su salud; además, se les alienta a tomar sus propias decisiones para una vida sana poniendo a su disposición los medios para cambiar, si ese es su deseo.

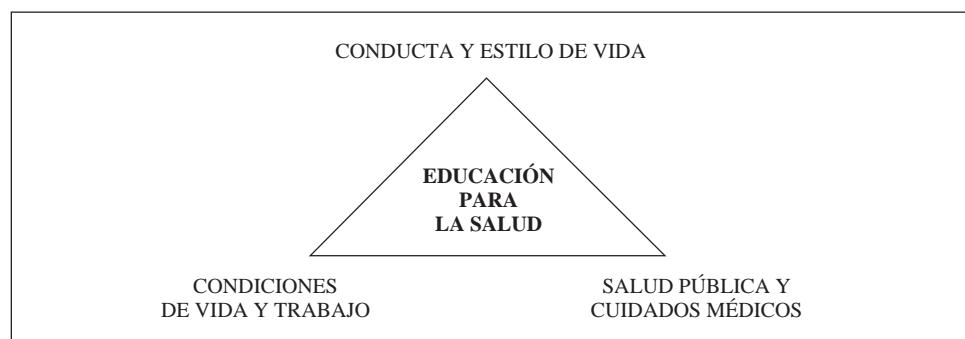


Figura 2.- Educación para la salud

Las formas de hacer educación sanitaria, tanto a nivel individual como colectivo, son múltiples, por ejemplo: hablando con los trabajadores y escuchando sus problemas, reflexionando sobre el comportamiento o los actos que puedan causar, curar o prevenir esos problemas, hablando de las razones del comportamiento de la gente, ayudando a comprender los motivos de sus actos y de sus problemas de salud, pidiendo que expongan sus propias ideas para resolver sus problemas, ayudando a analizar sus ideas para decidir cuáles son las más útiles y fáciles de aplicar o ayudando a elegir la idea que mejor responde a sus circunstancias.

Las medidas básicas para la planificación de la educación para la salud en el lugar de trabajo son las siguientes:

- Obtener el consenso de todos los agentes dentro de la institución sanitaria, (apoyo de los trabajadores, consentimiento y compromiso de la dirección) y fomentar la participación.
- Reunir información sobre el problema. La buena educación sanitaria se basa en hechos, no en suposiciones o intuiciones. No es correcto decir «creo que el abuso de estimulantes es un problema en este centro sanitario». Se debe conocer cuántos trabajadores sufren el problema, en qué sección/departamento/ turno de trabajo es más frecuente, cuáles son sus posibles orígenes, etc. Esta fase es importante ya que permite no sólo estimar la magnitud del mismo y su gravedad, sino también disponer de una situación de referencia que permitirá valorar la eficacia de las medidas adoptadas.
- Comprender los problemas, buscando el origen de los comportamientos, ayuda a elegir la forma más adecuada de abordar el problema.
- Adoptar decisiones sobre prioridades, objetivos y actividades. En ocasiones, es difícil decidir cuál es el problema prioritario. Se han de barajar cuestiones como la gravedad, las ventajas de la actuación para el futuro, los recursos disponibles y la percepción de los afectados. Las actividades concretas dependerán del problema en sí (ver tabla 1).
- Identificar y obtener recursos: se han de buscar las posibles fuentes de ayuda (económica y técnica) existentes tanto fuera como dentro del centro sanitario.
- Promover la acción y el seguimiento. En esta etapa se deberían conocer los problemas, los objetivos que se desean alcanzar y los recursos de que se dis-

PROBLEMA	ESTRATEGIA	MÉTODOS
Falta de conocimientos	Información	Carteles, charlas
Falta de aptitudes	Formación	Demostraciones, estudios de casos
Influencia de otras personas	Apoyo	Grupos de discusión

Tabla 1.- Ejemplos de problemas y actividades derivadas

pone. Todo ello se ha de combinar en un plan de acción que muestre lo que se debe hacer, quién debe hacerlo, cuándo y en qué momento.

- Seleccionar los métodos apropiados. Si en la anterior etapa se decide el qué, para quién y cuándo, en ésta se diseña el cómo.
- Evaluar el programa. En esta fase se debe rendir un juicio en cuanto al proceso en sí, ¿hasta qué punto se ha ejecutado el programa conforme a diseño?; el impacto, ¿ha habido cambios favorables en los conocimientos, las actitudes y el comportamiento?; y los resultados, ¿se ha mejorado la calidad de vida y de trabajo?. Este proceso debe ser una parte intrínseca de cualquier programa de educación para la salud.

### Vigilancia de la salud

En la práctica sanitaria el término de “vigilancia de la salud” engloba una serie de técnicas con objetivos y metodologías distintas. En la tabla 2 están recogidas dichas técnicas y sus correspondientes objetivos.

TÉCNICA		OBJETIVO
Control biológico	Exposición	Evaluación del riesgo
Cribado <i>Screening</i>	Efecto	Detección precoz de alteraciones de la salud
	Vigilancia médica	
		Estudio del estado de salud

Tabla 2.- Técnicas y objetivos de la vigilancia de la salud

La vigilancia de la salud puede definirse como la utilización de estas técnicas y de otros datos de salud (encuestas, exploraciones físicas, etc.), de manera sistemática y periódica, con el objetivo de conocer o detectar cambios en el estado de salud de un individuo o de un colectivo.

#### *Objetivos de la vigilancia de la salud*

En primer lugar, es preciso señalar que existen dos tipos de objetivos: los individuales y los colectivos. Los primeros están relacionados con el sujeto que sufre el reconocimiento médico y los segundos, con el grupo de trabajadores. Aunque en la práctica se les ha de conceder la misma importancia, la repercusión de cada uno de ellos en el terreno de la prevención es bien distinta.

Los *objetivos individuales* son la detección precoz de las alteraciones de la salud y la identificación de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos.

Entre los *objetivos colectivos* destaca la valoración colectiva de los resulta-

dos, que ayuda a valorar el estado de salud del centro sanitario (del conjunto de sus trabajadores), permitiendo responder a las preguntas: ¿quién presenta alteraciones?, ¿en qué lugar de la empresa? y ¿cuándo aparecen o aparecieron?. La respuesta a dichas cuestiones conducirá al establecimiento de las prioridades de actuación en materia de prevención de riesgos en el centro sanitario; motivar la revisión de las actuaciones preventivas en función de la aparición de daños en la población trabajadora y a evaluar la eficacia del plan de prevención de riesgos laborales a través de la evolución del estado de salud del colectivo de trabajadores.

Toda la información que se obtenga durante la vigilancia de la salud en el centro sanitario, unida a la realizada en otras instituciones sanitarias y, evidentemente, a la información derivada del estudio de las condiciones de trabajo, constituirá el marco de referencia de la actuación en materia de prevención de riesgos laborales a gran escala.

## TÉCNICAS DE VIGILANCIA DE LA SALUD

Como técnicas de vigilancia de la salud se consideran, básicamente: el control biológico, el cribado y la vigilancia médica, como un instrumento de los programas de prevención en la empresa.

### Control biológico

La finalidad última del control biológico es la evaluación de la exposición o de los efectos de los contaminantes sobre el colectivo de trabajadores. La utilización de dicha técnica vendrá condicionada naturalmente por la existencia de un indicador válido. En el centro sanitario, el riesgo debido a la exposición a compuestos químicos está muy extendido. Sin embargo, pocas son las sustancias que disponen de un valor límite de índice biológico (ver tabla 3).

Los protocolos de control biológico deberán contemplar la interpretación de los resultados y las actuaciones derivadas de los mismos.

Mención aparte merece el uso de indicadores para la prevención y control de la exposición a genotóxicos. Los anestésicos (en discusión), los fármacos citostáticos y el óxido de etileno son algunas de las sustancias tributarias de dicho control. Mediante el estudio de las aberraciones cromosómicas, del intercambio de cromátidas hermanas o de los aductos de proteínas, se puede determinar el grado de absorción de un tóxico o detectar sus efectos en un grupo de expuestos y, por ende, estimar el riesgo y aplicar las medidas preventivas adecuadas.

### Cribado (*Screening*)

Tiene por objeto la detección precoz de las alteraciones de la salud mediante pruebas concretas o técnicas de examen estandarizadas que permiten poner

ACETONA	Acetona en orina
BENCENO	Ácido fenilmercaptúrico Benceno en aire exhalado
DIMETILFORMAMIDA	N-Metilformamida en orina
DISULFURO DE CARBONO	TTCA en orina
2-ETOXIETANOL	Ácido 2-etoxiacético en orina
FENOL	Fenol total en orina
n-HEXANO	2,5-Hexanodiona en orina n-Hexano en aire exhalado
MERCURIO	Mercurio inorgánico en orina Mercurio inorgánico en sangre
METANOL	Metanol en orina
METILCLOROFORMO	Metilcloroformo en aire exhalado Ac. tricloroacético en orina Tricloroetanol en sangre
METILISOBUTILCETONA	Metilisobutilcetona en orina
NITROBENCENO	p-Nitrofenol en orina
PERCLOROETILENO	Percloroetileno en aire exhalado Percloroetileno en sangre Ac. tricloroacético en orina
TRICLOROETILENO	Ac. tricloroacético en orina Ac. tricloroacético y tricloroetanol en orina Tricloroetanol en sangre Tricloroetileno en aire exhalado
XILENO	Ácidos metilhipúricos en orina

Tabla 3.- Contaminantes químicos más frecuentes en los centros sanitarios con indicador biológico de exposición

de manifiesto lesiones, en principio reversibles, derivadas de la o las exposiciones laborales. Es decir: métodos que sirven para identificar aquellos trabajadores que requieren de intervención especial.

La elección de la prueba depende evidentemente del tipo de daño. Existen pruebas de detección precoz para las alteraciones renales, hepáticas, del sistema nervioso, respiratorias, etc.

Algunas consisten en la determinación de parámetros en sangre u orina y otras en estudios funcionales como las audiometrías o la espirometría forzada. Los cuestionarios son a veces los únicos instrumentos de los que se dispone

para detectar de forma precoz las alteraciones de salud derivadas de las condiciones de trabajo.

### Vigilancia médica

La vigilancia médica debe considerarse como un instrumento de los programas de prevención en la empresa (ver figura 3). La aportación de la misma a dichos programas se realizará a todos los niveles, desde la identificación de los problemas hasta la evaluación de la eficacia del programa global.

En la fase de descripción de la situación, la vigilancia de la salud permitirá identificar los problemas o alteraciones de la salud en la población; por ejemplo, su distribución, frecuencia y gravedad, de modo que a la hora de establecer prioridades y objetivos éstos serán los datos que se han de manejar. Una vez establecidas las prioridades de actuación en la empresa, derivadas naturalmente de la evaluación de los riesgos existentes, cada programa (seguridad, higiene, ergonomía, medicina y psicosociología aplicada) deberá decidir cuáles son sus objetivos, las actividades a realizar para conseguirlos y las nece-

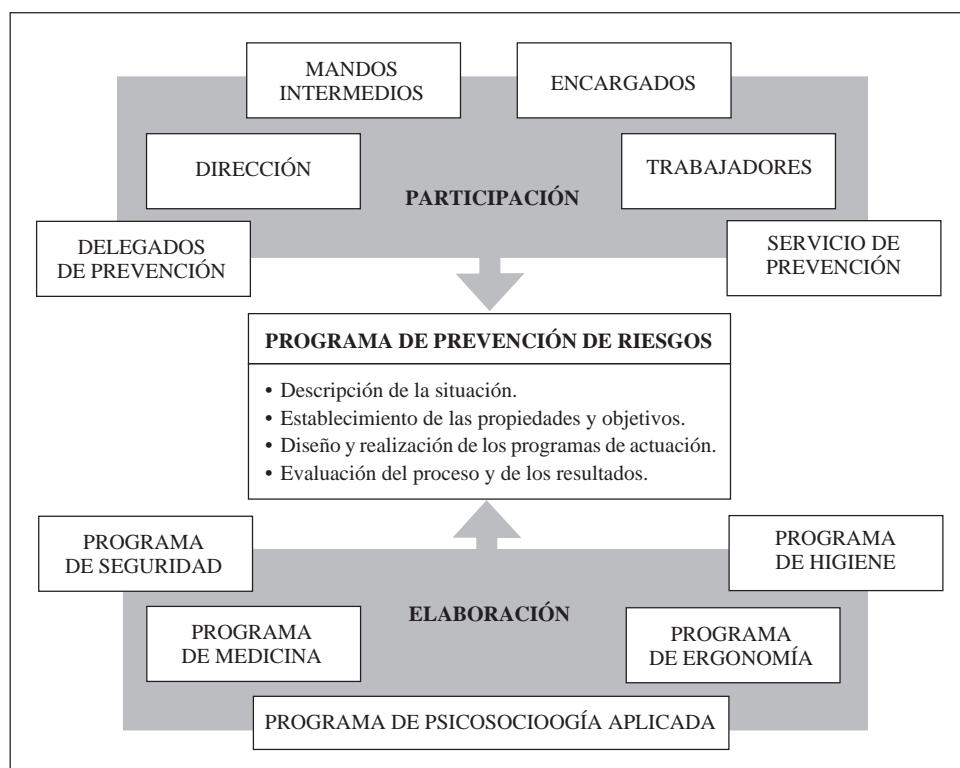


Figura 3.- El proceso preventivo en la empresa

sidades financieras, técnicas y humanas para llevarlas a cabo. Finalmente, la fase de evaluación tanto del impacto como de los resultados, permitirá detectar los cambios ocurridos a consecuencia del programa de prevención a corto plazo (conocimientos, actitudes y comportamientos) y a largo plazo (disminución de las alteraciones derivadas de las condiciones de trabajo). El fin último de la evaluación es la mejora del programa mediante la modificación en el tiempo de los objetivos, de las actividades que se han de realizar y de los recursos que se deben movilizar.

## LA VIGILANCIA DE LA SALUD EN LA LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales, dentro del marco genérico de la garantía de seguridad que corresponde al empresario, regula en su artículo 22 la vigilancia de la salud del personal al servicio de una empresa.

Las características más importantes de la vigilancia de la salud son las siguientes:

- **Garantía.** El empresario garantizará a sus trabajadores la vigilancia periódica de su salud.
- **Especificidad.** Esa vigilancia se realizará en función de los riesgos a los que está sometido el trabajador en el lugar de trabajo. Se debe huir, pues, de los reconocimientos médicos indiscriminados e inespecíficos.
- **Voluntariedad condicionada.** Esta vigilancia sólo podrá llevarse a cabo cuando el trabajador preste su consentimiento. De este carácter voluntario sólo se exceptuarán, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo. Esta premisa es de gran importancia cuando en la empresa existen una serie de factores de riesgo con efectos poco conocidos y que requieren un estudio continuado para poder inferir la relación entre condiciones de trabajo y alteración de la salud, cuando el estado de salud del trabajador pueda constituir un peligro para él mismo o para terceros o cuando exista una disposición legal con relación a la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad. Este supuesto está ligado al artículo 196 de la Ley General de la Seguridad Social que obliga al empresario a realizar reconocimientos previos y periódicos a los trabajadores que ocupen un puesto de trabajo en el que exista un riesgo de enfermedad profesional, haciéndole responsable directo de todas las prestaciones que pudieran derivarse de la misma si no cumple con dicha obligación. Hay que añadir que existe legislación específica para ciertos factores de riesgo en los que se estipula el tipo de vigilancia de la salud que se ha de efectuar en los trabajadores expuestos.

La ley indica que en estas excepciones, en las que la vigilancia de la salud no es voluntaria para el trabajador, los representantes de los trabajadores deberán hacer un informe previo. Ahora bien, ese informe no tiene carácter vinculante, es decir que prevalecerá el poder de decisión del empresario.

- **Confidencialidad.** La información médica derivada de la vigilancia de la salud de cada trabajador estará disponible para el propio trabajador, los servicios médicos responsables de su salud y la autoridad sanitaria.

El acceso a la información médica de carácter personal se limitará al personal médico y a las autoridades sanitarias que lleven a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores. Esto no quita que al empresario se le deban facilitar las conclusiones de la vigilancia de la salud realizada en sus trabajadores en términos de aptitud para desempeñar las tareas correspondientes a su trabajo y sobre la necesidad de introducir o mejorar las medidas de protección o de prevención.

- **Duración.** Una de las novedades de la ley reside en la prolongación de la vigilancia de la salud más allá de la finalización de la relación laboral en aquellos casos en los que los efectos sobre los trabajadores así lo aconsejen.

A modo de ejemplo, el riesgo de cáncer por exposición a algún agente químico, dada la posible aparición del mismo una vez cesada la exposición, es merecedor de un seguimiento más allá de la relación personal del trabajador con la empresa.

- **Documentación.** Los resultados de los controles del estado de salud de los trabajadores deberán estar documentados, así como las conclusiones de los mismos.

## LA VIGILANCIA DE LA SALUD EN EL REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN

El Reglamento de los Servicios de Prevención marca de forma clara cuáles son las actividades sanitarias que ha de desarrollar el equipo médico. Estas son, además de las genéricas correspondientes a la totalidad de los miembros de dichos servicios, las siguientes:

- La realización de los reconocimientos médicos (RM) de los trabajadores. Los tipos de RM que se citan pertenecen a tres categorías: reconocimiento inicial (después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud), reconocimiento después de una ausencia prolongada por motivos de salud y reconocimiento periódico específico (según riesgo/s determinado/s por la evaluación de riesgos).

El contenido de dichos reconocimientos incluirá como mínimo una historia clínico-laboral, donde además de los datos de anamnesis, exploración física,

control biológico y exámenes complementarios, se hará constar una descripción detallada del puesto de trabajo, del tiempo de permanencia en el mismo, de los riesgos detectados y de las medidas de prevención adoptadas.

- El estudio de las enfermedades comunes que aquejan al trabajador o motivos que producen la ausencia del trabajo en aras a determinar si existe relación o no con los riesgos a que está sometido.
- El estudio, desde el punto de vista epidemiológico de la presencia y evolución de las alteraciones de la salud con el fin de determinar su posible etiología laboral y las posibles medidas preventivas.
- La actuación correspondiente en caso de emergencia.

Existen otras funciones que van apareciendo a lo largo del articulado y de las que es necesario destacar la responsabilidad de controlar las condiciones de trabajo de aquellos trabajadores que el reglamento llama “especialmente sensibles”. Ni que decir tiene que la mujer embarazada o en período de lactancia es uno de esos “trabajadores sensibles”, además de los menores, los trabajadores de edad avanzada o con patologías crónicas, por citar algunos y la de evaluar la eficacia de las medidas preventivas adoptadas.

## **ORGANIZACIÓN DE LOS PRIMEROS AUXILIOS EN EL CENTRO SANITARIO**

Muchos se preguntarán si tiene sentido un apartado como éste, teniendo en cuenta que la población trabajadora del centro sanitario está constituida en un 60% por personal con formación sanitaria y, por tanto, capacitado no tan sólo para administrar los primeros auxilios sino también asistencia de urgencia especializada.

Ahora bien, cabe preguntarse si ese personal está presente en todas las situaciones de trabajo o se encuentra lo razonablemente cerca de todos los trabajadores. Por poco que se conozca la vida diaria del centro sanitario la respuesta a la pregunta anterior es, obviamente, «no». Baste citar al personal administrativo, al de las cocinas, de la lavandería e incluso al personal de mantenimiento cuyo trabajo se desarrolla o puede desarrollarse fuera de las áreas clínicas, es decir, a una distancia de la atención especializada que podría ser excesiva si la situación es de emergencia.

Así pues, pese al carácter eminentemente sanitario de los centros, éstos no están exentos de cumplir lo que el sentido común y la Ley 31/1995, indican. Todo plan de emergencia debe contemplar la organización de los primeros auxilios. La citada ley en el Capítulo III, artículo 20, marca como obligación del empresario el análisis de las posibles situaciones de emergencia así como la adopción de las medidas necesarias. Los aspectos a considerar en la organización de los primeros auxilios serían los siguientes: la designación del perso-

nal, en número suficiente, encargado de poner en práctica las medidas de emergencia, la comprobación periódica del correcto funcionamiento de dichas medidas, la formación y la disponibilidad del número adecuado de personas encargadas de la aplicación de los primeros auxilios, la disponibilidad de material adecuado y la organización de las relaciones que sean necesarias con servicios externos para garantizar la rapidez y eficacia de las actuaciones. Este punto, en relación con los primeros auxilios dentro del centro sanitario, se refiere principalmente a las relaciones de las áreas no clínicas con los servicios de urgencias.

### **Eslabones de la cadena de socorro**

Entre la víctima y la atención médica especializada existen una serie de eslabones que deben ser informados, formados y entrenados para asegurar la rapidez y eficacia de la actuación frente a emergencias.

#### *Los testigos*

Existen tres tipos de posibles testigos de un accidente laboral: en primer lugar, el testigo ordinario, sin preparación ni formación e influenciable por la emoción y el pánico, que no sabe qué mensaje ha de transmitir y puede olvidar, incluso, señalar el lugar del accidente; en segundo lugar, el testigo privilegiado, aquel que con una formación adecuada es capaz de hacer una valoración global de la situación, sabe avisar de forma eficaz y se mantiene tranquilo; y en tercer lugar, el testigo profesional que ha sido formado y entrenado específicamente para vigilar, detectar y alertar (guardias, personal de seguridad, vigilantes de proceso, etc.).

Se deberá tender a que todo trabajador que presencie un accidente sea capaz de dar el aviso en plazo y forma adecuados. Para ello el centro sanitario ha de identificar la manera más eficaz para dar el aviso a los servicios de urgencia, por ejemplo: teléfono de referencia, mensajes tipo, etc.

#### *El socorrista*

No es posible concretar cuántos socorristas se requieren por número de trabajadores. El número suficiente dependerá de otros muchos factores. A modo de guía, a la hora de decidir cuántos socorristas formar, se debe tener en cuenta lo siguiente: el número de trabajadores, la estructura del centro sanitario (superficie, edificios, plantas, etc.), la distribución de los trabajadores en el centro, el tipo de trabajo (riesgos existentes, situaciones de aislamiento, etc.), los turnos de trabajo, la distancia (en tiempo real) de la atención médica y las posibles ausencias por enfermedad, vacaciones, etc.

La formación en socorrismo laboral debe gravitar alrededor de las siguientes premisas: el socorrista laboral será voluntario, deberá tener, además de los conocimientos básicos y generales, una formación específica en relación con

los riesgos existentes en la empresa y deberá recibir periódicamente cursos de reciclaje.

### **Recomendaciones para la organización de los primeros auxilios**

La organización de los primeros auxilios no es más que una forma de prepararse para actuar ante situaciones excepcionales. Esto requiere un estudio a fondo tanto de la siniestralidad (accidentes e incidentes) como de los posibles riesgos o situaciones de riesgo existentes. Ha de ser un objetivo de la empresa organizar los primeros auxilios de acuerdo con la legislación y adecuados a los riesgos, con los medios suficientes tanto humanos como materiales y manteniendo a los equipos bien entrenados. También es necesaria la sensibilización de todos los estamentos presentes en el entorno laboral.

Sirvan los siguientes puntos como ejemplo de acciones para sensibilizar y, por ende, aumentar la eficacia de la actuación frente a emergencias: todo trabajador nuevo ha de ser instruido con respecto a la organización de los primeros auxilios y a la actuación que de él se espera si es testigo de un accidente, se ha de verificar de forma periódica la cadena de socorro, condicionando actuaciones reflejas inmediatas, y se han de comentar y evaluar las actuaciones reales.

El equipo sanitario de los servicios de prevención debe velar para que los equipos de primera asistencia sean adecuados a los riesgos asociados a cada uno de los grupos que trabaja en el centro sanitario; ha de poner a disposición de los socorristas un botiquín para poder actuar en situaciones de emergencia y comprobarlo periódicamente, y ha de velar por la formación continuada de los socorristas y por el buen funcionamiento del sistema de emergencias. Finalmente, se ha de cerciorar de que todo trabajador sabe qué hacer ante una situación de emergencia.



## BIBLIOGRAFÍA

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### Conceptos básicos sobre seguridad y salud en el trabajo

BESTRATÉN, M. (coordinador)  
Seguridad en el Trabajo. Madrid, INSHT, 1999.

CASTEJÓN, E.  
La evaluación de riesgos: una reflexión. Salud y Trabajo, 1995, nº 111-112, págs. 4-10.

CASTEJÓN, E.  
La Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Cyclops, 1997, nº 26, págs. 7-12.

GESTAL, J.J.  
Riesgos del trabajo del personal sanitario. Madrid, Ed. MacGraw-Hill-Interamericana, 2<sup>a</sup> ed., 1993.

GUARDINO, X.  
Trabajo y Salud. Debats Tecnològics, 1997, nº 3, págs. 11-21 y 77-82

GUASCH, J. (coordinador)  
Condiciones de trabajo en centros hospitalarios. Barcelona, INSHT, 1992.

GUASCH, J. (coordinador)  
Higiene Industrial. Barcelona, INSHT, 1994.

HAGBERG, M., HOFMANN, F., STÖSSEL, U., WESTLANDER, G. eds.  
Occupational Health for Health Care Workers. Landsberg, International Commission on Occupational Health. Ecomed, 1995.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE  
Éxito en la gestión de la salud y la seguridad. Traducción de «Successful Health and Safety Management» del HSE, Reino Unido, coordinada por G. López. Madrid, INSHT, 1994.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO  
Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. Madrid, INHST, 1993.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH  
Guidelines for protecting the safety and health of health care workers. Washington, D.C. NIOSH, 1988, Publication Nº 88-119.

NOGAREDA, C. (coordinadora)  
Condiciones de Trabajo y Salud. Barcelona, INSHT, 1998.

NOGAREDA, C. (coordinadora)  
Psicosociología del Trabajo. Barcelona, INSHT, 1995.

NOGAREDA, S. (coordinadora)  
Ergonomía. Barcelona, INSHT, 1994.

**ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO**

Enciclopedia de Salud y Seguridad del Trabajo. Ginebra, Organización Internacional del Trabajo, 1998.

PICOT, A., GRENOUILLET, P.H.

La sécurité en laboratoire de chimie et de biochimie. París, ed. Lavoisier, 1992.

SAGEHOME, D.

Por un trabajo mejor: Guía de análisis de las condiciones de trabajo en el medio hospitalario. Madrid, 1989, INSHT.

SOLÉ, M<sup>a</sup>. D. (coordinadora)

Salud y Medicina del Trabajo. Barcelona, INSHT, 1991.

Nota. Tanto para los conceptos básicos sobre seguridad y salud en el trabajo como para los temas específicos, se recomienda la consulta de las Notas Técnicas de Prevención. INSHT, Barcelona, 14 series, 1982-1998

**Contaminantes químicos. Aspectos generales**

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. Madrid, INSHT, 1999.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS

Documentation of the Threshold Limit Values (TLV) and Biological Exposure Indices (BEI). Cincinnati, ACGIH, 6th ed., 1997.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS

Threshold Limit Values (TLV) and Biological Exposure Indices (BEI). Cincinnati, ACGIH, 1998.

**Gases anestésicos**

BRUCE, D.L., BACH, M.J.

Effects of trace concentrations of anesthetic gases on behavioral performance of operating room personnel. Cincinnati, U.S. D.H.E.W., Public Health Service, CDC, NIOSH, 1976, Pub. N. 76-169.

COHEN, E.N.

Anesthetic exposure in the workplace. Littleton, PSG Publishing Company Inc., 1980.

GUARDINO, X., ROSELL, M<sup>a</sup>.G.

Exposure at work to anesthetic gases. a controlled risk?. Janus, 1992, vol. 12, págs 8-10.

GUARDINO, X., ROSELL, M<sup>a</sup>.G.

“Exposure monitoring to anesthetic gases”. En: Hagberg, Hofmann, Stoessel and Westlander, eds. *Occupational Health for Health Care Workers*. Landsberg, International Commission on Occupational Health. Ecomed, 1995, págs. 212-216.

MOORE, R.M. et al.

An overview of occupational hazards among veterinarians, with particular reference to pregnant women. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 1993, vol. 54, nº 3. págs. 113-120.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

Criteria for a recommended standard. occupational exposure to waste anesthetic gases and vapors.

Cincinnati, U.S. D.H.E.W. Public Health Service, CDC, NIOSH Pub., 1977. N 77-140.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

Niosh alert. request for assistance in controlling exposures to nitrous oxide during anesthetic administration. Cincinnati, U.S. D.H.S.S., Public Health Service, CDC, NIOSH Pub., 1994, N 94-100.

ROSELL, M.G., LUNA, P., GUARDINO, X.

Evaluación y control de contaminantes químicos en hospitales. Barcelona, INSHT, 1989, Documento Técnico nº. 57, págs. 9-30.

ROSELL, M<sup>a</sup>.G. et al.

"Determination of dinitrogen oxide (N<sub>2</sub>O) in urine as control to anesthetic gases exposure". En: Hagberg, Hofmann, Stoessel and Westlander, eds. *Occupational Health for Health Care Workers*. Landsberg, International Commission on Occupational Health. Ecomed, 1995, págs. 221-224.

WADE, J.G., STEVENS, W.C.

Isoflurane: an anaesthetic for the eighties?. *Anesth. Analg.*, 1981, vol. 60, nº 9, págs. 666-682.

WHITCHER, C.E. et al.

Development and evaluation of methods for the elimination of waste anesthetic gases and vapors in hospitals. Cincinnati, U.S. D.H.E.W. Public Health Service, CDC, NIOSH Pub., 1975, 75-137.

WHITCHER, C.E. et al.

Control of occupational exposure to N<sub>2</sub>O in the dental operatory. Cincinnati, U.S. D.H.E.W. Public Health Service, CDC, NIOSH Pub., 1977, N 77-171.

### Gases esterilizantes. Óxido de etileno

CABALLERO, J. D.

Condiciones de uso y riesgos derivados de la utilización de óxido de etileno en procesos de esterilización en hospitalares. Madrid, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, INSH, 1990.

DEPARTMENT OF LABOUR. OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION.

Occupational exposure to ethylene oxide; proposed rule. *Federal register*, 48, (78), 17284-17319, 1983.

DESCHAMPS, D., CONSO, F.

Stérilisation par l'oxyde d'éthylène. Installations et risques professionnels. INRS, Documents pour le médecin du travail, DMT 38 TC 28, 1989.

MORTIMER, V. D., Jr, KERCHER, S. L.

Control technology for ethylene oxide sterilization in hospitals. Cincinnati, NIOSH,

U.S. Department of health and humans services, 1989.

ROSELL, M<sup>a</sup>. G., GUARDINO, X.

Development of a program to control exposure to ethylene oxide in sterilization areas.

En: Hagberg, Hofmann, Stoessel and Westlander, eds. *Occupational Health for Health Care Workers*. Landsberg, International Commission on Occupational Health. Ecomed, 1995, págs. 225-230.

THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF MEDICAL INSTRUMENTATION.

Inhospital ethylene oxide sterilization. Potential health effects, regulatory initiatives, safe use. Arlington, AAMI, 1984.

### Compuestos citostáticos

AHF Drug Information.

Bethesda, Ed. American Hospital Formulary Service, 1993.

ASHP REPORT

Draft guidelines on quality assurance for pharmacy-prepared sterile products. *American Journal of Hospital Pharmacy*, 1992, vol. 49, págs. 407-417.

CYTOTOXICS SERVICES WORKING GROUP

The Cytotoxics. Oxford, ed. Radcliffe Medical Press, 1990.

GUARDINO, X., ROSELL, M<sup>a</sup>.G.

Exposición laboral a compuestos citostáticos. Barcelona, INSH., 1986, NTP-163.

HERAS, C.

Manejo de productos citostáticos. Madrid, INSH, 1995.

JOCHIMSEN, P.

Handling of cytotoxic drugs by healthcare workers. A review of the risks of exposure. *Drug Safety*, 1992, vol. 7, nº 5, págs. 374-380.

MAYER, D.

Hazards of chemotherapy. Implementing

- safe handling practices. Cancer, 1992, vol. 70, nº 4 Suppl, págs. 988-992.
- MC DEVITT, J., LEES, P., MC DIARMIC, M. Exposure of Hospital Pharmacists and Nurses to antineoplastic agents. Journal of Occupational Medicine, 1993, vol. 35, nº 1, págs. 57-60.
- ROUSSELIN, X.**  
Les médicaments cytostatiques en milieu des soins. 2. Recommandations pour la prévention des risques professionnels. París, INRS, Documents pour le medecin du travail. 1991, vol. 45, págs. 17-26.
- VALANIS, B., VOLLMER, W., LABUHN, K., GLASS, A., CORRELLE, CH. Antineoplastic Drug Handling Protection after OSHA Guidelines. Comparison by profession, handling activity, and work site. JOM. 1992, págs. 149-155.
- Líquidos desinfectantes**
- BLOCK, S.S. Desinfection, Sterilization and Preservation. Philadelphia, ed. Lea & Febiger, 1983, págs. 1053.
- CASTLE, M. Hospital infection control. Principles and practice. New York, ed. Jhon Wiley & Sons, 1980, págs. 251.
- MAURER, I.M. Hospital hygiene. London, ed. Edward Arnold, 1978, págs. 138.
- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH Guidelines for protecting the safety and health of health care workers. Washington, D.C. NIOSH, 1988, Publication Nº 88-119.
- Radiaciones no ionizantes**
- COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION ELECTRIQUE ENV 50166-1. "Exposiciones humanas a campos electromagnéticos de 0 Hercios a 10 kiloHercios". CENELEC, 1995.
- COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION ELECTRIQUE ENV 50166-2. "Exposiciones humanas a campos electromagnéticos de 10 kiloHercios a 300 GigaHercios". CENELEC, 1995.
- GALLARDO, E. et al. Radiaciones no ionizantes. Prevención de Riesgos. Madrid, INSHT, 1988.
- GUIBELALDE, E. et al. Protección y seguridad láser en el ambito médico. Radioprotección, 1993, nº 2.
- KRAUS, J. Electromagnetismo. México D.F., ed. McGraw-Hill, 1984.
- MALDONADO, J., LANCHAS, I. Efectos de los campos electromagnéticos de extremadamente baja frecuencia. Madrid, INSHT, 1991, Salud y Trabajo nº 88.
- MATHUR-de VRE, R. Safety aspects of magnetic resonance imaging and magnetic resonance spectroscopy applications in medicine and biology. Arch. B. Med. Soc. Hyg., Méd. Tr. and Méd., 1987, lég. nº 45, págs. 394-438.
- NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer. Oxon, NRPB, 1992, vol.3, nº1.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD - INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION Fréquences radioélectriques et hyperfréquences. OMS-IRPA, 1981, Critères d'hygiène de l'environnement nº 16.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD Nonionizing radiation protection. OMS, 1982, WHO Regional Publications European Series nº 10.

- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SANIDAD PÚBLICA**  
**Magnetic Fields.** OMS, 1987, Environmental Health Criteria nº 69.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SANIDAD PÚBLICA**  
**Ultraviolet Radiation.** OMS, 1994, Environmental Health Criteria Nº 160.
- RUPÉREZ, M<sup>a</sup>. J.**  
 Láseres: riesgos de su utilización. Madrid, INSHT, 1991, Notas técnicas de prevención nº 261.
- RUPÉREZ, M<sup>a</sup> J. et al.**  
 Algunas cuestiones sobre seguridad láser. Madrid, INSHT, 1996.
- SAN MARTÍN, D.**  
 Microondas y Radiofrecuencias: Generación, aplicaciones y control de riesgos. Madrid, INSHT, 1989, Salud y Trabajo nº 76.
- SAN MARTÍN, D.**  
 Estudio sobre la aplicación de Microondas y Radiofrecuencias a la diatermia clínica. Madrid, INSHT, 1996, Salud y Trabajo nº 117.
- UNE-EN 60825.**  
 "Seguridad de radiación de productos láser, clasificación de equipos, requisitos y guía del usuario".
- WHITE, D.**  
 Electromagnetic Shielding. Materials and performance. Gainsville, ed. Don White Consultants, 1988.
- Radiaciones ionizantes**
- ICRP 60**  
 Recommendations of the international commission on radiological protection. Annals of the ICRP 21 (1-3), 1991.
- MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO**  
 Protección radiológica. Partes I, II, III y IV. Madrid, Colección sanidad ambiental, 1988.
- Agentes biológicos. Infecciones nosocomiales**
- AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION**  
 Biohazards reference manual. Akron, AIHA, 1986, págs. 160.
- BONNIN, C., BERTHIER, C., MACE, M.**  
 Vaccinations en milieu de travail. Rev. Med. Trav., 1995, vol. 22, nº 2, págs. 87-92.
- CARRIÓN, J.A., BANDRÉS, F.**  
 Hepatitis por virus C. Madrid, Fundación Laboral de Servicios Asistenciales, 1994.
- COLLINS, C.H. and GRANGE, J.M.**  
 The microbiological hazards of occupations. London, ed. Science Reviews Ltd., 1990, p. 134.
- DAVIS, B.D. et al.**  
 Tratado de Microbiología. Barcelona, ed. Salvat, S.A., 1978.
- FARRERAS, P., ROZMAN, C. et al.**  
 Medicina Interna. Tomo ???. Barcelona, Ed. Marín, S.A., 1982.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (DEPARTAMENT DE SANITAT I SEGURETAT SOCIAL)**  
 Bases per a la integració de la prevenció a la pràctica assistencial. Barcelona, ed. DOYMA, s.a., 1993.
- GENERALITAT DE CATALUNYA, DEPARTAMENT DE SANITAT I SEGURETAT SOCIAL**  
 Manual de notificació i control de les malalties de declaració obligatòria. Barcelona, 1993.
- GENERALITAT DE CATALUNYA, DIRECCIÓ GENERAL DE SALUT PÚBLICA**  
 Actualització de les normes de notificació de les malalties de declaració obligatòria per a l'any 1994. Barcelona, 1993.
- GIBBS, F.L., KASPRISIN, C.A.**  
 Environmental safety in the blood bank. Arlington, ed. American Association of Blood Banks, 1987, págs. 104.

**GOBIERNO DE NAVARRA INSTITUTO NAVARRO DE SALUD LABORAL**  
 Manual de Protección Frente a Riesgos Biológicos.(1ª Edición). Pamplona, Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra, 1993.

**HOEPRICH, P.D. el al.**  
 Infectious diseases. A modern treatise of infectious processes. New York, ed. Harper and Row, 1977, págs. 1258.

**INSALUD**  
 Accidentes biológicos. Madrid, ed. Insalud, 1995, págs. 205.

**INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO**  
 Patógenos transmitidos por la sangre: un riesgo laboral. Barcelona, INSHT, Notas Técnicas de Prevención nº 398, 1995.

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD**  
 Manual de bioseguridad en el laboratorio. Ginebra, OMS, 1983, págs. 130.

**PIKE, R.M.**  
 Laboratory-associated infections: incidence, fatalities, causes and prevention. Ann. Rev. Microbiol. 1979, 33, págs. 41 - 66.

**SIMONS, J., SOTTY, P.**  
 Risques biologiques. Paris, INSERM, 1991.

**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA PREVENTIVA, SALUD PÚBLICA E HIGIENE.**  
 Guía de vacunación en el adulto. M.P.S.P. 1995.

**MARTÍ, M.ª.C., ALONSO, R. M.ª., CONS-TANS, A., GUARDINO, X.**  
 Prevención de riesgos biológicos en el laboratorio. Barcelona, INSHT, ISBN: 84-7425-481-7. 1997.

#### Gestión de residuos sanitarios

**COMMITTEE ON HAZARDOUS SUBSTANCES IN THE LABORATORY**  
 Prudent practices for disposal of chemicals

from laboratories. Washington, National Academy Press, 1983.

**GENERALITAT DE CATALUNYA**  
 Guía de Gestió Intracentre de Residus Sanitaris. Barcelona, Departament de Sanitat i Seguretat Social, 1994.

**LUNN, G., SANSONE, E.B.**  
 Destruction of hazardous chemicals in the laboratory. New York, ed. John Wiley & Sons, 1989.

**SERVICIO DE INSPECCIÓN DE SALUD Y SERVICIOS. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD PÚBLICA**

La gestión de residuos sanitarios. Oviedo, Consejería de Sanidad y Servicios Sociales, 1994.

**U.S. DEPARTMENT OF LABOR. OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION**

Hazardous waste and emergency response. Washington, OSHA 3114, 1994.

**WAGNER, K. D.**  
 Managing Medical Wastes. Environ. Sci. Technol., 1991, nº 25, págs. 1208-1210.

**ZAMBITO, J.**  
 Les stérilisateurs a déchets biomédicaux. Objectif.Prévention, 1992, nº 15, págs. 30-32.

#### Ergonomía hospitalaria

**GRANDJEAN, E.**  
 Précis d'ergonomie. Paris, Les Éditions d'Organisation, 1983.

**UNE-EN-ISO 7730:96.**  
 Ambientes térmicos moderados: determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones de bienestar térmico.

**ISO 8895.**  
 Principes d'ergonomie visuelle. L'éclairage des systèmes de travail intérieurs.

**PANERO, J., ZELNIK, M.**

- Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Barcelona, Gustavo Gili, 1989.
- UNE-EN 27243.  
Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT.
- UNE-100 - 011 - 91.  
Climatización: la ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales.
- Carga de trabajo**
- BERTRAM, D. A., OPILA, D. A., BROWN, J. L. et al.  
Measuring Physician Mental Workload: Reliability and validity assessment of a brief instrument. Medical care, 1992, vol. 30, n° 2, págs.95-103.
- INSHT. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO  
Informe sobre la incidencia de las lesiones de espalda en el trabajo hospitalario. Barcelona, CNCT 1990.
- COLLINS, J.W, OWEN, B.D.  
Niosh research initiatives to prevent back injuries to nursing assistants, aides and orderlies in nursing homes. Am. J. Ind. Med. 1996, vol. 29, n° 6, págs. 421-424.
- DERN J., JOSA, R.M.  
La prevención del dolor de espalda en el cuidado de enfermos. Barcelona, INSHT, Serie Documentos Divulgativos,1990.
- DOTTE, P.  
Método de movilización de enfermos e incapacitados. Ed. Doyma S.A. 1993.
- ENGELS, J.A. et al  
An Owas-based analysis of nurses' working postures. Ergonomics, 1994, vol. 37, n° 5, págs. 909-919.
- ENGKVIST, I.L. et al  
Interview protocols and ergonomic checklist for analysing overexertion back accidents among nursing personnel. Appl. Ergonomics, 1995, vol. 26, n° 3, págs. 213-230.
- HANCOCK, P. A., MESHKATI, N. Eds.  
Human mental workload. Amsterdam, North-Holland, 1988.
- ISO 10075  
Principes ergonomiques concernant la charge de travail mental. Termes généraux et leurs définitions, 1991.
- KANT, I.J. et al.  
Estudio de posturas de trabajo dinámicas y estáticas del personal de quirófano. Notas Documentos, 1994, vol. 183, n° 1146, págs. 13-21.
- LLOYD, P. et al.  
The handling of patients. A guide for nurses. The Back Pain Association, Middlesex 1987.
- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL HEALTH  
Cumulative trauma disorders in the workplace. Bibliography. Cincinnati, NIOSH, 1995.
- NOGAREDA, S.  
Las lesiones de espalda en hospitales. Madrid, INSHT, Serie Cuestionarios, 1995.
- UNE-EN 28996.  
Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico. (ISO 8996: 1990).
- UNE 81-425-91.  
Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo (ISO 6385: 1981).
- UNE 29241  
Requisitos ergonómicos para trabajos de oficinas con PDV (ISO 9241-5. Exigencias del puesto de trabajo).
- WATERS, T.R. et al.  
Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. Ergonomics, 1993, vol. 36, n° 7, págs. 749-776.

### Aspectos psicosociales del trabajo

**COMITÉ MIXTO OIT/OMS DE MEDICINA DEL TRABAJO**

Identificación y control de los factores psicosociales nocivos en el trabajo. Ginebra, 1984.

**CORLETT, E. N., QUÉINNEC, Y., PAOLI, P.**

La adaptación de los sistemas de trabajo por turnos. Dublin, 1989, Fundación Europea para la mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo.

**COSTA, G. et al.**

Evaluation of a rapidly rotating shift system for tolerance of nurses to nightwork. Occup. Environ. Health, 1994, vol. 65, nº 5, págs. 305-311.

**EUROPEAN FOUNDATION FOR THE IMPROVEMENT OF LIVING AND WORKING CONDITIONS**

Instruments for designing, implementing and assessing working conditions. BEST, 1994, nº 7.

**FUNDACIÓN EUROPEA PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DE VIDA Y DE TRABAJO (CEE).**

El estrés físico y psicológico en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1982.

**GARCÍA, J.**

El trabajo a turno. Bilbao, ed. Deusto, 1991.

**HARRIS, P.E.**

The Nurse Stress Index. Work and Stress, 1989, vol. 3, nº 4, págs. 335-346.

**LAZARUS, R.S., FOLKMAN, S.**

Estrés y procesos cognitivos. Barcelona, ed. Martínez Roca, 1986.

**NOGAREDA, C. et al.**

Psicosociología del trabajo. Cap. 1. El estrés y otros problemas psicosociales. Barcelona, INSHT, 1995.

**NOGAREDA, S.**

Trabajo nocturno y trabajo a turnos: ali-

mentación. Barcelona, 1993, INSHT, NTP 310-1993.

**PEIRÓ, J.M.**

Psicología de la organización. Madrid, UNED, 1987.

**SHIFTWORK SPECIAL ISSUE**

Applied Ergonomics, 1996, vol. 27, nº 1.

**ÚBEDA, R.**

Trabajo a turnos y ritmos biológicos. Salud y trabajo, 1991, nº 83, págs 12-15.

### La seguridad laboral en los hospitales

**CEPREVEN**

La seguridad contra incendios en los hospitales. Madrid, Cepreven, 1994, págs. 35.

**GIL, J.**

Seguridad en instalaciones eléctricas hospitalarias. Mapfre Seguridad, 1995, nº 58, págs. 3-9.

### REFERENCIAS LEGISLATIVAS

En este apartado se recogen las referencias legislativas en vigor en 1999 y que se citan a lo largo de este texto. Se han incluido, de manera no exhaustiva, normas legales que hacen referencia expresa a las condiciones de trabajo en centros hospitalarios, así como otras de carácter más general pero que afectan a dichas instalaciones.

Hay que tener en cuenta que en un futuro estas citas pueden ser modificadas o ampliadas por nuevas reglamentaciones, por lo que se ruega a los usuarios de este texto un esfuerzo de actualización.

### Aspectos generales

Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE de 10 de noviembre de 1995). Modificada por: Ley 50/1998 de 30 de diciembre (BOE de 31 de diciembre de 1998).

Real Decreto 39/1997 de 17 de mayo (BOE de 31 de mayo de 1997). Reglamento de los

Servicios de Prevención. Modificado por: Real Decreto 780/1998 de 30 de abril (BOE de 4 de julio de 1998). Desarrollado por: Orden de 27 de junio de 1997 (BOE de 4 de julio de 1997).

Real Decreto 486/1997 de 14 de abril (BOE de 23 de abril de 1997), sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 1751/1998 de 31 de julio (BBOOE de 5 de agosto, rectificado el 29 de octubre de 1998). Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITE).

### Agentes químicos

Real Decreto 665/1997 de 12 de mayo (BOE de 24 de mayo de 1997). sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Real Decreto 1078/1993 de 2 de junio (BOE de 9 de septiembre, rectificado en BOE de 19 de noviembre de 1993). Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

Actualizado por: Orden de 20 de febrero de 1995 (BOE de 23 de febrero, rectificado en BOE de 5 de abril de 1995). Modificado por: Real Decreto 363/1995 de 10 de marzo (BOE de 5 de junio de 1995) y Real Decreto 1425/1998 de 3 de julio (BOE de 4 de julio de 1998).

Real Decreto 363/1995 de 10 de marzo (BOE de 5 de junio de 1995). Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Modificado por: Orden de 13 de septiembre de 1995 (BOE de 19 de septiembre de 1995), modifica el anexo I; Orden de 21 de febrero de 1997 (BOE de 19 de septiembre de 1997), modifica el anexo I; Real Decreto 700/1998 de 24 de abril (BOE de 8 de mayo de 1998); Orden de 30 de junio de 1998 (BOE de 6 de julio de 1998), modifica los anexos I, III, V y VI; Orden de 11 de septiembre (BOE de 17

de septiembre de 1998), modifica los anexos I y VI; Orden de 8 de enero (BOE de 14 de enero de 1999), clasifica el hexafluorosilicato de magnesio.

### Radiaciones ionizantes

Ley 25/1964 (BOE de 4 de mayo, rectificado en BOE de 6 de mayo de 1964). Ley reguladora de la energía nuclear.

Decreto 2869/1972 de 21 de julio (BOE de 24 de octubre de 1972). Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas. Modificado por: Real Decreto 53//1992 de 24 de enero (BOE de 3 de enero de 1992).

Orden de 20 de marzo de 1975 (BOE de 1 de abril de 1975). Homologación de aparatos radiactivos.

Decreto 2954/1983 de 4 de agosto (BOE de 30 de noviembre de 1983). Establece la sujeción a especificaciones técnicas de los tubos de rayos X de ánodo giratorio y tubos equipados para diagnóstico médico.

Real Decreto 2603/1985 de 20 de noviembre (BOE de 14 de enero de 1986). Especificaciones de los aparatos móviles radioquirúrgicos.

Orden de 18 de octubre de 1989 (BOE de 20 de octubre, rectificado en BOE de 22 de noviembre y de 14 de diciembre de 1989). Se suprimen las exposiciones radiológicas sistemáticas de los exámenes de salud de carácter preventivo.

Real Decreto 1891/1991 de 30 de diciembre (BOE de 3 de enero de 1992). Instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. Modificado por: Real Decreto 445/1994 de 11 de marzo (BOE de 22 de abril de 1994).

Real Decreto 53/1992 de 24 de enero (BOE de 12 de febrero, rectificado en BOE de 15 de abril de 1992). Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

Resolución de 5 de noviembre de 1992 (Conse-

jo de Seguridad Nuclear, BOE de 14 de noviembre de 1992). Establece las normas a que habrá de sujetarse la homologación de cursos o programas que habiliten para la dirección y operación de las instalaciones de rayos X con fines diagnósticos y la acreditación directa del personal que ejerza dichas funciones.

Real Decreto 445/1994 de 11 de marzo (BOE de 22 de abril de 1994). Amplía el plazo contenido en las disposiciones transitoria cuarta y quinta del R.D. 1891/1991.

Real Decreto 2071/1995 de 22 de diciembre (BOE de 23 de enero de 1996). Se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico.

Real Decreto 413/1997 de 21 de marzo (BOE de 16 de abril de 1997). Protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

Real Decreto 1841/1997 de 5 de diciembre (BOE de 19 de diciembre de 1997). Establece los criterios de calidad en medicina nuclear.

Real Decreto 1566/1998 de 17 de julio (BOE de 28 de agosto de 1998). Establece los criterios de calidad en radioterapia.

96/29/EURATOM. Directiva del Consejo de 13 de mayo de 1996 por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. (DOCE L 159, 29. 6. 96).

### **Agentes biológicos**

Real Decreto 664/1997 de 12 de mayo (BOE de 24 de mayo de 1997), sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Modificado por: Orden de 25 de marzo de 1998 (BOE de 30 de marzo de 1998).

Orden de 27 de noviembre de 1989 (DOGC de

10 de enero de 1990), por la cual se establecen los mecanismos de control y seguimiento del uso de la vacuna contra la hepatitis B y se determinan los grupos de riesgo elevado de padecer la enfermedad.

### **Gestión de residuos**

Decreto 2263/1974 de 20 de julio (BOE de 17 de agosto de 1974). Reglamento de Policía Sanitaria Mortuoria.

75/442/CEE. Directiva del Consejo de 15 de julio de 1975, relativa a los residuos. (DOCE L 194, 25.7.1975), modificada por: Directiva 91/156/CEE. (DOCE L 78, 26 de marzo de 1991).

91/156/CEE. Directiva del Consejo de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos. (DOCE L 78, 26 de marzo de 1991).

91/689/CEE. Directiva del Consejo de 12 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos. (DOCE L 377, 31 de diciembre de 1991).

94/904/CE. Decisión del Consejo de 22 de diciembre de 1994 por la que se establece una lista de residuos peligrosos en virtud del apartado 4 del artículo 1 de la Directiva 91/689/CEE relativa a los residuos peligrosos. (DOCE L 356, 31 de diciembre de 1994).

Orden 18 de octubre de 1976 (BOE de 3 de diciembre de 1976, rectificado en BOE de 23 de febrero de 1977), sobre prevención y corrección de la contaminación atmosférica de origen industrial. Modificado por: Orden de 25 de febrero de 1980 (BOE de 24 de marzo de 1980), se deroga el capítulo VII.

Real Decreto legislativo 1302/1986 de 28 de junio (BOE de 30 de junio de 1986), sobre evaluación de impacto ambiental.

Real Decreto 833/1988 de 20 de julio (BOE de 30 de julio de 1988). Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 de 14 de mayo

- sobre el régimen jurídico básico de los residuos tóxicos y peligrosos.
- Modificado por: Real Decreto 1771/1994 de 5 de agosto (BOE de 19 de agosto de 1994) y Real Decreto 952/1997 de 20 de junio (BOE de 5 de julio de 1997). Derogados parcialmente por: Ley 10/1998 de 21 de abril (BOE de 22 de abril de 1998).
- Orden de 13 de octubre de 1989 (BOE de 10 de noviembre de 1989). Determina los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos.
- Resolución de 17 de noviembre de 1998 (BOE de 8 de enero de 1999). Publica el catálogo europeo de residuos (CER), aprobado mediante la Decisión 94/3/CE, de la Comisión, de 20 de diciembre de 1993.
- Aragón**
- Decreto 29/1995 de 21 de febrero. (BOA 6 de marzo de 1995). Gestión de residuos sanitarios.
- Cantabria**
- Decreto 22/1990 de 7 de mayo (BO 25 de mayo de 1990). Normativa para la gestión de los residuos hospitalarios.
- Castilla y León**
- Decreto 204/1994 de 15 de septiembre (BOC y L. 21 de septiembre de 1994). Gestión de los residuos sanitarios.
- Cataluña**
- Orden de 7 de julio de 1993 (DOGC 21 de julio de 1993). Crea el programa de gestión intracentro de residuos sanitarios.
- Decreto 27/1999 de 9 de febrero (DOGC 16 de febrero de 1999). La gestión de los residuos sanitarios.
- Madrid**
- Decreto 61/ 1994 de 9 de junio (BOCM 12 de julio de 1994). Gestión de los residuos biosanitarios y citotóxicos.
- Navarra**
- Decreto Foral 296/1993 de 13 de septiembre (BON 1.10.1993). Normativa para la gestión de los residuos sanitarios.
- Complementado por: Decreto foral 181/1994 de 3 de octubre (BON 19 de octubre de 1994).
- Ergonomía**
- Real Decreto 488/1997 de 14 de abril (BOE de 23 de abril de 1997), sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Convenio 7 junio 1967, ratificado por Instrumento 6 marzo de 1969 (BOE 15 de octubre de 1970). Peso máximo de carga transportada por un trabajador.
- Decreto 26 julio de 1957 (BOE de 26 agosto, rectificado en BOE de 5 de septiembre). Fija los prohibidos a mujeres y menores por peligrosos e insolubres. La ley 31/1995 deroga la normativa de este decreto relacionada con las mujeres.
- Real Decreto 487/1997 de 14 de abril (BOE de 23 de abril de 1997), sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Directiva del Consejo (92/85/CEE) de 19 de octubre de 1992 relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.
- Factores psicosociales**
- Directiva 93/104/CE del Consejo de 23 noviembre de 1993 relativa a determinados

aspectos de la ordenación del tiempo de trabajo.

Real Decreto 1/1995 de 24 de marzo por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores. (BOE de 29 de marzo de 1995).

Real Decreto 1561/1995 de 21 de septiembre sobre jornadas especiales de trabajo.

### **Seguridad**

Real Decreto 485/1997 de 14 de abril (BOE de 23 de abril de 1997), sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo (BOE de 12 de junio de 1997), sobre disposiciones

mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio (BOE de 7 de agosto de 1997), sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.

Ministerio de Industria y Energía, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Instrucciones MIE - BT 025, 026 y 037.

Norma Básica de la Edificación “NBE-CPI/96: Condiciones de protección contra incendios de los edificios”, Real Decreto 2177/1996 de 4 de octubre (BBOOE de 29 octubre, rectificado 13 de noviembre de 1996).

## **ANEXOS**



## **ANEXO 1**

### **IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO**

#### **CONTENIDO DE UNA FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**

- Identificación del preparado
- Composición/información sobre los componentes
- Identificación de los peligros
- Primeros auxilios
- Medidas de lucha contra incendios
- Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental
- Manipulación y almacenamiento
- Controles de exposición/protección individual
- Propiedades físicas y químicas
- Estabilidad y reactividad
- Informaciones toxicológicas
- Informaciones ecológicas
- Consideraciones relativas a la eliminación
- Informaciones relativas al transporte
- Informaciones reglamentarias
- Otras informaciones

## PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

DEFINICIONES	IDENTIFICACIÓN
<p><b>Explosivos</b> Las sustancias y preparados sólidos, líquidos, pastosos o gelatinosos que, incluso en ausencia de oxígeno del aire, puedan reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o, bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan</p>	 <b>E</b> Explosivo
<p><b>Comburentes</b> Las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica</p>	 <b>O</b> Comburente
<p><b>Extremadamente inflamables</b> Las sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de ignición extremadamente bajo y un punto de ebullición bajo, y las sustancias y preparados gaseosos que, a temperatura y presión normales, sean inflamables con el aire</p>	 <b>F+</b> Extremadamente inflamable
<p><b>Fácilmente inflamable</b> Las sustancias y preparados:<ul style="list-style-type: none"><li>• Que puedan calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía, o</li><li>• Los sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente, o</li><li>• Los líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo,</li><li>• Que, en contacto con agua o con aire húmedo, desprendan gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas</li></ul></p>	 <b>F</b> Fácilmente inflamable
<p><b>Inflamables</b> Las sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo</p>	R10

## PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS

DEFINICIONES	IDENTIFICACIÓN
<b>Muy tóxicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte	T+  Muy tóxico
<b>Tóxicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte	T  Tóxico
<b>Nocivos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte	Xn  Nocivo
<b>Corrosivos</b> Las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos	C  Corrosivo
<b>Irritantes</b> Las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria	Xi  Irritante
<b>Sensibilizantes</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos negativos característicos	por inhalación R42  Nocivo
	por contacto cutáneo R43  Irritante

## EFFECTOS ESPECÍFICOS SOBRE LA SALUD

DEFINICIONES	IDENTIFICACIÓN
<b>Carcinogénicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia	Categorías 1 y 2
	R45  Tóxico
	Categoría 3
	R40  Nocivo
<b>Mutagénicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia	Categorías 1 y 2
	R46  Tóxico
	Categoría 3
	R40  Nocivo
<b>Tóxicos para la reproducción</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora	Categorías 1 y 2
	R60 R61  Tóxico
	Categoría 3
	R62 R63  Nocivo

## EFFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

DEFINICIONES	IDENTIFICACIÓN
<p><b>Peligrosos para el medio ambiente</b>            Las sustancias o preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente</p> <hr/> <p>* Cuando el efecto sobre el medio ambiente sea sólo nocivo para los organismos acuáticos o sólo para la capa de ozono no es necesario el símbolo</p>	 Peligroso para el medio ambiente * R52 y R52/53 Organismos acuáticos R59 Capa de Ozono

## CATEGORÍAS DE PELIGRO PARA SUSTANCIAS Y PREPARADOS PELIGROSOS

### FRASES R

#### Riesgos específicos atribuidos a las sustancias químicas

##### Propiedades fisicoquímicas

- R1 Explosivo en estado seco.
- R2 Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R3 Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R4 Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.
- R5 Peligro de explosión en caso de calentamiento.
- R6 Peligro de explosión, en contacto o sin contacto con el aire.
- R7 Puede provocar incendios.
- R8 Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.
- R9 Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
- R10 Inflamable.
- R11 Fácilmente inflamable.
- R12 Extremadamente inflamable.
- R14 Reacciona violentamente con el agua.
- R15 Reacciona con el agua liberando gases fácilmente inflamables.
- R16 Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes.
- R17 Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
- R18 Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.
- R19 Puede formar peróxidos explosivos.
- R44 Riesgo de explosión al calentarla en ambiente confinado.

*Propiedades toxicológicas*

- R20 Nocivo por inhalación.
- R21 Nocivo en contacto con la piel.
- R22 Nocivo por ingestión.
- R23 Tóxico por inhalación.
- R24 Tóxico en contacto con la piel.
- R25 Tóxico por ingestión.
- R26 Muy tóxico por inhalación.
- R27 Muy tóxico en contacto con la piel.
- R28 Muy tóxico por ingestión.
- R29 En contacto con agua libera gases tóxicos.
- R30 Puede inflamarse fácilmente al usarlo.
- R31 En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
- R32 En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
- R33 Peligro de efectos acumulativos.
- R34 Provoca quemaduras.
- R35 Provoca quemaduras graves.
- R36 Irrita los ojos.
- R37 Irrita las vías respiratorias.
- R38 Irrita la piel.
- R39 Peligro de efectos irreversibles muy graves.
- R40 Posibilidad de efectos irreversibles.
- R41 Riesgo de lesiones oculares graves.
- R42 Posibilidad de sensibilización por inhalación.
- R43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
- R65 Nocivo: Si se ingiere puede causar daño pulmonar.
- R66 La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel. (\*)
- R67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo. (\*)

(\*) Pendiente de transposición a la legislación española.

*Efectos específicos sobre la salud*

- R45 Puede causar cáncer.
- R46 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
- R48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
- R49 Puede causar cáncer por inhalación.
- R60 Puede perjudicar la fertilidad.
- R61 Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
- R62 Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
- R63 Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
- R64 Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.

*Efectos sobre el medio ambiente*

- R50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- R51 Tóxico para los organismos acuáticos.
- R52 Nocivo para los organismos acuáticos.
- R53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- R54 Tóxico para la flora.
- R55 Tóxico para la fauna.
- R56 Tóxico para los organismos del suelo.
- R57 Tóxico para las abejas.
- R58 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.
- R59 Peligroso para la capa de ozono.

**Combinación de frases R**

- R14/15 Reacciona violentamente con el agua, liberando gases extremadamente inflamables.
- R15/29 En contacto con el agua, libera gases tóxicos y extremadamente inflamables.
- R20/21 Nocivo por inhalación y en contacto con la piel.
- R20/22 Nocivo por inhalación y por ingestión.
- R20/21/22 Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
- R21/22 Nocivo en contacto con la piel y por ingestión.
- R23/24 Tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
- R23/25 Tóxico por inhalación y por ingestión.
- R23/24/25 Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
- R24/25 Tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
- R26/27 Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
- R26/28 Muy tóxico por inhalación y por ingestión.
- R26/27/28 Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
- R27/28 Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
- R36/37 Irrita los ojos y las vías respiratorias.
- R36/38 Irrita los ojos y la piel.
- R36/37/38 Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
- R37/38 Irrita las vías respiratorias y la piel.
- R39/23 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
- R39/24 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
- R39/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
- R39/23/24 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.

- R39/23/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.
- R39/24/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.
- R39/23//24/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
- R39/26 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
- R39/27 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
- R39/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
- R39/26/27 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.
- R39/26/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.
- R39/27/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.
- R39/26/27/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
- R40/20 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación.
- R40/21 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel.
- R40/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por ingestión.
- R40/20/21 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel.
- R40/20/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión.
- R40/21/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel e ingestión.
- R40/20/21/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
- R42/43 Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.
- R48/20 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
- R48/21 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.
- R48/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
- R48/20/21 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.
- R48/20/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.
- R48/21/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.

- R48/20/21/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
- R48/23 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
- R48/24 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.
- R48/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
- R48/23/24 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.
- R48/23/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.
- R48/24/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.
- R48/23/24/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
- R50/53 Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- R51/53 Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- R52/53 Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

## FRASES S

### **Consejos de prudencia relativos a las sustancias y preparados peligrosos**

#### *Almacenamiento y manipulación*

- S1 Consérvese bajo llave.
- S2 Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S3 Consérvese en lugar fresco.
- S4 Manténgase lejos de locales habitados.
- S5 Consérvese en ... (líquido apropiado a especificar por el fabricante).
- S6 Consérvese en ... (gas inerte a especificar por el fabricante).
- S7 Manténgase el recipiente bien cerrado.
- S8 Manténgase el recipiente en lugar seco.
- S9 Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.
- S12 No cerrar el recipiente herméticamente.
- S13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.
- S14 Consérvese lejos de ... (materiales incompatibles a especificar por el fabricante).
- S15 Conservar alejado del calor.

- S16 Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.
- S17 Manténgase lejos de materias combustibles.
- S18 Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia.
- S33 Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.
- S47 Consérvese a una temperatura no superior a ... °C (a especificar por el fabricante).
- S48 Consérvese húmedo con ... (medio apropiado a especificar por el fabricante).
- S49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen.
- S51 Úsese únicamente en lugares bien ventilados.
- S52 No usar sobre grandes superficies en locales habitados.

#### *Higiene personal*

- S20 No comer ni beber durante su utilización.
- S21 No fumar durante su utilización.
- S22 No respirar el polvo.
- S23 No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].
- S24 Evítese el contacto con la piel.
- S25 Evítese el contacto con los ojos.

#### *Incidente/Accidente*

- S26 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- S27 Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada.
- S28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con ... (productos a especificar por el fabricante).
- S41 En caso de incendio y/o de explosión, no respire los humos.
- S43 En caso de incendio, utilizar ... (los medios de extinción los debe especificar el fabricante). (Si el agua aumenta el riesgo, se deberá añadir: «No usar nunca agua»).
- S45 En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrese la etiqueta).
- S46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrese la etiqueta o el envase.
- S62 En caso de ingestión, no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrese la etiqueta o el envase.
- S63 En caso de accidente por inhalación, alejar a la víctima fuera de la zona contaminada y mantenerla en reposo. (\*)
- S64 En caso de ingestión, lavar la boca con agua (solamente si la persona está consciente). (\*)

(\*) Pendiente de transposición a la legislación española.

*Vertidos y residuos*

- S29 No tirar los residuos por el desagüe.
- S35 Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- S40 Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese ... (a especificar por el fabricante).
- S56 Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.
- S57 Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.
- S59 Remitirse al fabricante proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado.
- S60 Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.
- S61 Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

*Equipos de protección individual*

- S36 Úsese indumentaria protectora adecuada.
- S37 Úsense guantes adecuados.
- S38 En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.
- S39 Úsese protección para los ojos/la cara.
- S42 Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsese equipo respiratorio adecuado. [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].
- S53 Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.

*Reactividad/Incompatibilidades*

- S30 No echar jamás agua a este producto.
- S50 No mezclar con ... (a especificar por el fabricante).

**Combinación de frases S**

- S1/2 Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.
- S3/7 Consérvese el recipiente bien cerrado y en lugar fresco.
- S3/9/14 Consérvese en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante).
- S3/9/14/49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante).
- S3/9/49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado.

- S3/14 Consérvese en lugar fresco y lejos de ... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante).
- S7/8 Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco.
- S7/9 Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar bien ventilado.
- S7/47 Manténgase el recipiente bien cerrado y consérvese a una temperatura no superior a ... °C (a especificar por el fabricante).
- S/20/21 No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.
- S24/25 Evítese el contacto con los ojos y la piel.
- S27/28 Después del contacto con la piel, quítense inmediatamente toda la ropa manchada o salpicada y lávese inmediata y abundantemente con ... (productos a especificar por el fabricante). (\*)
- S29/35 No tirar los residuos por el desagüe; elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles. (\*)
- S29/56 No tirar los residuos por el desagüe, eliminar el producto y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.
- S/36/37 Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados.
- S36/37/39 Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.
- S36/39 Úsense indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara.
- S37/39 Úsense guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.
- S47/49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen y a temperatura no superior a ... °C (a especificar por el fabricante).

(\*) Pendiente de transposición a la legislación española.

## ANEXO 2

### VITRINAS DE LABORATORIO

Las vitrinas son los sistemas de extracción localizada más utilizados en el laboratorio; permiten controlar la contaminación ambiental y proteger al operador que está trabajando en ella y facilitan la renovación de aire del laboratorio. Toda operación que se realice en el laboratorio en la que se manipulen productos peligrosos (tóxicos, corrosivos, inflamables o explosivos) se debe realizar en una vitrina.

Una vitrina convencional suele tener unas dimensiones de 90 a 120 cm de ancho, una altura que puede alcanzar 1,90 m y el fondo que oscila entre 65 y 75 cm. Los materiales de construcción pueden ser variados y están en función de exigencias concretas. En las figuras 1 y 2 puede verse el esquema de una vitrina convencional.

Otro tipo de vitrinas que se utilizan son las de sobremesa en las que el aire expulsado pasa a través de uno o varios filtros. Éstas presentan la ventaja de que no se precisa hacer obras para su instalación y se pueden colocar en cualquier sitio donde haya suficiente espacio.

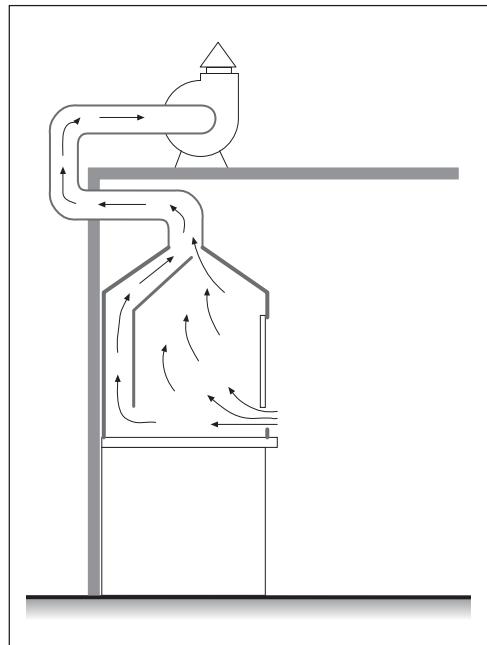


Figura 1.- Esquema de una vitrina convencional

## EFICACIA DE LAS VITRINAS DEL LABORATORIO

La vitrina debe de ser de un modelo y tamaño adecuados a las necesidades del laboratorio, de tal manera que se pueda trabajar lo más cómodamente posible.

Su ubicación en el laboratorio es otro aspecto importante que se debe tener en cuenta: deben estar situadas en una zona poco transitada, lejos de puertas, ventanas y entradas de aire de la ventilación general que puedan crear corrientes de aire que distorsionen el buen funcionamiento de las vitrinas.

Una metodología de trabajo adecuada y el control y mantenimiento de las vitrinas son factores que hay que tener en cuenta para que una vitrina sea eficaz.

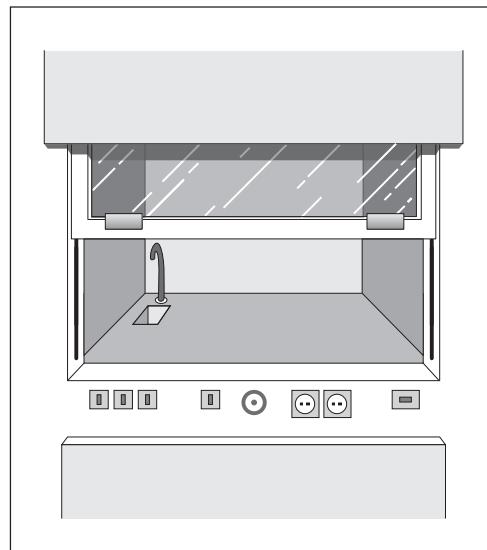


Figura 2.- Esquema de una vitrina convencional

## UTILIZACIÓN DE LAS VITRINAS DE LABORATORIO

- Colocar todo el material que se vaya a utilizar dentro de la vitrina y colocarlo de tal forma que no obstruya ninguna rendija de aspiración.
- Poner la vitrina en marcha 10 minutos antes de empezar a trabajar en ella.
- Mientras dure la operación, mantener la pantalla frontal lo más cerrada posible.
- Una vez finalizada la operación, dejar la vitrina en marcha durante unos 15 minutos, como medida de descontaminación.

## CONTROL Y MANTENIMIENTO

Las cabinas deben estar sometidas a una vigilancia periódica para contrastar su perfecto funcionamiento; para ello, periódicamente y siempre que se considere necesario, se hará una limpieza a fondo de la vitrina que incluirá: superficies de trabajo, paredes, pantalla de vidrio, etc.

Se debe llevar un control, tanto cualitativo como cuantitativo, periódico de la aspiración de la vitrina. Este control puede consistir en la visualización del comportamiento del aire mediante la utilización de tubos de humo y en la medición de la velocidad del aire en varios puntos de la abertura de entrada.

En el caso de las vitrinas de sobremesa con filtro, se deberá llevar un control del cambio de los filtros.

Es conveniente llevar un diario de registro para anotar los datos, operaciones e incidencias del programa de mantenimiento y la calibración de las vitrinas.



## **ANEXO 3**

### **EMERGENCIAS QUÍMICAS**

Las emergencias químicas pueden tener su origen en diversas circunstancias y agentes. Las clasificaremos por un lado según los agentes (gases o líquidos) que pueden dar origen a las mismas y según su tipo (fugas, vertidos, contaminación ambiental e incendios).

#### **SITUACIONES DE EMERGENCIA PRODUCIDAS POR GASES**

Pueden ser fundamentalmente de cuatro tipos:

- Fugas de gases corrosivos, irritantes o tóxicos, asfixiantes químicos e inertes, inflamables y oxígeno.
- Llama en la boca de una botella de gas inflamable.
- Calentamiento espontáneo de una botella de acetileno.
- Incendio en un local con botellas de gases a presión.

#### **Fugas de gases corrosivos, irritantes o tóxicos, asfixiantes químicos e inertes, inflamables y oxígeno**

El cálculo de la concentración que se alcanzaría si existiera una fuga de gas, teniendo en cuenta: su volumen y presión, el volumen del local y su comparación con el IPVS (inmediato peligro para la vida y salud), el criterio de valoración, el porcentaje de oxígeno mínimo necesario y el LII (límite inferior de inflamabilidad), según los casos, daría una idea aproximada de cuándo debería ser evacuado el local en el que se ha producido la fuga. Debe considerarse siempre la posibilidad de que el gas sea también inflamable.

### **Llama en la boca de una botella de gas inflamable**

Si se produce una llama en la boca de una botella, se procederá a cerrar el grifo. Si ello no es posible, la actuación a seguir dependerá del tipo de local en que esté situada la botella. Si está en una caseta de gases adecuadamente acondicionada, se apagará la llama con un extintor, preferiblemente de polvo, se señalizará la zona indicando el peligro y se enfriará el grifo para poder cerrarlo. Si la botella se halla en el propio local de trabajo, deberá valorarse si el riesgo derivado del escape de gases inflamables, una vez se haya apagado la llama, no es mayor que el de la propia llama. Si se toma la decisión de no apagar la llama, se deberá actuar para que la llama no provoque un incendio, separando de la botella con llama todo lo susceptible de ello. Se dará inmediatamente aviso a los bomberos, al servicio de prevención y al suministrador.

### **Calentamiento espontáneo de una botella de acetileno**

Si se produce el calentamiento espontáneo de una botella de acetileno se recomienda la secuencia de actuación indicada a continuación:

- 1.- No mover la botella de su emplazamiento.
- 2.- Cerrar el grifo, si es posible hacerlo sin peligro.
- 3.- Considerar que se trata de una situación de emergencia.
- 4.- Avisar al servicio de prevención, a los bomberos y al suministrador.
- 5.- Descongestionar el área de personal.
- 6.- Regar la botella hasta que se enfríe (hasta que el agua no se evapore).
- 7.- Comprobar que la botella se ha enfriado y no vuelve a calentarse.
- 8.- Continuar regándola si vuelve a calentarse. Comprobar su enfriamiento.
- 9.- Devolver la botella al suministrador.

Hay que tener en cuenta que el personal que no intervenga directamente en la emergencia se debe hallar lo más lejos posible, o resguardado por un muro.

### **Incendio en un local con botellas de gases a presión**

Si se produce un incendio en un local o almacén en el se hallan botellas de gases comprimidos, licuados o disueltos, se deberán retirar del mismo las botellas con la máxima celeridad. Si no se pueden retirar, se refrigerarán regándolas con agua, comunicando la circunstancia al servicio de prevención, a los bomberos y al suministrador. Después del incendio se deben revisar cuidadosamente las botellas que no se hayan retirado para comprobar si existen en ellas marcas claras de exposición al fuego.

## Actuación en caso de fuga de gas

La revisión periódica de las conexiones de las botellas y de la instalación de gases, en su caso, es la medida preventiva más eficaz para la prevención de fugas que puedan ser causa de una situación de emergencia. Esta revisión se debe realizar con agua jabonosa o productos detectores específicos para el gas, nunca empleando focos de ignición (cerillas, mecheros). De manera general, caso de detectarse una fuga en una botella, se recomienda la siguiente secuencia de actuación:

### *Fuga de gas en una botella*

- 1.- Aproximarse a la botella siempre con el viento (o la corriente de aire) a la espalda.
- 2.- Verificar que el gas no se ha encendido (en caso contrario actuar como se indica más adelante).
- 3.- Cerrar el grifo, si es posible.
- 4.- Trasladar la botella con fuga a un espacio abierto, fuera del alcance de personas e instalaciones.
- 5.- Si no se trata de oxígeno o un gas inerte, avisar a los bomberos.
- 6.- Señalar la zona con la indicación de peligro correspondiente, impidiendo el acceso de personas, vehículos, focos de ignición, etc, según el caso.
- 7.- Controlar permanentemente la botella hasta su total vaciado.
- 8.- Avisar al suministrador.

### *Fuga de gas en una instalación*

- 1.- Cerrar los grifos de la botella o botellas conectadas a la instalación.
- 2.- Comunicar la incidencia al responsable de la instalación o del laboratorio para recabar instrucciones.
- 3.- Estudiar la conveniencia de actuaciones de emergencia: evacuación, aviso a los bomberos, aislamiento del área, etc.
- 4.- Purgar la instalación con un gas inerte antes de proceder a la reparación.
- 5.- Realizar la reparación, siempre con la garantía de que la instalación no se halla bajo presión.
- 6.- Comprobar que la fuga ha sido reparada; cuando sea posible, hacerlo empleando aire o un gas inerte.
- 7.- Poner en marcha otra vez la instalación, con los purgados previos que ello requiera.

## LÍQUIDOS. VERTIDOS

En caso de vertidos de productos líquidos en el laboratorio se debe actuar rápidamente para su neutralización, absorción y eliminación. La utilización de los equipos de protección individual se llevará a cabo en función de las características de peligrosidad del producto vertido (consultar con la ficha de datos de seguridad). De manera general se recomienda la utilización de guantes y delantales impermeables al producto y de gafas de seguridad.

### Líquidos inflamables

Los vertidos de líquidos inflamables se deben absorber con carbón activo u otros absorbentes específicos que se pueden encontrar en el mercado. No se debe emplear nunca serrín, a causa de su inflamabilidad.

### Ácidos

Los vertidos de ácidos se deben absorber con la máxima rapidez, ya que tanto el contacto directo, como los vapores que se generen, pueden causar daño a personas, instalaciones y equipos. Para su neutralización lo mejor es emplear los absorbentes-neutralizadores que se hallan comercializados y que realizan ambas funciones. Caso de no disponer de ellos, se pueden neutralizar con bicarbonato sódico. Una vez realizada la neutralización se debe lavar la superficie con abundante agua y detergente.

### Bases

Se emplearán para su neutralización y absorción los productos específicos comercializados. Caso de no disponer de ellos, se neutralizarán con abundante agua a pH ligeramente ácido. Una vez realizada la neutralización se debe lavar la superficie con abundante agua y detergente.

### Otros líquidos no inflamables ni tóxicos ni corrosivos

Los vertidos de otros líquidos no inflamables ni tóxicos ni corrosivos se pueden absorber con serrín.

### Eliminación

En aquellos casos en que se recoge el producto por absorción, se debe proceder seguidamente a su eliminación según el procedimiento específico recomendado para ello, o bien tratarlo como un residuo a eliminar según el plan de gestión de residuos establecido.

## Mercurio

Absorber con polisulfuro cálcico, amalgamantes (existen comercializados en forma de estropajos) o azufre. Si se ha depositado en ranuras, se puede intentar sellarlas con una laca fijadora; también es posible su recogida mediante aspiración con una pipeta Pasteur, guardando el metal recogido en un recipiente cerrado, a poder ser protegido con agua y sellado con glicerina.

La recuperación del mercurio o la neutralización de un vertido es importante ya que de esta manera se evita un foco de contaminación permanente. Hay que tener en cuenta que la división del mercurio en pequeñas gotas aumenta su capacidad de evaporación, junto con la cercanía de focos de calor o la incidencia de luz solar.

## Otros ejemplos

En este apartado se incluyen ejemplos de procedimientos de actuación frente a vertidos de algunos de los productos químicos que se pueden encontrar en un hospital.

Aldehídos .....	solución de bisulfito sódico en exceso.
Agua oxigenada .....	vermiculita en gran exceso.
Cetonas .....	solución de bisulfito sódico en exceso. Ver también procedimiento general de inflamables.
Formol .....	solución de hipoclorito sódico.
Hidroperóxidos .....	vermiculita en gran exceso.
Hidruros (en general) ....	recoger con disolventes orgánicos. No emplear agua ni alcoholes.
Perácidos .....	vermiculita en gran exceso.
Peróxidos .....	vermiculita en gran exceso.
Sulfuro de carbono ....	solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico.
Tetróxido de osmio....	solución de hidróxido amónico a pH 10.

## ATMÓSFERAS CONTAMINADAS

La atmósfera de un local puede ser tóxica o explosiva después de un accidente/incidente: rotura de un frasco, vertido de un reactivo, fuga de un gas, etc.

Las acciones a llevar a cabo para el control del riesgo son las siguientes:

*Si la contaminación es débil:*

- Abrir todas las ventanas.
- Poner en marcha la vitrina con la pantalla totalmente abierta.

*Si la contaminación es importante:*

- Activar el sistema de emergencia (ver más adelante).
- Evacuar al personal del local.
- Avisar al equipo de intervención provisto del material de protección adecuado al riesgo: equipos de protección respiratoria, vestidos de protección, guantes, etc.
- Cerrar todos los aparatos con llama si el producto contaminante es volátil e inflamable.
- Abrir las ventanas.
- Poner en marcha las vitrinas.
- Si ha tenido su origen en un vertido, absorberlo con el absorbente indicado para dicho vertido y guardarla en un recipiente estanco, lavando y aclarando con agua corriente, siempre empleando guantes. Si no se dispone del absorbente adecuado, emplear papel adsorbente.
- Prohibir la entrada al local hasta que la concentración ambiental de la sustancia peligrosa en la atmósfera deje de ser un riesgo.
- Hacer mediciones ambientales para conocer los niveles de contaminación.

## INCENDIO

Una parte de las instrucciones generales de seguridad en cualquier local de un hospital están destinadas a la prevención y protección contra incendios. El conjunto de una adecuada prevención y una rápida detección y actuación son las armas más eficaces para la reducción del riesgo de incendio. Deben considerarse siempre todas las medidas encaminadas en este sentido (normas de trabajo, instalaciones adecuadas, alarmas, sistemas contraincendios automáticos, elementos de primera intervención, etc.), ajustadas a las características y necesidades de cada local.

El riesgo de incendio estará previsto en el plan de emergencia. Si es alto y/o la ocupación del local es elevada, debe disponer de dos salidas con puertas que se abran hacia el exterior. Cuando concluye la evacuación del local, deben cerrarse las puertas, a no ser que existan indicaciones en sentido contrario por parte de los equipos de intervención.

El local debe estar dotado de extintores portátiles (agua pulverizada, halogenados, CO<sub>2</sub>, polvo) adecuados a los tipos de fuegos posibles, debiendo el personal conocer su funcionamiento a base de entrenamiento. Los extintores deben estar colocados a una distancia de los puestos de trabajo que los hagan rápidamente accesibles, no debiéndose colocar objetos que puedan obstruir dicho acceso.

Son especialmente útiles para el control de pequeños incendios las mantas ignífugas.

## **ANEXO 4**

### **ACCIDENTES QUÍMICOS Y PRIMEROS AUXILIOS**

En la metodología de actuación frente accidentes y la consecuente aplicación de los primeros auxilios, es evidente que, dado que este libro está dirigido a las personas que trabajan en un centro sanitario, buena parte del procedimiento de actuación ya está resuelto y además por los profesionales que reúnen toda la experiencia. No obstante, en un hospital existen muchas actividades, locales y servicios no tan directamente relacionados con la actividad sanitaria, que frente a un accidente pueden necesitar la información, necesariamente general, que se incluye en este anexo.

#### **ACTUACIÓN FREnte A LOS ACCIDENTES: NORMA GENERAL**

En un lugar bien visible del local debe colocarse toda la información necesaria para la actuación en caso de accidente: qué hacer, a quién avisar, números de teléfono, tanto interiores como exteriores (emergencia, servicio de prevención, mantenimiento, bomberos, mutua, jefe del servicio), direcciones y otros datos que puedan ser de interés en caso de accidente, especialmente los referentes a las normas de actuación.

En caso de accidente debe activarse el sistema de emergencia (PAS: Proteger, Avisar, Socorrer). Al comunicarse, se debe dar un mensaje preciso sobre:

- Lugar donde ha ocurrido el accidente.
- Tipo de accidente (intoxicación, quemadura térmica o química, herida, etc.).
- Número de víctimas.
- Estado aparente de las víctimas (consciencia, sangran, respiran, etc.).

Además:

- No colgar antes de que el interlocutor lo haya autorizado, ya que puede necesitar otras informaciones complementarias.

- Disponer de una persona del local de trabajo que reciba y acompañe a los servicios de socorro externos con el fin de guiarlos rápidamente hasta el lugar del accidente.

### **Salpicaduras en los ojos y sobre la piel**

Sin perder un instante, lavarse con agua durante 10 o 15 minutos, empleando, si es el caso, la ducha de seguridad; quitarse la ropa y objetos previamente mojados por el producto. Si la salpicadura es en los ojos, emplear el lavaojos durante 15-20 minutos, sobre todo si el producto es corrosivo o irritante. No intentar neutralizar y acudir al médico lo más rápidamente posible con la etiqueta o ficha de seguridad del producto.

### **Mareos o pérdida de conocimiento debido a una fuga tóxica que persista**

Hay que protegerse del medio con un aparato respiratorio antes de aproximarse a la víctima. Trasladar al accidentado a un lugar seguro y dejarlo recostado sobre el lado izquierdo. Aflojarle la ropa o todo aquello que pueda oprimirlo, verificando si ha perdido el sentido y si respira; tomarle el pulso. Activar el PAS y practicar, si es necesario, la reanimación cardio-respiratoria. No suministrar alimentos, bebidas ni productos para activar la respiración.

### **Electrocución**

La electrocución o choque eléctrico tiene lugar cuando, por un contacto eléctrico directo o indirecto, una persona pasa a formar parte de un circuito eléctrico, transcurriendo por su organismo una determinada intensidad eléctrica durante un tiempo. La intensidad depende del voltaje y de la resistencia del organismo que, a su vez, depende del camino recorrido y de factores fisiológicos. Las acciones a llevar a cabo cuando alguien queda «atrapado» por la corriente son las siguientes:

- Cortar la alimentación eléctrica del aparato causante del accidente antes de acercarse a la víctima para evitar otro accidente y retirar al accidentado.
- Activar el PAS y practicar, si es necesario, la reanimación cardio-respiratoria.
- No suministrar alimentos, bebidas ni productos para activar la respiración.

### **Quemaduras térmicas**

Las instrucciones básicas para el tratamiento de quemaduras térmicas son: lavar abundantemente con agua fría para enfriar la zona quemada, no quitar la ropa pegada a la piel, tapar la parte quemada con ropa limpia. Debe acudirse siempre al médico, aunque la superficie afectada y la profundidad sean pequeñas. Son recomendaciones específicas, en estos casos:

- No aplicar nada a la piel (ni pomada, ni grasa, ni desinfectantes).
- No enfriar demasiado al accidentado.
- No dar bebidas ni alimentos.
- No romper las ampollas.
- No dejar solo al accidentado.

### **Intoxicación digestiva**

Debe tratarse en función del tóxico ingerido, para lo cual se debe disponer de información a partir de la etiqueta y de la ficha de datos de seguridad. La actuación inicial está encaminada a evitar la acción directa del tóxico mediante su neutralización o evitar su absorción por el organismo. Posteriormente, o en paralelo, se tratan los síntomas causados por el tóxico. Es muy importante la atención médica rápida, lo que normalmente requerirá el traslado del accidentado, que debe llevarse a cabo en condiciones adecuadas. No debe provocarse el vómito cuando el accidentado presenta convulsiones o está inconsciente, o bien se trata de un producto corrosivo o volátil. Para evitar la absorción del tóxico se emplea carbón activo o agua albuminosa. Existe una lista de antídotos recomendados por la UE (Anexo III de la Resolución 90/329/03). En caso de pequeñas ingestiones de ácidos, beber solución de bicarbonato, mientras que se recomienda tomar bebidas ácidas (refrescos de cola) en el caso de álcalis.



## **ANEXO 5**

### **ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS**

La legislación específica existente sobre almacenamiento de productos químicos contenida en las ICT-MIE-APQ-001/006 no es aplicable en su conjunto a las condiciones habituales de los hospitales, en los que, en general, se almacenan cantidades pequeñas de una gran variedad de productos químicos. Pero sí debe considerarse en el diseño de almacenes específicos, almacenamiento e instalaciones de gases y almacenamiento de productos inflamables en grandes cantidades.

El almacenamiento prolongado de los productos químicos representa en sí mismo un peligro, ya que, dada la propia reactividad intrínseca de los productos químicos, pueden ocurrir distintas transformaciones:

- Formación de peróxidos inestables con el consiguiente peligro de explosión al destilar la sustancia o por contacto.
- Polimerización de la sustancia que, aunque se trata en principio de una reacción lenta, puede en ciertos casos llegar a ser rápida y explosiva.
- El recipiente que contiene el producto puede atacarse y romperse por sí solo.
- Descomposición lenta de la sustancia produciendo un gas cuya acumulación puede hacer estallar el recipiente.

#### **NORMAS GENERALES PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS**

Las normas generales para la reducción del riesgo en el almacenamiento de los productos químicos son las siguientes:

- Mantener el *stock* al mínimo operativo, lo que redundará en aumento de la seguridad y reducción de costes, y disponer de un lugar específico (almacén, pre-

feriblemente externo al local de trabajo) convenientemente señalizado, guardando en el local solamente los productos imprescindibles de uso diario.

- Considerar las características de peligrosidad de los productos y sus incompatibilidades, agrupando los de características similares, separando los incompatibles y aislando o confinando los de características especiales: muy tóxicos, cancerígenos, explosivos, pestilentes, etc.
- Comprobar que todos los productos están adecuadamente etiquetados, llevando un registro actualizado de productos almacenados. Se debe indicar la fecha de recepción o preparación, nombre del técnico responsable y de la última manipulación.
- Emplear armarios de seguridad de RF-15 (resistencia al fuego) como mínimo, lo que reduce el riesgo del almacenamiento en el propio local y permite técnicamente (ICT-MIE-APQ-001) guardar mayores cantidades de productos inflamables. Emplear armarios específicos para corrosivos, especialmente si existe la posibilidad de la generación de vapores.
- Emplear frigoríficos antideflagrantes o de seguridad aumentada cuando se guarden en su interior sustancias que puedan presentar peligro de inflamación o explosión y antideflagrantes cuando el frigorífico esté, además, situado en un área con atmósfera inflamable.

Con respecto a este último apartado vale la pena remarcar algunos de los riesgos que en ellos se pueden presentar, así como las recomendaciones que se deben tener en cuenta para su prevención.

Los frigoríficos presentan riesgos de incendio y explosión/deflagración, cuando se guardan en su interior productos que pueden desprender vapores inflamables, si los frascos que los contienen no están bien cerrados (ocurre a menudo) o tiene lugar un fallo de corriente que pueda producir un recalentamiento de algún producto o propiciar la explosión de algún recipiente. Cualquier chispa del motor (no antiexplosivo) del frigorífico puede producir un incendio o explosión si hay vapores inflamables en el ambiente del laboratorio en que se halla ubicado.

Para la prevención de estos riesgos:

- Emplear frigoríficos de seguridad aumentada que no dispongan de instalación eléctrica interior y, preferiblemente, los especialmente preparados para guardar productos inflamables que estén homologados (EEX/d/2C/T6).
- No guardar recipientes abiertos o mal tapados en el frigorífico.
- Utilizar recipientes capaces de resistir la sobrepresión interna en caso de recalentamiento accidental.
- Controlar de modo permanente la temperatura interior del frigorífico.
- Aunque en general no es recomendable, sólo se pueden utilizar frigoríficos domésticos para guardar productos inertes.

## **ANEXO 6**

### **CLASIFICACIÓN DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS EN GRUPOS DE RIESGO\***

Los agentes biológicos se clasifican en cuatro grupos de riesgo, según su diferente índice de riesgo de infección:

#### **Agente biológico del grupo 1**

Un agente biológico que resulte poco probable que cause enfermedad en el hombre.

#### **Agente biológico del grupo 2**

Un agente patógeno que pueda causar una enfermedad en el hombre y pueda suponer un peligro para los trabajadores; es poco probable que se propague a la colectividad, pero existen, generalmente, profilaxis o tratamiento eficaces.

#### **Agente biológico del grupo 3**

Un agente patógeno que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presente un serio peligro para los trabajadores; existe el riesgo de que se propague en la colectividad, pero existen, generalmente, profilaxis o tratamiento eficaces.

#### **Agente biológico del grupo 4**

Un agente patógeno que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presente un serio peligro para los trabajadores; existen muchas posibilidades de que se propague en la colectividad; no existen, generalmente, profilaxis o tratamiento eficaces.

---

\* Anexo II del R.D. 664/1997, actualizado según Orden de 25 de marzo de 1998

**Notas introductorias:**

- 1) En esta lista se incluyen los agentes biológicos clasificados en los grupos 2, 3 y 4. Para determinados agentes se proporcionan indicaciones adicionales, cuya simbología es la siguiente:  
A: posibles efectos alérgicos.  
D: la lista de trabajadores expuestos a este agente biológico deberá conservarse durante más de diez años después de la última exposición.  
T: producción de toxinas.  
V: vacuna eficaz disponible.  
(\*): normalmente no infeccioso a través del aire.  
spp: otras especies del género, además de las explícitamente indicadas, pueden constituir un riesgo para la salud.
- 2) La clasificación se basa en el efecto de los agentes biológicos sobre trabajadores sanos. No se tienen en cuenta de manera específica los efectos particulares sobre trabajadores cuya sensibilidad pueda verse afectada por alguna causa, como patología previa, medicación, trastornos inmunitarios, embarazo o lactancia.
- 3) Los agentes biológicos que no han sido clasificados en los grupos 2, 3 y 4 de la lista **no están implícitamente clasificados en el grupo 1**.
- 4) En la lista no se han incluido los microorganismos genéticamente modificados, objeto de una reglamentación específica.
- 5) Cuando en la clasificación de agentes biológicos se menciona un género entero, se entenderá que las especies y cepas calificadas de no patógenas para los trabajadores quedan excluidas de la clasificación.
- 6) Se procurará que todos los virus que hayan sido aislados en los seres humanos y que no hayan sido clasificados, se incluyan como mínimo en el grupo 2, salvo cuando la autoridad sanitaria haya estimado que es innecesario.
- 7) Cuando una cepa esté atenuada o haya perdido genes de virulencia bien conocidos, no será necesariamente aplicable la contención requerida por la clasificación de su cepa madre. Por ejemplo, cuando dicha cepa vaya a utilizarse como producto o parte de un producto con fines profilácticos o terapéuticos.
- 8) Para los agentes biológicos normalmente no infecciosos a través del aire, señalados con un asterisco en la lista, podrá prescindirse de algunas medidas de contención destinadas a evitar su transmisión por vía aérea, salvo indicación en contrario de la autoridad sanitaria a la que se deberá informar previamente de tal circunstancia.
- 9) Los imperativos en materia de contención que se derivan de la clasificación de los parásitos se aplicarán únicamente a las distintas etapas del ciclo del parásito que pueden ser infecciosas para las personas en el lugar de trabajo.

### BACTERIAS y afines

NB: para los agentes que figuran en esta lista, la mención “spp” hace referencia a las demás especies de las que se sabe que son patógenas para el hombre.

Agente biológico	Clasificación	Notas
<i>Actinobacillus actinomycetemcomitans</i>	2	
<i>Actinomadura madurae</i>	2	
<i>Actinomadura pelletieri</i>	2	
<i>Actinomyces gerencseriae</i>	2	
<i>Actinomyces israelii</i>	2	
<i>Actinomyces pyogenes</i>	2	
<i>Actinomyces spp</i>	2	
<i>Arcanobacterium haemolyticum</i> ( <i>Corynebacterium haemolyticum</i> )	2	
<i>Bacillus anthracis</i>	3	
<i>Bacteroides fragilis</i>	2	
<i>Bartonella bacilliformis</i>	2	
<i>Bartonella (Rochalimaea) spp</i>	2	
<i>Bartonella quintana</i> ( <i>Rochalimaea quintana</i> )	2	
<i>Bordetella bronchiseptica</i>	2	
<i>Bordetella parapertussis</i>	2	
<i>Bordetella pertussis</i>	2	V
<i>Borrelia burgdorferi</i>	2	
<i>Borrelia duttonii</i>	2	
<i>Borrelia recurrentis</i>	2	
<i>Borrelia spp</i>	2	
<i>Brucella abortus</i>	3	
<i>Brucella canis</i>	3	
<i>Brucella melitensis</i>	3	
<i>Brucella suis</i>	3	
<i>Burkholderia mallei</i> ( <i>Pseudomonas mallei</i> )	3	
<i>Burkholderia pseudomallei</i> ( <i>Pseudomonas pseudomallei</i> )	3	
<i>Campylobacter fetus</i>	2	
<i>Campylobacter jejuni</i>	2	
<i>Campylobacter spp</i>	2	
<i>Cardiobacterium hominis</i>	2	
<i>Chlamydia pneumoniae</i>	2	
<i>Chlamydia trachomatis</i>	2	
<i>Chlamydia psittaci</i> (cepas aviales)	3	
<i>Chlamydia psittaci</i> (cepas no aviales)	2	
<i>Clostridium botulinum</i>	2	T
<i>Clostridium perfringens</i>	2	
<i>Clostridium tetani</i>	2	V
<i>Clostridium spp</i>	2	

Agente biológico	Clasificación	Notas
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	2	T,V
<i>Corynebacterium minutissimum</i>	2	
<i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i>	2	
<i>Corynebacterium spp</i>	2	
<i>Coxiella burnetti</i>	3	
<i>Edwardsiella tarda</i>	2	
<i>Ehrlichia sennetsu</i> ( <i>Rickettsia sennetsu</i> )	2	
<i>Ehrlichia spp</i>	2	
<i>Eikenella corrodens</i>	2	
<i>Enterobacter aerogenes/cloacae</i>	2	
<i>Enterobacter spp</i>	2	
<i>Enterococcus spp</i>	2	
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	2	
<i>Escherichia coli</i> (excepto las cepas no patógenas)		2
<i>Escherichia coli</i> cepas verocitotóxicas ( <i>O 157:H7, O103</i> )	3	T
<i>Flavobacterium meningosepticum</i>	2	
<i>Fluoribacter bozemanae</i> ( <i>Legionella</i> )	2	
<i>Francisella tularensis</i> (Tipo A)	3	
<i>Francisella tularensis</i> (Tipo B)	2	
<i>Fusobacterium necrophorum</i>	2	
<i>Gardnerella vaginalis</i>	2	
<i>Haemophilus ducreyi</i>	2	
<i>Haemophilus influenzae</i>	2	
<i>Haemophilus spp</i>	2	
<i>Helicobacter pylori</i>	2	
<i>Klebsiella oxytoca</i>	2	
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	
<i>Klebsiella spp</i>	2	
<i>Legionella pneumophila</i>	2	
<i>Legionella spp</i>	2	
<i>Leptospira interrogans</i> (todos los serotipos)		2
<i>Listeria monocytogenes</i>	2	
<i>Listeria ivanovii</i>	2	
<i>Morganella morganii</i>	2	
<i>Mycobacterium africanum</i>	3	V
<i>Mycobacterium avium/intracellulare</i>	2	
<i>Mycobacterium bovis</i> (excepto la cepa BCG)	3	V
<i>Mycobacterium cheloneae</i>	2	
<i>Mycobacterium fortuitum</i>	2	
<i>Mycobacterium kansasii</i>	2	
<i>Mycobacterium leprae</i>	3	
<i>Mycobacterium malmoense</i>	2	
<i>Mycobacterium marinum</i>	2	
<i>Mycobacterium microti</i>	3(*)	
<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	2	

Agente biológico	Clasificación	Notas
<i>Mycobacterium scrofulaceum</i>	2	
<i>Mycobacterium simiae</i>	2	
<i>Mycobacterium szulgai</i>	2	
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	3	V
<i>Mycobacterium ulcerans</i>	3(*)	
<i>Mycobacterium xenopi</i>	2	
<i>Mycoplasma caviae</i>	2	
<i>Mycoplasma hominis</i>	2	
<i>Mycoplasma pneumoniae</i>	2	
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	2	
<i>Neisseria meningitidis</i>	2	V
<i>Nocardia asteroides</i>	2	
<i>Nocardia brasiliensis</i>	2	
<i>Nocardia farcinica</i>	2	
<i>Nocardia nova</i>	2	
<i>Nocardia otitidis-caviarum</i>	2	
<i>Pasteurella multocida</i>	2	
<i>Pasteurella spp</i>	2	
<i>Peptostreptococcus anaerobius</i>	2	
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	2	
<i>Porphyromonas spp</i>	2	
<i>Prevotella spp</i>	2	
<i>Proteus mirabilis</i>	2	
<i>Proteus penneri</i>	2	
<i>Proteus vulgaris</i>	2	
<i>Providencia alcalifaciens</i>	2	
<i>Providencia rettgeri</i>	2	
<i>Providencia spp</i>	2	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	
<i>Rhodococcus equi</i>	2	
<i>Rickettsia akari</i>	3(*)	
<i>Rickettsia canada</i>	3(*)	
<i>Rickettsia conorii</i>	3	
<i>Rickettsia montana</i>	3(*)	
<i>Rickettsia typhi (Rickettsia mooseri)</i>	3	
<i>Rickettsia prowazekii</i>	3	
<i>Rickettsia rickettsii</i>	3	
<i>Rickettsia tsutsugamushi</i>	3	
<i>Rickettsia spp</i>	2	
<i>Salmonella arizona</i>	2	
<i>Salmonella enteritidis</i>	2	
<i>Salmonella typhimurium</i>	2	
<i>Salmonella paratyphi A,B,C</i>	2	V
<i>Salmonella typhi</i>	3(*)	V
<i>Salmonella (otras variedades serológicas)</i>	2	
<i>Serpulina spp</i>	2	
<i>Shigella boydii</i>	2	
<i>Shigella dysenteriae (tipo 1)</i>	3(*)	T
<i>Shigella dysenteriae (excepto tipo 1)</i>	2	

Agente biológico	Clasificación	Notas
<i>Shigella flexneri</i>	2	
<i>Shigella sonnei</i>	2	
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	
<i>Streptobacillus moniliformis</i>	2	
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	2	
<i>Streptococcus pyogenes</i>	2	
<i>Streptococcus suis</i>	2	
<i>Streptococcus spp</i>	2	
<i>Treponema carateum</i>	2	
<i>Treponema pallidum</i>	2	
<i>Treponema pertenue</i>	2	
<i>Treponema spp</i>	2	
<i>Vibrio cholerae</i> (incluido El Tor)	2	
<i>Vibrio paraahaemolyticus</i>	2	
<i>Vibrio spp</i>	2	
<i>Yersinia enterocolitica</i>	2	
<i>Yersinia pestis</i>	3	V
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	2	
<i>Yersinia s spp</i>	2	

## VIRUS

Agente biológico	Clasificación	Notas
<i>Adenoviridae</i>		2
<i>Arenaviridae:</i>		
Complejos virales LCM-Lassa (arenavirus del Viejo Continente):		
Virus Lassa	4	
Virus de la coriomeningitis linfocítica (cepas neurotrópicas)	3	
Virus de la coriomeningitis linfocítica (otras cepas)	2	
Virus Mopeia	2	
Otros complejos virales LCM-Lassa	2	
Complejos virales Tacaribe (arenavirus del Nuevo Mundo):		
Virus Flexal	3	
Virus Guanarito	4	
Virus Junin	4	
Virus Machupo	4	
Virus de Sabia	4	
Otros complejos virales Tacaribe	2	
<i>Astroviridae</i>		2
<i>Bunyaviridae:</i>		
Virus Belgrade (Dobrava)	3	
Virus Bhanja	2	

Agente biológico	Clasificación	Notas		
Virus Bunyamwera	2			
Virus Germiston	2			
Sin nombre (antes Muerto Canyon)	3			
Virus Oropouche	3			
Virus de la encefalitis de California	2			
Hantavirus:				
Hantaan ( fiebre hemorrágica de Corea)	3			
Virus Seoul	3			
Virus Puumala	2			
Virus Prospect Hill	2			
Otros hantavirus	2			
Nairovirus:				
Virus de la fiebre hemorrágica de Crimea/Congo	4			
Virus Hazara	2			
Flebovirus:				
De la Fiebre del valle Rift	3	V		
Virus de los flebótomos	2			
Virus Toscana	2			
Otros bunyavirus de patogenicidad conocida	2			
Caliciviridae:				
Virus Norwalk	2			
Otros Calicivirusidae	2			
Virus de la hepatitis E	3(*)			
Coronaviridae	2			
Filoviridae:				
Virus Ebola	4			
Virus de Marburg	4			
Flaviviridae:				
Encefalitis de Australia (Encefalitis del Valle Murray)	3			
Virus de la encefalitis de las garrapatas de Europa central	3(*)	V		
Absettarov	3			
Hanzalova	3			
Hypr	3			
Kumlinge	3			
Virus del dengue tipos 1-4	3			
Virus de la hepatitis C	3(*)	D		
Virus de la hepatitis G	3(*)	D		
Encefalitis B japonesa	3	V		
Bosque de Kyasamur	3	V		
Mal de Louping	3(*)			
Omsk (a)	3	V		
Powassan	3			
Rocio	3			
Encefalitis verno-estival rusa (a)	3	V		
Encefalitis de St Louis	3			
Virus Wesselsbron	3(*)			
Virus del Nilo occidental	3			
Fiebre amarilla	3	V		
Otros flavivirus de conocida patogenicidad	2			
<i>Hepadnaviridae:</i>				
Virus de la hepatitis B	3(*)	V,D		
Virus de la hepatitis D (Delta) (b)	3(*)	V,D		
<i>Herpesviridae:</i>				
Cytomegalovirus	2			
Virus de Epstein-Barr	2			
Herpesvirus simiae (virus B)	3			
Herpes simplex tipo 1 y 2	2			
Herpesvirus humano 7	2			
Herpesvirus humano 8	2	D		
Herpesvirus varicella-zoster	2			
Virus linfotrópico humano B (HBLV-HHV6)	2			
<i>Orthomyxoviridae:</i>				
Virus de la influenza tipos A, B y C	2	V(c)		
Ortomixovirus transmitidos por garrapatas: Virus Dhori y Thogoto	2			
<i>Papovaviridae:</i>				
Virus BK y JC	2	D(d)		
Virus del papiloma humano	2	D(d)		
<i>Paramyxoviridae:</i>				
Virus del sarampión	2	V		
Virus de las paperas	2	V		
Virus de la enfermedad de Newcastle	2			
Virus de la parainfluenza tipos 1 a 4	2			
Virus respiratorio sincitial	2			
<i>Parvoviridae:</i>				
Parvovirus humano (B 19)	2			
<i>Picornaviridae:</i>				
Virus de la conjuntivitis hemorrágica (AHC)	2			
Virus Coxsackie	2			
Virus Echo	2			
Virus de la hepatitis A (enterovirus humano tipo 72)	2	V		
Poliovirus	2	V		
Rinovirus	2			
<i>Poxviridae:</i>				
Buffalopox virus (e)	2			
Cowpox virus	2			
Elephantpox virus (f)	2			
Virus del nódulo de los ordeñadores	2			
Molluscum contagiosum virus	2			
Monkeypox virus	3	V		

Agente biológico	Clasificación	Notas
Orf virus	2	
Rabbitpox virus (g)	2	
Vaccinia virus	2	
Variola (major & minor) virus	4	V
“Whitepox virus” (variola virus)	4	V
Yatapox virus (Tana & Yaba)	2	
<i>Reoviridae:</i>		
Coltivirus	2	
Rotavirus humanos	2	
Orbivirus	2	
Reovirus	2	
<i>Retroviridae:</i>		
Virus de inmunodeficiencia humana	3(*)	D
Virus de las leucemias humanas de las células T (HTLV) tipos 1 y 2	3(*)	D
Virus SIV (h)	3(*)	
<i>Rhabdoviridae:</i>		
Virus de la rabia	3(*)	V
Virus de la estomatitis vesicular	2	
<i>Togaviridae:</i>		
Alfavirus:		
Encefalomielitis equina americana oriental	3	V
Virus Bebaru	2	
Virus Chikungunya	3(*)	
Virus Everglades	3(*)	
Virus Mayaro	3	
Virus Mucambo	3(*)	
Virus Ndumu	3	
Virus Onyong-nyong	2	
Virus del río Ross	2	
Virus del bosque Semliki	2	
Virus Sindbis	2	
Virus Tonate	3(*)	
Encefalomielitis equina venezolana	3	V
Encefalomielitis equina americana occidental	3	V
Otros alfavirus conocidos	2	
Rubivírus (rubeola)	2	V
<i>Toroviridae:</i>	2	
Virus no clasificados:		
Virus de la hepatitis todavía no identificados	3(*)	D
Morbilivirus equino	4	
Agentes no clasificados asociados a encefalopatías espongiformes transmisibles (TSE):		
La enfermedad de Creutzfeldt-Jacob	3(*)	D(d)

Agente biológico	Clasificación	Notas
Variante de la enfermedad Creutzfeldt-Jacob (CJD)	3(*)	D(d)
Encefalopatía espongiforme bovina (BSE) y otras TSE de origen animal afines (i)	3(*)	D(d)
El síndrome de Gerstmann-Sträussler-Scheinker	3(*)	D(d)
Kuru	3(*)	D(d)

## PARÁSITOS

Agente biológico	Clasificación	Notas
<i>Acanthamoeba castellani</i>	2	
<i>Ancylostoma duodenale</i>	2	
<i>Angiostrongylus cantonensis</i>	2	
<i>Angiostrongylus costaricensis</i>	2	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	2	A
<i>Ascaris suum</i>	2	A
<i>Babesia divergens</i>	2	
<i>Babesia microti</i>	2	
<i>Balantidium coli</i>	2	
<i>Brugia malayi</i>	2	
<i>Brugia pahangi</i>	2	
<i>Capillaria philippinensis</i>	2	
<i>Capillaria spp</i>	2	
<i>Clonorchis sinensis</i>	2	
<i>Clonorchis viverrini</i>	2	
<i>Cryptosporidium parvum</i>	2	
<i>Cryptosporidium spp</i>	2	
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	2	
<i>Dipetalonema streptocerca</i>	2	
<i>Diphyllobothrium latum</i>	2	
<i>Dracunculus medinensis</i>	2	
<i>Echinococcus granulosus</i>	3(*)	
<i>Echinococcus multilocularis</i>	3(*)	
<i>Echinococcus vogeli</i>	3(*)	
<i>Entamoeba histolytica</i>	2	
<i>Fasciola gigantica</i>	2	
<i>Fasciola hepatica</i>	2	
<i>Fasciolopsis buski</i>	2	
<i>Giardia lamblia (Giardia intestinalis)</i>	2	
<i>Hymenolepis diminuta</i>	2	
<i>Hymenolepis nana</i>	2	
<i>Leishmania brasiliensis</i>	3(*)	
<i>Leishmania donovani</i>	3(*)	
<i>Leishmania ethiopica</i>	2	
<i>Leishmania mexicana</i>	2	
<i>Leishmania peruviana</i>	2	

Agente biológico	Clasificación	Notas
<i>Leishmania tropica</i>	2	
<i>Leishmania major</i>	2	
<i>Leishmania spp</i>	2	
<i>Loa loa</i>	2	
<i>Mansonella ozzardi</i>	2	
<i>Mansonella perstans</i>	2	
<i>Naegleria fowleri</i>	3	
<i>Necator americanus</i>	2	
<i>Onchocerca volvulus</i>	2	
<i>Opisthorchis felineus</i>	2	
<i>Opisthorchis spp</i>	2	
<i>Paragonimus westermani</i>	2	
<i>Plasmodium falciparum</i>	3(*)	
<i>Plasmodium spp</i> (humano y símico)	2	
<i>Sarcocystis suihominis</i>	2	
<i>Schistosoma haematobium</i>	2	
<i>Schistosoma intercalatum</i>	2	
<i>Schistosoma japonicum</i>	2	
<i>Schistosoma mansoni</i>	2	
<i>Schistosoma mekongi</i>	2	
<i>Strongyloides stercoralis</i>	2	
<i>Strongyloides spp</i>	2	
<i>Taenia saginata</i>	2	
<i>Taenia solium</i>	3(*)	
<i>Toxocara canis</i>	2	
<i>Toxoplasma gondii</i>	2	
<i>Trichinella spiralis</i>	2	
<i>Trichuris trichiura</i>	2	
<i>Trypanosoma brucei brucei</i>	2	
<i>Trypanosoma brucei gambiense</i>	2	
<i>Trypanosoma brucei rhodesiense</i>	3(*)	
<i>Trypanosoma cruzi</i>	3	
<i>Wuchereria bancrofti</i>	2	

**HONGOS**

Agente biológico	Clasificación	Notas
<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	A
<i>Blastomyces dermatitidis</i> ( <i>Ajellomyces dermatitidis</i> )	3	
<i>Candida albicans</i>	2	A
<i>Candida tropicalis</i>	2	
<i>Cladophialophora bantiana</i> ( <i>Xylohypha bantina</i> , <i>Cladosporium bantianum</i> , <i>Cl. trihoides</i> )	3	
<i>Coccidioides immitis</i>	3	A
<i>Cryptococcus neoformans</i> var. <i>neoformans</i> ( <i>Filobasidiella neo-</i> <i>formans</i> var. <i>neoformans</i> )	2	A

Agente biológico	Clasificación	Notas
<i>Cryptococcus neoformans</i> var. <i>gattii</i> ( <i>Filobasidiella bacillspora</i> )	2	A
<i>Emmonsia parva</i> var. <i>parva</i>	2	
<i>Emmonsia parva</i> var. <i>crescens</i>	2	
<i>Epidermophyton floccosum</i>	2	A
<i>Fonsecaea compacta</i>	2	
<i>Fonsecaea pedrosoi</i>	2	
<i>Histoplasma capsulatum</i> var. <i>capsulatum</i> ( <i>Ajellomyces capsulatus</i> )	3	
<i>Histoplasma capsulatum</i> <i>duboisii</i>	3	
<i>Madurella grisea</i>	2	
<i>Madurella mycetomatis</i>	2	
<i>Microsporum spp</i>	2	A
<i>Neotestudina rosatii</i>	2	
<i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	3	
<i>Penicillium marneffei</i>	2	A
<i>Scedosporium apiospermum</i> ( <i>Pseudallescheria boidii</i> )	2	
<i>Scedosporium prolificans</i> ( <i>inflatum</i> )	2	
<i>Sporothrix schenckii</i>	2	
<i>Trichophyton rubrum</i>	2	
<i>Trichophyton spp</i>	2	

- (a) *Encefalitis vehiculada por la garrafa*
- (b) *El virus de la hepatitis D precisa de otra infección simultánea o secundaria a la provocada por el virus de la hepatitis B para ejercer su poder patógeno. La vacuna de la hepatitis B protegerá, por tanto, a los no afectados por el virus de la hepatitis B, contra el virus de la hepatitis D (delta).*
- (c) *Sólo por lo que se refiere a los tipos A y B.*
- (d) *Recomendado para los trabajos que impliquen un contacto directo con estos agentes.*
- (e) *se pueden identificar dos virus distintos bajo este epígrafe: "buffalopox" virus y una variante de "vaccinia" virus.*
- (f) *Variante de "cowpox"*
- (g) *Variante de "vaccinia"*
- (h) *No existe actualmente ninguna prueba de enfermedad humana provocada por otro retrovirus de origen simíco. Como medida de precaución, se recomienda un nivel 3 de contención para los trabajos que supongan una exposición a estos retrovirus.*
- (i) *No hay pruebas concluyentes de infecciones humanas causadas por los agentes responsables de las TSE en los animales. No obstante, para el trabajo en el laboratorio se recomiendan medidas de contención para los agentes clasificados en el grupo de riesgo 3 como medida de precaución, excepto para el trabajo en laboratorio relacionado con el agente identificado de la tembladera (scrapie) de los ovinos, para el que es suficiente un nivel 2 de contención.*



## ANEXO 7

### CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

Las cabinas de seguridad biológica son la evolución natural de las cabinas de humos tradicionalmente utilizadas en los laboratorios de química. Estas cabinas surgen ante la necesidad de proteger el producto, el ambiente y, por supuesto al trabajador.

Se pueden distinguir tres tipos de cabinas de seguridad biológica (clase I, clase II y clase III), que se diferencian en su diseño y en la dinámica de los fluidos, lo que determina el diferente grado de contención que proporcionan frente a la exposición a los contaminantes.

#### **CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA: CLASE I**

Esta cabina trabaja a presión negativa tomando el aire del local en el que está ubicada. No se produce recirculación del aire.

Para aberturas frontales que no excedan los 20 cm, la velocidad de entrada del aire recomendada es de entre  $0,5$  y  $1\text{ m.s}^{-1}$ . Velocidades superiores a  $1\text{ m.s}^{-1}$  pueden dar lugar a turbulencias y retornos desde el área de trabajo contaminada, ello disminuiría el grado de protección propor-

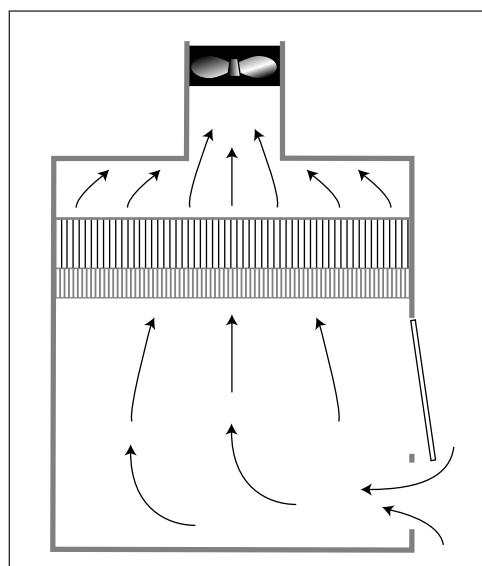


Figura 1.- Esquema de una cabina de seguridad biológica clase I

cionado por la cabina. El aire extraído pasa a través de un filtro HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) antes de ser vertido al exterior.

Esta cabina está recomendada para la manipulación de agentes biológicos de los grupos de riesgo 1 y 2. Puede utilizarse para la manipulación de compuestos químicos (gases y vapores) teniendo en cuenta que deben instalarse sistemas de limpieza del aire suplementarios y adecuados para estos compuestos.

Debe tenerse en cuenta que este tipo de cabinas no proporcionan ambientes estériles ni previenen la exposición por contacto.

### **CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA: CLASE II, TIPOS A Y B**

La característica común a estas cabinas es el flujo de aire laminar vertical existente en el área de trabajo, el resto de características como el movimiento y la velocidad del aire, la posición de los filtros de alta eficacia (HEPA), las tasas de ventilación y la forma de extracción del aire, varían en los diferentes tipos.

Debe recordarse que las cabinas denominadas de flujo laminar (horizontal, vertical) exclusivamente, no se consideran de seguridad biológica.

#### **Clase II, tipo A**

En este tipo de cabinas un 30% del aire es extraído después de haber pasado por un filtro HEPA, el 70% restante es recirculado al área de trabajo después de haber pasado por otro filtro HEPA.

El movimiento del aire en estas cabinas es el siguiente: el aire limpio desciende por la zona de trabajo en un flujo laminar vertical, aproximadamente en la zona central se divide, una parte sale de la zona de trabajo por una rejilla situada en la parte frontal, la otra parte sale por otra rejilla situada en la parte posterior. El escape de agentes potencialmente peligrosos se previene por una barrera de aire formada por el aire recirculado y el aire que entra desde el local.

El aire que entra desde el local no alcanza la zona de trabajo ya que es aspirado en la rejilla frontal de la cabina, de esta forma el área de trabajo permanece estéril. Desde la parte inferior o posterior de la cabina un ventilador impulsa todo el aire hasta la zona superior donde parte del mismo será recirculado.

Para aberturas frontales que no excedan los 20 cm, la velocidad de entrada del aire recomendada debe ser, como mínimo de  $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ . La velocidad del aire del flujo laminar varía según los diseños.

Esta cabina está recomendada para la manipulación de agentes biológicos de los grupos de riesgo 1 y 2, algunos autores incluyen los clasificados en el grupo de riesgo 3.

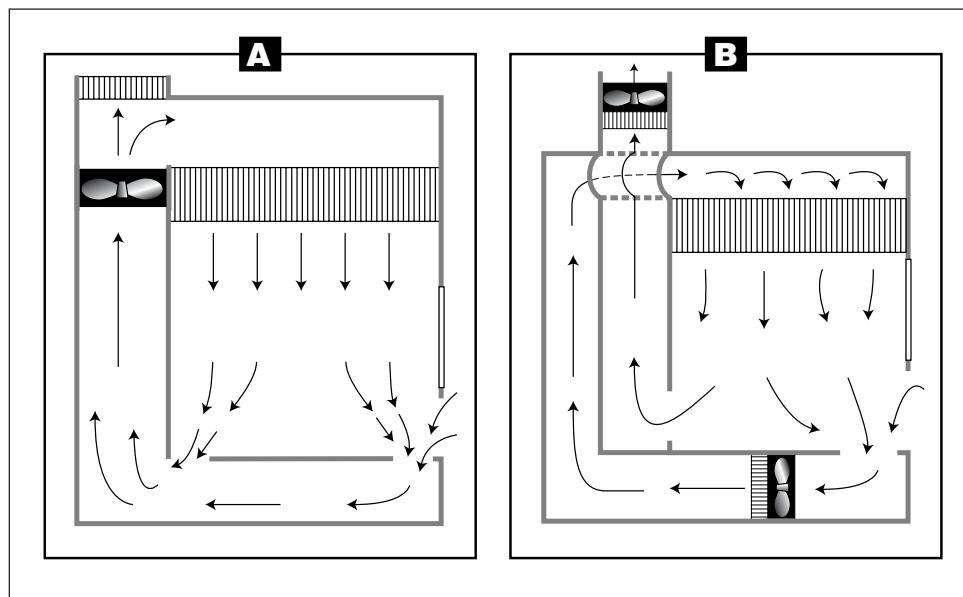


Figura 2.- Esquema de una cabina de seguridad biológica clase II, tipos A y B

Puede utilizarse para la manipulación de compuestos químicos (gases y vapores) teniendo en cuenta que deben instalarse sistemas de limpieza del aire supplementarios y adecuados para estos compuestos. Algunos autores desaconsejan el uso de este tipo de cabinas para la manipulación de compuestos inflamables y/o explosivos debido al elevado porcentaje de recirculación del aire.

Debe tenerse en cuenta que este tipo de cabinas no previenen la exposición por contacto.

### **Clase II, tipo B**

En este tipo de cabinas un 70% del aire es extraído y expulsado al exterior mientras que sólo el 30% es recirculado, en ambos casos el aire ha pasado a través de filtros HEPA.

El movimiento del aire es el siguiente: el aire limpio descende por la zona de trabajo en flujo laminar vertical, en la zona central se divide, parte del aire es extraído a través de una rejilla situada en la parte posterior y conducido a la zona de expulsión. El restante más el aire que penetra desde el local por la abertura frontal, es filtrado (HEPA) e impulsado por un conducto separado hasta la zona superior de la cabina desde donde se reinicia el ciclo.

Para aberturas frontales que no excedan los 20 cm, la velocidad de entrada

del aire recomendada debe ser, como mínimo de  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ . La velocidad del aire del flujo laminar, en media, debe ser de  $0,25 \text{ m.s}^{-1}$ .

Esta cabina está recomendada para la manipulación de agentes biológicos de los grupos de riesgo 1 y 2, algunos autores incluyen los clasificados en el grupo de riesgo 3.

Puede utilizarse para la manipulación de compuestos químicos (gases y vapores) teniendo en cuenta que deben instalarse sistemas de limpieza del aire supplementarios y adecuados para estos compuestos.

Debe tenerse en cuenta que este tipo de cabinas no previenen la exposición por contacto.

#### *Clase II, 100 % extracción*

Este tipo de cabinas es ampliamente utilizado en operaciones en las que están implicados compuestos químicos, los efluentes reciben un tratamiento adecuado antes de ser expulsados al exterior.

Como su nombre indica en este tipo de cabina no se produce la recirculación del aire. El aire es impulsado por un ventilador situado en la parte superior de la cabina y pasa por un filtro HEPA, de allí desciende en flujo laminar vertical a la zona de trabajo. El aire se extrae a través de dos rejillas situadas en la parte frontal y posterior de la cabina. El aire que penetra desde el local es absorbido por la rejilla frontal, todo el volumen de aire, a través de conductos, es expulsado al exterior.

#### **CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA: CLASE III**

Este tipo de cabinas están herméticamente selladas separando completamente al trabajador del agente contaminante mediante un panel frontal cerrado y de guantes incorporados al panel que permiten su manipulación.

En estas cabinas el aire se toma del local o del exterior, pasa por un filtro HEPA antes de entrar en la zona de trabajo. El aire no se recircula y se vierte al exterior previo paso por uno o dos filtros HEPA.

Esta cabina está recomendada para la manipulación de agentes biológicos de los grupos de riesgo 3 y 4.

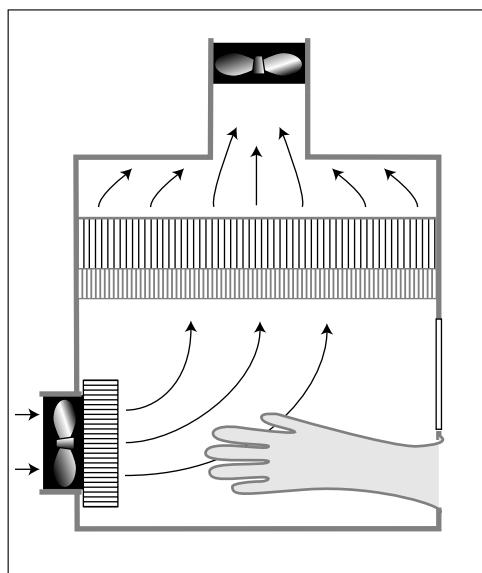


Figura 3.- Esquema de una cabina de seguridad biológica: clase III

Puede utilizarse para la manipulación de compuestos químicos (gases y vapores) teniendo en cuenta que deben instalarse sistemas de limpieza del aire suplementarios y adecuados para estos compuestos.

## RECOMENDACIONES PARA EL USO DE LAS CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

- Colocar todo el material a utilizar en la cabina antes de iniciar el trabajo.
- Utilizar, preferentemente, microincineradores eléctricos para la esterilización de las asas de siembra, o mejor, usar asas de siembra desechables.
- Evitar introducir materiales sucios o que liberen fácilmente partículas, por ejemplo, papel o algodón.
- Evacuar los productos de desecho en recipientes impermeables aptos para su esterilización.
- Realizar movimientos lentos de brazos y manos en el interior de la cabina.
- Procurar que la zona de trabajo esté situada entre 5 y 10 cm por encima de la base de la cabina y a más de 20 cm de la abertura frontal.
- Poner la cabina en funcionamiento unos 15 a 30 minutos antes de iniciar el trabajo, y esperar un tiempo prudencial tras concluir el trabajo para apagarla.
- Evitar colocar objetos entre el filtro HEPA y el área de trabajo, ya que estos objetos producirán zonas de turbulencias. El flujo laminar no se reconstituye hasta una distancia de 2,5 veces el diámetro del objeto.
- Colocar las cabinas en habitaciones en las que la actividad sea escasa y alejadas de puertas ventanas o zonas en las que existan corrientes de aire.
- Mantener, en lugar visible, una ficha de mantenimiento y control de la cabina en la que conste: el modelo y la referencia, la fecha de control, las horas de funcionamiento, la presión de trabajo, la velocidad del aire, el test DOP, la fecha de sustitución del filtro HEPA y la fecha de la próxima revisión.
- Realizar las operaciones de limpieza y desinfección antes de iniciar el trabajo y en los siguientes casos: antes de cualquier trabajo de mantenimiento rutinario o accidental de la cabina, siempre que se cambie el programa de trabajo, cuando se produzcan derrames en la superficie de trabajo.
- Realizar la descontaminación de las zonas inaccesibles y contaminadas (ventiladores, plenos, filtros) mediante esterilización gaseosa. Un método posible consiste en la depolimerización de paraformaldehído por calentamiento. Este método debe aplicarse antes de trabajos de mantenimiento, antes del cambio de los filtros, antes de realizar los tests básicos de control, antes del traslado de la cabina y antes de cambiar el programa de trabajo.



## **ANEXO 8**

### **MEDIDAS Y NIVELES DE CONTENCIÓN**

En este anexo se incluyen las medidas de contención aplicables a diferentes actividades en las que hay o puede haber exposición a agentes biológicos, por ejemplo, los laboratorios, los servicios de aislamiento (de pacientes o de animales de experimentación) o los estabularios. Tras la evaluación de la exposición se fijará el nivel de contención física requerido para los agentes biológicos en función del grupo de riesgo, las actividades que supongan la manipulación de un agente biológico se ejecutarán:

- únicamente en zonas de trabajo que correspondan por lo menos al nivel 2 de contención, para un agente biológico del grupo 2;
- únicamente en zonas de trabajo que correspondan por lo menos al nivel 3 de contención, para un agente biológico del grupo 3;
- únicamente en zonas de trabajo que correspondan por lo menos al nivel 4 de contención, para un agente biológico del grupo 4.

Los laboratorios que manipulen materiales con respecto a los cuales exista incertidumbre acerca de la presencia de agentes biológicos que pueden causar una enfermedad en el hombre, pero que no tengan por objeto trabajar con agentes biológicos como tales, es decir, cultivarlos o concentrarlos, deberían adoptar por lo menos el nivel 2 de contención. Los niveles superiores deberán adoptarse cuando sea necesario.

Tabla 1. Medidas y niveles de contención

<b>A. Medidas de contención</b>	<b>B. Niveles de contención</b>		
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. El lugar de trabajo se encontrará separado de toda actividad que se desarrolle en el mismo edificio.	No	Aconsejable	Sí
2. El aire introducido y extraído del lugar de trabajo se filtrará mediante la utilización de filtros de aire para partículas de elevada eficacia (HEPA) o de forma similar.	No	Sí, para la salida de aire	Sí para la entrada y salida de aire
3. Solamente se permitirá el acceso al personal designado.	Aconsejable	Sí	Sí, con esclusa de aire
4. El lugar de trabajo deberá poder precintarse para permitir la desinfección.	No	Aconsejable	Sí
5. Procedimientos de desinfección especificados.	Sí	Sí	Sí
6. El lugar de trabajo se mantendrá con una presión negativa respecto a la presión atmosférica.	No	Aconsejable	Sí
7. Control eficiente de vectores, por ejemplo, de roedores e insectos.	Aconsejable	Sí	Sí
8. Superficies impermeables al agua y de fácil limpieza.	Sí, para el banco de pruebas	Sí, para el banco de pruebas y el suelo	Sí, para el banco de pruebas o mesa de trabajo, el suelo y los techos
9. Superficies resistentes a ácidos, álcalis, disolventes, desinfectantes.	Aconsejable	Sí	Sí
10. Almacenamiento de seguridad para agentes biológicos.	Sí	Sí	Sí, almacenamiento seguro

Continuación

<b>A. Medidas de contención</b>	<b>B. Niveles de contención</b>		
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
11. Se instalará una ventanilla de observación o un dispositivo alternativo en las zonas de manera que se pueda ver a los ocupantes.	Aconsejable	Aconsejable	Sí
12. Laboratorio con equipo propio.	No	Aconsejable	Sí
13. El material infectado, animales incluidos, deberá manejarse en una cabina de seguridad biológica o en un aislador u otra contención apropiada.	Cuando proceda	Sí, cuando la infección se propague por el aire	Sí
14. Incinerador para destrucción de animales muertos.	Aconsejable	Sí (disponible)	Sí, en el mismo lugar



## **ANEXO 9**

### **EMERGENCIAS BIOLÓGICAS**

En el presente anexo se recogen sucintamente las principales medidas preventivas que deben adoptarse cuando se produce alguna emergencia biológica: rotura o derramamiento de recipientes de cultivo, inoculación accidental, cortes o abrasiones, ingestión accidental de material posiblemente peligroso, emisión de un aerosol posiblemente peligroso fuera de una cámara de seguridad y rotura de tubos con un contenido potencialmente peligroso en centrífugas.

#### **ROTURA O DERRAMAMIENTO DE RECIPIENTES DE CULTIVO**

- Recubrir los recipientes rotos con un trapo empapado en desinfectante.
- Dejar actuar como mínimo 10 minutos.
- Recoger los trozos rotos y el trapo con un recogedor.
- Limpiar el área con un desinfectante.
- El material roto se colocará en un recipiente específico para residuos biológicos y se eliminará adecuadamente.
- Los útiles de limpieza reutilizables se colocarán en un recipiente para su esterilización en el autoclave o se sumergirán en un desinfectante apropiado.
- Todas estas operaciones se realizarán utilizando guantes resistentes a los cortes y pinchazos, preferentemente desechables.
- Los cultivos derramados deben recubrirse con un trapo empapado en desinfectante y luego, transcurridos 10 minutos por lo menos, se recogerán con otros trapos que después se introducirán en el recipiente para residuos biológicos.

- En el caso de que algún documento resultara contaminado, se realizará una copia del mismo y el original se eliminará como un residuo biológico.

### **INOCULACIÓN ACCIDENTAL, CORTES Y ABRASIONES**

- La persona afectada deberá quitarse la ropa de protección.
- Lavarse las manos y la parte lesionada.
- Aplicarse un desinfectante cutáneo si procede.
- Dirigirse luego a primeros auxilios, donde informará al responsable sobre la causa de la herida y sobre el agente implicado.
- Es siempre recomendable consultar a un médico y seguir sus consejos.
- El accidente deberá inscribirse en un registro especial, específico para los accidentes que ocurren en los diferentes locales de trabajo.

### **INGESTIÓN ACCIDENTAL DE MATERIAL POSIBLEMENTE PELIGROSO**

- Trasladar a la persona afectada a primeros auxilios, después de quitarle la ropa de protección.
- Informar al médico acerca del agente ingerido y seguir sus indicaciones.
- Estos casos también deben registrarse.

### **EMISIÓN DE UN AEROSOL POSIBLEMENTE PELIGROSO FUERA DE UNA CÁMARA DE SEGURIDAD**

- Evacuar inmediatamente la zona afectada.
- Al mismo tiempo, informar al responsable del servicio y al inspector de bioseguridad.
- Impedir la entrada en el local, señalizándolo adecuadamente, durante una hora como mínimo para dar tiempo a que el aerosol se deposite.
- Transcurrido este tiempo, efectuar la descontaminación bajo la supervisión del inspector de bioseguridad.
- Las personas afectadas deberán consultar al médico.

### **ROTURA DE TUBOS CON UN CONTENIDO POTENCIALMENTE PELIGROSO EN CENTRÍFUGAS**

- Interrumpir la centrifugación sin abrir la centrífuga hasta que hayan transcurrido 30 minutos.

- Si la rotura se descubre cuando la máquina se ha parado, hay que volver a cerrar la centrífuga y esperar 30 minutos.
- Informar al inspector de bioseguridad.
- Utilizar guantes resistentes, por ejemplo, de goma espesa, recubiertos si es preciso por otros guantes de plástico desechables para la recogida del material.
- Para recoger los trozos de vidrio deberán utilizarse pinzas o torundas de algodón manipuladas con pinzas.
- Los tubos rotos, los fragmentos de vidrio, los cestillos y el rotor deben sumergirse, durante 24 horas, en un desinfectante no corrosivo de eficacia conocida contra los microorganismos implicados.
- Los tubos intactos, con sus respectivos tapones, pueden introducirse en otro recipiente de desinfectante y su contenido podrá recuperarse al cabo de 60 minutos.
- Transcurrido el tiempo recomendado, los tubos rotos y los fragmentos de vidrio se deben eliminar como residuos, y el rotor, una vez eliminado el desinfectante, podrá utilizarse nuevamente.
- Limpiar la cubeta de la centrifugadora con un algodón empapado en el mismo desinfectante a la dilución apropiada. Esta operación debe repetirse al día siguiente, después se debe lavar con agua y secar.
- Tratar los algodones como si fueran residuos biológicos.
- No es recomendable utilizar soluciones de hipoclorito por su efecto corrosivo en los metales.
- Los cestillos de seguridad para el material peligroso se deben abrir en cabinas de seguridad biológica de la clase correspondiente al riesgo inherente al agente biológico. En caso de rotura de un tubo, habrá que colocar el tapón del cestillo sin forzarlo y esterilizar este último en la autoclave o en un desinfectante apropiado que no sea corrosivo.



## **ANEXO 10**

### **ACCIDENTES CON RIESGO BIOLÓGICO**

Dejando al margen los accidentes comunes, que pueden darse en un centro sanitario pero también ocurren en centros de trabajo no específicamente sanitarios, trataremos aquí de las actuaciones más apropiadas frente a un accidente específicamente biológico.

#### **PROCEDIMIENTO GENERAL DE PRIMEROS AUXILIOS EN HERIDAS, CORTES O PINCHAZOS**

##### **Limpieza de la herida**

Inmediatamente después de producirse el contacto accidental con sangre u otros fluidos hay que quitarse los guantes y lavarse cuidadosamente la herida con iodóforos, por ejemplo, con povidona iodada, que son activos frente a bacterias, micobacterias, virus lipídicos y no lipídicos, así como frente a esporas. En personas alérgicas al iodo se puede emplear la cloramina.

##### **Comunicación al Servicio de Prevención**

Todo accidente relacionado con sangre y sus derivados debe ser comunicado al servicio de prevención e inmediatamente se realizará una ficha epidemiológica para conocer los datos relacionados con el accidente (nombre, edad, sexo, categoría profesional, lugar del accidente, hora en que ocurrió, mecanismo de producción, localización y naturaleza de la lesión, etc.).

##### **Estado inmunológico del individuo accidentado**

Cuando pueda identificarse la fuente, previo consentimiento del accidentado

do y tras haber sido informado, se procederá a extracción sanguínea para determinar los anticuerpos frente al antígeno del núcleo o core (AntiHB-core) total, frente al VHC y los anticuerpos frente al VIH.

## **PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN EN ACCIDENTES CON RIESGO BIOLÓGICO ESPECÍFICO**

Se comentan a continuación los protocolos de actuación, una vez realizados los primeros auxilios, aviso al servicio de prevención y mutua y cumplimentación del correspondiente parte de accidente, cuando el accidente implique a algunos agentes biológicos característicos. Por el momento, las actuaciones frente al riesgo laboral más extendidas se orientan a la prevención de los riesgos biológicos siguientes: hepatitis B, hepatitis C, infección por VIH, tétanos y brucelosis.

### **Hepatitis B**

- Valoración del estado inmunológico del accidentado, consultando los datos previos de vacunación si los hubiese y la petición de un estudio serológico completo en el caso de que no se disponga de estos datos.
- A aquellas personas que se han expuesto accidentalmente, por vía percutánea o a través de mucosas, con sangre contaminada de antígeno HBs, se les debe administrar inmunoglobulina contra la hepatitis B en dosis de 0,06 ml/kg de peso, tan pronto como se pueda después de la exposición, si es posible antes de que transcurran 24 horas.
- Cuando pueda identificarse la fuente, previo consentimiento del accidentado y tras haber sido informado, se procederá a la extracción sanguínea para la determinación de AntiHB-core total, si fuera positivo, se realizará sistemáticamente serología completa.
- Según el resultado serológico, se incluirá al accidentado en la correspondiente pauta de vacunación o seguimiento.
- La primera dosis de la vacuna puede ser administrada conjuntamente con la inmunoglobulina contra la hepatitis B.
- Se considera que una persona está inmune cuando adquiere un título de AntiHBs superior a 10 UI/l. Esta determinación debe realizarse al cabo de un mes de la tercera dosis de vacuna.
- En caso de que el título de AntiHBs sea inferior a 10 UI/l, debe administrarse una cuarta dosis de vacuna.
- Para contratos temporales de trabajo y para puestos con riesgo de infección por hepatitis B, se plantea como pauta de vacunación: al inicio, al mes y a los dos meses siguientes.

- En las personas que no logren un título de AntiHBs superior a 10UI/l, tras cuatro dosis de vacuna, se les administrará una dosis de recuerdo cada 5 años.

## Hepatitis C

- Extracción sanguínea para la valoración del estado inmunológico del accidentado frente al virus de la hepatitis C.
- Identificar la fuente si es posible.
- Tras informar al accidentado y bajo su consentimiento, se realizará el estudio serológico de VHC.
- Si la fuente es positiva o desconocida y el accidentado es Anti VHC negativo, se procede a realizar controles serológicos periódicos: cuando se produjo el accidente, al cabo de mes y medio, a los tres, seis y doce meses siguientes.
- Si la fuente es positiva o desconocida, el accidentado es Anti VHC positivo, se procederá al seguimiento y educación sanitaria.

## Infección por VIH

- Valoración del estado serológico del accidentado frente al VIH.
- Cuando pueda identificarse la fuente, previo consentimiento y tras haber sido informado, se procederá a la extracción sanguínea para determinación de anticuerpos VIH.
- Si la fuente es desconocida y el accidentado VIH negativo, se procederá a realizar controles periódicos de serología; cuando se produjo el accidente, al cabo de mes y medio y a los tres, seis y doce meses siguientes.
- Si la fuente es positiva y el accidentado es VIH negativo, se le ofertará la posibilidad de quimioprofilaxis con AZT (Retrovir), previa aceptación escrita y con control por su servicio médico de salud laboral o mutua y el servicio especializado de enfermedades infecciosas. La dosis que se recomienda es de 250 mg cada 8 horas durante 6 semanas, realizando controles hemáticos al inicio, a la tercera y a la sexta semana. Estos controles hemáticos consistirán en la determinación de hemograma completo y VSG.
- Si el accidentado es VIH positivo, se procede al seguimiento por el servicio especializado de enfermedades infecciosas correspondiente.
- Educación sanitaria de forma individualizada.

## Tétanos

- Será prioritario realizar una limpieza rigurosa de la herida con agua y jabón y/o un antiséptico.

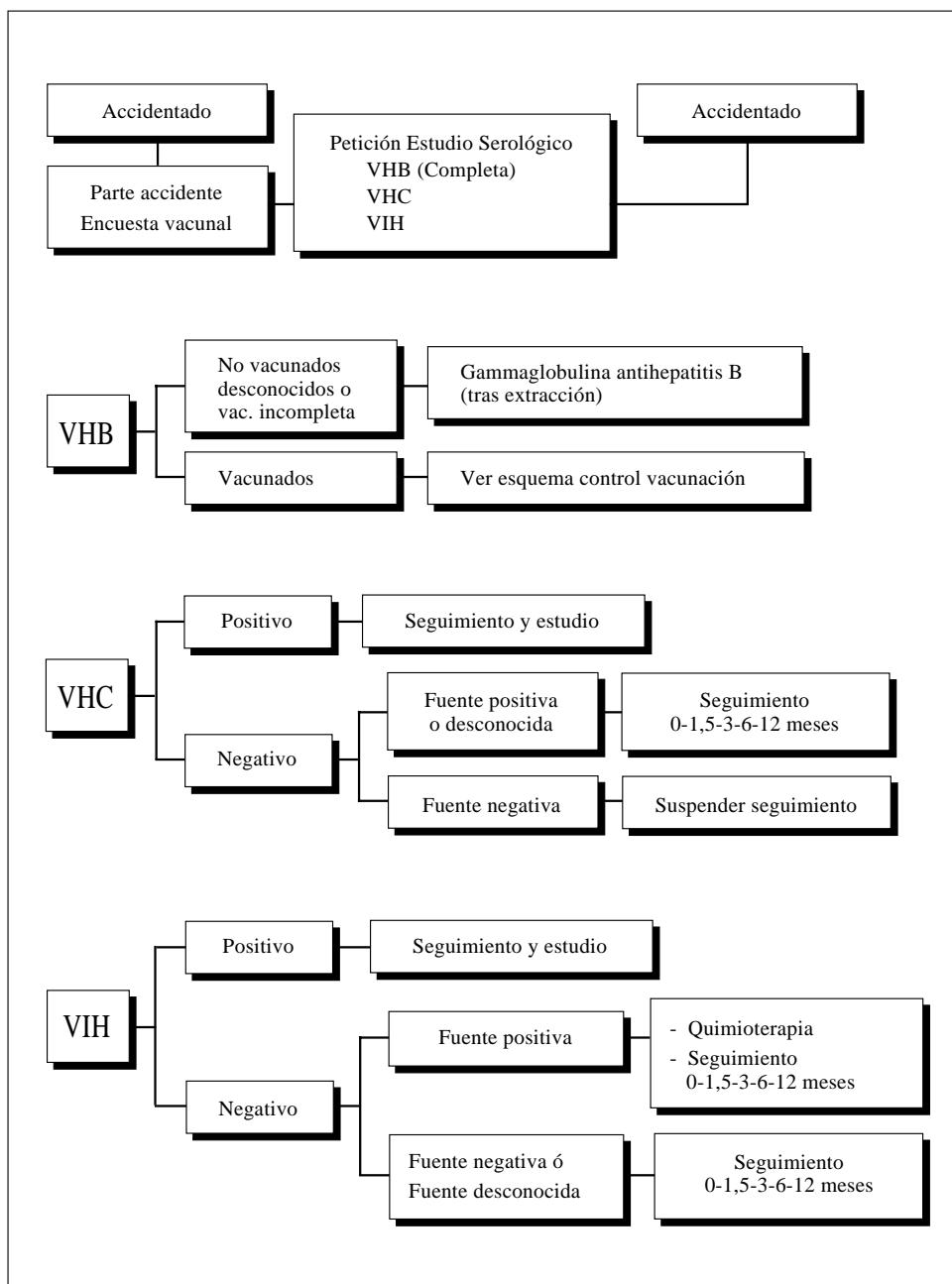


Figura 1.- Procedimiento a seguir en caso de exposición accidental a VHB, VHC y VIH  
(Tomado del “Manual de protección frente a Riesgos Biólicos”).

- A continuación se procederá a la valoración del estado inmunológico del accidentado, precisando si está vacunado o cuánto tiempo ha transcurrido desde la última dosis.
- Valoración de la contaminación de la herida: las heridas de bajo riesgo son las no penetrantes, sin cuerpos extraños, con poca destrucción de tejidos y poco contaminadas, por contra, las heridas de alto riesgo son las que no cumplen estas condiciones.
- Inicio de la pauta de vacunación (inmunización activa) y/o administración de 5 ml de Inmunoglobulina humana antitetánica (inmunización pasiva) en el plazo de 48 horas en los casos en que proceda.
- Educación sanitaria de forma individualizada

### **Brucelosis**

- Valorar el riesgo de contraer la infección que conlleva el accidente. En este caso, sólo se actuará si la inoculación es de alto riesgo, es decir, si se trata de material vacunal con gérmenes vivos (vacuna B-19 y Rev I) o bien de muestras contaminadas con brucelas.
- Se inicia de forma inmediata el tratamiento con antibióticos. La administración de 200 mg diarios de doxiciclina por vía oral, más 1 g diario de estreptomicina o rifampicina. La duración y tratamiento dependerá del grado de exposición y de los resultados de las pruebas serológicas.
- Educación sanitaria de forma individualizada e información acerca de los agentes causales, mecanismos de transmisión y medidas preventivas.



## **ANEXO 11**

### **INMUNIZACIÓN ACTIVA**

La inmunización activa es la que se consigue mediante la administración de vacunas; las características de una vacuna ideal son las siguientes:

- Tener una cobertura antigénica múltiple (vacuna combinada).
- Tener elevada termoestabilidad.
- Ser de dosis única.
- Administrarse por vía oral, nasal u ocular.
- Presentar una farmacocinética favorable.
- Ser de elevada eficacia.
- Ofrecer una inmunización permanente.
- Ser de fácil producción y bajo coste.
- No presentar reacciones adversas.

Describimos a continuación las principales vacunas, con indicación de si son apropiadas para personal sanitario, sus pautas de administración y las precauciones a tener en cuenta, en su caso.

#### **VACUNA ANTI TETÁNICA**

*Recomendada* a la población en general

*Pauta de vacunación:* Primovacunación: 3 dosis (0, 2 meses y entre 6 y 12 meses). Revacunación: 1 dosis cada 10 años.

#### **VACUNA ANTI RUBEÓLICA**

*Recomendada* al personal sanitario de hospitales pediátricos o en contacto con pacientes embarazadas.

*Pauta de vacunación:* 1 sola dosis.

*Precauciones:* antes de administrar esta vacuna ha de asegurarse que no hay embarazo en aquel momento, y adoptar medidas anticonceptivas durante dos meses.

## **VACUNA ANTI HEPATITIS B**

*Recomendada* al personal sanitario expuesto a sangre o fluidos corporales.

*Pauta de vacunación:* 3 dosis: 0, 1mes y 6 meses.

## **VACUNA ANTI GRIPAL**

*Recomendada* al personal sanitario que mantenga contacto frecuente con pacientes de alto riesgo.

*Pauta de vacunación:* 1 sola dosis al año.

## **VACUNA ANTI DIFTERIA**

*Recomendada* al personal sanitario en contacto con enfermos con difteria. Se administrará la forma combinada con el toxoide tetánico para adultos (Td).

*Pauta de vacunación:* Primovacunación: 3 dosis con un intervalo de 1-2 meses entre las dos primeras y de 6 meses a 1 año entre la segunda y la tercera. Dosis de recuerdo: cada 10 años.

## **VACUNA ANTI POLIOMELÍTICA**

*Recomendada* al personal sanitario con riesgo de exposición y que no haya sido inmunizado en la infancia. Para este grupo se recomienda la vacuna inyectable.

*Pauta de vacunación:* Primovacunación, con la vacuna inactivada consistente en 4 dosis separadas por un intervalo entre 4 y 8 semanas las tres primeras y a los 6-12 meses la cuarta.

## **VACUNA ANTI SARAPIÓN**

*Recomendada* al personal sanitario.

*Pauta de vacunación:* Esta vacuna puede administrarse bien en forma monovalente o combinada (triple vírica), por vía subcutánea y a dosis de 0,5 ml.

*Efectos adversos:* Entre las reacciones adversas más frecuentes destaca la fiebre que se da en el 5-15% de los vacunados y el rash cutáneo en el 5% de

los casos. Suelen aparecer a los 7-12 días de la vacunación, con una duración de 1 a 2 días.

*Contraindicaciones:* Esta vacuna no deberá administrarse en los casos siguientes:

- Individuos que presenten infecciones agudas severas del aparato respiratorio, entre las que se incluye la tuberculosis activa.
- Personas con antecedentes de hipersensibilidad a la neomicina, aunque los antecedentes de dermatitis por contacto a la neomicina no constituyen contraindicación.
- Personas con hipersensibilidad a las proteínas del huevo (en este caso se podrá utilizar la vacuna triple vírica de células diploides).
- Personas con inmunodeficiencia primaria o secundaria.
- Personas con linfomas u otras neoplasias.
- Personas sometidas a tratamientos con corticoides, antimetabolitos o radioterapia.
- Desde el punto de vista teórico general, esta vacuna está contraindicada en mujeres embarazadas. Por esta razón deberá evitarse el embarazo durante los 3 meses posteriores a la vacunación.

## VACUNA ANTI TUBERCULOSA

*Recomendada* en empleados PPD negativos de centros sanitarios en contacto frecuente con enfermos o con sus muestras biológicas.

*Pauta de vacunación:* 1 dosis de 0,1 ml. Se debe administrar estrictamente por vía intradérmica.

## VACUNA ANTI HEPATITIS A

*Recomendada* al personal sanitario y personal de instituciones para deficientes mentales.

*Pauta de vacunación:* Primovacunación: 2 dosis separadas por un mes de intervalo, que se puede acortar a 15 días en pauta corta, y se recomienda una tercera dosis de recuerdo entre los 6 y 12 meses después de la fecha de la primera dosis para asegurar títulos duraderos de anticuerpos.

## VACUNA ANTI RÁBICA

*Recomendada* al personal de laboratorio que trabaja con virus de la rabia (vacunación pre-exposición).

*Pauta de vacunación:* Tres dosis de 1ml por vía intramuscular o 0,1ml por vía intradérmica en los días 0, 7 y 28 (ó 0, 28 y 56). Dosis de recuerdo cada 1-3 años si persiste el riesgo de exposición.

### **VACUNA ANTI VARICELA**

*Recomendada* al personal médico y paramédico que atiende a pacientes de alto riesgo.

*Pauta de vacunación:* Dosis única de 0,5ml. Se recomienda la revacunación en aquellos casos en los que exista un descenso notable del nivel de anticuerpos.

### **VACUNA ANTI PAROTIDITIS**

*Recomendada* a personas adolescentes y adultas que no hayan padecido la enfermedad o que no hayan sido vacunados previamente.

*Pauta de vacunación:* Una dosis única de 0,5 ml.

### **VACUNA ANTI FIEBRE AMARILLA**

*Recomendada* al personal de laboratorio que podría estar expuesto a las cepas salvajes o vacunales del virus de la fiebre amarilla.

*Pauta de vacunación:* Una única dosis de 0,5 ml es suficiente para la inmunización primaria. En personas con exposición continuada a la fiebre amarilla, está indicada una dosis de refuerzo de 0,5 ml cada 10 años.

## **ANEXO 12**

## **AISLAMIENTO**

El aislamiento es una medida preventiva necesaria cuando los enfermos padecen determinadas enfermedades. Este aislamiento puede ser más o menos estricto, pero en cualquiera de sus niveles *es necesario que los visitantes se presenten al personal de enfermería antes de entrar en la habitación del enfermo.*

### **AISLAMIENTO ESTRICTO**

#### **Enfermedades que requieren aislamiento estricto**

Difteria faríngea

Fiebre de Lassa y otras fiebre hemorrágicas (fiebre de Marburg) (\*)

Peste neumónica

Viruela (\*)

Varicella

Zoster, en pacientes inmunodeprimidos, o diseminado

#### **Precauciones**

- El uso de máscaras está indicado para todas la personas que entren en la habitación.
- El uso de batas está indicado para todas la personas que entren en la habitación.
- El uso de guantes está indicado para todas la personas que entren en la habitación.
- En los casos señalados con (\*), está indicada una habitación individual con ventilación especial.

- Lavar las manos después del contacto con el paciente o artículos potencialmente contaminados y antes de tratar a otro paciente.
- Los artículos contaminados con material infeccioso deberían ser desechados o embolsados y etiquetados antes de ser enviados a su descontaminación y reutilización.
- Es recomendable disponer de habitaciones individuales, aunque los pacientes con el mismo tipo de infección pueden compartir la habitación.

## AISLAMIENTO PARA ENFERMEDADES TRANSMISIBLES POR CONTACTO

### Enfermedades que requieren aislamiento-contacto

- Infecciones respiratorias agudas en niños, incluyendo: resfriados, bronquitis causadas por virus respiratorios sincitiales, adenovirus, coronavirus, rinovirus y los virus de la influenza y parainfluenza.
- Conjuntivitis, gonocócica en recién nacidos.
- Difteria, cutánea.
- Endometritis, grupo A Streptococcus.
- Furuncolosis, estafilocócica en recién nacidos.
- Herpes simple.
- Impétigo.
- Bacterias multiresistentes, infección o colonización con cualquiera de las siguientes:  
Bacilos Gram negativo resistentes a todos los aminoglicósidos probados.  
*Staphylococcus aureus* resistentes a la meticilina.  
*Pneumococcus* resistentes a la penicilina.  
*Haemophilus influenzae* resistente a la ampicilina y al cloroanfenicol.
- Pediculosis.
- Faringitis infecciosa, en niños.
- Rabia.
- Rubeola.
- Neumonía, viral, en niños.

### Precauciones

- El uso de máscaras está indicado para las personas que están próximas al paciente.

- El uso de batas está indicado si es probable mancharse con material contaminado.
- El uso de guantes está indicado si se toca material infeccioso.
- Lavar las manos después del contacto con el paciente o artículos potencialmente contaminados y antes de tratar a otro paciente.
- Los artículos contaminados con material infeccioso deberían ser desechados o embolsados y etiquetados antes de ser enviados a su descontaminación y reutilización.
- Es recomendable disponer de habitaciones individuales, aunque pacientes con el mismo tipo de infección pueden compartir la habitación.

## AISLAMIENTO RESPIRATORIO

### Enfermedades que requieren aislamiento respiratorio

- Epiglotitis, *Haemophilus influenzae*.
- Eritema infeccioso.
- Sarampión.
- Meningitis debida a:  
*Haemophilus influenzae*, conocido o sospechado.  
Meningocócica, conocida o sospechada.
- Neumonía meningocócica.
- Paperas.
- Tosferina.

### Precauciones

- El uso de máscaras está indicado para las personas que tengan contacto próximo con el paciente.
- No es preciso el uso de batas.
- No es preciso el uso de guantes.
- Lavar las manos después del contacto con el paciente o artículos potencialmente contaminados y antes de tratar a otro paciente.
- Los artículos contaminados con material infeccioso deberían ser desechados o embolsados y etiquetados antes de ser enviados a su descontaminación y reutilización.
- Es recomendable disponer de habitaciones individuales, aunque pacientes con el mismo tipo de infección pueden compartir la habitación.

## TUBERCULOSIS

### Tuberculosis

Esta categoría de aislamiento es para pacientes con tuberculosis pulmonares que presentan frotis de esputo positivo o las radiografías sugieren que la tuberculosis está en fase activa. La tuberculosis laríngea también está incluida en esta categoría.

En general, los niños con tuberculosis pulmonar no requieren precauciones de aislamiento, ya que raramente tosen y sus secreciones contienen pocos bacilos en comparación con los adultos.

### Precauciones

- El uso de máscaras está indicado sólo en la fase tusígena.
- El uso de batas está indicado sólo si es necesario para prevenir una gran contaminación de las ropas.
- No es preciso el uso de guantes.
- Lavar las manos después del contacto con el paciente o artículos potencialmente contaminados y antes de tratar a otro paciente.
- Los artículos rara vez están implicados en la transmisión de la tuberculosis, no obstante deberían ser lavados, desinfectados o desecharados.
- Es recomendable disponer de habitaciones individuales, aunque pacientes con el mismo tipo de infección pueden compartir la habitación.

## ENFERMEDADES ENTÉRICAS

### Enfermedades que requieren precauciones entéricas

- Disentería por amebas.
- Córlera.
- Enfermedades por coxsackie virus.
- Diarrea, enfermedad aguda con posible etiología infecciosa.
- Enfermedades por ecovirus.
- Encefalitis (a menos que se conozca que no están causadas por enterovirus).
- Enterocolitis causada por *Clostridium difficile* o *Staphylococcus aureus*.
- Gastroenteritis causada por:  
*Campylobacter* spp.  
*Cryptosporidium* spp.  
*Dientamoeba fragilis*

*Escherichia coli* (enterotóxica, enteropatogénica o enteroinvadiva)

*Giardia lamblia*

*Salmonella* spp.

*Shigella* spp.

*Vibrio parahemolyticus*

*Yersinia enterocolitica*

- Hepatitis A.
- Fiebre tifoidea.
- Enterocolitis necrosante.
- Poliomelitis.
- Meningitis, vírica (a no ser que se sepa que no están causadas por enterovirus).
- Fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*)

## Precauciones

- No es preciso el uso de máscaras.
- El uso de batas está indicado si es probable mancharse con material contaminado.
- El uso de guantes está indicado si se toca material infeccioso.
- Lavar las manos después del contacto con el paciente o artículos potencialmente contaminados y antes de tratar a otro paciente.
- Los artículos contaminados con material infeccioso deberían ser desechados o embolsados y etiquetados antes de ser enviados a su descontaminación y reutilización.
- Es recomendable disponer de habitaciones individuales para pacientes con hábitos higiénicos deficientes (no se lava las manos, comparte artículos contaminados o puede contaminar su medio ambiente), aunque pacientes con el mismo tipo de infección pueden compartir la habitación.

## DRENAJES/SECRECIONES

### Enfermedades que requieren precauciones por drenajes/secreciones

Las enfermedades infecciosas incluidas en esta categoría son las que tienen como resultado la producción de material purulento infeccioso, drenajes o secreciones, salvo las que estén incluidas en otras categorías de aislamiento más rigurosas.

- Abcesos leves.
- Infecciones leves o limitadas en quemados.

- Conjuntivitis.
- Úlcera decubitus infecciosa.
- Infecciones leves o limitadas de la piel.
- Heridas infectadas.

### **Precauciones**

- No es preciso el uso de máscaras.
- Se recomienda el uso de batas si es probable que puedan mancharse con material contaminado.
- Se recomienda el uso de guantes para tocar material infeccioso.
- Lavar las manos después del contacto con el paciente o artículos potencialmente contaminados y antes de tratar a otro paciente.
- Los artículos contaminados con material infeccioso deberían ser desechados o embolsados y etiquetados antes de ser enviados a su descontaminación y reutilización.
- En estos casos no está indicada la habitación privada.

## **SANGRE-FLUIDOS BIOLÓGICOS**

### **Enfermedades para las que están indicadas estas precauciones**

- Síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).
- Fiebres víricas transmitidas por artrópodos (fiebre amarilla, dengue, etc.).
- Babesiosis.
- Enfermedad de Creutzfeldt-Jakob.
- Hepatitis B (incluyendo portadores de antígenos).
- Hepatitis C.
- Leptospirosis.
- Malaria.
- Fiebre de la mordedura de rata.
- Sífilis, primaria y secundaria con lesiones de piel y mucosas.

### **Precauciones**

- No es preciso el uso de máscaras.
- El uso de batas está indicado si existe la posibilidad de mancharse con sangre o fluidos biológicos.

- El uso de guantes está indicado si se ha de manipular sangre o fluidos biológicos.
- Lavar las manos inmediatamente tras el contacto con sangre o fluidos biológicos, posiblemente contaminados, y antes de tratar a otro paciente.
- Los artículos contaminados con sangre o fluidos biológicos deberían ser desechados o embolsados y etiquetados antes de ser enviados a su descontaminación y reutilización.
- Poner especial cuidado en la prevención de pinchazos. Las agujas usadas no deberían ser reencapsuladas o dobladas. Se deberá colocar en un contenedor específicamente designado para tal fin (impermeable, resistente a pinchazos, señalizado).
- Las salpicaduras de sangre deberían ser limpiadas rápidamente con una solución de hipoclorito sódico al 5,25% diluido 1:10 con agua.
- Es recomendable disponer de habitaciones individuales para pacientes con hábitos higiénicos deficientes (no se lava las manos, comparte artículos contaminados o puede contaminar su medio ambiente), aunque pacientes con el mismo tipo de infección pueden compartir la habitación.



## **ANEXO 13**

### **MEDIDAS ESPECÍFICAS EN ÁREAS DE ATENCIÓN SANITARIA**

En las áreas de atención sanitaria deben adoptarse medidas preventivas específicas que dependen de la problemática concreta de cada área. A continuación se han recogido, de forma sistematizada y estructurada por áreas, las principales de dichas medidas.

#### **PERSONAL DE ÁREAS QUIRÚRGICAS, ANESTESIA Y UVI**

- Se recomienda la vacuna antihepatitis B.
- En los procedimientos en los que se pueden producir salpicaduras de sangre o fluidos biológicos se utilizarán mascarillas y gafas protectoras o máscara integral.
- Según el tipo de operación, se utilizarán calzas altas y batas impermeables.
- Cuando se produzca la rotura de un guante, éste se cambiará lo antes posible lavando previamente la piel expuesta. La utilización de dos pares de guantes queda a criterio del cirujano. En los procedimientos en los que se requiera hacer fuerza sobre bordes cortantes, se pueden utilizar guantes de malla sintética protectora.
- Una buena técnica en el manejo del instrumental quirúrgico es la mejor forma de prevenir los pinchazos y cortes producidos por este tipo de instrumental, además es recomendable:

Mantener el número de manos imprescindible en el campo quirúrgico mientras se están manipulando instrumentos cortantes y/o punzantes.

El instrumental incisopunzante debería ser manipulado sólo por el cirujano. Las agujas deberían ser cortadas antes de anudar.

Devolver el instrumental a la mesa de la instrumentista sin dejarlo abandonado en el campo ni devolverlo directamente a la mano de la instrumentista.

Evitar abandonar agujas e instrumentos cortantes en las sábanas del campo quirúrgico.

### **PERSONAL DE ENDOSCOPIAS**

- Se recomienda la vacuna antihepatitis B.
- Utilizar gafas protectoras en estas maniobras exploratorias.
- Desinfectar y esterilizar el material de escopia por los procedimientos habituales: glutaraldehído, óxido de etileno, plasma o peróxido de hidrógeno, previa limpieza del material y eliminando el desinfectante utilizado al finalizar el proceso de desinfección.

### **PERSONAL DEL SERVICIO DE OFTALMOLOGÍA**

- Los profesionales sanitarios que realicen exploraciones oculares y otras actividades en las que puedan entrar en contacto con lágrimas deben lavarse las manos inmediatamente después de realizarlas y antes de tratar a otro paciente.
- El uso de guantes protectores está aconsejado cuando existan cortes, arañazos o lesiones en la piel de las manos.
- Los instrumentos que entren en contacto directo con las superficies exteriores de los ojos se deben lavar y desinfectar con una solución fresca de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) al 6% durante 30 minutos, lejía diluida 1:10 o una solución de glutaraldehído/fenolato 1:16 durante 10 minutos. El instrumento debe ser aclarado cuidadosamente con agua del grifo y secado antes de volver a utilizarlo.
- Las lentes de contacto utilizadas de prueba en el período de adaptación deben ser desinfectadas cada vez que se usen con alguno de los siguientes métodos: peróxido de hidrógeno o, algunos modelos, con calor (78 - 80 °C durante 10 minutos).

### **PERSONAL DEL SERVICIO DE MAXILOFACIAL**

- Utilizar guantes, mascarillas y gafas para la protección ocular en los procedimientos de cirugía maxilofacial o dentales.
- Esterilizar el material después de su uso, según sus características específicas.

### **PERSONAL DE AUTOPSIAS**

- En los procedimientos en los que se puedan producir salpicaduras de sangre o fluidos biológicos se utilizarán mascarilla y gafas protectoras o máscara integral.

- Según el tipo de intervención se utilizarán calzas altas y batas impermeables.
- Cuando se produzca la rotura de un guante, éste se cambiará lo antes posible lavando previamente la piel expuesta. En los procedimientos en los que se requiera hacer fuerza sobre bordes cortantes, se pueden utilizar guantes de malla sintética protectora.
- Los instrumentos y superficies deben ser manipulados como si fueran infectivos, se desinfectarán con lejía al 1:10 o con glutaraldehído.
- Se evaluarán las técnicas utilizadas y se tomarán las medidas apropiadas a estas técnicas para evitar la exposición parenteral o mucomembranosa del personal a los fluidos biológicos.
- El envío de muestras para estudios anatopatológicos se realizará en recipientes impermeables debidamente señalizados.

## **PERSONAL DE LAVANDERÍA**

- El personal debe llevar guantes para toda actividad que suponga contacto con ropa contaminada.
- La ropa contaminada debe ser manipulada lo menos posible y con el mínimo de agitación introduciéndose en bolsas o envases apropiados en el lugar de procedencia y no siendo ordenada ni aclarada en ese lugar.
- Si la ropa está húmeda y para evitar derrames o goteos, los recipientes serán impermeables.

## **PERSONAL DE PELUQUERÍA**

- Las manos se deben lavar de un paciente a otro.
- En ningún caso se utilizará brocha para el enjabonado, esta operación se realizará con gasas desechables.
- El afeitado se realizará con cuchillas desechables para cada paciente.
- Ante cortes en el rasurado no se utilizará la barrita restañadora, en estos casos se utilizarán tiritas.

## **PERSONAL DE OTRAS ÁREAS ASISTENCIALES**

- En las unidades de atención de patologías infecciosas, urgencias, hemodiálisis, digestivo, unidades de VHI/SIDA, etc., deberán combinarse diferentes medidas de las anteriormente expuestas al objeto de minimizar los riesgos.
- En caso de accidente, exposición o pinchazo del personal en cualquier área del centro sanitario se deberá acudir en el menor plazo de tiempo posible al

servicio de medicina preventiva para la declaración, registro y seguimiento del hecho.

- Estará disponible el fármaco zidovudina (ZDV) para su aplicación inmediata, si procede.
- Todo trabajador debería tener historia clínica de salud laboral en la unidad de salud laboral del servicio de medicina preventiva con reconocimiento médico de ingreso y con los reconocimientos periódicos correspondientes.

## **ANEXO 14**

### **MEDIDAS ESPECÍFICAS.**

### **LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**

Los laboratorios de microbiología requieren medidas de prevención específicas que dependen del tipo de laboratorio de que se trate. En el presente anexo se han sistematizado dichas medidas estructurándolas por tipo de laboratorio.

#### **LABORATORIO BÁSICO**

El laboratorio básico comprende todos los laboratorios que trabajan con agentes biológicos de los grupos de riesgo 1 y 2. En los laboratorios clínicos, sobre todo en los de los hospitales, puede producirse una exposición ocasional a agentes biológicos que entrañan un elevado riesgo individual, esta posibilidad ha de tenerse en cuenta al establecer planes y normas de seguridad.

#### **Código práctico**

Este código es una recopilación de los procedimientos de laboratorio más esenciales que constituyen la base de una práctica segura de laboratorio.

Conviene tener muy en cuenta que una buena práctica de laboratorio es condición indispensable para la seguridad y no puede suplirse con material especializado, que no pasa de ser un complemento de aquella.

A continuación se enumeran las reglas más importantes:

- No se permitirá pipetear con la boca.
- En la zona de trabajo del laboratorio no se permitirá al personal comer, beber, fumar, guardar alimentos ni aplicar cosméticos.
- El laboratorio se debe mantener limpio y ordenado, retirando del miso cualquier material que no tenga relación con el trabajo.

- Las superficies de trabajo se descontaminarán al menos una vez al día y en caso de derramamiento de sustancias potencialmente peligrosas.
- Los miembros del personal se lavarán las manos después de haber manipulado material y animales infecciosos, así como al salir del laboratorio.
- Todos los procedimientos físicos se practicarán de manera que se evite en lo posible la formación de aerosoles.
- Todos los líquidos o sólidos contaminados se descontaminarán antes de eliminarlos o de volver a utilizarlos; los materiales contaminados que se vayan a procesar fuera del laboratorio deberán introducirse en recipientes resistentes e impermeables, que se cerrarán antes de sacarlos del laboratorio.
- En el laboratorio se utilizarán batas, uniformes u otras prendas apropiadas; no se llevará ropa de laboratorio fuera de éste; las prendas contaminadas se desinfectarán por procedimientos apropiados.
- Siempre que sea necesario proteger los ojos y la cara de salpicaduras o impactos se utilizarán gafas de seguridad, viseras o pantallas faciales u otros dispositivos de protección.
- Sólo se autorizará el paso a la zona de trabajo a las personas que hayan sido informadas sobre los posibles riesgos y satisfagan cualquier requisito, por ejemplo, inmunización, que se exija para entrar; durante el trabajo se mantendrán cerradas las puertas del laboratorio.
- Deberá haber un programa de lucha contra los insectos y los roedores.
- No se permitirá la entrada al laboratorio de animales que no tengan relación con los trabajos que se estén realizando.
- El empleo de jeringas y de agujas hipodérmicas estará restringido a la inyección parenteral y la aspiración de líquidos de los animales de laboratorio y de los viales con cápsula perforable. Para la manipulación de líquidos infecciosos no se usarán jeringas y agujas hipodérmicas en lugar de pipetas automáticas. Siempre que sea posible, se utilizarán cánulas en vez de agujas.
- Habrá que utilizar guantes en todos los trabajos que entrañen un contacto accidental directo con sangre, material infeccioso o animales infectados. Los guantes se deben quitar asépticamente y esterilizar en autoclave con otros desechos de laboratorio antes de proceder a su eliminación.
- Todos los derramamientos, accidentes y exposiciones actuales o potenciales a material infeccioso se notificarán inmediatamente al responsable del laboratorio. Habrá que llevar un registro escrito de estos episodios y prever una evaluación, una vigilancia y un tratamiento médicos apropiados.
- De todos los miembros del personal de laboratorio y demás personas expuestas se tomarán y conservarán muestras de suero sanguíneo para que sirvan de referencia. Cada cierto tiempo se podrán tomar otras muestras, en función de los agentes biológicos manipulados o de los cambios en la instalación.

- El responsable del laboratorio (del hospital) se ocupará de que el personal reciba una formación apropiada sobre seguridad en el laboratorio. Habrá que adoptar un manual de seguridad o de operaciones en el que se identifiquen los riesgos actuales o potenciales y se indiquen las prácticas o procedimientos adecuados para reducir al mínimo o eliminar tales riesgos. Al personal se le informará sobre la existencia de riesgos especiales y se le pedirá que lea y observe las instrucciones sobre las prácticas y los procedimientos establecidos.

## **Concepción general e instalación del laboratorio**

Al diseñar un laboratorio hay que prestar especial atención a los factores de los que se conoce su capacidad para generar problemas: la formación de aerosoles, el trabajo con grandes concentraciones de microorganismos, los laboratorios abarrotados de personal y de material, la infestación por roedores e insectos o la entrada de personas no autorizadas.

### *Características de construcción de los laboratorios básicos*

- Hay que prever espacio abundante para aplicar con toda seguridad los métodos de laboratorio.
- Los techos, paredes y suelos deben ser fáciles de lavar, impermeables a los líquidos y resistentes a la acción de las sustancias químicas y productos desinfectantes utilizados de ordinario en el laboratorio. Los suelos serán antideslizantes. Las tuberías y conducciones no empotradas deben estar separadas de las paredes, conviene suprimir los tramos horizontales para evitar la acumulación de polvo.
- Hay que prever una iluminación suficiente para toda clase de actividades, evitando los reflejos molestos.
- La superficie de las mesas debe ser impermeable al agua y resistente a la acción de los desinfectantes, ácidos, álcalis, disolventes orgánicos y el calor moderado.
- El mobiliario debe ser robusto, y debe quedar espacio entre mesas, armarios y otros muebles, así como debajo de los mismos, con el fin de facilitar la limpieza.
- Debe reservarse espacio suficiente para guardar los artículos de uso inmediato, evitando así su acumulación desordenada sobre las mesas de trabajo y en los pasillos. También debe preverse espacio para el almacenamiento a largo plazo, preferentemente fuera de las zonas de trabajo.
- En cada laboratorio debe haber lavabos, instalados, a ser posible, cerca de las salidas.
- Las puertas deben estar adecuadamente protegidas contra el fuego y cerrarse automáticamente; además, estarán provistas de mirillas.

- En el mismo edificio del laboratorio debe haber un autoclave para la descontaminación del material de desecho infeccioso.
- Fuera de las zonas de trabajo debe haber locales para guardar la ropa de calle y los objetos personales, así como para comer, beber o fumar.
- Al planificar una instalación, habrá que prever la existencia de un sistema de ventilación que introduzca aire del exterior y expulse el aire viciado sin recirculación.
- Hay que prever espacio e instalaciones para manejar y almacenar en condiciones de seguridad disolventes, materiales radiactivos y gases comprimidos.

### **Material de laboratorio**

Para la selección de un material de laboratorio que sea seguro hay que cerciorarse de que cumple con los siguientes principios generales:

- por su diseño, permite limitar o evitar los contactos entre el operador y el agente infeccioso;
- está construido con materiales impermeables a los líquidos, es resistente a la corrosión y acorde con las normas de resistencia estructural;
- carece de rebabas y bordes cortantes;
- está diseñado, construido e instalado para simplificar su manejo y conservación, así como para facilitar la limpieza, la descontaminación y las pruebas de certificación.

### **LABORATORIO DE CONTENCIÓN**

El laboratorio de contención está pensado e instalado para trabajar con agentes biológicos del grupo de riesgo 3, lo que requiere reforzar los programas básicos de seguridad.

Las normas generales para este tipo de laboratorios se presentan en forma de modificaciones de las enunciadas para el laboratorio básico, por lo tanto, se deberán aplicar primero las normas del laboratorio básico y después las destinadas específicamente a los laboratorios de contención.

### **Código práctico**

- Se debe aplicar la regla del trabajo en parejas, es decir, ningún individuo debe trabajar solo en el interior del laboratorio.
- En las puertas del laboratorio debe figurar la señal de peligro biológico en la que se identifique al agente, se mencione el nombre del responsable del laboratorio y de otras personas responsables y se indique cualquier condición especial impuesta a quienes entren en la zona (inmunización).

- En el laboratorio se debe llevar ropa protectora apropiada. La ropa de laboratorio no debe llevarse fuera de éste y se debe descontaminar antes de enviarla a lavar.
- En los locales donde haya animales infectados se llevará, si procede, equipo de protección respiratoria.

### **Concepción general e instalación del laboratorio**

- El laboratorio debe estar separado de las zonas del edificio por las que se puede circular sin restricciones. Puede conseguirse una separación suplementaria habilitando un laboratorio al fondo de un pasillo o instalando un sistema de doble puerta que delimita un pequeño vestíbulo.
- El acceso al laboratorio deberá estar construido de manera que se impida la entrada de artrópodos del exterior o de otros animales dañinos.
- Las superficies de las paredes, los suelos y los techos deben ser impermeables y fáciles de limpiar. Todas las aberturas existentes en esas superficies deben estar obturadas para facilitar la descontaminación de la zona.
- En las inmediaciones de todas las puertas de salida del laboratorio deberá haber un lavabo accionado con el pie o el codo.
- Las ventanas del laboratorio deben estar cerradas herméticamente.
- Las puertas de acceso deben cerrarse por sí solas y estar provistas de cerraduras.
- Dentro del laboratorio debe haber un autoclave para la descontaminación de los desechos. Si hay que transportar desechos infecciosos a otra zona del centro, se introducirán y transportarán en recipientes impermeables y provistos de tapas.
- Debe haber un sistema de ventilación que produzca una presión negativa dentro del laboratorio, de manera que se establezca una corriente de aire que vaya desde el pasillo o el laboratorio básico, hasta la zona de contención. El personal debe comprobar que la corriente de aire circula dentro del laboratorio en el sentido correcto.
- El aire expulsado puede pasar directamente al exterior o al sistema general de expulsión de aire del edificio, nunca debe ser recirculado, de manera que puede dispersarse lejos de los edificios ocupados y de las tomas de aire.
- Los sistemas de suministro y de expulsión de aire estarán combinados con el fin de asegurar la entrada constante de aire en cualquier momento.
- El aire procedente de las cabinas de seguridad biológica de las clases I y II, previa limpieza con filtros HEPA comprobados y certificados, puede ser vertido al interior del laboratorio o al exterior, ya sea directamente o mediante el sistema general de expulsión de aire del edificio. En este caso se deberá co-

nectar de manera que no perturbe el equilibrio del aire en la cabina y en los sistemas de evacuación del edificio.

- El aire de las cabinas de seguridad biológica clase III debe expulsarse directamente al exterior sin hacerlo recircular en el laboratorio.

## LABORATORIO DE CONTENCIÓN MÁXIMA

El laboratorio de contención máxima está concebido para trabajar con agentes biológicos del grupo de riesgo 4 y experimentos microbiológicos que entrañan o pueden entrañar un riesgo elevado tanto para el personal del laboratorio como para la comunidad.

Las características principales de un laboratorio de contención máxima son las siguientes:

- Acceso reglamentado: La entrada y la salida del personal y de los suministros se hacen a través de vestíbulos aislantes. Al entrar el personal se cambia por completo de ropa y al salir se ducha antes de volver a ponerse la ropa de calle.
- Ventilación controlada: Mantenimiento de presión negativa mediante un sistema mecánico de entrada y expulsión del aire utilizado con filtros HEPA para la salida y, si es preciso, en la entrada del aire.
- Descontaminación de efluentes: Todos los efluentes del laboratorio de contención máxima, incluido el agua de las duchas han de ser descontaminados.
- Esterilización de los desechos y del material: El laboratorio debe disponer de un sistema de esterilización a través de autoclave de doble puerta.
- Contención primaria: Una contención primaria eficaz debe comprender uno o más de los siguientes elementos: cabina de seguridad biológica de clase III, aisladores de plástico flexible que respondan a las mismas normas y sector bien delimitado donde el personal ha de disponer de un sistema de respiración a presión positiva. En este caso, habrá que instalar una ducha especial para la descontaminación del personal que sale de esa parte del laboratorio.
- Programas de formación: A causa de la gran complejidad del trabajo, habrá que editar un manual detallado de operaciones que se ensayarán en el curso de los programas de prácticas.
- Programas de emergencias: Para preparar estos programas habrá que contar con la colaboración activa de las autoridades nacionales y locales de salud y de otras áreas, bomberos, policía, etc.

## **ANEXO 15**

### **INSTALACIONES PARA ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN**

El empleo de animales con fines de experimentación y de diagnóstico impone al usuario la obligación de adoptar todas las medidas necesarias para evitar que los animales sufran dolores o sufrimientos innecesarios. Hay que proporcionarles un alojamiento confortable, en un local independiente separado del laboratorio, higiénico y de dimensiones suficientes, así como agua y comida de buena calidad. Al final del experimento habrá que eliminarlos por un procedimiento humanitario e indoloro.

El diseño y la distribución de los locales varía mucho según las especies de animales a que estén destinados, la índole del programa de trabajo y las condiciones climáticas locales. La peligrosidad de los agentes biológicos estudiados puede obligar a utilizar habitaciones individuales para separar a los animales.

#### **PRECAUCIONES GENERALES**

- Siempre que se entre o se salga de un local destinado a animales habrá que cambiarse de zapatos y ropa exterior.
- Cuando sea necesario se usarán ropas y guantes de protección adecuados.
- Hay que impedir la entrada de insectos y de roedores salvajes y otros mamíferos, que pueden transportar agentes patógenos para el hombre.
- Si se escapan de las jaulas pequeños roedores u otros animales de laboratorio, se los matará una vez capturados y se incinerarán los cuerpos.
- Habrá que notificar cualquier enfermedad o muerte inesperada que se produzca entre los animales. Los animales con una enfermedad imprevista no serán tocados hasta que no se reciban instrucciones del responsable del laboratorio.

- Habrá que lavarse las manos cuidadosamente después de manipular animales muertos o vivos.
- Las pequeñas heridas que se produzcan al manipular animales, por triviales que parezcan, deben ser tratadas de inmediato; conviene estimular la hemorragia y lavar después la herida con abundante agua y jabón; se aplicará luego un apósito protector y se procurará iniciar el tratamiento lo antes posible. Estos requisitos se aplican especialmente a las heridas causadas por animales.
- Todo el personal que trabaje en la sección destinada a los animales estará inmunizado contra el tétanos, así como contra otras enfermedades, siempre que esté indicado y se disponga de vacuna.
- La excreción de agentes biológicos por la saliva, las heces y la orina contaminará la jaula y la cama del animal. El peligro de contaminación por aerosoles aumenta cuando se remueven las camas contaminadas de los animales.
- Las inoculaciones y los exámenes necrópsicos en los que hay exposición a agentes patógenos peligrosos deben practicarse en una cabina de seguridad biológica.
- Las jaulas que se hayan utilizado para trabajar con agentes patógenos se esterilizarán en autoclave antes de limpiarlas.
- Todos los animales de laboratorio pueden ser portadores asintomáticos de microorganismos peligrosos para el hombre.
- Hay que tomar precauciones especiales con los medicamentos administrados a los animales con fines de sedación o de eutanasia. Al menos uno de los ayudantes debe estar al corriente de las medidas de emergencia aplicables en caso de autoinyección accidental del operador.
- Los anestésicos volátiles pueden afectar al personal en los recintos cerrados y también pueden ser explosivos.

## **ANEXO 16**

### **MATERIAL QUE PUEDE ENTRAÑAR RIESGOS**

Determinados equipos utilizados en un centro asistencial son particularmente proclives a producir accidentes. En este anexo se describen los riesgos asociados a cada uno de ellos, así como las medidas preventivas apropiadas.

#### **JERINGA-AGUJA**

##### **Riesgo**

Punción; formación de aerosoles; derramamiento.

##### **Como eliminar o reducir el riesgo**

- Utilizar jeringas con ajuste de bayoneta para evitar que la aguja se separe de la jeringa o utilizar jeringas desechables con aguja incorporada.
- Llenar cuidadosamente la jeringa para evitar la formación de burbujas y espuma en el material que se va a inyectar.
- Evitar, si es posible, el empleo de jeringas para mezclar líquidos infecciosos; en caso de utilizarlas, asegurarse de que sólo la punta de la aguja penetra en el líquido del recipiente.
- Envolver la aguja y el tapón del recipiente con un algodón empapado en un desinfectante apropiado antes de retirar la aguja del tapón de caucho del frasco.
- Expulsar el exceso de líquido y las burbujas de la jeringa, manteniéndola verticalmente en un algodón empapado del desinfectante apropiado.
- El material infeccioso se manipulará, preferentemente, en una cabina de seguridad biológica.
- Sujetar adecuadamente a los animales a los que se va a inocular por vía

parenteral. Las inoculaciones por vía oral o intranasal deben hacerse con agujas romas o cánulas.

- Esterilizar el material en autoclave después de usarlo y asegurar su evacuación correcta.

## CENTRIFUGADORA

### Riesgo

Formación de aerosoles; salpicaduras; rotura de tubos.

### Como eliminar o reducir el riesgo

- Utilizar cubetas de centrifugación cerradas, cestillos de seguridad o sistemas de cierre.
- Encerrar la centrifugadora en una cabina de seguridad biológica especialmente diseñada.

## ULTRACENTRIFUGADORA

### Riesgo

Formación de aerosoles; salpicaduras; rotura de tubos.

### Como eliminar o reducir el riesgo

- Instalar un filtro HEPA entre la centrifugadora y la bomba de vacío.
- Llevar un registro de las horas de funcionamiento de cada rotor y establecer un programa de mantenimiento preventivo.
- Utilizar una cabina de seguridad biológica para cargar y descargar los cestillos o cubetas de la centrifugadora.

## HOMOGENIZADORES, TRITURADORAS, “SONICATORS”

### Riesgo

Formación de aerosoles; escapes.

### Como eliminar o reducir el riesgo

- Utilizar y abrir el material en cabinas de seguridad biológica.
- Utilizar equipos especialmente concebidos para evitar los escapes causados por la fricción del rotor con la parte inferior de la cazoleta: junta en forma de “O” en la tapa; cazoleta y tapa de acero inoxidable.
- Antes de abrir la cazoleta del mezclador, esperar como mínimo 10 minutos para que se deposite la nube de aerosol.

**DISPOSITIVOS PARA AGITAR, REVOLVER Y SACUDIR LOS CULTIVOS****Riesgo**

Formación de aerosoles; salpicaduras; derrames.

**Como eliminar o reducir el riesgo**

- Trabajar con material de contención.
- Utilizar frascos de cultivo resistentes con tapón de rosca, orificios de salida con filtros, si son necesarios, y un buen sistema de sujeción.

**LIOFILIZADOR****Riesgo**

Formación de aerosoles; contaminación por contacto directo.

**Como eliminar o reducir el riesgo**

- El aparato debe ser totalmente hermético gracias al empleo de juntas en forma de “O”.
- Utilizar filtros de aire para proteger el circuito de vacío y las bombas de aceite.
- Utilizar un método adecuado de descontaminación, por ejemplo el vapor a baja presión.
- Prever un colector de humedad enteramente metálico y un condensador de vapor.
- Inspeccionar cuidadosamente todos los recipientes de vacío de vidrio para ver si están rayados. No reemplazar nunca este material por cristalería que no está pensada para soportar el vacío.

**BAÑOS MARÍA Y DE WARBURG****Riesgo**

Proliferación de microorganismos; sustancias explosivas que se forman al entrar en contacto la acida de sodio con metales pesado (plomo, cobre, etc.)

**Como eliminar o reducir el riesgo**

- Añadir al baño María un desinfectante adecuado y cambiarlo periódicamente.
- Utilizar propilenglicol al 70% en los baños de agua fría.
- No emplear la acida de sodio en el baño María.



## **ANEXO 17**

### **MATERIAL DE BIOSEGURIDAD**

Para el control de ciertos riesgos típicos de los centros hospitalarios y otros centros de trabajo similares, está disponible en el mercado el llamado *material de bioseguridad*. En el presente anexo se describen los equipos de bioseguridad más habituales, con indicación de los riesgos que evitan y sus características más relevantes.

#### **PIPETAS MECÁNICAS DE SEGURIDAD**

##### **Riesgo evitado**

Ingestión de agentes patógenos; inhalación de aerosoles producidos por la succión bucal, expulsión del líquidos por soplado; goteo de la pipeta; contaminación del extremo bucal de la pipeta.

##### **Características de seguridad**

- Facilidad de empleo.
- Al evitar la contaminación del extremo bucal de la pipeta se protege a la vez el dispositivo de pipeteo, al operador y el circuito de vacío.
- Posibilidad de esterilización.
- Se evita el goteo del extremo inferior de la pipeta.

#### **PROTECCIÓN RESPIRATORIA: RESPIRADOR DE CAPUCHA CON PRESIÓN POSITIVA**

##### **Riesgo evitado**

Inhalación de aerosoles.

**Características de seguridad**

- Poco peso, con protección máxima de la cabeza.

**PROTECCIÓN RESPIRATORIA: CARETA COMPLETA****Riesgo evitado**

Inhalación de aerosoles.

**Características de seguridad**

- Buena adaptación periférica de la careta al rostro.
- Protección de los ojos.
- Eficacia del filtro: 99% o más contra partículas de 1 a 5 µm.

**PROTECCIÓN RESPIRATORIA: CARETA PARCIAL  
(SIN PROTECCIÓN OCULAR)****Riesgo evitado**

Inhalación de aerosoles.

**Características de seguridad**

- Eficacia del filtro: 99% o superior.

**PROTECCIÓN DE LA CARA Y DE LOS OJOS: ANTEOJOS O GAFAS DE SEGURIDAD****Riesgo evitado**

Proyecciones y salpicaduras.

**Características de seguridad**

- Cristales a prueba de choques, con corrección óptica o con espacio suficiente para las gafas del usuario.
- Protecciones laterales.

**PROTECCIÓN DE LA CARA Y DE LOS OJOS: VISERA DE PROTECCIÓN FACIAL****Riesgo evitado**

Proyecciones y salpicaduras.

**Características de seguridad**

- Protección total del rostro.
- Puede quitarse fácilmente en caso de accidente.

**INCINERADORES DE ASAS BACTERIOLÓGICAS****Riesgo evitado**

Material desprendido del asa.

**Características de seguridad**

- Protección mediante un tubo de vidrio o cerámica abierto por un extremo y calentado por gas o electricidad.

**ASAS DE PLÁSTICO****Riesgo evitado**

Material desprendido del asa.

**Características de seguridad**

- Posibilidad de desechar el asa después de usarla.

**RECIPIENTES HERMÉTICOS PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL INFECTIOSO****Riesgo evitado**

Formación de aerosoles; salpicaduras; escapes.

**Características de seguridad**

- Construcción de recipientes de cierre hermético.
- Posibilidad de esterilización en autoclave.

**TUBOS Y BOTELLAS CON TAPÓN DE ROSCA****Riesgo evitado**

Formación de aerosoles; salpicaduras.

**Características de seguridad**

- Contención eficaz.



## **ANEXO 18**

### **EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)**

Se considera equipo de protección individual (EPI) cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos, que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. En la tabla 1 se muestra la clasificación de los EPI en función de la parte del cuerpo que protegen.

Los EPI deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo. Este tipo de situaciones pueden darse, principalmente, cuando:

- Los medios de protección colectiva son insuficientes.
- Provisionalmente, mientras se efectuan las medidas correctoras colectivas.
- En tareas muy esporádicas y de corta duración, en las que no sean viables económicamente las medidas colectivas y en las cuales el uso de EPI garantice un control de las consecuencias que pudieran derivarse de la materialización de la situación de riesgo.
- En tareas de rescate, emergencia o autosalvamento.

En tales casos :

- El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores EPI adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.
- Los trabajadores están obligados a utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.

## SITUACIONES DE RIESGO EN HOSPITALES QUE PUEDEN REQUERIR EL USO DE EPI

Si bien en el hospital existen colectivos que en el desarrollo de su trabajo pueden verse expuestos a distintos tipos de riesgo: mecánico, eléctrico, térmico, etc., en este anexo se van a considerar tan sólo dos tipos de riesgo propios en centros hospitalarios los químicos y los biológicos.

### Riesgos químicos

Se consideran dos vías principales de entrada de los contaminantes químicos en el organismo la respiratoria y la dérmica.

- Vía respiratoria: La entrada de contaminantes químicos por esta vía se produce en las operaciones con desprendimiento de gases, vapores o formación de aerosoles, polvo y humos, en las que no hay elementos de protección colectiva o en las que no se usan EPI de las vías respiratorias.
- Vía dérmica: Los efectos producidos son de dos tipos: la incorporación a la sangre por absorción a través de la piel y la destrucción de los tejidos (corrosivos), la inflamación (irritantes) y/o fenómenos de sensibilización (sensibilizantes).

### Riesgos biológicos

Se consideran tres vías principales de entrada de los contaminantes biológicos en el organismo: respiratoria, dérmica y parenteral.

- Vía respiratoria: La entrada por vía respiratoria tiene lugar mediante la inhalación de aerosoles que contengan microorganismos. Dichos aerosoles se pueden inhalar por contacto con pacientes contaminados o en operaciones de laboratorio (pipeteado, centrifugado, cultivos, etc.).
- Vía dérmica y parenteral: La entrada de agentes biológicos peligrosos en el organismo por estas vías supone la penetración del agente biológico a través de heridas o lesiones de la piel y las mucosas o por inoculación en las capas profundas de la misma.

## VÍA RESPIRATORIA

Son EPI destinados a impedir que el contaminante penetre en el organismo con el aire que se respira. Técnicamente se pueden clasificar en equipos dependientes e independientes del medio ambiente. Los primeros utilizan el aire ambiente y lo purifican, es decir, retienen o transforman los contaminantes para que el aire respirable sea inocuo.

Un equipo de estas características tiene dos partes claramente diferenciadas: adaptador facial y filtro.

Parte del cuerpo a proteger		Tipo de EPI
<i>Vías respiratorias</i>		Equipos semiautónomos Equipos autónomos Adaptadores faciales y filtros
<i>Vía dérmica</i>	Cabeza, cara y ojos	Gafas Pantallas Capuces
	Manos y brazos	Guantes Manguitos
	Tronco y abdomen	Mandiles
	Pies y piernas	Calzado Polainas
	Piel	Crema protectoras
	Protección total del cuerpo	Ropa de protección
<i>Vía parenteral</i>	Manos y brazos	Guantes Manguitos

Tabla 1.- Clasificación de los EPI

### Adaptador facial

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

Existen tres tipos de adaptadores faciales:

- La máscara que cubre la boca, la nariz y los ojos. Debe utilizarse cuando el contaminante tiene poder irritante, para evitar su efecto sobre la mucosa ocular o en cualquier caso cuando pueda penetrar a través de ella.
- La mascarilla que cubre la nariz y la boca solamente.
- La boquilla que 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 situaciones excepcionales.

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

- Máxima hermeticidad.
- Materiales de fabricación adecuados.
- Visibilidad máxima en máscaras.
- Máximo confort de utilización.

## Filtro

Los filtros tienen la misión de purificar el aire que pasa a su través eliminando o minimizando su contaminación. Se pueden clasificar en tres clases:

- Los filtros mecánicos retienen, por medios físicos, el contaminante. Se emplean para polvo, humos o aerosoles. No deben utilizarse, cuando existe riesgo químico, para contaminantes cuyo TLV-TWA sea inferior a 0,5 mg/m<sup>3</sup>. Para contaminantes biológicos se emplearán filtros de alta eficacia para la retención de partículas sólidas y aerosoles líquidos (tipo HEPA).
- Los filtros químicos tienen en su interior alguna sustancia química cuya misión es retener el contaminante, absorbiéndolo, o reaccionando con él. Los filtros químicos son específicos para una sustancia o grupo de sustancias de parecidas características químicas. Sólo deben utilizarse filtros frente a gases y vapores cuando el contaminante pueda ser detectado por su olor o cuando el filtro vaya dotado de un elemento que indique el final de su vida útil, ya sea por cambio colorimétrico, por desprendimiento de olor o por cualquier otro tipo de señal.
- Los filtros mixtos realizan consecutivamente la acción de los filtros mecánicos y de los químicos.

Los filtros se clasifican en categorías según dos propiedades fundamentales: la resistencia al paso del aire que se mide a través de la pérdida de carga y la permeabilidad al contaminante. Esta segunda propiedad se denomina también penetración, y es la concentración del contaminante que atraviesa el filtro. Naturalmente la clasificación de los filtros otorga la mejor categoría o clase a aquellos cuya pérdida de carga y penetración es menor.

Un tipo especial de protector respiratorio dependiente del medio ambiente es la mascarilla autofiltrante. Esta reúne, en un solo cuerpo inseparable, el adaptador facial y el filtro. No deben utilizarse, en situaciones de riesgo químico, para contaminantes cuyo TLV-TWA sea inferior a 1 mg/m<sup>3</sup>.

La ventaja de estos protectores es su bajo peso y poca pérdida de carga, lo que las hace más cómodas que las mascarillas convencionales.

El fabricante informará en el folleto informativo de la fecha o plazo de caducidad de los filtros cuando la tuvieran definida. No obstante, existen algunas normas generales para determinar la vida útil de los mismos:

- una vez abiertos sus precintos, no deben utilizarse durante más de una semana, guardándose entre jornadas o después de su uso en bolsas de plástico herméticas, para evitar su autocontaminación.
- las mascarillas autofiltrantes y los filtros de papel sólo deben utilizarse una vez.
- los filtros frente a partículas deberán cambiarse cuando el usuario note una excesiva resistencia a la respiración.

- los filtros frente a gases y vapores deberán cambiarse cuando el usuario detecte el contaminante con el equipo perfectamente ajustado.

Otra modalidad de EPI es el casco con aporte de aire filtrado a presión positiva. Este sistema, cuya principal ventaja reside en que 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 de pequeño tamaño, que el usuario transporta en su cintura, o en el propio casco.

Los equipos de protección individual dependientes del medio ambiente no deberán utilizarse en atmósferas con niveles de concentración inmediatamente peligrosas para la vida o la salud del trabajador (IPVS), ni tampoco cuando la concentración de oxígeno en el ambiente sea inferior a 17 % vol.

Si se dan estas condiciones, debe utilizarse un equipo independiente del medio ambiente:

### **Equipos semiautónomos**

Los equipos semiautónomos utilizan el aire de otro ambiente diferente del de trabajo, no contaminado y transportado a través de una canalización (manguera) o proveniente de recipientes a presión no portátiles. Disponen de un adaptador facial, generalmente de tipo máscara. El aire puede ser aspirado a voluntad a través de una manguera (manguera de aspiración) o suministrado a presión mediante un compresor o desde botellas de aire comprimido. Estos equipos se utilizan en trabajos en ambientes con concentraciones muy altas de contaminantes, o pobres en oxígeno, donde no es necesaria una gran autonomía de movimientos.

### **Equipos autónomos**

Los equipos autónomos son aquellos en los que el sistema suministrador de aire es transportado por el usuario, por lo que tiene gran libertad de movimientos. Constan del adaptador facial correspondiente y recipientes portátiles con aire a presión.

Todos los EPI de protección respiratoria tienen como característica común, el producir incomodidad en el usuario e incrementar la fatiga en el trabajo. Es por ello que su utilización debe limitarse en el tiempo.

## **VÍA DÉRMICA**

La protección de la entrada de contaminantes en el organismo por vía dérmica requiere del empleo de una vestimenta adecuada, con materiales poco absorbentes y resistentes al ataque de los compuestos de que se trata de preservar al operario.

## Cabeza, cara y ojos

La protección craneal, facial y ocular está destinada a impedir que el agresivo químico o biológico pueda dañar al trabajador en aquellas operaciones en que se almacenen, manipulen o trasvasen, productos cáusticos, corrosivos, tóxicos, etc. o se esté en contacto con agentes biológicos peligrosos.

### *Gafas de protección*

Las gafas de protección, para ser eficaces, requieren combinar junto con unos oculares de resistencia adecuada, un diseño de montura o unos elementos adicionales adaptables a ella, a fin de proteger el ojo en cualquier dirección. Según el diseño de la montura se pueden distinguir los siguientes tipos de gafas:

- Gafas de tipo universal, las cuales pueden, aunque no necesariamente, ir provistas de protección adicional en caso de que las proyecciones puedan incidir en el ojo no sólo frontalmente, sino también por la zona inferior, lateral o superior.
- Gafas de tipo integral o máscara, en las que la misma montura forma la protección adicional.
- Gafas de cazoletas, constituidas por dos piezas que, integrando el aro portaocular y la protección lateral, encierran cada ojo aisladamente.
- Gafas adaptables al rostro, con monturas fabricadas en materiales blandos y flexibles.

### *Pantallas faciales y capuces*

Para aquellas situaciones de riesgo en las que la protección ocular deba hacerse extensible a la cara y la cabeza.

## Manos y brazos

Las manos y los brazos son las partes del cuerpo que suelen entrar en contacto con las sustancias químicas, con mayor frecuencia. También es usual, sobre todo en operaciones de laboratorio, el contacto manual con objetos potencialmente contaminados o la exposición a salpicaduras de fluidos biológicos.

Frente a la posibilidad de contacto dérmico la utilización de los EPI 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 el riesgo, origina una mayor tendencia a su utilización sin límite de tiempo.

### *Guantes y manguitos*

Los guantes de protección frente a agresivos químicos se fabrican en di-

ferentes 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. En la tabla 2 se muestra la mayor o menor resistencia de los materiales que suelen componer los guantes frente a algunos productos químicos.

Los guantes de protección frente a contaminantes biológicos deben garantizar impermeabilidad, flexibilidad máxima y gran sensibilidad a fin de posibilitar su uso en todo tipo de trabajo. Cuando se precise serán estériles.

La certificación de un guante de protección exige unos mínimos de resistencia a la tracción y a la perforación que garantice la integridad del guante en situaciones normales de trabajo.

Otras características a tener en cuenta en la elección de los guantes 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 uso de 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 con la precaución de aumentar la frecuencia del cambio de los mismos.

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

## Pies y piernas

La protección de las extremidades inferiores requiere la utilización de calzado adecuado acorde a la peligrosidad del producto, preferiblemente del tipo botas y, en su caso, complementado con el uso de polainas u otros accesorios que garanticen la total cobertura de las piernas.

## Tronco, abdomen y protección completa del cuerpo

En función del riesgo, se pueden usar prendas que garanticen una protección parcial del cuerpo: chaquetas, batas, mandiles, pantalones con o sin peto, o, en su caso, prendas que proporcionen una protección completa: trajes completos y estancos.

En uno y otro caso, las costuras deben estar adecuadamente protegidas o selladas, así como las cremalleras u otros elementos de cierre.

En la utilización y mantenimiento de EPI frente a agresivos químicos y

biológicos en general, y más concretamente en referencia a la ropa de protección, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- Si se produce una exposición a altas concentraciones de alguna sustancia tóxica o contaminada, es necesario limpiar externamente la prenda antes de quitársela.
- Estas prendas deben guardarse desplegadas en lugares secos y bien ventilados.
- Se debe conocer perfectamente el tipo de uso, sus limitaciones, los sistemas de descontaminación y limpieza, etc.
- Se debe llevar un control que incluya el número de usos, inspecciones, reparaciones, etc.

Tabla 2.- Guía para la selección de guantes según su resistencia química

Sustancia	Composición de los guantes					
	Caucho natural o latex	Neopreno	Buna-N (Nitrilo)	Butilo	PVC	PVA
<i>Ácidos inorgánicos</i>						
Ácido crómico	M	R	R	B	B	M
Ác. clorhídrico 38%	B	E	B	B	E	M
Ác. fluorhídrico 48%	B	E	B	B	B	M
Ác. fosfórico	B	E	B	B	B	M
Ác. nítrico 70%	M	B	I	B	R	M
Ác. nítrico fumante (humos rojos)	NC	I	I	NC	I	M
Ác. nítrico fumante (humos amarillos)	NC	I	I	NC	I	M
Ác. sulfúrico 95%	E	E	R	B	R	M
<i>Ácidos orgánicos</i>						
Ác. acético	E	E	B	B	B	M
Ác. fórmico	E	E	R	B	E	I
<i>Alcoholes</i>						
Alcohol butílico	E	E	B	B	B	R
Alcohol etílico	E	E	B	B	B	R
Alcohol metílico	E	E	B	B	B	R
<i>Aldehídos</i>						
Acetaldehído	B	E	B	B	B	R
Benzaldehído	R	R	R	B	R	B
Formaldehído	E	E	B	B	B	I
<i>Causticos</i>						
Hidróxido de amonio	E	E	B	B	E	M
Hidróxido de potasio 50%	E	E	B	B	B	M
Hidróxido de sodio 50%	E	E	B	B	B	M
<i>Aminas</i>						
Anilina	R	R	B	B	B	R
Dietilamina	R	B	E	NC	R	R
Hidracina	B	R	B	NC	B	M

## Continuación

	M	I	B	NC	I	E
<i>Disolventes aromáticos</i>						
Benzol	M	I	B	NC	I	E
Destilados del alquitrán de hulla	M	R	B	NC	R	E
Estireno	M	R	B	NC	I	E
Tolueno	M	M	E	M	B	E
Xileno	M	I	B	R	M	E
<i>Disolventes acetonas</i>						
Acetona	E	B	I	B	I	R
Metil etil cetona	E	B	R	B	M	E
Metil isobutil cetona	E	B	R	B	R	B
<i>Disolventes clorados</i>						
Cloroformo	M	B	B	R	M	E
Cloruro de metileno	R	B	B	NC	M	E
Percloroetileno	M	M	B	M	M	E
Tetracloruro de carbono	M	R	B	M	R	E
Tricloroetileno TCE	M	B	B	NC	M	E
<i>Disolventes derivados del petróleo</i>						
Hexano	M	R	E	NC	R	E
Queroseno	M	B	E	M	R	E
Pentano	R	B	E	M	M	E
<i>Disolventes varios</i>						
Acetato de etilo	I	B	B	B	M	I
Acetato de propilo	B	B	B	B	I	B
Acrilonitrilo	B	B	R	B	I	E
Bromuro de metilo	R	B	B	NC	M	E
Disolventes de pintura	R	B	B	NC	R	E
Freon 11, 12, 21, 22	M	B	I	NC	R	E
<i>Otros productos</i>						
Aceite de corte	I	E	B	M	B	R
Baños electrolíticos	E	E	B	I	E	M
Barniz para madera ( <i>tung oil</i> )	M	B	B	NC	R	E
Decapantes para pintura y barnices	R	B	B	NC	M	B
Diisocianato de tolueno	B	R	B	NC	M	B
Disulfuro de carbono	M	R	B	M	R	E
Etilenglicol	E	E	B	B	B	B
Glicerina	E	B	B	B	E	R
Grasas animales	E	B	B	NC	B	E
Peróxido de hidrógeno 50%	B	B	B	B	R	I
Resinas epoxi	E	E	B	B	E	E
Tintas de imprimir	B	E	E	NC	I	E
Trinitrotolueno	B	B	B	B	E	E
	M	B	E	M	B	E

E: Excelente - B: Bueno - R: Regular - I: Inferior - M: Malo - NC: No comprobado

