

Acción preventiva y generación de activos intangibles. Criterios de valoración

*L'action préventive et la génération de valeurs intangibles. Critères d'évaluation.
Prevention and intangible assets generation. Assessment criteria*

Redactores:

Imanol Núñez Aldaz
Ldo en Ciencias Empresariales

Luis Pujol Senovilla
Ldo en Ciencias Físicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Dada la importancia de los valores intangibles de las empresas, se hace necesario establecer indicadores para su evaluación, así como instrumentos de medición. En la anterior NTP 640 se definieron algunos de los indicadores de la acción preventiva. En la presente, se ofrece un modelo abierto de evaluación que permite analizar la contribución de los diferentes elementos del sistema preventivo en la generación del activo intangible de la organización.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de incentivar las actividades de prevención en las empresas ha hecho que, en los últimos años, diversos investigadores se hayan esforzado por demostrar su rentabilidad. Para calcular la rentabilidad de una inversión, es necesario conocer el volumen de la misma, así como el importe y el vencimiento de los flujos de caja que ha generado. Es conocido que la información económica y financiera más accesible se encuentra en los estados contables. Por ello, en primer lugar, se debería considerar la posibilidad de calcular la rentabilidad de la prevención a través de la información contenida en los mismos. Sin embargo, este cálculo es prácticamente imposible por dos razones. La primera dificultad reside en las diferencias en la contabilidad de los costes e ingresos de la prevención. Mientras los costes de la actividad preventiva son cuantificables e identificables, los ahorros de la prevención o costes de la no-prevención son difíciles de identificar con claridad. Por esta circunstancia, en la cuenta de resultados de la contabilidad financiera se registran explícitamente los costes de la prevención, pero los ingresos se contabilizan de forma implícita. En segundo lugar, a diferencia de otros costes que generan ingresos "inciertos", como los gastos de I+D, los costes de la prevención se contabilizan de forma dispersa en partidas contables clasificadas en función de su naturaleza. Los analistas utilizan el término de costes "ocultos" para referirse a esta particularidad contable. En definitiva, se puede concluir que la información disponible en los estados contables es insuficiente para calcular la rentabilidad de la inversión en prevención, circunstancia que, sin lugar a dudas afecta negativamente al incentivo que puede representar para las empresas la inversión en mejoras de la seguridad y salud en el trabajo.

Los investigadores han tratado de solucionar el problema de las deficiencias en la información identificando todos los ingresos asociados a la acción preventiva que los estados contables ignoran. El objetivo es que el empresario sepa que la inversión en prevención genera rendimientos que, a pesar de no poder visualizarse en su cuenta de resultados, afectan a sus flujos de caja. En esta línea, la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo ha publicado un informe, (5), en el que se clasifican todos los costes: materiales, inmateriales o sociales, asociados

a los accidentes de trabajo. En todo caso, es preciso destacar que la aportación de la prevención de riesgos laborales al estado económico de la empresa no se limita a la generación de una serie de gastos y ahorros que se liquidan a final del ejercicio, sino que hay una importante generación de valores intangibles derivados de una política acertada en este campo.

En esta Nota Técnica de Prevención (NTP) se pretende resaltar la verdadera naturaleza de la inversión en prevención de riesgos laborales, y en especial su capacidad para aumentar el patrimonio de la empresa, más concretamente a través del aumento de su Activo Intangible (AI, en adelante). El reconocimiento de la aportación de la actividad preventiva al patrimonio intangible de la empresa es relevante por dos razones. En primer lugar, porque, de esta forma, se reconoce que la actividad de prevención no es un "saco sin fondo" de costes a cuenta de hipotéticos ahorros, sino que constituye un mecanismo para que la empresa consiga ganancias de capital, de tipo intelectual, que hagan que el valor de la misma sea mayor. Es evidente que la aceptación de esta perspectiva por parte de la dirección de la empresa y los posibles éxitos que se identifiquen habrían de impulsar nuevos incentivos para seguir invirtiendo en prevención. En segundo lugar, es importante que la actividad de prevención, como inversión intangible, se cuantifique, aplicando la metodología económica y contable desarrollada para la gestión y medición de otros activos no tangibles como, por ejemplo, el I+D, la formación o la publicidad. Por ello, el desarrollo de una metodología de valoración inspirada en los modelos aplicados a los intangibles, debería contribuir a mejorar la gestión de las actividades de prevención.

El objetivo de esta NTP es, por un lado, exponer el razonamiento que sostiene que la inversión de prevención es una contribución al AI de la empresa. Para ello, se analiza la adecuación de la inversión en prevención a la definición propuesta por el organismo internacional de estandarización de las normas de valoración patrimonial. De esta forma, se pretende dotar a los responsables de la prevención en las empresas de sólidos argumentos con los que defender la inversión en la materia. Por otro lado, se propone un modelo básico de valoración del AI preventivo para identificar el tipo de capital que la empresa está creando a través de su acción preventiva y,

mediante indicadores, poder analizar su evolución y su contribución al éxito empresarial en la línea de lo expuesto en (9).

2. LA INVERSIÓN EN PREVENCIÓN COMO ACTIVO INTANGIBLE

La definición más extendida de AI es la redactada por el International Accounting Standard Board (IASB). En la misma se establece que una inversión puede considerarse AI si cumple con las siguientes condiciones: a) sea de naturaleza no monetaria, b) sea identificable, c) sea controlable por la empresa, y d) sea fuente probable de beneficios futuros para la empresa. En el caso de que la inversión en prevención cumpla los cuatro requisitos, se podrá defender que, del mismo modo que otros intangibles como la imagen de marca o las patentes, la prevención de riesgos laborales forma parte del patrimonio de la empresa.

En lo referente a la primera condición, el artículo 4 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) define *prevención* como “el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de la actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo”. Es, como se puede apreciar, una definición amplia que permite a la empresa responder a sus necesidades preventivas con una gama de acciones prácticamente ilimitada. En ausencia de una referencia legal que delimite la naturaleza de las acciones de prevención, varios trabajos como el de Hale y Hovden (8) distinguen tres tipos de actividades de prevención: (i) técnicas o tecnológicas, (ii) ergonómicas y psicosociales y (iii) organizativas o de gestión. Dentro de estas actividades, coexisten acciones tangibles, especialmente dentro de las actividades de tipo (i) y (ii, ergonómicas), con acciones intangibles, que se concentran en las acciones de tipo (ii, psicosociales) y (iii). En definitiva, en lo relativo a la primera condición, se puede afirmar inequívocamente que dentro de las actividades de prevención existen inversiones en valores no físicos y no cuantificables en términos monetarios.

La segunda condición exige que la inversión sea identificable. En este sentido, el artículo 15 de la LPRL establece con claridad los principios que deben regir la acción preventiva, evitando, de esta forma, la posible indefinición de la misma. Del mismo modo, el artículo 16 de la misma Ley obliga al empresario a planificar la prevención de forma que debe habilitar “estructura organizativa, responsabilidades, funciones, prácticas, procedimientos, procesos y recursos necesarios”. La identificación de la actividad es, por lo tanto, un objetivo legal de primer orden.

El control de la actividad por parte de la empresa es la tercera condición. En esta cuestión, la LPRL es inequívoca, en su artículo 14, al obligar al empresario a “la protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales”. En el mismo artículo, el deber genérico de protección se materializa en la obligación de actuación por parte del empresario que deberá “adoptar cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores”. Es decir, como es bien conocido, la Ley responsabiliza al empresario de la prevención, por lo que deberá planificar, ejecutar y controlar la misma.

Por último, la cuarta condición exige que el AI sea fuente probable de rendimientos para la empresa. En ausencia

de disposiciones legales sobre las que fundamentar el argumento, debe atenderse a las conclusiones de los trabajos dedicados al análisis coste beneficio de la actividad de prevención¹. Así, el informe de la Agencia Europea (5), concluye que la inversión en prevención genera rendimientos económicos que no se circunscriben al ámbito de la empresa, sino que se extienden al conjunto de la sociedad, aunque el mismo informe resalta la dificultad de cuantificar la totalidad de estos rendimientos. En general, la relación entre la prevención de riesgos y el volumen del coste de los accidentes es fácil de reconocer; tan solo se debe aceptar que la prevención evita accidentes y que los accidentes son un coste para la empresa. En todo caso, la relación entre el beneficio de la empresa y la prevención no se circunscribe al ahorro en el coste de los accidentes. La regulación actual, en su capítulo VII, establece el régimen sancionador pertinente para las empresas que incumplen con las disposiciones legales. Así, las empresas que incumplen la Ley o, lo que es lo mismo, no ejecutan las acciones de prevención obligatorias, sufren el riesgo de ser sancionadas con multas que reducen sus beneficios. Prevenir, por lo tanto, reduce el coste esperado de las sanciones. Además, existen otro tipo de ingresos asociados a la prevención cuya identificación es más compleja, aunque muchos investigadores entienden que su relevancia supera al resto de rendimientos más visibles. Entre otras, cabe destacar las pérdidas de productividad, de calidad o de imagen de marca asociadas a las deficiencias preventivas. En definitiva, es innegable que las acciones de prevención eficaces pueden generar rendimientos para la empresa.

Resulta por lo tanto que la adecuación de las actuaciones de prevención a la definición de AI es total. La LPRL y los estudios de análisis económico han caracterizado la acción preventiva de tal forma que la inversión que la financia cumple las cuatro condiciones exigidas por la IASB. Por esta razón, se puede equiparar la contribución de la prevención al patrimonio de la empresa, de la misma manera que la aportación de otras actividades tradicionalmente consideradas como la investigación, la publicidad o la gestión de la calidad.

3. MODELO PARA LA VALORACIÓN DEL ACTIVO INTANGIBLE PREVENTIVO

Bases conceptuales

Todas las empresas disponen de ciertos recursos preventivos tangibles e intangibles que, en ausencia de un conocimiento o capacidad que los ordene permanecen en el patrimonio de la empresa sin adoptar una forma o estructura reconocible. En cierta forma, forman un inventario de recursos cuyo único punto en común es su función: prevenir accidentes, enfermedades profesionales y otros daños derivados del trabajo. Sin embargo, las empresas, a través de la combinación e intercambio de conocimientos y capacidades, transforman tales recursos en actividades de prevención y en resultados. Como es conocido, las actividades de prevención son acciones desarrolladas por las organizaciones con el fin de eliminar (reducir) los riesgos derivados del trabajo. La naturaleza de estas acciones es diversa por lo que su aportación a la cultura preventiva (conocimientos, capacidades, hábitos, actitudes...) de la empresa es también diferente y constituye el fundamento del AI de prevención, por lo que para su valoración es imprescindible asociar las actividades de prevención con los tipos de intangibles que contribuyen a crear.

¹ En las publicaciones del INSHT se incluyen varios números como las NTP 273, 540, 593, 594 y 640 que profundizan en el tema.

La clasificación más extendida es la referida a las tres componentes esenciales del capital intelectual (CI):

- (i) *El capital humano (CH)*. Se define como el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes de los trabajadores que la empresa utiliza mientras están contratados. Actividades de prevención como la formación general y específica o la vigilancia de la salud, por ejemplo, incrementan el intangible preventivo de la empresa aumentando el capital humano.
- (ii) *El capital estructural (CE)*. Se define como el conjunto de conocimientos, procedimientos y prácticas interiorizados por la organización que pertenecen a la empresa y que permanecen en ella después de que los trabajadores que los han generado la abandonan. Así, la evaluación de riesgos, la señalización o los procedimientos de evaluación son, entre otras, actividades relacionadas con el capital estructural.
- (iii) *El capital relacional (CR)*. Se define como el conjunto de conocimientos y capacidades basadas en las relaciones externas e internas de la empresa con todos los agentes con los que interactúa. Las actividades de cooperación con clientes o proveedores, especialmente de mano de obra, o con la Administración son fuente de capital relacional. En el ámbito interno, los incentivos a la participación o la planificación conjunta son acciones que crean intangible por esta vía.

$$CI = CH + CE + CR$$

En el modelo de valoración que a continuación se describe, se propone un esquema sobre el que relacionar las diferentes actividades de prevención con los tipos de intangibles. Es evidente que el analista que aplique la propuesta debe adaptar el esquema a la realidad de cada empresa en particular.

Modelo de valoración

La creciente importancia de los valores intangibles en las empresas ha hecho que, en los últimos años se haya potenciado la elaboración de modelos con los que cuantificar su valor. Algunos de estos modelos, persiguen el ambicioso objetivo de asociar un valor monetario al patrimonio intangible mientras que otros no pretenden más que buscar un modo de visualizar el activo. Es evidente que, en el caso de tener éxito, los modelos de cuantificación pueden resultar de más utilidad a la hora de mejorar la gestión. Sin embargo, gran parte de la literatura reconoce que la cuantificación monetaria del patrimonio intangible es, a día de hoy, un objetivo prácticamente inalcanzable por no existir normas de valoración precisas y universales. Por esta razón, el modelo que se presenta en esta publicación pretende, simplemente, facilitar la visualización del activo intangible de prevención y sobre todo, su evolución en el tiempo para identificar su contribución al éxito empresarial

En esta línea, el trabajo de Boedker et al. (4) establece tres elementos a visualizar y valorar en relación al activo intangible de la empresa. En primer lugar debe valorarse la *inversión* de recursos que la empresa realiza en las actividades que son fuente de conocimientos y capacidades. Así, deberá, por ejemplo, determinar si la empresa destina más o menos recursos a la formación frente a la evaluación de riesgos o viceversa. El modelo asume que las empresas que destinan más recursos a las actividades de prevención deberían conseguir mayores incrementos en su patrimonio intangible. En cierta forma, se reconoce que la adquisición de conocimientos y capacidades preventivas exige un esfuerzo inversor por

parte de la empresa, por ejemplo, en medios técnicos avanzados para la evaluación de riesgos o en la gestión electrónica de la información.

En segundo lugar, el análisis debe extenderse a valorar la *eficacia* en la ejecución de las actividades. Es evidente que el intangible de una empresa que aplica de forma más eficaz una misma inversión de recursos de prevención, aumentará más rápidamente que el de otra menos eficaz. Por ejemplo, la creación de activo intangible asociado a las capacidades preventivas de los trabajadores a través de la formación depende tanto de los recursos que se invierten como de la eficacia de la actividad misma. En este sentido, es fácil observar que un mismo curso, desde la perspectiva del coste, puede resultar de diferente utilidad, en términos de patrimonio intangible, en función por ejemplo del nivel de formación y cualificación de los trabajadores destinatarios.

Por último, atendiendo a Broedker et al (4) la creación de AI depende de la capacidad de *comunicación* interna y externa de los resultados de la actividad. Se entiende que aquellas empresas que extienden los conocimientos adquiridos en la ejecución de las actividades a un mayor número de agentes consiguen, a través de la comunicación, incrementar su patrimonio intangible. Sin embargo, la particular naturaleza de la actividad de prevención depende de forma indispensable de la actitud de los agentes implicados. Esta actitud es, a su vez, consecuencia de la *percepción* y *motivación* de las personas de la organización respecto de las actividades de prevención. En definitiva, el capital intangible creado depende, en cierta forma, de la interpretación emocional que las personas implicadas les otorgan. Por esta razón, la cuantificación del capital intelectual a través de sus tres componentes esenciales, y que ha sido generado por la acción preventiva, debería contemplar el aumento del *valor emocional* de la organización, que es el que hace posible que el capital intelectual adquiera su verdadera dimensión. Tal valoración emocional se configura entorno a tres conceptos fundamentales a medir: la generación y difusión de los valores de la acción preventiva, su percepción positiva, y la motivación intrínseca y trascendente alcanzada por ellos.

La figura 1 ilustra de forma gráfica el modelo de valoración planteado. Se muestra esquemáticamente cómo los elementos del sistema preventivo asociados a las *inver-*

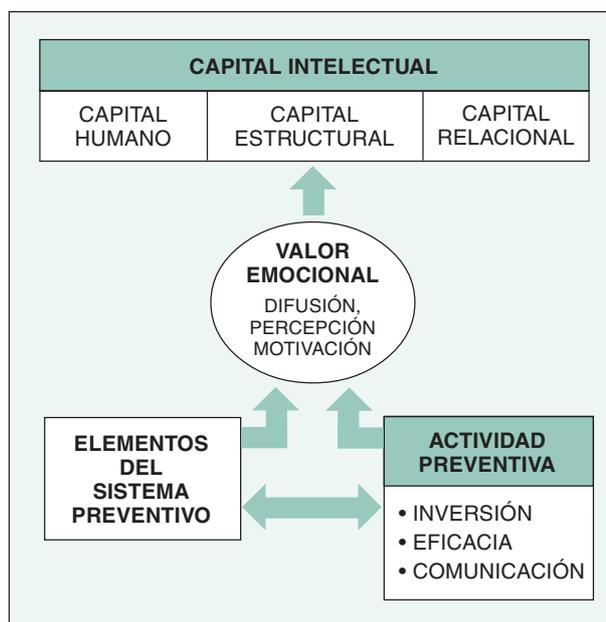


Figura 1. Esquema de modelo de valoración

INVERSIÓN	En relación con los resultados necesarios esperados de la actividad XXX son:	1. Insuficiente
		2. Limitada/mejorable
		3. Aceptable
		4. Considerable
EFICACIA	La actividad XXX alcanza los objetivos en grado:	1. Insuficiente
		2. Limitada/mejorable
		3. Aceptable
		4. Considerable
COMUNICACIÓN	Los resultados de la actividad XXX y sus características esenciales son conocidos por:	1. Solo por los órganos formales de Prevención
		2. Anterior, más los directivos
		3. Anterior, más los trabajadores
		4. Anterior, más proveedores, clientes y público

Tabla 1. Escala de valoración del activo intangible preventivo, en función de la inversión realizada, su eficacia y el grado de comunicación
Fuente: Elaboración propia

siones realizadas, su *eficacia*, en términos de correctos cometidos y resultados, y la efectividad de la *comunicación*, contribuyen a la generación de activo intangible en forma de capital intelectual, ello a través del *valor emocional* que actúa como verdadero catalizador.

En la Tabla 1 se propone una escala sobre la que valorar la aportación al AI de las diversas actividades de prevención. La escala divide esta contribución en tres ámbitos: inversión, eficacia y comunicación, en las que la puntuación máxima es 4 y la mínima 1. Para determinar la magnitud de la *inversión*, el analista debe valorar el volumen de recursos dedicados a actividades específicas de prevención en relación con los resultados necesarios esperados. En segundo lugar, en relación a la *eficacia* de la inversión, se debe obtener el grado en el que las actividades de prevención alcanzan los objetivos para los que se han diseñado, en base esencialmente a cumplimientos reglamentarios. Por último, para medir el nivel de *comunicación*, se debería considerar el alcance e implicación de los diferentes interlocutores afectados. En este modelo se ordena a los agentes implicados de determinada forma; se inicia con los órganos formales de prevención: Trabajador designado/Servicio de Prevención Propio, Delegados de Prevención y Comités de Seguridad y Salud, como primeros depositarios de la información, hasta alcanzar el nivel más amplio que puede incluir a los proveedores y clientes. Es importante que el analista adapte el orden propuesto a la realidad particular de cada empresa. En aras a lograr la necesaria objetividad en la valoración se recomienda definir previamente por la organización los criterios de clasificación apuntados y que la valoración sea realizada por un mínimo de dos personas con formación preventiva.

En la Tabla 2 se propone una adaptación de algunos de los indicadores que figuran en la NTP 640 que pueden resultar útiles para introducirse en la valoración y seguimiento del activo intangible de la empresa en función del tipo de contribución al capital intelectual. De esta forma, para cada acción de prevención deberían utilizarse varios indicadores, aquellos considerados como más significativos en cada caso, con los que valorar cualitativa y cuantitativamente su aporte. Ello en vistas a la objetividad y transparencia de la valoración.

Es imprescindible que el equipo evaluador adapte tanto

la escala (tabla 1) como el indicador (tabla 2) al caso concreto de su empresa.

A través de la valoración de estos indicadores de la Tabla 2 se podrá asignar un valor a cada uno de los apartados de la Tabla 1 con lo que se obtendrá un valor global entre 3 y 12 que permitirá cuantificar la contribución

INVERSIÓN	% Inversiones en aplicación de medidas materiales en prevención
	% Inversiones en acciones de mejora en materia de Resp. Social
	% Masa salarial invertida en formación específica en prevención
	Adquisición de nueva tecnología más segura.
EFICACIA	Índices de siniestralidad
	Índices de absentismo
	% Trabajadores expuestos a riesgos importantes
	Número de quejas de los trabajadores sobre condiciones de trabajo
	Número de infracciones por la Inspección de Trabajo
	Interrupciones de la producción
COMUNICACIÓN	% Trabajadores formados específicamente en prevención
	Atención a los miembros de la organización
	Cultura preventiva y clima laboral
	Satisfacción de los miembros de la organización

Tabla 2. Algunos indicadores para la valoración del activo intangible
Fuente: Adaptado de Pujol y Maroto (2004)

de cada actividad al AI de la empresa, ello siempre en términos relativos.

La Tabla 3 presenta una relación de las actuaciones más relevantes del sistema preventivo, algunas de las cuales se desarrollan en el texto del INSHT (1). Tales actuaciones se han clasificado en función de su incidencia en el AI de la empresa, permitiéndose valorar la contribución de cada una de ellas, utilizando la escala de la Tabla 1.

Como se puede observar, se ha optado por presentar un modelo que permita considerar el aporte en valores intangibles de cada uno de los elementos fundamentales del sistema preventivo y sus actividades, enmarcadas dentro del componente del capital intelectual en el que su contribución es más notoria. Con ello es más fácil visualizar si la empresa utiliza alguno de los canales de generación de intangibles con más intensidad que otro. Como se ha expuesto con anterioridad, es recomenda-

ACCIONES / CONTRIBUCIÓN	Inversión I	Eficacia E	Comunic. C	Suma I+E+C		
CAPITAL HUMANO						
Información general sobre riesgos y prevención						
Formación preventiva específica al puesto de trabajo					CH _{medio} Total C. Humano / 5	Coeficiente "a"
Programas de vigilancia de la salud						
Control de riesgos ergonómicos						
Control de riesgos psicosociales						
Total C. Humano						
CAPITAL ESTRUCTURAL						
Plan Preventivo						
Política y Organización Preventiva						
Evaluación de riesgos de los puestos de trabajo/Planificación preventiva						
Inspecciones y revisiones periódicas / Controles ambientales higiénicos						
Instrucciones de trabajo en tareas críticas						
Investigación de accidentes e incidentes						
Documentación y registro del sistema /procedimientos documentales					CE _{medio} Total C. Estructural / 8	Coeficiente "b"
Planes de emergencia y primeros auxilios						
Total C. Estructural						
CAPITAL RELACIONAL						
Diseño y seguimiento conjunto del Plan de Prevención						
Coordinación interempresarial. Información mutua						
Sugerencias de mejora por parte de trabajadores					CR _{medio} Total C. Relacional / 4	Coeficiente "c"
Acciones de control de trabajos (sub)contratados						
Total C. Relacional						
$CIE = a \cdot CH_{medio} + b \cdot CE_{medio} + c \cdot CR_{medio} =$					<input type="text"/>	

Tabla 3. Valoración de la contribución de las actividades de prevención

Fuente: Elaboración propia

ble que la propuesta contenida en la Tabla 3 sea ajustada a los diferentes elementos y actividades específicas de cada empresa.

En el modelo que se propone, la magnitud del efecto catalizador (en el sentido que se esquematiza en la Figura 1) que produce el Valor Emocional (VE) en la generación de Activo Intangible, se mide por el que podría denominarse Capital Intelectual Efectivo (CIE) que se determina a través de la asignación de tres coeficientes que ponderan la contribución de cada uno de los tres componentes del Capital Intelectual. Para ello, el valor promedio obtenido para cada componente del CI tal como se indica en la Tabla 3, se multiplica por el coeficiente de VE asignado cuyo valor debe estar comprendido entre 0,5 y 1, en función del nivel alcanzado en el conjunto de los elementos que lo conforman: difusión, percepción y motivación.

$$CIE = a \cdot CH_{\text{medio}} + b \cdot CE_{\text{medio}} + c \cdot CR_{\text{medio}}$$

La asignación del coeficiente de valor mínimo 0,5 y que en consecuencia reducirá a la mitad la contribución del componente de capital intelectual correspondiente, representa la situación más deficitaria en la que ni los trabajadores, ni los demás interlocutores valoran en absoluto la acción preventiva planificada y realizada. En el otro extremo, el coeficiente de nivel máximo representa una situación excepcional de excelencia (a la que debe tenderse) en la que todas las partes afectadas valoran e interiorizan muy positivamente lo realizado. En realidad, la vía a la excelencia en prevención solo es transitable cuando los trabajadores participan en el diseño, seguimiento y control del Plan preventivo, haciéndolo también suyo.

Obviamente es necesario que la empresa establezca criterios de objetividad para la asignación de los coeficientes.

Conclusión

El modelo de valoración propuesto puede resultar útil por varias razones. En primer lugar, porque permite a la empresa identificar la combinación de AI de que dispone. De esta forma, podrá mejorar la gestión de su sistema de prevención, por ejemplo, adaptando sus decisiones sobre modelos de empleo y contratación a sus posibles ventajas o debilidades. Por ejemplo, una empresa que detecta que es intensiva en capital humano encontrará en la contratación indefinida un buen mecanismo para mejorar la seguridad laboral mientras que otra que dispone de más capital estructural podrá recurrir a la subcontratación con menor riesgo. En segundo lugar, el modelo resulta especialmente útil a la hora de detectar determinadas carencias, tanto en el tipo de AI como en el modo de generarlo; inversión, eficacia o comunicación. En tercer lugar, la aplicación sucesiva del modelo puede servir como un indicador de control de la evolución de las actividades de prevención. Finalmente, el modelo ha de permitir tomar conciencia de las limitaciones en el logro de la implicación y asunción por parte de los trabajadores de las ventajas de la acción preventiva, que debe responder tanto a sus propios intereses como protagonistas del sistema, como a los de la organización.

Conviene destacar finalmente, que la naturaleza cualitativa de las escalas de valoración planteadas y el diseño propuesto del esquema de actividades pueden modificarse para adaptarlas a la realidad y actividad de la empresa, teniendo siempre en cuenta la valoración en términos relativos y evolutivos que se persigue con la valoración de AI. Por esta razón, es preferible plantear las comparaciones entre empresas siempre con extrema cautela.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BESTRATÉN, M., MARRÓN, M.A.
Gestión de la prevención de riesgos laborales en la pequeña y mediana empresa
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2005
- (2) BESTRATÉN, M., GIL FISA, A., PIQUÉ, T.
La gestión integral de los accidentes de trabajo (II): Control estadístico.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención nº 593. 2003
- (3) BESTRATÉN, M., GIL FISA, A., PIQUÉ, T.
La gestión integral de los accidentes de trabajo (III): Costes de los accidentes
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención nº 594. 2003
- (4) BOEDKER, C., GUTHRIE, J., CUGANESAN, S.
An integrated framework for visualizing intellectual capital.
Journal of Intellectual Capital. 6(4), 2005.
- (5) EASHW
Inventory of Socioeconomic Costs of Work accidents. ISBN 92-95007-67-0.
- (6) GIL FISA, A.
Costes no asegurados de los accidentes: Método simplificado de cálculo
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención nº 273. 1991
- (7) GIL FISA, A.
Costes de los accidentes: procedimiento de evaluación
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención nº 540. 1999
- (8) HALE A. R., HOVDEN, J.
“Management and Culture; The third age of Safety. A Review of approaches to organizational aspects of safety, health and environment”
In Feyer y Williamson (1998): 129-165, Taylor y Francis editores. Londres. 1998
- (9) PUJOL, L., MAROTO, V.
Indicadores para la valoración de intangibles en prevención
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención nº 640. 2004

Colofonia. Riesgos asociados a su utilización

Colophane. Risques associés à son utilisation
Colophony. Hazards related to use

Redactoras:

M^a José Berenguer Subils
Lda. en Ciencias Químicas

Rosa M^a Alonso Espadalé
Lda. en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

En esta Nota Técnica de Prevención se revisa la información disponible sobre la colofonia, producto natural de composición compleja y de una utilización amplia en el mundo industrial. Se describe su composición, propiedades, exposición laboral, efectos sobre la salud y medidas preventivas.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La colofonia (CAS 8050-09-7), también identificada como resina de colofonia, es un producto natural que se obtiene a partir de varias especies de plantas pináceas y que se presenta en forma de masa resinosa transparente de color ámbar. Una resina es una sustancia orgánica, amorfa, sólida o semifluida, en general insoluble en agua, y soluble, bajo ciertas condiciones, en numerosos disolventes orgánicos, con poca tendencia a cristalizar. Las resinas u oleorresinas son secreciones externas del metabolismo de los vegetales, excretadas, sobre todo en las plantas coníferas, a través de canales intercelulares (canales resiníferos) cuando se practican incisiones en su corteza.

La colofonia se obtiene por refinado de la oleorresina natural. Se diferencian tres variedades:

- * Colofonias de miera (*"Gum rosin"*). Se obtienen a partir de la secreción oleorresinosa de ciertas especies de pinos vivos de la que, por destilación con arrastre de vapor, se ha separado la fracción volátil, conocida como esencia de trementina o aguarrás.
- * Colofonias tall-oil (*"Tall oil rosin"*). Se obtienen por destilación fraccionada del subproducto resultante de la obtención de celulosa para la fabricación de papel.
- * Colofonias de madera (*"Wood rosin"*). Se obtienen a partir de troncos de pino cortados y envejecidos. Con ello se eliminan corteza y savia quedando la parte rica en resinas. La oleorresina se extrae con disolventes alifáticos de bajo punto de ebullición.

Las resinas naturales son mezclas complejas, cuya composición no es siempre totalmente conocida, y que varía en función de la especie arbórea utilizada, de su origen geográfico y de los procedimientos de fabricación y almacenaje. En ellas se han podido caracterizar distintos constituyentes, de los cuales aproximadamente un 90% son ácidos resínicos y el 10% restante son compuestos neutros, esencialmente alcoholes diterpénicos, sesquiterpenos, aldehídos e hidrocarburos. Los ácidos resínicos son ácidos monocarboxílicos con núcleos alquílicos hidrofenantrénicos (diterpenos) principalmente de dos tipos. Los denominados tipo ácido abiótico (abiótico, palústrico, levopimárico y dehidroabiótico) se

Esterificación con glicerol
Esterificación con pentaeritritol
Hidrogenación,
Desproporción (hidrogenación y posterior deshidrogenación)
Reacción con formaldehído
Reacción con anhídrido maleico
Reacción con ácido fumárico
Polimerización (dímeros formados al calentar con ácidos)
Formación de sales (resinatos de Na, K, NH ₄ , Ca, Co, Pb, Mg, Zn)

Tabla 1. Procesos característicos de modificación de la colofonia

caracterizan por tener dos dobles enlaces conjugados, mientras que los denominados tipo ácido pimárico (pimárico, isopimárico y sandarapimárico), con los dobles enlaces no conjugados.

Los ácidos tipo abiótico se oxidan con facilidad en contacto con el aire. Por otro lado, la colofonia utilizada industrialmente se modifica químicamente con el fin de obtener unas cualidades técnicas específicas de color, viscosidad y cristalinidad. Raramente se completa su transformación, sino que queda un cierto porcentaje de colofonia no modificada. En la tabla 1 se relacionan las modificaciones más frecuentes aplicadas a este compuesto.

2. APLICACIONES DE LA COLOFONIA

La colofonia tiene numerosas aplicaciones industriales ya que posee propiedades que justifican una amplia utilización como colorante, emulsificante y decapante. Las industrias en las que tanto la colofonia como sus derivados se utilizan de una manera más extendida son en la fabricación de tintas (23%), adhesivos (23%) y papel (21%).

También se utiliza en la industria electrónica para el recubrimiento de las varillas para soldadura blanda, ya que sus propiedades decapantes provocan una limpieza efectiva de las superficies a unir, facilitando el proceso de soldadura entre dos metales. Finalmente se emplea en la fabricación de papel para hacerlo más resistente al agua; el papel reciclable compuesto de pasta mecánica no tratada químicamente, utilizada para papel de periódico contiene más colofonia que el papel a base de pasta tratada químicamente.

En la tabla 2 se relacionan de manera exhaustiva las actividades y productos en los que está o puede estar presente la colofonia.

ACTIVIDADES	PRODUCTOS QUE CONTIENEN COLOFONIA
Medicina	<ul style="list-style-type: none"> • Pañales para niños y adultos y productos de higiene, esparadrapos, vendajes, steristrips • Matrices de medicamentos • Productos dentarios • Líquidos antiverrugas • Linimentos • Bolsas de colostomía • Vestidos quirúrgicos de papel • Productos veterinarios: conservantes de medicamentos y repelentes para perros
Cosmética	<ul style="list-style-type: none"> • Ceras para depilación • Máscaras y sombras para párpados • Laca de uñas • Pintura de labios • Productos capilares, brillantina • Jabones para la limpieza corporal
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Forestal: pinos, abetos y otras coníferas • Productos para el tratamiento de bosques y lacas para la madera • Serrín de madera de pino, abetos y otras coníferas
Industria en general	<ul style="list-style-type: none"> • Tintas de imprenta • Colas y adhesivos para embalajes, sellados de cajas, etiquetados, masillas, calafateadores y selladores en general • Papeles • Fundentes de soldadura. Vapores de soldadura al estaño de mezcla blanda • Lacas, barnices, pinturas • Aceites de corte (emulsificante) • Ceras, betunes y encáusticos (para coches, cuero, muebles, suelos) • Revestimientos de superficies, linóleo • Aislantes eléctricos y térmicos, aislantes en la industria electrónica • Aditivos en la fabricación de cauchos sintéticos y plásticos • Productos de limpieza • Velas perfumadas • Ambientadores
Actividades artísticas y deportivas	<ul style="list-style-type: none"> • Cubos de colofonia para frotar los arcos de violín • Polvos antiderrapantes para bailarines y distintos deportes

Tabla 2.- Actividades y productos que contienen colofonia

3. EXPOSICIÓN LABORAL A COLOFONIA

De lo expuesto en el punto anterior, se deduce que la exposición a colofonia puede presentarse en gran variedad de lugares de trabajo. Las principales situaciones profesionales con riesgo de exposición se encuentran en las actividades citadas a continuación:

- Industria electrónica como fundente de soldadura de mezcla blanda
- Industria del mueble y en horticultura, principalmente por contacto con pinos y polvo de madera de pino
- Industria papelera
- Pintores
- Utilización de aceites de corte

Además, también pueden estar afectadas otras profesiones tan dispares como dentistas y protésicos, fontaneros, violinistas, masajistas, maquilladores y esteticistas que utilizan ceras depilatorias, lacas de uñas, etc.

4. PELIGROSIDAD DE LA COLOFONIA

La colofonia esta clasificada, según el RD 363/95 sobre comercialización, clasificación envasado y etiquetado de sustancias químicas peligrosas, como Xi, R43, S2-24-37: irritante y sensibilizante, con posibilidad de sensibilización en contacto con la piel que debe mantenerse fuera del alcance de los niños evitando el contacto con la piel y usando guantes adecuados para su manipulación.

Como ocurre con la mayoría de productos químicos, la colofonia puede penetrar en el organismo por diferentes vías de entrada (Tabla 3).

Vía dérmica o conjuntiva	Por contacto directo con la sustancia o con productos que contienen colofonia.
Vía respiratoria	Por inhalación de vapores, polvo y humo.
Vía oral	Por la contaminación mano-boca que se produce en contacto con productos que contienen colofonia, generalmente de forma accidental o por prácticas higiénicas deficientes.

Tabla 3. Exposición/vías de entrada en el organismo

5. EFECTOS SOBRE LA SALUD

La exposición a compuestos de colofonia está asociada principalmente con la aparición de asma bronquial, dermatitis de contacto y con neumonitis por hipersensibilidad o alveolitis alérgica extrínseca. Para facilitar el diagnóstico de estas patologías el Ministerio de Sanidad y Consumo ha editado protocolos de vigilancia sanitaria específica.

En la práctica, los efectos de la colofonia en los ambientes laborales se manifiestan principalmente en dos formas clínicas: *eczemas de contacto* localizados en las zonas de interacción directa con el alérgeno, por ejemplo con esparadrapo, papel o productos de maquillaje, y *dermatitis de contacto aerotransportada*, por ejemplo, los vapores de colofonia procedentes de fundentes de soldadura de mezcla blanda pueden generar una derma-

titis en las zonas expuestas, tales como cara, cuello, manos y antebrazo. También se ha descrito que el polvo de madera puede generar una dermatitis aerotransportada.

Excepcionalmente se han descrito algunos casos de reacciones fototóxicas y urticarias de contacto.

Si no se tienen en cuenta factores de predisposición, el desarrollo de una sensibilización a la colofonia depende del tiempo de exposición, de la concentración del alérgeno, de las zonas expuestas, de la integridad de la piel y de la composición química de la colofonia. Se han descrito alergias a la colofonia en soldadores de la industria electrónica, en la fabricación de muebles por exposición a madera de pino y polvo, en pintores domésticos, y en trabajadores que utilizaban aceites de corte y aguas jabonosas en maquinarias. Se han descrito dermatitis de contacto en la fabricación de recubrimientos para suelo de linoleum y de envases de leche. También se han descrito asma ocupacionales en la industria electrónica y en la utilización de ceras de sellado.

En las exposiciones no laborales se han descrito problemas en actividades lúdicas en los que se utiliza madera, en trabajos de poda doméstica, en el pulido doméstico de suelos, en el contacto con boletos de lotería y con acabados textiles, además de con productos cosméticos. También se ha manifestado alergia a la colofonia en tratamientos médicos, por reacción con esparadrapos, en suturas dérmicas y en sellantes de prótesis dentales.

6. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL A COLOFONIA

Debido a la falta de información fiable sobre los niveles de colofonia en aire y a la dificultad de su cuantificación, no se ha fijado un valor límite ambiental cuando, en trabajos de soldadura, se utilicen materiales con un núcleo de resina de colofonia aunque la exposición a los mismos esté asociada con el asma ocupacional y a efectos irritantes en los ojos y en el tracto respiratorio superior.

En base a su efecto sensibilizante, en el documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos (2006) editado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, se aconseja reducir al máximo la exposición laboral a los correspondientes productos de descomposición térmica. En este sentido, también la American Conference of Governmental In-

dustrial Hygienists (ACGIH) recomienda reducir al máximo la exposición a colofonia. Así mismo, en los trabajos de soldadura blanda es importante controlar y reducir la exposición a plomo presente en el material de soldadura y el toluendiisocianato producido a partir del esmalte de poliuretano presente en el material de recubrimiento.

Para identificar los trabajadores afectados por la colofonia deben realizarse exámenes médicos, antes y durante el trabajo, en aquellos trabajadores con un historial alérgico, antecedentes familiares y fumadores. También hay que establecer en que momentos aparecen los síntomas para utilizar esta información para controlar el ambiente laboral ya que tampoco existe ningún marcador biológico aceptado (VLB, valor límite ambiental) para la colofonia.

7. MEDIDAS PREVENTIVAS

La primera medida preventiva lógica, sobretodo en el caso de un sensibilizante, es su *sustitución* por otros compuestos. Por ejemplo, en el caso de esparadrapos y similares se suele sustituir la colofonia por acrilatos, mientras que su eliminación en las formulaciones de productos dentales parece factible.

Cuando su sustitución no es factible, deben establecerse buenas prácticas de trabajo destinadas a prevenir la exposición. Para ello debe reducirse al mínimo la concentración del producto y el tiempo y frecuencia de la exposición, así como el número de trabajadores expuestos. En caso de emisión de vapores, humo o polvo debe proveerse del correspondiente sistema de extracción localizada.

Para las personas sensibles se recomienda extremar la higiene de la piel utilizando limpiadores suaves, la aplicación frecuente de productos hidratantes y la utilización de protecciones personales adecuadas para trabajos concretos, por ejemplo guantes de algodón en la manipulación de papel.

Por lo que hace referencia al público en general, es muy importante suministrar información a los usuarios. Debe tenerse en cuenta, además que en el ámbito de la Unión Europea, todos los productos cosméticos en el mercado con un contenido en colofonia superior al 1% deben mencionar en su envase el riesgo de sensibilización cutánea (Directiva 88/379/CEE).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) **TLV's and BEI's. Threshold Limit Values for Chemical Substances, Physical Agents and Biological Exposure Indices**
A.C.G.I.H., Cincinnati, Oh, U.S.A. (2005)
- (2) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) **Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Aniline**
ACGIH, 6th edition, Cincinnati, Oh, U.S.A. (2000)
- (3) Crépy, M. N. **Dermatoses professionnelles à la colophane**
INRS Documents pour le médecin du travail N° 80. 1^{er} trimestre 2002
- (4) De Cock, P. Van Ginkel, C. Faber, W. R. and Bruynzeel **Occupational airborne allergic contact dermatitis from sawdust in livestock sheds**
Contact Dermatitis, 2000; 42, 113

- (5) DOWNS, A. M. R. AND SANSOM, J. N.
Colophony allergy: a review
Contact Dermatitis, 1999; 41, 305-310
- (6) FARM, G. KARLBERG, A. T. AND LIDÉN, C.
Are opera-house artistes affected with contact allergy to colophony and cosmetics?
Contact Dermatitis, 1995; 32, 273-280
- (7) JONES, K. GARFITT, S.J. CALVERLEY, A. CHANNA, K. AND COCKER, J.
identification of a possible biomarker for colophony exposure
Occup. Med., 2001; 51, 507-509
- (8) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT)
Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España
Madrid, INSHT, 2006
- (9) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT)
Fichas Internacionales de Seguridad Química. ICSC 358
Madrid, INSHT, 2006
- (10) KEIRA, T. AIZAEA, Y. KARUBE, H. NITUYA, M. SHINOHARA, A. HARADA, H. AND TAKATA, T.
Adverse effects of colophony
Industrial Health, 1997; 35, 1-7
- (11) MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO (MSC)
Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica. Asma Laboral
Madrid, MSC, 2000
- (12) MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO (MSC)
Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica. Dermatitis Laborales
Madrid, MSC, 2003
- (13) MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO (MSC).
Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica. Neumonitis por hipersensibilidad o alveolitis alérgica extrínseca
Madrid, MSC, 2000
- (14) PENGELLY, I. GROVES, J. SIMPSON, A. AND NORTHAGE, C.
Workplace exposure to rosin based solder flux fume during hand soldering
Ann. Occup. Hyg., 1998; 295-302
- (15) SADHRA, S. FOULDS. I.S. GRAY, C.N. KOH, D. AND GARDINER, K.
Colophony-Uses, Health effects, airborne measurement and analysis
Ann. Occup. Hyg., 1994; 4, 385-396
- (16) SCHLEWER, G. CHABEAU, G. REIMERINGER, A. et FOUSSEREAU, J.
Etude des allergènes de type colophane et dérivés, utilisés dans des sparadraps
Dermatosen, 1979; 6, 170-172
- (17) SMITH, H.R. HOLLOWAY, D. ARMSTRONG, D. K. B. BASKETTER. D.A. AND MCFADDEN, J. P.
Irritant threshold in subjects with colophony allergy
Contact Dermatitis, 2000; 42, 95-97
- (18) SMITH, P.A. GARDNER, D.R. DROWN, D.B. JEDERBERG, W. W. AND STILL, K.
Oxidized resin acids in aerosol derived from rosin core solder
American Industrial Hygiene Association Journal, 1998; 59, 889-894

Innovación y condiciones de trabajo (I)

Innovation et conditions de travail (I)
Innovation and working conditions (I)

Redactor:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial y Arquitecto

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Este documento trata a nivel introductorio sobre uno de los factores clave de éxito de las organizaciones, su capacidad innovadora, estrechamente interrelacionada con las condiciones de trabajo, que realmente la hacen viable. En esta primera NTP se abordan conceptos esenciales y modelos para su desarrollo y sistematización en la empresa.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa debe estar inmersa en un proceso de mejora continua en todos sus ámbitos, ofreciendo sistemas de gestión eficaces que le permitan pervivir. La realidad nos demuestra que las sociedades más competitivas tienen también niveles de Investigación y Desarrollo (I+D) más altos, tal es el caso de EE.UU. y algunos países europeos (Finlandia, Dinamarca, ...). En general el promedio de recursos dedicados a I+D en Europa se sitúa cercano al 2% del PIB, cuando en EE.UU. es del 3,5%. En España superaba ligeramente el 1% del PIB en el año 2005, aunque con expectativas de incrementos sustanciales. De la misma manera, los recursos empresariales dedicados a la formación de los trabajadores son en Europa en promedio la mitad de los dedicados en EE.UU. Si tenemos en cuenta que la Innovación y la Formación continua en la empresa son los dos elementos por excelencia que determinan el futuro de una organización, es claro el notorio esfuerzo que debe realizar nuestro país y en particular las empresas para tener un nivel de competitividad de sociedades y organizaciones avanzadas. Más cuando estamos perdiendo competitividad año tras año y por la misma razón, nuestro déficit exterior sigue creciendo. No obstante, nuestro país es el que más puestos de trabajo ha creado en los últimos 10 años.

En la actualidad, los conceptos tradicionales de I+D han sido ampliados con el de Innovación (I+D+i), que engloba tanto a la tecnológica como a la personal. Es cierto que las empresas deben utilizar las mejores tecnologías y recursos materiales disponibles con los que lograr incrementos sustanciales de productividad, pero también necesitan de la aportación creativa de todos sus miembros. En el fondo, son las personas las que permiten el mejor aprovechamiento de los avances tecnológicos, adecuándolos a las propias necesidades de cada organización y reinventando con éstos las mejores soluciones a cada situación. Y son también las personas, con sus capacidades, inquietudes y motivaciones, las que hacen viables las nuevas ideas y proyectos en beneficio de la empresa y de la propia sociedad. Pero tal capacidad de aporte, no es solo cuestión de competencia, habilidades y como no, de exigencia. Es necesario que las personas tengan un verdadero interés y estén motivadas para hacerlo, y ello depende en parte de la percepción que tengan de sus condiciones de trabajo. Solo cuando

tal percepción es favorable y las personas tienen una motivación profunda hacia su trabajo, porque éste les permite aprender y desarrollarse humana y profesionalmente, proyectando sus habilidades y conocimientos, es posible que la creatividad con toda su riqueza tenga lugar; aunque seguirá siendo también necesario el aporte de medios, un entorno que la promueva y un sistema para gestionarla.

La VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo correspondiente al año 2005 aporta datos de interés sobre la percepción de los trabajadores sobre aspectos de sus condiciones de trabajo, relacionados con su capacidad de aporte y aplicación de nuevas ideas. Veamos algunos datos para su reflexión.

- El 35,4 % de los trabajadores manifiesta que tiene impedimentos para comunicarse con los compañeros mientras trabaja.
- Aunque la mayoría de trabajadores aplica “bastante” o “mucho” sus conocimientos, un 22,3% solo puede hacerlo “regular” o “poco” y un 13,3% no puede hacerlo “nada”. Los trabajadores con contrato temporal son los que menos pueden aplicarlos.
- Aunque un 45% puede modificar algunos aspectos de su trabajo, un 23,8% “nunca” puede modificar nada, y más de un 15% de trabajadores no hace sugerencias.

Pero antes de seguir hablando de innovación y creatividad habría que diferenciar tales términos. El concepto de innovación, asociado siempre a todo proceso de cambio, es más amplio y englobaría al de creatividad que representa un tipo de cambio más radical. La innovación forma parte del léxico empresarial asociado a la mejora continua de productos, procesos y tareas. Representa asumir y dar forma al principio que todo es mejorable y todo necesita ser mejorado. Las mejoras pueden representar cambios más o menos profundos en cualquier aspecto cuestionable. Pero cuando nos referimos al concepto de creatividad se están abriendo nuevos espacios completamente diferentes al convencional. Podría representarse gráficamente en la Fig. 1. Mientras que con la Innovación, sorteando dificultades y vías típicas de mejora se puede llegar al punto B desde el punto A, con la creatividad podemos llegar al punto B por un camino alternativo no convencional o sea hacerlo de otro modo, o alcanzar el punto C, ofreciendo algo alternativo diferente

al B pero sustancialmente mejor. La innovación se fundamenta en el proceso de la lógica del razonamiento, en cambio la creatividad lo hace a través de lo que se denomina el pensamiento lateral, o sea lo surgido fuera de toda lógica, aunque al final se vea como natural y evidente. Observemos como después de la invención de algo que sustituye a lo tradicional y acostumbrarnos a su uso llega a parecernos inconcebible lo que se hacía antes, incluso haber tardado tanto tiempo en descubrirlo. Significa que la creatividad es una "lógica a posteriori"

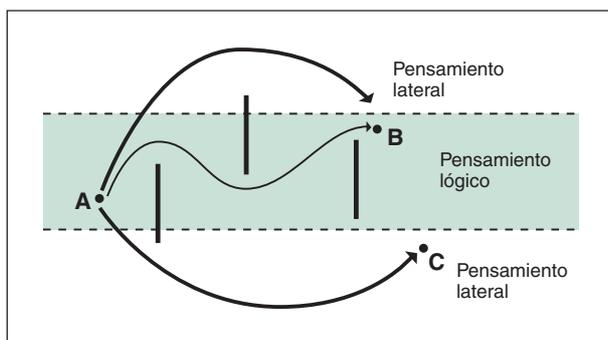


Figura 1. Innovación y creatividad en el cambio

2. FUENTES Y TIPOS DE INNOVACIÓN

La mayoría de las innovaciones resultan de una búsqueda consciente e intencionada de oportunidades de cambio. Lo importante es que el proceso de innovación vaya estrechamente ligado al aumento del capital intelectual y de las ventajas competitivas. Hay fundamentalmente cuatro fuentes de innovación dentro de una empresa:

- **Los acontecimientos indeseados.** Los accidentes e incidentes, los errores, e incluso los fracasos, son magníficas oportunidades para encontrar soluciones, rediseñar equipos y operaciones, y descartar caminos, abriendo de nuevos. No sirve de nada dolerse de ellos.
- **Las incongruencias y el azar.** Toda incongruencia en la lógica o ritmo de un proceso no es más que la posibilidad de que puedan nacer nuevas oportunidades de innovación. Una incongruencia entre las expectativas y los resultados también puede brindar posibilidades interesantes para encontrar alternativas que rompan el círculo. Es un cambio de perspectiva y no de tecnología lo que puede ser muchas veces fuente de transformación. Finalmente, el azar suele jugar también su papel, porque puede abrir nuevas perspectivas que el pensamiento convencional no es capaz de encontrar, pero hay que estar atento para no perder el instante necesario de reflexión, ante lo inesperado o incluso lo absurdo. El azar es utilizado en técnicas específicas de creatividad.
- **Las necesidades de las personas y de los procesos.** Si se está atento a lo que piensan y sienten los trabajadores en sus puestos de trabajo y tareas, se dispondrán de buenas oportunidades de mejora, no solo de las condiciones de trabajo, sino de los propios procesos. Además, la resolución de tales inconvenientes habrá de generar aprendizaje con nuevos conocimientos y motivará a las personas afectadas a seguir innovando. El aprendizaje continuado de las personas es vital como vía de profesionalidad y base para la generación de nuevos conocimientos que evidentemente van surgiendo de la resolución de los problemas. También es imprescindible disponer de indicadores de eficacia de los procesos para poder

detectar desviaciones y extraer información que permita analizar sus orígenes. Hay que saber combinar lo que serían mejoras en aspectos parciales de los procesos de lo que podrían representar cambios radicales que también en las condiciones oportunas habría que considerar.

- **La evolución en los sectores y en el mercado.** Las expectativas de clientes actuales y potenciales han de ser continuamente estudiadas para introducir mejoras competitivas en los productos y procesos que los generan. Ello representa adoptar una actitud proactiva de la innovación. Hay también otras fuentes de innovación adicionales fuera de la empresa, en su entorno social e intelectual, como son los cambios legislativos, los cambios demográficos, los cambios de percepción de la realidad y por supuesto los avances en el conocimiento.

La caracterización del tipo de innovación previsible en la empresa para poderla gestionar adecuadamente está en función normalmente de dos variables, relacionadas con los inconvenientes que también genera: la intensidad de tales inconvenientes y la extensión o variedad de los mismos. La intensidad podemos medirla en función de si tales inconvenientes están estructurados, siendo fácilmente entendibles y la solución innovadora se ve como agradable y próxima, o en cambio no lo están. Si los inconvenientes generados son muy diversos, es lógico suponer que se alterarán muchos vínculos existentes y las personas afectadas también serán más, así como, si la estructura de los problemas que se generan es compleja.

Cuando los inconvenientes son estructurados y de baja variedad tenemos la innovación *gradual*, o sea la implantación de cambios con un alcance local, por ejemplo la mayoría de innovaciones que se derivan del sistema de sugerencias, de la observación del trabajo o del análisis de accidentes y errores. Es la más fácil de aplicar por su inmediatez. Simplemente hay que disponer de los mecanismos de estímulo y apoyo.

Cuando los inconvenientes son estructurados pero con un incremento de su variedad y extensión, tendremos la innovación *extensiva*. Su principal dificultad radica en la coordinación de las distintas áreas de conocimiento que deben colaborar en la resolución de los problemas que genera. Si la innovación extensiva pudiera organizarse como una secuencia lenta de innovaciones graduales, la dificultad sería menor. La velocidad de cambios puede generar tensiones y estrés.

Finalmente, cuando los inconvenientes no son estructurados aparece lo que suele denominarse la innovación *radical*, que representa cambios profundos en los procesos o sistemas, que requieren atención especial en todos los sentidos y precisos mecanismos de gestión y coordinación. Cuando además ello va asociado al carácter extensivo de los cambios nos encontraríamos en situaciones extremas que requieren estrictas medidas de apoyo y control.

La innovación gradual y extensiva habría de generar un ciclo interno de alimentación del aprendizaje continuado del personal y un aumento de la base de conocimientos. En la Fig. 2 se representa dicho ciclo, alimentado por las fuentes de innovación y generador de resultados y mejoras colectivas, entre las que estaría el incremento de la eficiencia y de las ventajas competitivas. La resolución de problemas que comporta la innovación ha de representar un determinado reto para que pueda ser base de aprendizaje. Tanto si los retos son triviales como si son excesivos y acaban en frustración el aprendizaje puede ser insignificante. El aprendizaje máximo sucede cuando el reto inherente al problema es acorde con las capacidades de la persona que contribuye en su resolución.

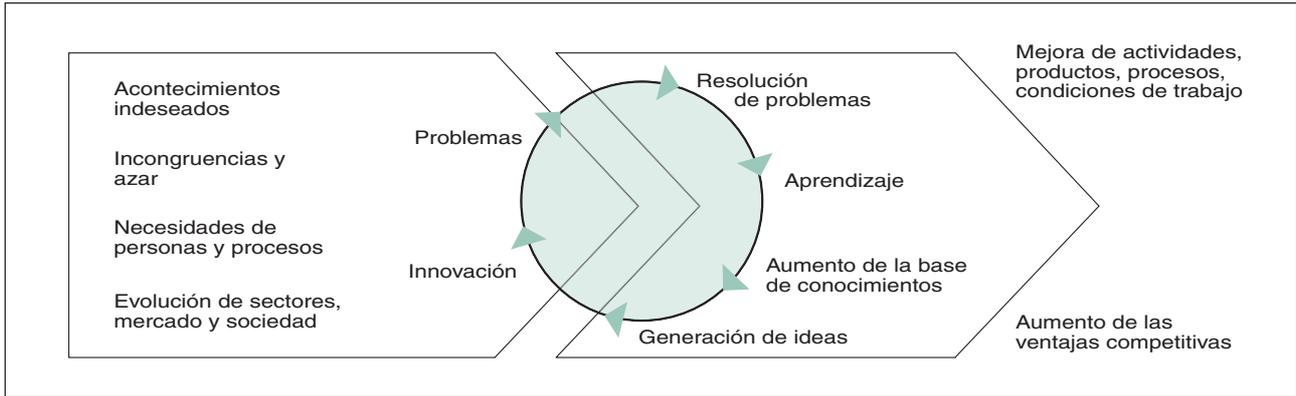


Figura 2. Ciclo de innovación y aprendizaje con sus fuentes de alimentación y sus resultados

3. LIMITACIONES A LA INNOVACIÓN Y A LA CREATIVIDAD. FACTORES ESTRATÉGICOS PARA SU DESARROLLO

La innovación y la creatividad no es algo natural que surja de la espontaneidad, aunque su valor sea indiscutible, tanto a nivel personal como vía de aprendizaje para desarrollar nuestras capacidades y sentirnos realizados; como a nivel colectivo, para generar conocimiento y progresar como sociedad. Tal vez la primera limitación procede de nuestro cerebro, que se desarrolla sobre pautas de comportamiento que se han ido conformando paulatinamente. El cerebro sólo puede ver lo que está acostumbrado a ver (las pautas existentes), de modo que cuando analizamos datos y cualquier tipo de información sólo obtenemos la idea que ya en el fondo disponíamos o suponíamos. La secuencia temporal de nuestra experiencia ha establecido el camino de rutina de la percepción. Todo lo vemos de cierto modo. Esperamos que todo se haga de cierta manera. Analizar datos no produce en principio nuevas ideas, ya que se suele partir de hipótesis "razonables" basadas en conceptos estándar que muchas veces los esteriliza. Para conseguir realmente nuestra "intuición" creativa o nuestra nueva idea es necesario salirse muchas veces del camino principal del razonamiento, para situarse en un camino lateral, de ahí lo del término pensamiento lateral citado anteriormente. Hay que cruzar las pautas, en vez de avanzar por ellas como sucede con el pensamiento normal, confiando en la eficacia de los sistemas autoorganizados. No se trata de despreciar la información anterior acumulada. Cuando desarrollamos la creatividad utilizamos también la información y la experiencia disponibles, pero controlándolas y liberándolas de viejas estructuras, viejas pautas y viejas percepciones. Afortunadamente nuestra mente no trabaja como una biblioteca, en donde la información nueva haya de almacenarse simplemente en los estantes vacíos, sino que la integra, permitiendo con la aplicación de instrumentos adecuados que la creatividad sea posible, aunque no sea en principio simple y fácil.

Sobre la creatividad existen una serie de tópicos que pueden limitar nuestra habilidad para gestionarla, los sintetizamos en cuatro:

- *La creatividad NO está reservada a unos pocos, a los más inteligentes* No existe tal correlación, si se es suficientemente profesional e inteligente para hacer bien un trabajo. La mayoría del trabajo creativo que se hace en el mundo lo hacen personas normales y corrientes, aunque algunas sean más innovadoras que otras.
- *La creatividad No es más propia de la juventud.* La edad no es un indicador claro del potencial creativo.

La investigación demuestra que normalmente se tarda más de cinco años en conseguir cierto dominio en un campo específico del conocimiento. El equilibrio de edades con jóvenes no contaminados por el pensamiento convencional y expertos con experiencia es necesario.

- *La creatividad No es un acto solitario.* Los avances más significativos de la humanidad han sido fruto de la colaboración entre grupos de personas con habilidades complementarias.
- *La creatividad Sí se puede gestionar.* Aunque no es predecible ni quien, cuando y donde se va a producir el acto creativo trascendental, es necesario gestionar el proceso creativo en todos los ámbitos, estableciendo una política, una organización y unos procedimientos que hagan posible el aporte y aplicación sistematizada de ideas de mejora, con indicadores e instrumentos para su potenciación y seguimiento. Presumiblemente de entre muchas ideas útiles hayan de surgir unas pocas de verdaderamente valiosas - simplemente por razones probabilísticas-, pero todas son necesarias.

Principales limitaciones a la innovación en la empresa

Las principales limitaciones a vencer en las organizaciones, todas ellas interrelacionadas, son las siguientes:

- *La rutina de las actuaciones y la propia complejidad organizacional.* El orden preestablecido condiciona enormemente la introducción de cambios, aunque éstos supongan mejoras personales. Se requiere de un esfuerzo para el que presumiblemente no existan los estímulos necesarios ni las garantías de ser conducidos con éxito. Todo cambio representa la implicación de personas y muchas veces de unidades funcionales diferentes en donde no existen los mecanismos de cooperación y el apoyo necesario para su desarrollo. La rutina suele absorber lo cotidiano, guiado por hábitos adquiridos, sin disponer del tiempo necesario para la reflexión crítica y el cuestionamiento de lo que se hace habitualmente. Muchos se plantean, ¿para qué hacerlo de otro modo si siempre se ha hecho así?.
- *La burocracia y la imposición de reglas sobre valores.* Los sistemas de gestión y los procedimientos muchas veces acaban burocratizándose, viendo limitada su eficacia. Las normas y los hábitos se convierten a veces en pautas rígidas que pueden ir en detrimento de valores, de nuevas actuaciones y de los verdaderos intereses de las personas y los grupos de

trabajo. En general con la innovación se resuelven problemas, pero el mismo proceso, como se ha dicho, genera incertidumbre y también inconvenientes a resolver.

- *El miedo al cambio.* En general el ser humano adopta de forma natural actitudes conservadoras ante las nuevas situaciones que desconoce o no tiene experiencia. Hay miedo a perder con el cambio el estatus adquirido. Grandes autores (Eric Fromm, Ortega y Gasset, etc.) han escrito a fondo sobre el tema, explicando la razón de ser de este comportamiento. Ante el mismo, solo cabe concienciar tanto individual como colectivamente de la necesidad de evolución en las organizaciones y la disponibilidad de medios y apoyo necesario para el conocimiento de sus ventajas así como el debido control de sus riesgos.
- *La desmotivación y la falta de habilidades para innovar.* Es necesaria la motivación para que la voluntad de las personas se aplique a innovar, pero ello no es suficiente. Se requiere competencia, habilidades e instrumentos para su materialización. Sentarse en una mesa un grupo de personas solo dispuestas a innovar tampoco es suficiente, cuando muchas veces cada uno con sus características personales asume su *rol*, no existiendo predisposición a admitir planteamientos contrapuestos. Afortunadamente las habilidades innovadoras pueden adquirirse a través del aprendizaje.

Factores estratégicos para la innovación en la empresa

La innovación como parte integrante y vital de la actividad empresarial requiere que la Dirección la lidere y se involucre en la misma, acepte los riesgos y costes que comporta, y consiga que se integre a la cultura de la organización. Mediante la diversificación se reparte el riesgo en muchos frentes en los cuales surgirán ideas de diferente valor. Puesto que es imposible saber de antemano qué ideas serán las mejores y cuales serán de menor utilidad es conveniente generar constantemente una "cartera" de ideas diversificada. Las pruebas piloto antes de generalizar las soluciones son un buen mecanismo para limitar los riesgos, especialmente cuando se trata de innovaciones radicales. En todo caso, y al margen de los aspectos de rentabilidad económica, hay que destacar que el propio proceso participativo es fuente de generación de un alto valor intangible y que el valor conjunto de muchas "pequeñas" ideas es enorme, como demuestra la experiencia de aplicación del modelo "Kaizen" japonés. No debiera sorprendernos que la gran mayoría de ideas propuestas por los trabajadores en sistemas de innovación formalmente establecidos sean aplicables y útiles. Normalmente, tras toda propuesta de mejora suele estar implícita su viabilidad económica, aún sin solicitud expresa y en base al sentido común.

La Dirección debiera promover un clima laboral y unas condiciones de trabajo con entornos de autonomía y libertad que hagan viable el proceso innovador. Habría de crear las condiciones necesarias para que cada persona de la empresa desarrolle su iniciativa y lleve a cabo acciones detalladas que conduzcan a la mejora de sus capacidades en coherencia con los intereses empresariales. La cooperación es fundamental en el proceso innovador, pero para que sea fructífera ha de estar basada en la confianza. Las buenas ideas, como los nuevos métodos, deben favorecerse y han de tener buena aceptación, estando todo el personal con mando plenamente implicado en esta línea. También es cierto que la dirección puede verse obligada a desestimar aquellas ideas

que no son coherentes con la estrategia de la empresa, o la organización carece de los recursos necesarios para ponerlas en práctica. Sin embargo, en estos casos la Dirección es responsable de comunicar su argumentación a los empleados con criterios, de ser posible previamente asumidos. Debiera existir en la empresa un Plan de innovación con los objetivos, recursos e instrumentos de gestión necesarios.

Elemento motor de la innovación es el conocimiento, y más cuando está basado en la información, la comunicación y la participación. La información puede estimular el pensamiento que conduce a la generación de ideas, y más, si existe una fácil comunicación entre personas. En las empresas jerarquizadas, la información suele atesorarse como fuente de poder organizacional y su control no solo impide la función catalítica de comunicación, si no que limita también las oportunidades de que distintos aspectos y partes de la información se solapen en las mentes de las personas para estimular su capacidad creativa. Es por ello que la información debiera fluir libremente, sin que la dirección hubiera de controlarla, salvo excepcionales aspectos. O sea, los miembros de la organización debieran tener acceso de manera ordenada a las fuentes de información: clientes, competidores, comunidad científica, indicadores internos de funcionamiento de los procesos, indicadores de seguridad y salud en el trabajo, etc. que puedan serles útiles, ya sea para conocer mejor las implicaciones y repercusiones de sus actuaciones, como simplemente para conocer la posición de la empresa con sus ventajas competitivas y sus limitaciones, bastantes superables. Muchas empresas desarrollan sistemas de gestión de la información muy elaborados, basados en las TIC (Tecnologías Informáticas de Información y Comunicación) y en las "intranet" para recoger información y poder disponer de ella fácilmente para reutilizarla en donde sea provechosa. Así habría informaciones de carácter general (balances económicos, sociales y medioambientales, memorias anuales y resultados de estudios sectoriales, planes estratégicos, procedimientos de actividades preventivas, plan de prevención, lecciones aprendidas de accidentes y errores, resultados de actuaciones, etc.) que bien estructuradas estarían a disposición de todos los miembros de la organización. Ahora bien, la información ha de ser cuidadosamente presentada para facilitar su asimilación. En cambio, informaciones de interés exclusivo de determinados ámbitos, como objetivos específicos de unidades funcionales, procedimientos específicos de trabajo, etc., estarían a disposición solo de unos colectivos.

En todo caso, deben existir vías ágiles de comunicación que permitan y favorezcan la mejora continua y la innovación, tanto a nivel formal como informal. Así a nivel interno cabe citar las siguientes:

- *Procedimiento de información y consulta a trabajadores (Ley de PRL)*
- *Comités de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley de PRL) y otros grupos estables sobre materias específicas. Uno de ellos puede ser de innovación a nivel general.*
- *Procedimiento de sugerencias de mejora*
- *Grupos de mejora o de progreso, con sus diferentes variantes*
- *Grupos de interés en campos de conocimiento*
- *Reuniones sistematizadas de análisis y planificación a nivel vertical y horizontal*
- *Actividades preventivas fundamentadas en el diálogo (coordinación empresarial, observación del trabajo, investigación de accidentes, etc.)*

- *Informaciones periódicas sistematizadas de resultados de actuaciones, publicaciones internas, etc.*

Y a nivel externo:

- *Diálogo formal con los interlocutores sociales (clientes, proveedores, entes locales y Administración, ONG, etc.)*
- *Redes de cooperación con personas y entidades con intereses comunes, por ejemplo: universidades, centros de estudio e investigación, otras empresas, etc.*
- *Actuaciones sistematizadas de benchmarking, etc.*

Además hay que apuntar que las personas han de estar motivadas en este proceso, cuidando la Dirección de establecer los incentivos necesarios para quienes hagan aportaciones útiles. Se sugiere que habrían de estar basados en los siguientes mecanismos:

- Estímulo económico estandarizado en función de la rentabilidad generada, cuando se trate de sugerencias de mejora de los procesos o se trate de la innovación gradual.
- Reconocimiento público a los logros individuales o del grupo mediante su divulgación.
- Celebración colectiva de los éxitos alcanzados.
- Mejora de aspectos de motivación intrínseca, ampliando el campo de toma de decisiones y la capacidad de autogestión.

Pero en el fondo, es la necesidad y la inestabilidad real o provocada la que estimula la innovación. Es sorprendente como el ser humano responde en situaciones críticas para encontrar soluciones a los problemas.

Finalmente, hay dos factores especiales de éxito del proceso innovador: uno de ellos es la rapidez de actuación, que ha roto en el mundo de los negocios el convencional concepto de que el pez grande era el que se comía al más pequeño. Ahora el que gana es el más rápido, independientemente de su tamaño, o sea el que llega antes, y para eso, ser pequeño puede incluso ser una ventaja. El otro factor es el valor de las cosas pequeñas que nos suceden o percibimos, incluso aparentemente insignificantes, pues detrás de ellas pueden encontrarse grandes posibilidades de mejora y avances relevantes. Simplemente hay que estar bien despiertos para no dejarlas escapar. De ahí la necesidad de generalizar la innovación en la empresa, disponiendo de "lupa" para observarla atentamente y no desaprovechar el cúmulo de oportunidades que acontecen para mejorar y aprender.

El entorno físico y la innovación

Las características de la empresa con sus valores culturales y el entorno organizacional son determinantes, pero el entorno físico también puede tener un impacto favorable si está cuidadosamente concebido y existen los vínculos necesarios entre las personas. Racionalidad, coherencia y flexibilidad habrían de impregnar el diseño de los lugares de trabajo. Lamentablemente, las empresas tratan de adaptar sus procesos de trabajo a un entorno físico estándar determinado (con alguna sala de reunión que otra si es posible) y dejando que los procesos de trabajo se determinen en función de tal limitación espacial, cuando debería ser precisamente al revés. Además, los procesos laborales y los propios espacios de trabajo tendrían que ser lo suficientemente flexibles como para poderlos modificar, aunque sea de vez en cuando, a medida que varían sus objetivos y necesidades.

El lugar de trabajo debiera ser contemplado como *habitat* que cubra satisfactoriamente las necesidades del proceso, pero también las necesidades de las personas con ambientes confortables. Comunicarse, pensar con

tranquilidad, aprender, descansar o relajarse, etc., son necesidades tanto personales como del proceso productivo que deben realizarse en ámbitos idóneos. Evidentemente, ante las limitaciones obvias de superficie es conveniente diseñar con la flexibilidad necesaria para permitir que puedan realizarse en determinados espacios funciones diferentes, por ejemplo compatibilizar ámbitos de reunión, formación e incluso descanso o desayuno, si fuera necesario. La variabilidad de su superficie en función de las necesidades habría de ser tenida en cuenta.

Desde luego, se trata de concebir espacios de trabajo que favorezcan el trabajo en equipo y la comunicación, tanto formal como informal, estando al menos los espacios de comunicación próximos. La transparencia visual y la proximidad física en la distancia ayudan enormemente a la comunicación. Pero ello no debe ir en detrimento del conveniente aislamiento físico de ruidos o injerencias incontroladas que el trabajo puede requerir. Los espacios amplios, ordenados y libres de muchos implementos evitan distracciones y pueden dar la tranquilidad necesaria. El color, la iluminación y la precisa localización de elementos artísticos, puede provocar estímulos emocionales en la dirección prevista.

Los lugares en que se producen reuniones espontáneas en áreas públicas como: vestíbulos, máquinas de refrescos y café, etc. debieran ser espacios agradables en donde poder generar y compartir ideas. Además, la existencia de útiles que faciliten la comunicación (tablón de anuncios, pizarra, E-mail, ...) pueden ayudar a convertir cualquier lugar en un espacio sugerente. Aunque la actividad innovadora debería poder producirse en todas partes, a veces algunas empresas destinan algún lugar especial, liberado de factores inhibidores al tema en cuestión. Cuando uno accede a tales espacios se libera inconscientemente de formalismos y está más predispuesto al fin que se persigue. Los lugares de desayuno y almuerzo deben ser muy agradables y sobre todo no ruidosos; habida cuenta que la actividad va asociada al descanso y en nuestra cultura la comunicación abierta forma parte de toda comida compartida.

Es también loable lo que hacen muchas organizaciones al exponer públicamente, ya sea de forma generalizada o en ámbitos más localizados, los resultados de los trabajos innovadores de sus miembros. Es una interesante manera de reconocer los esfuerzos de las personas y grupos de trabajo, y como no, de enriquecer paredes y murales, siempre con la debida renovación.

4. PRINCIPALES VÍAS DE INNOVACIÓN. SU EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Podríamos clasificar en la época más reciente los procesos de sistematización de la innovación en la empresa en tres etapas. No significa que lo que ha sido representativo en una etapa no siga realizándose en la actualidad con las adecuaciones pertinentes. Cualquiera de los modelos presentados requiere de un plan formativo para su eficaz implantación.

Primera etapa. La innovación testimonial

Sugerencias de mejora. Entorno a la década de los 80 es habitual que muchas empresas de tamaño mediano y grande sistematicen los clásicos buzones de sugerencias y establezcan procedimientos personalizados de aporte ideas, con pequeñas unidades para su tratamiento y la búsqueda de soluciones. No es recomendable que una sugerencia se limite exclusivamente a su transmisión al

mando inmediato, aunque éste debería estar implicado en el proceso. Suele caracterizarse el procedimiento por disponer de un registro documental sencillo, tanto de las propuestas como de las soluciones. En organizaciones que contaban con un aceptable apoyo del sistema se alcanzaba un promedio de 2-3 ideas aplicadas/año y trabajador. En la mayoría de empresas el sistema ha sido más bien testimonial y de limitada eficacia. Muchas empresas aplicaron en el ámbito de la Seguridad y Salud laboral un procedimiento para la comunicación de riesgos y propuesta de mejoras, incluso antes que hacerlo en ámbitos como el de la calidad. En realidad no tiene sentido diferenciar el tipo específico de la mejora en el consiguiente procedimiento de comunicación, el cual preferiblemente habría de ser unitario. Los modelos más avanzados han simplificado enormemente el procedimiento, así algunas empresas tienen establecido un mecanismo de comunicación compartido a través de carteleros para este fin específico, en donde de manera nominal o incluso anónima se transmiten con notas autoadhesivas los problemas y las sugerencias de mejora. Los mandos diariamente tienen la obligación de recoger y estudiar las propuestas y hacer lo posible para aplicarlas, planificándolas. Como todas las comunicaciones están numeradas, ya que se dispone de talonarios controlados distribuidos por todas las unidades funcionales, la unidad de coordinación, normalmente el Servicio integrado de PRL, Calidad y Medio Ambiente, puede efectuar el necesario seguimiento de la actividad. Desde luego, es fundamental que todo comunicante reciba lo más rápido posible respuesta fundamentada de la solución a implementar y el plazo previsto de realización, o en su defecto, de la justificación de la demora o de su no realización. Se trata de garantizar el *feedback* necesario. Alguna empresa ha llegado a alcanzar en la actualidad con variantes de este modelo hasta 10 ideas/año y trabajador.

Círculos de calidad. También en esta época llega a su máximo desarrollo tal procedimiento. Aunque su implantación fue notoria y exitosa en países como EE.UU y Francia, en España no tuvo resultados destacables al no haberse producido una apuesta generalizada por el modelo. Se trataba de constituir en las organizaciones grupos formales y estables con un número reducido de personas voluntarias de diferentes niveles y conocimientos que trabajaban con libertad y con el apoyo necesario para la selección y resolución de proyectos de mejora, normalmente por unidades funcionales. Debía existir un coordinador de cada círculo y una unidad de coordinación de todos los círculos existentes. La dirección había de estar comprometida en la aplicación de las soluciones propuestas. Por su facilidad fue utilizado por muchas organizaciones, e incluso algunas aún lo conservan. No representaba ningún cambio organizacional en la estructura y reservaba la actividad innovadora a tales "círculos" que se reunían periódicamente. Se conseguían del orden de 2-3 soluciones/año y círculo. Lo paradójico de la actividad de estos grupos es que prácticamente aportaban más soluciones en materia de cambios en las condiciones de seguridad y salud laboral, y en la organización del trabajo, que en materia de calidad, que era para lo que realmente se constituían; no obstante, actuaban bajo el susodicho principio de libertad en la selección de los problemas. De ahí la importancia de poder aprovechar de manera integral las actividades preventivas basadas en el diálogo para la búsqueda de soluciones de índole diversa.

Segunda etapa. La innovación participativa y la especializada

En la segunda etapa, que se podría situar en la década de los 90, cabe destacar la consolidación de cuatro modelos:

Grupos de mejora o de progreso. La creación de grupos de mejora ha sido por sus ventajas el tránsito natural del clásico modelo de sugerencias de mejora individualizadas. En este apartado cabe incluir las diferentes variantes de grupos de trabajo que disponen de estabilidad continuada o temporal para trabajar en propuestas de mejora. Estarían los grupos creados por la dirección para la resolución de problemas concretos, sobre los que no hay nada que decir por su valor indiscutible, o para el tratamiento de materias específicas, con una mayor estabilidad temporal, en los que van implícitos los aspectos de mejora en sus campos de análisis e intervención. Así por ejemplo, ha sido exitosa la experiencia que han desarrollado bastantes empresas líderes, con la formación de grupos estables (renovación de miembros cada 2 años como máximo) para que personas, manteniendo su puesto de trabajo, dediquen un tiempo reducido semanal a la pertenencia a los mismos, como: calidad, logística, medio ambiente, prevención de riesgos laborales-compatibilizado con el Comité de Seguridad y Salud en el trabajo-, nuevos productos, etc. Ello les permite, además de tener un mejor conocimiento global de la empresa, aumentar su perspectiva y su capacidad de aporte en temas prioritarios. Tal actuación puede ser un incentivo al desarrollo de la carrera profesional y a incrementos salariales, favoreciendo la retención de los buenos profesionales. Un hecho destacable de algunos grupos de trabajo es el mantener a la vista los acuerdos adoptados surgidos en las reuniones, así como sus compromisos de ejecución, como un mecanismo más de estímulo y autocontrol.

Por otra parte, están los grupos promovidos por la empresa pero surgidos a partir de las propias inquietudes e iniciativas de los miembros de la organización. Caracteriza a estos últimos grupos la necesidad de existencia de una unidad de coordinación para estimular y gestionar el proceso. Aunque la idea de mejora surja de cualquier persona, ella misma y preferiblemente con el apoyo de la dirección o de tal unidad de coordinación se crea el grupo de trabajo idóneo para desarrollarla. El tiempo para desarrollar la idea, que normalmente puede extenderse fuera de la jornada laboral suele compensarse con estímulos económicos. El grupo suele desaparecer cuando la solución ha sido desarrollada, asumiendo la dirección el compromiso de aplicarla en la medida de lo posible. El modelo "Kaizen" es el más representativo de estos grupos. Parte de la idea cierta que los trabajadores son los que mejor conocen lo que hacen y por tanto hay que potenciar sus extraordinarias potencialidades.

Observación del trabajo. Se trata de una valiosa actividad originaria de los sistemas de prevención de riesgos laborales, pero que por su utilidad ha visto ampliarse sus objetivos y campos de interés. Promueve el desarrollo de la capacidad observadora de todos los miembros de la organización para analizar tareas y entornos de trabajo a fin de identificar actuaciones mejorables. Se establece que en función de los diferentes niveles de la empresa, las personas realicen un número mínimo de observaciones mensuales. En base al diálogo entre observador y observado se acuerda la adopción de mejoras preventivas, actuando especialmente sobre la formación de las personas para corregir hábitos de trabajo indebidos y sobre los procedimientos de trabajo. Aunque las observaciones pueden ser realizadas de manera individualizada, su aplicación ha sido muy efectiva y provechosa en las primeras etapas, planificando la actividad y fijando grupos modificables de observadores de dos personas, con ámbitos físicos asignados y variables de observación. Se recuerda que es exigible reglamentariamente esta actividad en actividades y tareas peligrosas. La actividad debería disponer de re-

gistro documental y el procedimiento y las acciones a adoptar podrían tener un tratamiento asociado a las sugerencias o grupos de mejora.

Reingeniería de procesos. Hay que destacar esta modalidad innovadora como algo que tuvo su auge y por la que aun muchas empresas siguen apostando como línea principal de innovación. Surgió fundamentalmente como respuesta a situaciones de crisis. Se trata de estudiar y promover cambios profundos tanto tecnológicos como organizacionales desde los niveles más altos de la empresa y con la contribución de “expertos”, al margen de los trabajadores y muchas veces de las propias unidades funcionales afectadas. Sin desmerecer su utilidad en determinados momentos, la ausencia de participación representa una notoria desventaja.

Unidades de I+D. La creación de unidades estables dedicadas a la Investigación y Desarrollo deja de estar reservado a las grandes empresas y son muchas, incluso de tamaño reducido, que dedican personas o crean pequeñas unidades a estos cometidos. Asociado a ello, cabe considerar la estrategia de conformar grupos de conocimiento en los campos de interés de la empresa. Ésta empieza a ser consciente de que no pueden estar los conocimientos de valor estratégico solo en una persona. Cuando los conocimientos se comparten, se estimula su crecimiento y además se protege de imprevistos, como la pérdida de especialistas que descapitalizarían intelectualmente a la organización. Normalmente las unidades de I+D se limitan en las primeras etapas a nuevos productos y nuevas tecnologías.

Tercera etapa. La innovación integral, planificada

La tercera y última etapa, que se sitúa entorno a la entrada al nuevo milenio, se caracteriza por una concepción más integral y abierta de la innovación y desde luego su transversalización a los procesos productivos.

Gestión por procesos y trabajo en equipo. La necesidad de una gestión por procesos que prevalezca sobre la convencional gestión por funciones ha sido determinante en los cambios acontecidos. Las diferentes unidades funcionales de la empresa tienden al aislamiento y a la defensa de sus intereses particulares, creando de forma natural barreras a la cooperación, lo que dificulta la relación entre miembros de unidades diferentes para resolver problemas e innovar, salvo que un nuevo sistema lo modifique radicalmente. Una gestión por procesos representa situar a los tres tipos de procesos que una empresa ha de desarrollar: los estratégicos, los operativos y los de soporte, como vías prioritarias. Ello va unido a la existencia de una política en esta materia y de responsables de los procesos con autoridad suficiente para conducirlos eficazmente con la cooperación de los responsables de las unidades funcionales siempre que se precise. Además, las personas con nivel jerárquico superior a los responsables de las unidades funcionales han de facilitar como propio de su función la coordinación y la cooperación entre las mismas. Los responsables de un proceso o un proyecto en el que han de participar especialistas de diferentes unidades, no necesariamente son responsables de una unidad funcional, pero disponen de autoridad suficiente para gestionar de manera integral tal proyecto. Personas de diferentes unidades pueden reunirse para tratar temas o problemas del proceso con total libertad. A su vez, las unidades habrían de tener estructuras sencillas en donde el trabajo en equipo sea la tónica dominante. Cuando las personas son competentes, hay confianza entre las mismas y los objetivos a alcanzar son claros, el trabajo en equipo no solo es posible, si no que la capacidad de aporte mutuo y de autoorganización es muy alta. Ver Fig. 3.

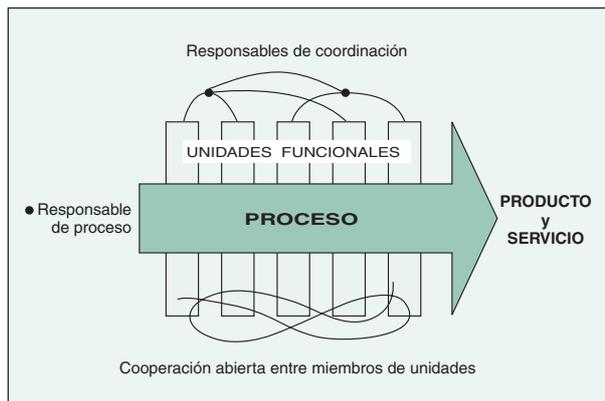


Figura 3. Gestión por procesos ante gestión por funciones

Con este modelo, la actividad innovadora, como otras actividades básicas: prevención de riesgos laborales, calidad, etc., habría de integrarse a los procesos como algo consustancial a los mismos. Ello representa un cambio cultural que requiere pleno apoyo y la permanencia de fórmulas participativas específicas para la innovación, como alguna de las anteriormente expuestas, pero adecuándolas a cada escenario.

Mediante la integración de actividades esenciales en el quehacer de mandos y trabajadores estaríamos en condiciones de rediseñar el clásico círculo de Deming de la mejora continua con sus cuatro fases: Planificar (*Plan*), Hacer (*Do*), Medir (*Check*) y Actuar (*Act*) al reintroducir de nuevo en el propio “Hacer” las cuatro fases indicadas, pero desde la proximidad y autonomía de los grupos de trabajo y las personas. Es ahí donde la capacidad innovadora ha de surgir de manera natural y espontánea. Ver Fig. 4.

Gestión integral de la I+D+i. Serie de Normas UNE 166.000 (2001) sobre sistematización de la Innovación. Se trata en último término de dar un verdadero impulso de la innovación dentro de los objetivos estratégicos y operativos de las organizaciones, desarrollando un sistema y un Plan específico de I+D+i, coordinado por una Unidad de gestión. En empresas que aplican a fondo esta estrategia integral se han llegado a alcanzar centenares de ideas aplicadas/año y trabajador. También es cierto que para lograrlo, la innovación continuada y el consiguiente aporte de ideas de mejora, como objetivo medible que es, suele ir asociado a una parte sustancial del sueldo variable de las personas, siendo el apoyo al sistema relevante, con potentes unidades de gestión.

Tal como se ha dicho en la gestión por procesos, es imprescindible la integración de la innovación en los mismos, promoviendo la generación espontánea de grupos de mejora con los soportes necesarios. A su vez, habría que promover, seleccionar y desarrollar proyectos específicos que por su coste, complejidad y dedicación, respondan a intereses estratégicos y que por tanto precisen de un tratamiento especial. Para su desarrollo, la Unidad de I+D+i jugará un papel clave, coordinando la cooperación en red a nivel interno y externo, cuando así se requiera. Hay que destacar que tales proyectos específicos pueden acogerse muchas veces a subvenciones de la Administración estatal y autonómica, que lamentablemente no se aprovechan lo suficiente por los potenciales candidatos. La cooperación con Universidades y Centros de estudio es esencial para optimizar recursos.

En este contexto ha surgido la serie de normas UNE 166.000 de I+D+i, sobre sistematización de la Innovación. Con ellas se pretende impulsar, ordenar y sistematizar el caos creativo, en coherencia a los sistemas nor-

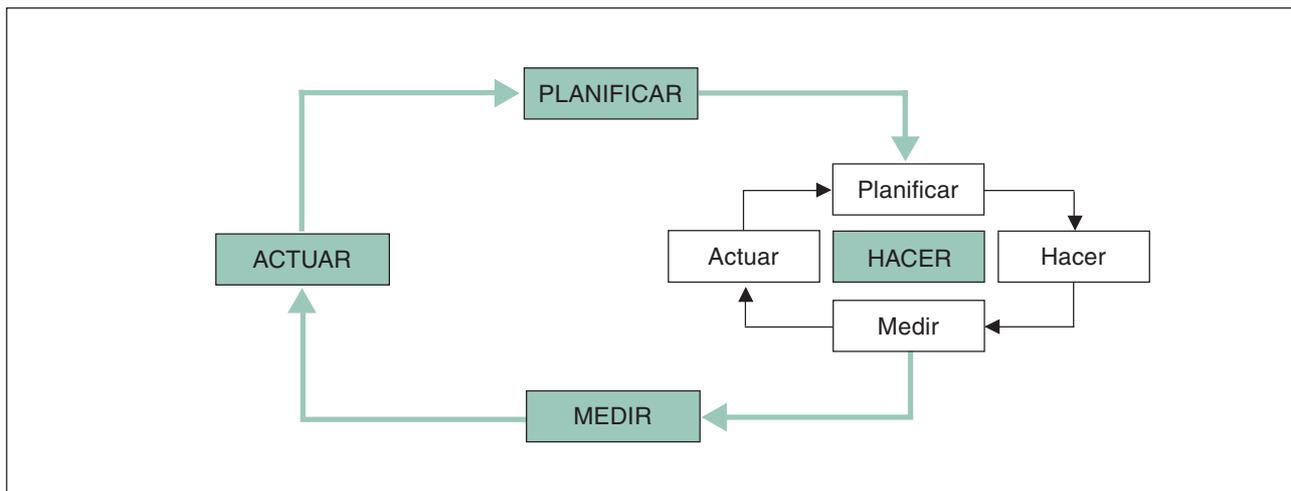


Figura 4. Reinventando el ciclo de mejora continua de Deming en el lugar de trabajo

malizados de Calidad, Seguridad y Salud laboral, y Medio Ambiente. En experiencias piloto desarrolladas en Cataluña en el periodo 2003-2005, impulsadas por el CIDEM, Centro para la Innovación y el Desarrollo Empresarial, y la colaboración de AENOR, en un conjunto de empresas que voluntariamente las han aplicado, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Han permitido fomentar actividades de I+D+i, como factor generador de ventajas competitivas
- Han facilitado la aplicación de buenas prácticas de organización y gestión eficaces en estas materias
- Han asegurado el máximo aprovechamiento de actividades susceptibles de generar tecnologías propias o patentes

- Representan un elemento claro de demostración de desarrollo de un valor estratégico frente a terceros.

Ante el aún incipiente desarrollo de estas normas UNE, no es fácil vislumbrar cual va a ser su futuro, pero si que nos permite constatar el gradual acercamiento, vinculación y posible integración de sistemas, en aras a una mayor simplificación y racionalización de los mismos, ante las profundas interrelaciones existentes.

Para concluir, hay que destacar que la innovación es esencial para estar intelectual y emocionalmente vivos y poder crear nuevas realidades con empresas más saludables, sostenibles y socialmente responsables. Las condiciones de trabajo son por ellas mismas fuente de innovación y a su vez, medio indispensable para el pleno desarrollo del proceso creativo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) AENOR
Serie de Normas UNE Ex 166.000 (2001) Sistematización de la innovación
- (2) CIDEM, Centre d'Innovació i Desenvolupament Empresarial. Generalitat de Catalunya
La sistematización de la Innovación. Normas de la serie UNE 166.000 de Investigación, Desarrollo tecnológico e Innovación. www.cidem.com. 2005
- (3) EDWARD DE BONO
El pensamiento creativo
Ediciones Paidós, Barcelona, 1995
- (4) RICHARD LUECKE
Desarrollar la innovación y la creatividad
Ediciones Deusto, Barcelona, 2004
- (5) BEATRIZ MUÑOZ Y JOSEP RIVEROLA
Gestión del Conocimiento
Ediciones Folio, Barcelona, 1997
- (6) INSHT
Resultados de la VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo
Edit. INSHT, Madrid, 2006
- (7) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Colección de Notas Técnicas de Prevención
NTP 386: Observaciones planeadas del trabajo
NTP 561: Procedimiento de comunicación de riesgos y propuestas de mejora
NTP 745: Nueva cultura de empresa y condiciones de trabajo

Limitaciones a la comercialización y al uso de sustancias y preparados peligrosos

*Limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de substances et préparations dangereuses
Restrictions on the marketing and use of dangerous substances and preparations*

Redactores:

M^a José Berenguer Subils
Lda. en Ciencias Químicas

Enrique Gadea Carrera
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Una de las acciones preventivas más eficaces por parte del legislador es la prohibición o restricción del uso de aquellas sustancias que presentan riesgos importantes para la salud y seguridad del usuario y el medio ambiente. En la presente Nota Técnica de Prevención (NTP) se aporta información sobre las limitaciones de uso para ciertas sustancias peligrosas en el ámbito de la Unión Europea y complementa la NTP n° 436, referida a la clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas según el RD 363/1995 y las NTP n° 449, 450 y 451, sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, de acuerdo con el RD 255/2003.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a las características de peligrosidad de ciertas sustancias químicas, la comercialización y utilización de las mismas, así como de los preparados que las contengan, puede representar un riesgo para la salud de los consumidores y usuarios, además de causar problemas de ecotoxicidad y de contaminación medioambiental. Por ello, la Ley 14/1986 General de Sanidad, determina que deben establecerse prohibiciones y requisitos mínimos para su utilización y manipulación y, además, la Ley 26/1984 General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios, establece que todos los productos que lleven en su composición sustancias tóxicas, cáusticas, corrosivas o abrasivas deben ir envasados con las debidas garantías e incluir de forma visible las oportunas indicaciones que adviertan del riesgo en su manipulación.

En el ámbito de la Unión Europea este tema comenzó a regularse en el año 1976 mediante la Directiva 76/769/CEE, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros, que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos. Esta normativa ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el RD 1406/1989 y sus posteriores modificaciones que se van publicando desde entonces.

Las limitaciones de comercialización y uso se establecen, con carácter general, de acuerdo con el hecho de que una sustancia esté clasificada como peligrosa o esté contenida en un preparado por cuyo motivo éste también deba ser considerado como peligroso, y de manera más específica, en función de que dicho producto presente ciertas características de peligrosidad con importantes consecuencias para la salud y/o el medio ambiente. Además, para establecer una determinada limitación, también se tiene en cuenta el tipo de usuario, el alcance y nivel de utilización, en cuyo caso se valora el impacto que puede tener en el público en general, y el grado de afectación para el medio ambiente.

La legislación referente a limitaciones a la comercialización es una legislación que está en permanente transformación y a la que se incorporan continuamente nuevos productos o materiales que, de acuerdo con los avances en el conocimiento científico, se sabe que pueden suponer, según sea su utilización, un riesgo para la salud o el medio ambiente.

En esta normativa se entiende como sustancias y preparados peligrosos los que tengan esa consideración según las definiciones de los RRDD 363/1995 y 255/2003, relativos a la clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos. Es importante remarcar que está excluido del ámbito de aplicación de esta normativa el transporte de sustancias y preparados peligrosos y los productos en tránsito, así como aquellos que se comercialicen o utilicen para la investigación y desarrollo o análisis.

En la presente Nota Técnica de Prevención se comenta el mecanismo normativo y se indican aquellos productos y materiales que tienen limitaciones con carácter general (tablas 1 y 2) y, a modo de ejemplo, algunas limitaciones específicas (tablas 3 a 8). Finalmente, se relacionan todos los productos que actualmente presentan alguna limitación a la comercialización (tabla 9). En los tablas referenciadas, entre paréntesis, se indica el número asignado por la normativa a cada sustancia o grupo de sustancias.

2. CONSIDERACIONES SOBRE EL DESARROLLO DE LA NORMATIVA

La legislación sobre limitación de la comercialización y el uso, como se ha comentado en la introducción, va considerando los sucesivos cambios que se incorporan a la clasificación de peligrosidad de las sustancias, a medida que se van conociendo nuevos efectos y tras valorar las consecuencias, en función de los preparados o materiales en lo que se emplean, su utilización previs-

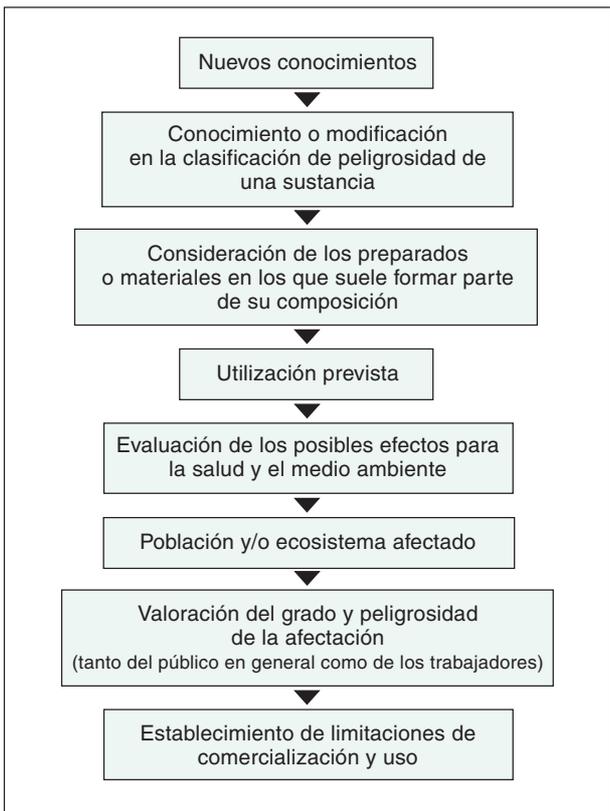


Figura 1. Mecanismo de implementación de limitaciones a la comercialización

ta y el nivel de afectación que pueden tener sobre la población en general y sobre el medio ambiente.

Por consiguiente, se van produciendo modificaciones en la legislación comunitaria y en consecuencia en el RD 1406/1989, al incorporar limitaciones a nuevas sustan-

cias y preparados o nuevas limitaciones de uso y modificaciones en las limitaciones ya existentes. En la práctica, el proceso que motiva el desarrollo de esta legislación consiste en una serie de acciones que se resumen en el esquema de la figura 1.

Algunas de las limitaciones adoptadas pueden tener un carácter general, basado exclusivamente en la peligrosidad intrínseca de las sustancias y preparados (toxicidad o efectos sobre la salud, por ejemplo), y otras un carácter más específico en función de cual sea su uso y del grado de afectación. Así por ejemplo, todos los productos clasificados como cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción (CMR) tienen restringida, con carácter general, su utilización sólo a usos profesionales, aunque algunas de estas sustancias, han sido ampliamente utilizadas en materiales que tienen un uso extendido entre la población en general. Este es el caso, por ejemplo, de las creosotas que se han utilizado, entre otras aplicaciones, en el tratamiento de las traviesas de ferrocarril y que posteriormente han formado parte del paisaje habitual de muchos parques y jardines, tanto públicos como privados. Considerando el grado y peligrosidad de la afectación, se ha restringido su uso de una manera más específica (ver NTP nº 699), prohibiéndose su utilización, entre otras, en parques y jardines públicos. Esto también ocurre con otros productos y materiales, aunque en muchos casos no sea perceptible la presencia de determinadas sustancias que pueden implicar una exposición.

Por todo ello, los prevencionistas deben conocer y revisar con frecuencia esta normativa ya que aporta información complementaria tanto sobre posibles actividades como sobre colectivos de trabajadores con riesgos de exposición a agentes químicos, lo cual es del mayor interés en la prevención de riesgos laborales. El propio Reglamento REACH de la UE (Anexo XVII) establece restricciones a la fabricación, comercialización y uso para determinadas sustancias, preparados y artículos peligrosos.

Sustancias y preparados líquidos clasificados como explosivos (E), comburentes (O), inflamables (F+, F, R10), tóxicos (T+, T, Xn), corrosivos (C), irritantes (Xi), sensibilizantes, cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción (3) (O. 15/07/98)	
LIMITACIONES	EXCEPCIONES
No se admitirán: <ul style="list-style-type: none"> en objetos decorativos destinados a producir efectos luminosos o de color obtenidos por medio de distintas fases, por ejemplo, lámparas de ambiente y ceniceros. en artículos de diversión y broma. en juegos para uno o más participantes o en cualquier objeto que se vaya a utilizar como tal, incluso con carácter decorativo. 	NO HAY
Además, sustancias y preparados que: <ul style="list-style-type: none"> presenten un riesgo de aspiración y estén etiquetados como R65, puedan utilizarse como combustible en lámparas decorativas, y se comercialicen en envases de una capacidad igual o superior a 15 litros, no podrán contener un agente colorante (salvo razones fiscales), ni un agente perfumante.	
NOTA: Cuando estén destinados a lámparas deberán llevar la siguiente indicación: “MANTENER LAS LÁMPARAS QUE CONTENGAN ESTOS LÍQUIDOS FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS”	

Tabla 1. Limitaciones para sustancias y preparados líquidos peligrosos

Sustancias cancerígenas, mutágenas, y tóxicas para la reproducción, categorías 1 y 2. (24, 25, 26, 27, 28 y 29) (O. 14/05/98 y O. 15/12/98)	
LIMITACIONES	EXCEPCIONES
<p>No se admitirán en sustancias y preparados comercializados y destinados a su venta al público en general en concentración mayor o igual a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • las fijadas en el anexo I del RD 363/95 (sustancias). • las fijadas en el cuadro VI del anexo II del RD 255/03 (preparados). 	<ul style="list-style-type: none"> • Medicamentos de uso humano o veterinario. • Productos cosméticos. • Carburantes para uso en instalaciones de combustión móviles o fijas. • Combustibles vendidos en sistema cerrado (bombonas de gas licuado). • Pinturas para artistas.
<p>NOTA: Deberán llevar en el envase de forma legible e indeleble la mención siguiente: “RESTRINGIDO A USOS PROFESIONALES”</p>	

Tabla 2. Limitaciones para sustancias cancerígenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción

2-Naftilamina (CAS 91-59-8) y sus sales (8), Bencidina (CAS 92-87-5) y sus sales (9) 4-Nitrobifenilo (CAS 92-93-3) (10), 4-Aminobifenilo (CAS 92-67-1) y sus sales (11) (O. 11/12/90)	
LIMITACIONES	EXCEPCIONES
<p>No se admitirán en concentración igual o superior al 0,1% en masa en las sustancias y preparados comercializados. No podrán venderse al público en general. Prohibidos en el RD. 374/2001, anexo III, relativo a agentes químicos.</p>	<p>La prohibición del RD 374/2001 no se aplica a los residuos que contengan una o varias de dichas sustancias que se ajustarán a su normativa específica.</p>
<p>NOTA: Deberán llevar en el envase de forma legible e indeleble la mención siguiente: “RESTRINGIDO A USOS PROFESIONALES”</p>	

Tabla 3. Limitaciones relacionadas con el RD 374.2001

Cemento (47) O. PRE/1954/2004)	
LIMITACIONES	EXCEPCIONES
<p>El cemento y los preparados que lo contienen no se pueden poner en el mercado si, una vez hidratados, su contenido en Cr (VI) soluble es superior a 0,0002% del peso seco de cemento (2 ppm).</p>	<p>No se aplican a la puesta en el mercado y uso en procesos controlados, cerrados y totalmente automatizados en los que no exista ninguna posibilidad de contacto con la piel.</p>
<p>NOTA : Cuando se usen agentes reductores, el envase de cemento y de los preparados que lo contienen deberá ir marcado con información sobre: fecha de envasado, condiciones y tiempo de almacenamiento adecuado para mantener la actividad del agente reductor y el contenido de Cr (VI) soluble por debajo del 0,0002%</p>	

Tabla 4. Limitaciones de cementos

3. LIMITACIONES CON CARÁCTER GENERAL

En la tabla 1 se indican las limitaciones que presentan las sustancias o preparados líquidos que se consideran peligrosos de acuerdo con las definiciones del artículo 2 y los criterios contenidos en los puntos 2 (propiedades fisicoquímicas), 3 (propiedades toxicológicas) y 4 (efectos específicos sobre la salud humana) del anexo

VI de RD 363/1995 (Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas). En definitiva, se trata de productos químicos líquidos que presentan, al menos, una característica de peligrosidad, es decir algún pictograma y alguna frase de riesgo (frase R), excepto si su peligrosidad es exclusivamente para el medio ambiente.

Níquel (CAS 7440-02-0) y sus compuestos (40) (O. 11/02/00 y O. PRE/1933/05)	
LIMITACIONES	
No podrán utilizarse en:	
<ul style="list-style-type: none"> Dispositivos dotados de pasador que se introducen en las perforaciones de las orejas u otras partes del cuerpo humano, a menos que el índice de níquel liberado de dichos dispositivos sea $< 0,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semana}$ (límite de migración). Productos destinados a entrar en contacto directo y prolongado con la piel (pendientes, collares, brazaletes y cadenas, cadenas de tobillos y anillos, cajas de relojes de pulsera, correas y hebillas de reloj, botones, hebillas, remaches, cremalleras y etiquetas metálicas utilizadas en prendas de vestir), si el Ni liberado $> 0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{sem}$. Productos que tengan un revestimiento que no contenga Ni, salvo que éste pueda garantizar que durante 2 años no se libera Ni $> 0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semana}$. 	

Tabla 5. Limitaciones del níquel y derivados

En la tabla 2 se indican las limitaciones que presentan las sustancias que figuran en el anexo I del RD 363/1995, clasificadas como carcinogénicas, mutagénicas y tóxicas para la reproducción de categorías 1 y 2. Ello quiere decir que toda sustancia que en el momento de redactar esta NTP, esté incluida en el anexo I (lista de sustancias con clasificación y etiquetado armonizado en la UE) y esté etiquetada con una frase de riesgo R45 (Puede causar cáncer), R49 (Puede causar cáncer por inhalación), R46 (Puede causar alteraciones genéticas hereditarias), R60 (Puede perjudicar la fertilidad) y/o R61 (Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto), presenta las limitaciones de comercialización indicadas en dicho cuadro.

4. LIMITACIONES ESPECÍFICAS. EJEMPLOS

En este apartado se recogen algunos ejemplos de limitaciones específicas basadas en consideraciones indicadas en el apartado 2, tales como grado de utilización o número de población afectada. Asimismo, en la tabla 9, se relacionan de forma resumida aquellas sustancias y limitaciones que no han sido contempladas en el resto de cuadros de esta NTP.

COMPUESTOS HALOGENADOS: (O. 14/5/98)	
<ul style="list-style-type: none"> Cloroformo (CAS 67-66-3) (31) 1,1,2- tricloroetano (CAS 79-00-5) (33) 1,1,1,2- tetracloroetano (CAS 630-20-6) (35) 1,1-dicloroetileno (CAS 75-35-4) (37) Hexacloroetano (HCE) (CAS 67-72-1) (39) Tetracloruro de carbono (CAS 56-23-5) (32) 1,1,2,2- tetracloroetano (CAS 79-34-5) (34) Pentacloroetano (CAS 76-01-7) (36) 1,1,1-tricloroetano (CAS 71-55-6) (38) 	
LIMITACIONES	EXCEPCIONES
<ul style="list-style-type: none"> No se podrán utilizar en concentraciones $\geq 0,1\%$ en peso en preparados de venta al público en general, ni en aplicaciones que favorezcan su dispersión, como la limpieza de superficies o tejidos. No pueden utilizarse en la fabricación o tratamiento de metales no ferrosos. 	<ul style="list-style-type: none"> No se aplican a medicamentos de uso humano y veterinario ni a los productos cosméticos definidos en la Ley 25/90, de 20 de diciembre, del Medicamento y en el RD 1559/97, de 17 de octubre, respectivamente. El HCE puede utilizarse en algunas fundiciones no integradas de aluminio y en la producción de aleaciones de magnesio.
<p>NOTA: El envase deberá indicar:</p> <p>“PARA USO EXCLUSIVO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES”</p>	

Tabla 6. Limitaciones de compuestos orgánicos halogenados

Benceno (CAS 71-43-2) (7) (O. 11/12/90)	
LIMITACIONES	EXCEPCIONES
<p>No se admitirá en:</p> <ul style="list-style-type: none"> Juguetes o partes de juguetes en conc. $> 5 \text{ mg}$ de benceno libre/kg. Productos comercializados en conc. $\geq 0,1\%$ en masa. 	<p>No se aplica a:</p> <ul style="list-style-type: none"> Carburantes. Productos destinados a procedimientos industriales que no permitan la emisión de benceno en cantidades superiores a las previstas en la legislación vigente. A los residuos, que se ajustarán a su normativa específica.

Tabla 7. Limitaciones del benceno

Nonilfenol $C_6H_4(OH)C_9H_{19}$ y etoxilados de nonilfenol $(C_2H_4O)_n C_{15}H_{24}O$. (46) (O. PRE/1954/2004)	
LIMITACIONES	EXCEPCIONES
<p>No se pueden poner en el mercado o usar como sustancias o constituyentes de preparados en conc. $\geq 0,1\%$ en masa para los usos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza industrial e institucional. • Limpieza doméstica. • Ratamiento de los textiles y del cuero. • Emulsificante en la ganadería para el lavado de pezones por inmersión. • Metalurgia. • Fabricación de pasta de papel y del papel. • Productos cosméticos. • Otros productos para la higiene personal. • Como coadyuvantes en biocidas y productos fitosanitarios. 	<p>Para limpieza industrial o institucional podrá usarse en sistemas controlados y cerrados de limpieza en seco o en sistemas de limpieza con tratamiento especial en que el líquido de limpieza se recicla o se incinera.</p> <p>En el tratamiento de los textiles y del cuero, podrá usarse en los procedimientos de tratamiento sin descarga de aguas residuales y en los sistemas con un tratamiento especial en el que el agua se somete a un tratamiento previo para eliminar completamente la fracción orgánica antes del tratamiento biológico de las aguas residuales (desengrase de pieles ovinas).</p> <p>En metalurgia en sistemas controlados y cerrados en que el líquido de limpieza se recicla o se incinera.</p> <p>En higiene personal no podrá utilizarse en espermicidas.</p>

Tabla 8. Limitación del nonilfenol y derivados

OTROS PRODUCTOS CON LIMITACIONES EN SU UTILIZACIÓN (a 31/08/2006)	
RD 1406/89	<ul style="list-style-type: none"> • Policlorobifenilos (PCB) (1) a, b • Policloroterfenilos (PCT) (1) a, b • Cloroetileno (cloruro de vinilo monómero) (CAS: 75-01-04) (2) e • Óxido de triaciridinil-fosfina (CAS 5455-55-1) (5) f • Polibromobifenilo (PBB) (CAS 59536-65-1) (6) f
RD 1406/89 y O. 7/12/01	<ul style="list-style-type: none"> • Fibras de amianto (4): Crocidolita (CAS 12001-28-4), Amosita (CAS 12172-73-5), Amianto antofilita (CAS 77536-67-5), Amianto actinolita (77536-66-4), Amianto tremolita (CAS 77536-68-6) y Crisotilo (CAS 12001-29-5) <i>l</i>
O. 11/12/90	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonatos de plomo (12): Carbonato anhidro neutro $PbCO_3$ (Cas 598-63-0) e Hidrocarbonato de plomo $2Pb CO_3 Pb(OH)_2$ (CAS 1319-46-6) <i>h</i> • Sulfatos de plomo (13): $PbSO_4$ (1:1) (CAS 7446-14-2) y $Pb SO_4$ (CAS 15739-80-7) <i>h</i>
O. 11/12/90	<ul style="list-style-type: none"> • Compuestos de mercurio (14) i
O. PRE/2277/03	<ul style="list-style-type: none"> • Compuestos de arsénico (15) i, j, u
O. PRE/375/03	<ul style="list-style-type: none"> • Compuestos organoestánicos (16) t, u
O. 11/12/90	<ul style="list-style-type: none"> • Di-u-oxo-di-butil-estaño hidroxiborano (DBB) $C_8H_{19}BOSn$ (CAS 75113-37-0) (17) r, k
O. 24/03/00	<ul style="list-style-type: none"> • Pentaclorofenol (18) r, c
O. 31/08/92	<ul style="list-style-type: none"> • Cadmio (CAS 7440-43-9) y compuestos (19) p • Monometil-tetracloro-difenil-metano (Ugilec 141) (20) m, o • Monometil-tetracloro-difenil-metano (Ugilec 121) (21) o • Monometil-tetracloro-difenil-metano (BPT) (22) o
O. PRE/2666/2002	<ul style="list-style-type: none"> • Creosotas (30): Creosota (CAS 8001-58-9), aceite de creosota (CAS 61789-28-4), destilados (alquitrán de hulla) aceites de naftaleno (CAS 84650-04-4), aceite de creosota, fracción de acenafteno (CAS 90640-84-9), destilados (alquitrán de hulla), superiores (65996-91-0), aceite de antraceno (CAS 90640-80-5), ácidos de alquitrán, hulla, crudos (CAS 65996-85-2), creosota, madera (CAS 8021-39-4) y residuos de extracto (hulla), alcalino de alquitrán de hulla a baja temperatura (CAS 122384-78-5) <i>g</i>
O. PRE/730/03	<ul style="list-style-type: none"> • Cloro-alcanos-en C_{10}-C_{13} (parafinas cloradas de cadena corta) (42) q
O. PRE/2277/03, O. PRE/730/03 y O. PRE/3159/04	<ul style="list-style-type: none"> • Colorantes azoicos (43) v
O. PRE/473/04	<ul style="list-style-type: none"> • Éter de pentabromodifenilo (éter de difenilo, derivado pentabromado) (44) r, s • Éter de octabromodifenilo (éter de difenilo, derivado octabromado) (45) r, s

Tabla 9. Otros productos con limitaciones (continúa en página siguiente)

<p>a No se admitirá en ningún tipo de aplicación.</p> <p>b No se admiten en preparados que los contengan en conc. > 0,005%.</p> <p>c No venta al público en general. El envase debe mencionar: "reservado exclusivamente para usos profesionales".</p> <p>d Hasta fin de su vida útil.</p> <p>e No se admitirá como propulsor de aerosoles.</p> <p>f No se admitirá en artículos textiles destinados a entrar en contacto con la piel (vestidos, ropa interior, artículos de lencería, etc.).</p> <p>g Ver NTP 699.</p> <p>h No se admitirán para ser utilizado como pintura, excepto en "restauración" de obras de arte, edificios históricos e interiores de estos.</p> <p>i No se admitirán como sustancias y componentes de preparados destinados a ser utilizados para impedir las incrustaciones de microorganismos, plantas o animales en: a) cascos de buques; b) jaulas, flotadores, redes o cualquier aparejo o equipo utilizado en piscicultura o conchicultura; c) cualquier aparejo o equipo sumergido total o parcialmente.</p> <p>j Para proteger la madera, únicamente podrán utilizarse en instalaciones industriales que utilicen el vacío o la presión para impregnar la madera, siempre que se utilicen soluciones inorgánicas de CCA (cobre-cromo-arsénico). Se admitirá su comercialización para usos profesionales o industriales en aquellos casos en los que la integridad estructural de la madera sea imprescindible para la seguridad de las personas o el ganado, siempre que resulte improbable que alguien entre en contacto con la madera (estructuras de edificios públicos, construcciones agrícolas, edificios de oficinas e instalaciones industriales, puentes y construcciones de puentes, prevención de aludes, barreras y vallas de protección de las carreteras, postes redondos de madera conífera descortezada en las cercas de ganado, estructuras de contención de tierras, postes de transmisión de electricidad y telecomunicaciones y traviesas de vías de ferrocarril subterráneo).</p> <p>k No se aplica si los preparados están destinados a ser transformados en productos acabados en los que no aparezca en una conc. ≥ 0,1%.</p> <p>l Se prohíbe la comercialización de estas fibras y de los artículos que las contengan añadidas intencionadamente. Los productos ya instalados o en servicio antes del 7/6/2002 pueden utilizarse hasta su eliminación o el fin de su vida útil. El crisotilo puede utilizarse en los diafragmas destinados a instalaciones de electrolisis ya exist-</p>	<p>tentes, hasta que alcancen el fin de su vida útil o se disponga de sustitutos adecuados sin amianto.</p> <p>m No se admitirán como sustancias y componentes de preparados destinados a ser utilizados para en la protección de la madera. La madera tratada con dichas sustancias tampoco podrá ser comercializada.</p> <p>o Prohibida la comercialización y uso de esta sustancia y de los productos que la contengan.</p> <p>p No se permitirá para colorear y estabilizar productos acabados, ni para el cadmiado de productos utilizados en determinados sectores (ver Orden 31/08/92).</p> <p>q No se pueden comercializar como sustancias o componentes de otras sustancias o preparados en conc. > 1% destinados a utilizarse en la elaboración de metales y/o engrasado del cuero.</p> <p>r No podrá ponerse en el mercado o emplearse como sustancia o componente de sustancias o de preparados en conc. > 0,1% en masa.</p> <p>s No podrán ponerse en el mercado los artículos que contengan, ellos mismos o piezas piroresistentes de ellos, esta sustancia en conc. > 0,1 % en masa.</p> <p>t No se podrán comercializar como sustancias y componentes de preparados cuando actúen como biocidas antiincrustantes convencionales donde no estén unidos químicamente a la resina principal de la pintura ni en preparados que actúen como biocidas destinados a impedir las incrustaciones de microorganismos, plantas o animales en: todas las embarcaciones, independientemente de su eslora, destinadas a ser utilizadas en canales marinos, costeros, estuarios, vías de navegación interior y lagos; en cajas, flotadores o cualquier otro aparejo o equipo utilizado en piscicultura y conchicultura.</p> <p>u No se admite en el tratamiento del agua industrial.</p> <p>v No podrán utilizarse los tintes azoicos que pueden liberar aminas aromáticas (<i>listas en O. PRE/2277/03</i>) en concentraciones detectables, (superiores a 30 ppm) en los artículos acabados o partes teñidas de los mismos, en artículos textiles ni de cuero, que puedan entrar en contacto directo y prolongado con la piel humana o la cavidad bucal, como: prendas de vestir, ropa de cama, toallas, postizos, pelucas, sombreros, pañales y otros artículos sanitarios, sacos de dormir; calzado, guantes, correas de reloj, bolsos, monederos/billeteros, maletines, fundas para sillas, monederos para llevar colgados al cuello; juguetes de tejido o de cuero y accesorios que los contengan; hilados y tejidos destinados a ser usados por el consumidor final. Los artículos textiles y de cuero no pueden ser puestos en el mercado si no cumplen lo indicado. Los tintes azoicos incluidos en las listas de tintes azoicos no se comercializarán ni utilizarán para teñir artículos textiles o de piel como sustancia o ingrediente en conc. > 0,1% en masa.</p>
--	--

Tabla 9. Otros productos con limitaciones

LEGISLACIÓN RELACIONADA (a 31/08/2006)

- (1) Ley 26/1984, de 19 7 (Jef. Est., BOE 24.7.1984). Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios.
- (2) Ley 14/1986 de 25.4 (Jef. Est., BOE 15.4.1988). Ley General de Sanidad, modificada y desarrollada por distintas disposiciones.
- (3) RD 1406/1989 de 10.11. (M. Relac. Cortes, BBOOE 20.11., rect. 12.12.1989) Limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos. Actualizado por:
 - Orden de 11.12.1990 (M. Relac. Cortes, BOE 14.12.1990)
 - Orden de 31.8.1992 (M. Relac. Cortes, BBOOE 10.9., rect. 30.9.1992)
 - Orden de 30.12.1993 (M. Presid., BOE 5.1.1994)
 - Orden de 14.5.1998 (M. Presid., BOE 21.5.1998)
 - Orden de 15.7.1998 (M. Presid. BOE 21.7.1998)
 - Orden de 15.12.1998 (M. Presid., BOE 22.12.1998)
 - Orden de 11.2.2000 (M. Presid., BOE 16.2.2000)
 - Orden de 6.7.2000 (M. Presid., BOE 11.7.2000)
 - Orden de 25.10.2000 (M. Presid., BOE 27.10.2000)
 - Orden de 7.12.2001 (M. Presid., BOE 14.12.2001)
- Orden PRE/1624/2002 de 5.6. (BOE 29.6.2002)
- Orden PRE/2666/2002 de 25.10. (BOE 31.10.2002)
- Orden PRE/375/2003 de 24.2. (BOE 25.2.2003)
- Orden PRE/730/2003 de 25.3. (BOE 2.4.2003)
- Orden PRE/2277/2003 de 4.8. (BBOOE 19.8. rect. 2.10.2003)
- Orden PRE/473/2004 de 25.2. (BOE 27.2.2004)
- Orden PRE/1895/2004 de 17.6 (BOE 19.6.2004)
- Orden PRE/1954/2004 de 22.6 (BOE 24.6.2004)
- Orden PRE/3159/2004 de 28.9. (BOE 5.10.2004)
- Orden PRE/556/2005 de 10.3. (BOE 11.3.2005)
- Orden PRE/1993/2005 de 17.6. (BOE 23.6.2005)
- (4) Real Decreto 363/1995, de 10 3 (M. Presid., BOE 5.6.1995) por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, modificada y desarrollada por distintas disposiciones.
- (5) Real Decreto 255/2003, de 28.2 (M. Presid., BOE 4.3.03 rect. 5.3.2004) por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, modificada y desarrollada por distintas disposiciones.

Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral

Rayonnements Optiques. Méthodologie pour évaluer l'exposition des travailleurs
Optical Radiations. Methodology to assess the occupational exposure

Redactoras:

Beatriz Diego Segura
Licenciada en Ciencias Químicas

M^a José Rupérez Calvo
Doctora en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
NUEVAS TECNOLOGÍAS

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Con la aprobación y entrada en vigor de las directivas de vibraciones, ruido, campos electromagnéticos y la publicación, en el Diario Oficial de la Unión Europea del 27 de abril de 2006, de la directiva de radiaciones ópticas, se cierra el bloque legislativo destinado a regular la exposición de los trabajadores a los agentes físicos.

Esta NTP pretende facilitar la comprensión y aplicación de la Directiva 2006/25/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2006 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales).

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Las radiaciones ópticas (ultravioletas UV, visibles e infrarrojas IR) son la parte del espectro electromagnético con longitudes de onda comprendidas entre los 100 nm y 1 mm. Están presentes en numerosos puestos de trabajo, aunque sólo las fuentes no protegidas de elevada intensidad pueden suponer un riesgo laboral.

La metodología aquí descrita quiere ser una guía para todos aquellos técnicos de prevención que tengan que realizar una evaluación de puestos de trabajo (PT) con exposición a estas radiaciones. Está desarrollada en forma de diagramas de flujo, que sintetizan cada una de las etapas de la evaluación. No obstante, debido a la extensión limitada de estas Notas Técnicas de Prevención, se recomienda, ante cualquier duda, consultar el texto original de la Directiva 2006/25/CE, así como el resto de las referencias de la bibliografía. La figura 1 describe el "Diagrama General de la Metodología".

Primer paso. Identificación del peligro

La identificación del peligro es el punto de partida de cualquier evaluación de riesgos. En el caso que nos ocupa, esta etapa es de vital importancia porque las radiaciones ópticas están presentes en todos de puestos de trabajo, pero sólo bajo ciertas condiciones se consideran un riesgo que sea necesario evaluar. Cuando las

fuentes de emisión estén encerradas o no sean accesibles, lógicamente no será necesario evaluarlas. Eso sí, hay que asegurarse de que no se realicen operaciones esporádicas en las que los trabajadores puedan verse implicados, como por ejemplo, las operaciones de limpieza y mantenimiento.

En la figura 2 se enumeran una serie de fuentes de exposición y actividades consideradas potencialmente peligrosas, junto con las bandas o rangos espectrales asociados a cada una de ellas.

Segundo paso. Cumplimiento de las normas técnicas

En prevención de riesgos laborales, las normas técnicas son herramientas que permiten simplificar gran parte del trabajo del técnico de prevención. La segunda etapa de esta metodología se centra precisamente en aquellos puestos de trabajo que, por su complejidad, han sido ampliamente estudiados a lo largo del tiempo. El fruto de este estudio son una serie de normas que permiten controlar los riesgos específicos asociados a cada puesto.

Como la elaboración de normas técnicas aumenta constantemente, siempre conviene consultar el catálogo de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) para comprobar si el puesto de trabajo cuenta o no con alguna norma aplicable.

En el diagrama de la figura 3 se citan algunas actividades que cuentan con normas o criterios de aplicación específica.

Aunque la Directiva 2006/25/CE sólo afecta a las fuentes artificiales, el Sol es la principal fuente de radiación óptica de nuestro planeta. Por tanto, los riesgos derivados de la exposición solar también deben de ser evaluados dentro del marco establecido por la Ley 31/1995.

Son muchas las variables que intervienen en los puestos de trabajo con exposición a la radiación solar. La zona geográfica, la hora del día, las condiciones meteorológicas y el tipo de piel del trabajador son sólo algunos ejemplos. Por eso es aconsejable seguir las recomendaciones que ofrece diariamente el Instituto Nacional de Meteorología sobre protección solar, a través de su página web (<http://www.inm.es/web/infmet/predi/ulvip.html>).

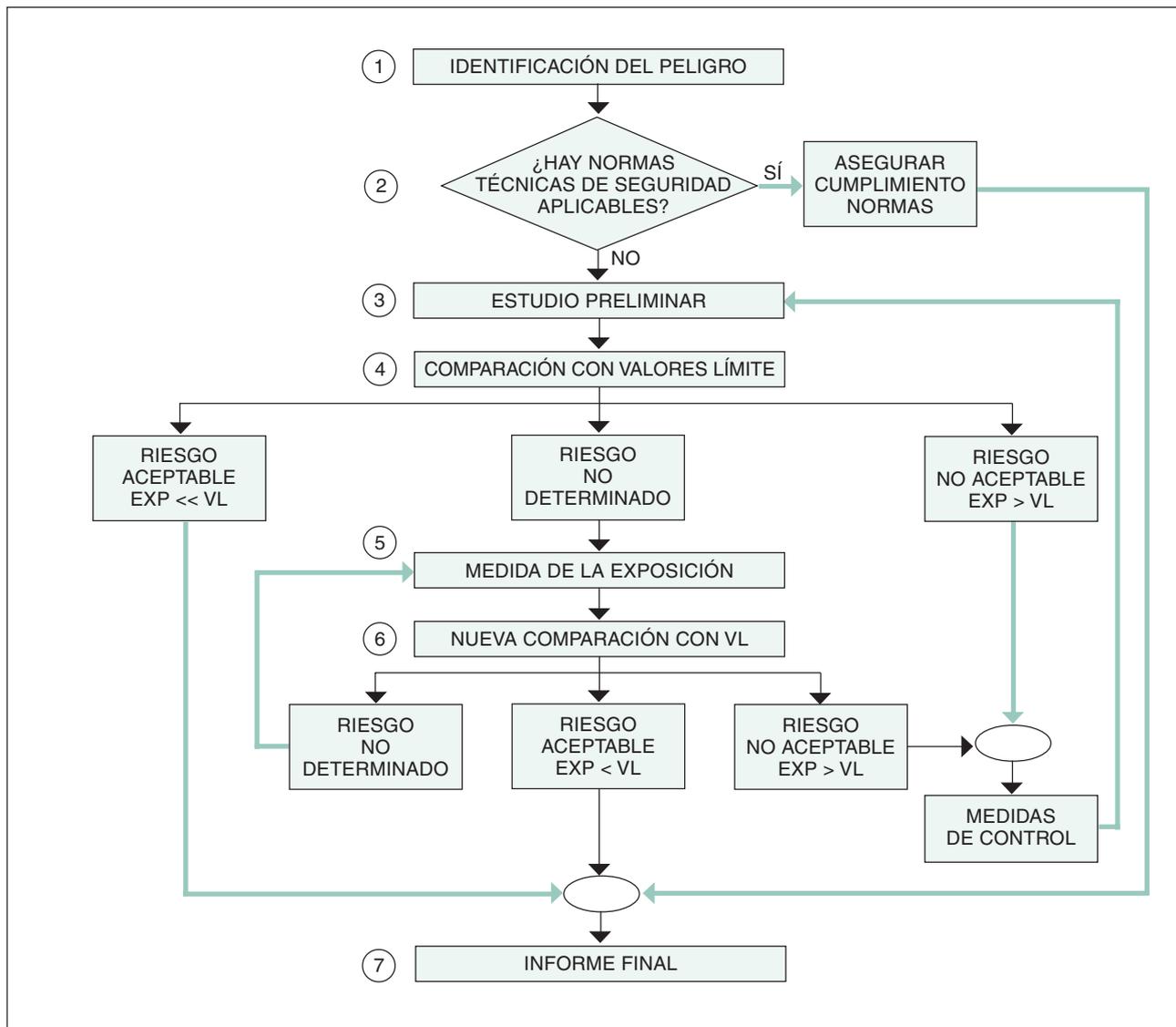


Figura 1. Diagrama General de la Metodología

Fuentes y actividades potencialmente peligrosas	Tipo de radiación
Exposición solar. Soldadura y técnicas relacionadas. Lámparas de Hg de alta y media presión. Lámparas de Xe para artes gráficas.	UV + Visible + IR
Curado de resinas y polimerización barnices. Lámparas para fototerapia y solariums.	UV , visible
Lámparas de Hg de baja presión (germicidas, luz negra y actínicas).	UV
Trabajos con masas en fusión.	IR posible Visible y UV
Láseres de clase 3B y 4 de camino óptico abierto.	UV, Visible o IR

Figura 2. Lista no exhaustiva de fuentes y actividades con exposición a radiaciones ópticas.

Tercer paso. Estudio preliminar

El objetivo de la tercera fase de esta metodología es poder hacer un cálculo aproximado o una estimación de la exposición. Para ello, es necesario realizar una recogida de información pormenorizada centrada especialmente en:

- Los factores relacionados con la fuente.
- Los factores del entorno de trabajo.
- Los factores asociados al trabajador.

Las fuentes radiantes se caracterizan fundamentalmente por su intervalo espectral (ultravioleta, visible y/o infrarrojo) y por la potencia o energía que son capaces de emitir en forma de radiación (potencia o energía radiante). Dependiendo del tipo de emisión, continua o discontinua (pulsante), la magnitud a considerar será la energía radiante o la potencia radiante. Para las emisiones continuas se utiliza la potencia radiante expresada en vatios (W) y para las fuentes de emisión discontinua se emplea la energía radiante en julios (J).

Además de caracterizar la fuente de emisión hay que tener en cuenta el ambiente de trabajo. La existencia de reflexiones, la distancia entre el foco y el trabajador, el tiempo de exposición y la existencia o no de un procedi-

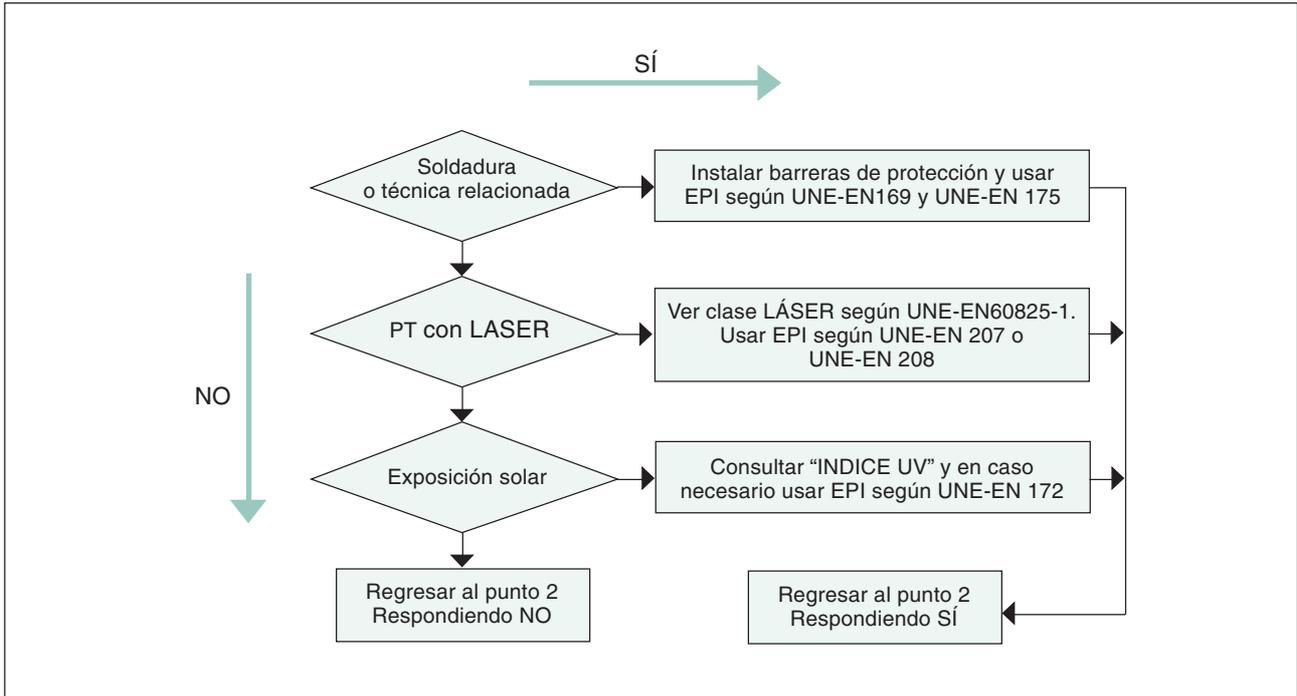


Figura 3. Algunas normas técnicas de uso habitual

FUENTE	PUESTO	TRABAJADOR
Rango espectral	Procedimiento de trabajo	Formación e información
Potencia radiante	Tiempo de exposición	Órgano expuesto
Energía radiante	Ángulo subtendido	Uso de EPI
Divergencia	Distancia a la fuente	
	Puesto móvil o fijo	

Figura 4. Información necesaria para el estudio preliminar

miento de trabajo, son sólo algunos datos muy importantes que deben ser analizados.

Por último, los factores personales más importantes son la parte del cuerpo expuesta, el uso de equipos de protección individual y la formación e información que han recibido los trabajadores.

Con toda esta información ya se puede estimar la exposición realizando un cálculo aproximado, siempre tomando como referencia las condiciones más desfavorables para asegurar la máxima protección del trabajador.

La fórmula siguiente es la manera más sencilla de calcular la exposición. Para poder aplicarla se han de cumplir dos condiciones: que la fuente sea constante en el tiempo y que la distancia entre la fuente y el puesto de trabajo sea suficientemente grande ($\text{Distancia}_{PT-fuente} \geq 10 \cdot \text{Tamaño}_{fuente}$).

$$E(\text{W/m}^2) = \frac{P}{4\pi \cdot d^2}$$

P es la potencia radiante, expresada en vatios y d la distancia a la fuente en metros. El resultado es una estima-

ción de la exposición (irradiancia), comparable directamente con los valores límite.

Cuarto paso. Comparación con los valores límite

El aspecto más novedoso de la nueva Directiva Comunitaria de Radiaciones Ópticas es el establecimiento de unos valores límite de exposición (VL). En el artículo 2 quedan definidos como: “los límites de la exposición a la radiación óptica basados directamente en los efectos sobre la salud comprobados y en consideraciones biológicas. El cumplimiento de estos límites garantizará que los trabajadores expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica estén protegidos contra todos los efectos adversos para la salud que se conocen”.

La Directiva en su artículo 4 recomienda evaluar los riesgos de equipos láser mediante su clasificación de riesgo (ver UNE-EN 60825-1 y NTP 654). Esto evita la utilización de límites de exposición específicos para láser y por eso no se hace referencia a ellos en esta NTP.

Los valores límite para radiación óptica están basados en las recomendaciones del ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación no Ionizante). Se apoyan en los resultados de estudios experimentales y epidemiológicos y se han establecido por debajo de los umbrales de eritema, foto-queratitis y foto-retinitis. Son unos límites complejos que dependen del rango espectral, el ángulo subtendido por la fuente y el tiempo de exposición.

Las magnitudes radiométricas más importantes son la radiancia (L), la irradiancia (E) y la exposición radiante (H). Cada una de ellas se utiliza para evaluar una banda espectral, y para determinados riesgos, los valores límite deben ponderarse espectralmente.

En la figura 5 se exponen los valores límite de forma resumida. Por ejemplo, si se está evaluando el riesgo de exposición de los ojos a la radiación UVA, la magnitud a evaluar será la Exposición Radiante (H), y el valor límite será 10^4 J/m^2 para un tiempo de exposición de 8 horas.

En el caso de que la fuente sea de amplio espectro y

LONGITUD DE ONDA	ÓRGANO	RIESGO	TIEMPO	ÁNGULO EXPOSICIÓN	VALOR LÍMITE SUBTENDIDO	UNIDADES
180 - 400 nm UV	PIEL OJOS	Eritemas/Cáncer piel Queratitis/Conjuntivitis	8 horas	–	$H_g = 30$	J/m ²
315- 400 nm UVA	OJOS	Cataratas	8 horas	–	$H = 10^4$	J/m ²
300 – 700 nm UVA – VISIBLE	OJOS	Retinitis	$t \leq 10^4$ s	$\alpha \geq 11$ mrad	$L_B = 10^6/t$	W/m ² sr
				$\alpha < 11$ mrad	$L_B = 100$	
			$t > 10^4$ s	$\alpha \geq 11$ mrad	$E_B = 100/t$	W/m ²
				$\alpha < 11$ mrad	$E_B = 0,01$	
380 – 1400 nm UVA – VISIBLE – IRA	OJOS	Quemadura retina	$t > 10$ s	C = 1,7 si $\alpha \leq 1,7$ mrad C = α si $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad C = 100 si $\alpha > 100$ mrad	$L_R = 2,8 \cdot 10^7/C$	W/m ² sr
			$10^{-6} \leq t \leq 10$ s		$L_R = 5 \cdot 10^7/C t^{0,25}$	
780 – 1400 nm IRA	OJOS	Quemadura retina	$t > 10$ s	C = 11 si $\alpha \leq 11$ mrad C = α si $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad C = 100 si $\alpha > 100$ mrad	$L_R = 6 \cdot 10^6/C$	W/m ² sr
			$10^{-6} \leq t \leq 10$ s		$L_R = 5 \cdot 10^7/C t^{0,25}$	
780 – 3000 nm IR	OJOS	Quemadura córnea Cataratas	$t \leq 10^3$ s	–	$E = 18 \cdot 10^3 t^{0,75}$	W/m ²
			$t > 10^3$ s		$E = 100$	
380 – 3000 nm UVA – VISIBLE – IR	PIEL	Quemaduras piel	$t < 10$ s	–	$H = 20 \cdot 10^3 t^{0,75}$	J/m ²

Figura 5. Valores Límite de Exposición

abarque más de una banda espectral, por ejemplo ultravioleta y visible o visible e infrarrojo, se deberán cumplir todos los valores límite afectados.

Después seleccionar el límite con el que hay que comparar el dato obtenido del estudio preliminar, se procede a la toma de decisiones. Teniendo en cuenta que no se ha hecho todavía ninguna medición y que la fórmula empleada en la estimación es bastante aproximada, sólo cuando la exposición estimada sea mucho menor que el valor límite se podrá hablar de “riesgo aceptable”.

Hasta que no se desarrollen Normas Técnicas para evaluar y estimar la exposición a radiación óptica, tal y como establece la Directiva 2006/25/CE en su artículo 4.1, el límite entre lo que se considera “riesgo aceptable” y “riesgo no aceptable”, debe establecerlo el técnico de prevención, basándose en las características del puesto de trabajo y en su propia experiencia profesional.

Si el riesgo se considera “no aceptable”, se deberán adoptar directamente las medidas correctoras y volver a realizar el estudio preliminar. Cuando no sea posible clasificar el riesgo como “aceptable” pero tampoco como “no aceptable” habrá que diseñar una estrategia de medición.

Quinto paso. Medida de la exposición

La capacidad de las radiaciones ópticas para producir un daño biológico varía en función de la longitud de onda. A partir de los datos biofísicos obtenidos en los estudios experimentales, se han establecido umbrales de daño biológico. Las curvas de ponderación corrigen la medida de la exposición para cada uno de los efectos descritos. Existen tres curvas de ponderación diferentes:

- $S(\lambda)$ o efectividad espectral para el UV (180-400 nm).
- $B(\lambda)$ o función de riesgo fotoquímico (luz azul) en la retina (300-700 nm).
- $R(\lambda)$ o función de riesgo térmico en la retina (380-1400 nm).

Los coeficientes de estas tres funciones no están reproducidos en esta NTP por su gran extensión, pero se encuentran detallados en las tablas 1.2 y 1.3 del Anexo I de la Directiva 2006/25/CE.

Un aspecto fundamental de esta fase es la elección de los puntos de medida. Éstos deben ser suficientes, tanto en número como en posición, y tienen que reflejar fielmente la posición o posiciones del trabajador a lo largo de la jornada laboral.

Existen en el mercado dos tipos de instrumentos de medida: radiómetros y espectrorradiómetros. Los primeros son equipos sencillos, de fácil manejo y con una buena calidad de medida. Proporcionan directamente un valor numérico de la radiancia e irradiancia y en el caso de los radiómetros integradores también de la exposición radiante. Los radiómetros constan de dos partes: la unidad central y el detector o detectores. Para poder evaluar correctamente todos los riesgos, hay que contar con los siguientes detectores:

- Para el ultravioleta, un detector para el rango 315-400 nm sin ponderar y un detector para todo el rango UV (180-400 nm) ponderado con $S(\lambda)$.
- En el visible: para el riesgo fotoquímico (380 - 550 nm), un detector ponderado con $B(\lambda)$; si el riesgo es térmico (380 - 1400 nm), un detector ponderado con $R(\lambda)$.
- Para el infrarrojo: un sensor para todo el rango del infrarrojo sin ponderar y un sensor ponderado con la curva $R(\lambda)$ para el rango del IRA (780 – 1400 nm).

Los espectrorradiómetros son equipos bastante más complejos que, además de la información que proporcionan los radiómetros, generan un espectro de la fuente, con el que se puede calcular manualmente, tanto las magnitudes totales como las ponderadas a partir de las siguientes fórmulas:

- Radiancia e irradiancia total:

$$L = \sum_i L_i \cdot \Delta\lambda$$

$$E = \sum_i E_i \cdot \Delta\lambda$$

- Radiancia e irradiancia ponderadas:

$$L_{\text{curva}} = \sum_i L_i \cdot \text{Curva}(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$E_{\text{curva}} = \sum_i E_i \cdot \Delta\lambda$$

Sexto paso. Nueva comparación con VL

Esta nueva comparación con los valores límite, es la consecuencia lógica de la fase de medida. Este proceso es similar al de la etapa número cuatro. Consiste en obtener el valor límite para el riesgo y longitud de onda adecuados y compararlo con el valor, en este caso, medido.

Si el cociente de los dos valores está próximo a la unidad, el riesgo sigue calificándose de “no determinado” y habrá que afinar más en el proceso de medida. Si por el contrario el riesgo es “aceptable”, la metodología concluye con la elaboración del informe final.

Séptimo paso. Informe final

Una vez finalizada la evaluación de los puestos de trabajo, toda la información debe quedar reflejada en un informe final que debe de estar redactado de forma clara, para que sea comprensible por sus destinatarios.

Un buen informe debería hacer referencia al menos a los siguientes puntos:

- Objeto del informe.
- Información general (nombre de técnico responsable, trabajadores entrevistados, datos de la empresa...).
- Descripción de las instalaciones, del puesto de trabajo y características de la fuente emisora.

- Esquema de la instalación con la situación de los puntos de medida.
- Descripción de los puestos de trabajo evaluados.
- Metodología de medida empleada con la descripción de los equipos y la fecha de su última calibración.
- Resultado de las mediciones con sus incertidumbres así como la comparación con los valores límite de exposición.
- Recomendaciones, en caso de ser necesarias, y por último
- Conclusiones.

3. MEDIDAS DE CONTROL

Pueden adoptarse cuando una evaluación de riesgos concluye con el resultado de «riesgo no aceptable», o bien estar integradas desde la fase de diseño para evitar los riesgos en origen. En algunos trabajos puntuales, como la soldadura por arco o los trabajos al aire libre, hay que proteger directamente al trabajador con los EPI específicos para cada puesto trabajo.

La figura 6 es un resumen de las principales medidas que se utilizan para controlar los riesgos por exposición a radiación óptica.

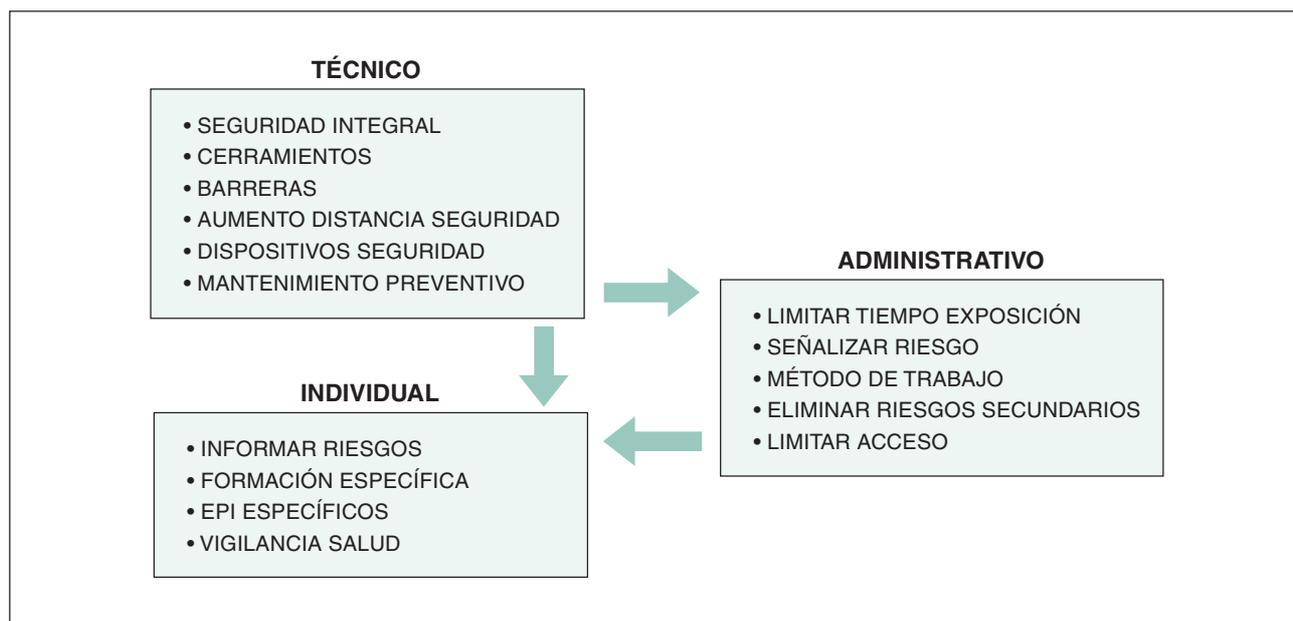


Figura 6. Medidas de control de la exposición

BIBLIOGRAFÍA

- (1) DIRECTIVA 2006/25/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 5 de abril de 2006 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales). DOVE L144 27.4.2006.
- (2) UNE-EN 169:2003 “Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado”.
- (3) UNE-EN 175:1997 “Protección individual. Equipos para la protección de los ojos y la cara durante la soldadura y técnicas afines”.
- (4) UNE-EN 170:2003 “Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado”.

- (5) UNE-EN 171:2002 "Protección individual de los ojos. Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado".
- (6) UNE-EN 172:1995 "Protección individual del ojo. Filtros de protección solar para uso laboral". Con el complemento de UNE-EN 172/A1:2000 y UNE-EN 172/A2:2002.
- (7) UNE EN 60825-1 "Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación del equipo, requisitos y guía de seguridad" 1996. Modificada por: UNE EN 60825-1/A11: 1997 y con el complemento UNE EN 60825-1/A2: 2002.
- (8) UNE EN 207: 1999 "Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser)". Con el complemento de UNE EN 207/A1: 2003.
- (9) UNE EN 208: 1999 "Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas láser (gafas de ajuste láser)". Con el complemento de UNE EN 208/A1: 2003.
- (10) DIEGO B, RUPÉREZ M.J.
Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1/A2: 2002)
Nota Técnica de Prevención NTP-654. INSHT 2005
- (11) RUPÉREZ M.J.
Láseres: riesgos en su utilización
Nota Técnica de Prevención NTP-261. INSHT 1991
- (12) ARMENDARIZ P, RUPÉREZ M.J
Riesgos por radiaciones ópticas procedentes de fuentes luminosas
Ed. INSHT 1998. ISBN 84-7425-451-5
- (13) RUPÉREZ, M.J
La exposición laboral a radiaciones ópticas
Ed. INSHT 1996. ISBN 84-7425-496-5
- (14) RUPÉREZ, M.J., CABRERA, J.A,
Algunas cuestiones sobre seguridad láser
Ed. INSHT, 1996. ISBN 84-7425-434-5.
- (15) ALONSO, F.
Riesgos en operaciones de soldadura
Ed. INSHT 2004. ISBN 84-7425-674-7
- (16) RUPÉREZ, M.J.
Curso de Técnico Superior de Prevención de Riesgos Laborales: Módulo 3. U.D 3.11, y Especialidad Higiene Industrial. U.D 3.4.

Páginas Web:

<http://www.inm.es>

<http://www.aenor.es>

<http://www.icnirp.org>

La salud laboral en el arte flamenco

Santé de travail et art flamand
Occupational Health and flamenco art

Redactores:

Silvia Nogareda Cuixart
Lda. Medicina y Cirugía

Carles Salas Ollé
Ldo. Medicina y Cirugía

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

José María Parra Expósito
Profesor del Aula Flamenca de Badalona

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del mundo de la medicina de la música y el arte, el colectivo de artistas flamencos está considerado como un colectivo de alto riesgo. Tal situación se debe a las malas condiciones en las que trabajan la mayoría de ellos y, así mismo, a la escasa formación, información y concienciación que tienen acerca de la salud en general y de la prevención de los riesgos profesionales en particular.

Si bien se carecía de información epidemiológica y datos de siniestralidad en esta actividad, la percepción de los profesionales de la prevención implicados en la misma es que existen evidentes daños a la salud.

Este fundamento ha sido decisivo para plantear el diseño del cuestionario y de la presente publicación, con el ánimo de poder llegar a equiparar de una forma definitiva, y aplicando criterios técnicos, a los trabajadores del arte a cualquier otra profesión dentro del mundo laboral.

La finalidad de esta Nota Técnica es, por tanto, equiparar el arte flamenco a cualquier actividad laboral con el propósito de detectar las problemáticas fundamentales de este colectivo tanto para poder aplicar medidas preventivas que les mejoren las condiciones de trabajo, como para concienciar a los propios artistas. Para ello se han contemplado dos grandes apartados, el primero hace referencia a la metodología diseñada para la detección de riesgos y la segunda hace referencia a las medidas preventivas para mejorar las condiciones de trabajo de este colectivo.

2. METODOLOGÍA

Se ha diseñado un cuestionario que recoge los principales riesgos a los que está sometido los trabajadores; aunque inicialmente está pensado para ser autoaplicado a fin de preservar el anonimato, dada la idiosincrasia del colectivo al que va dirigido, es recomendable que su aplicación se efectúe por la persona responsable de la prevención; en este caso es imprescindible asegurar la confidencialidad. Es aconsejable, en cualquiera de los dos casos, el tratamiento colectivo de los datos obtenidos.

Dado que en este campo de trabajo, como se ha dicho anteriormente, no existe experimentación previa y estu-



Figura 1. Juana la del revuelto

dios al respecto; se ha procedido a la puesta en práctica del cuestionario planteado con la finalidad de poder llegar a considerar su validación como herramienta preventiva. De este modo, se entrevistó a 52 artistas y los resultados obtenidos han permitido discernir que el cuestionario resulta operativo y que ha servido para rediseñarlo.

El cuestionario consta de 20 preguntas que abarcan los distintos aspectos de las condiciones de trabajo de los artistas de flamenco que suelen afectar más directa y comúnmente en su salud. Los ítems que se han recogido son los siguientes:

- Datos de filiación (sexo, edad, disciplina flamenca, profesionalidad y tiempo de dedicación).
- Datos referentes al riesgo osteo-músculo-articular derivados de actividades de índole distinta a la del flamenco o a la preparación previa o posterior a la práctica del flamenco.
- Datos relativos a la carga mental que puede suponer la interpretación del flamenco en el sentido positivo y en el negativo.
- Datos sobre las condiciones medioambientales en que se desarrolla la actividad.
- Datos sobre el cuidado y vigilancia de la salud.

3. CONTENIDO Y EXPLOTACIÓN DEL CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN

En este apartado se procede a la exposición de las distintas variables contempladas en el cuestionario, atendiendo al planteamiento básico de esta NTP: la equiparación de la actividad flamenca a cualquier actividad profesional y su observación dentro del campo de la prevención de riesgos laborales.

CUESTIONARIO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y LA CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL ARTE FLAMENCO

Rogamos que contestes a todos los ítem del cuestionario. Gracias por tu colaboración.

- | | | |
|--|--|--|
| <p>1. ¿Qué edad tienes?</p> <p>a. Menos de 15 años</p> <p>b. De 15 a 25 años</p> <p>c. De 26 a 35 años</p> <p>d. De 36 a 45 años</p> <p>e. De 46 a 55 años</p> <p>f. De 56 a 65 años</p> <p>g. Más de 65 años</p> <p>2. ¿De qué sexo eres?</p> <p>a. Hombre</p> <p>b. Mujer</p> <p>3. ¿Cuántos años llevas interpretando flamenco?</p> <p>Meses _____ Años _____</p> <p>4. ¿Has interpretado siempre la misma disciplina flamenca?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>5. ¿Qué disciplina flamenca interpretas habitualmente y cuanto tiempo hace que la interpretas?</p> <p>a. Cante _____</p> <p>b. Toque _____</p> <p>c. Baile _____</p> <p>d. Percusión _____</p> <p>e. Otras _____</p> <p>6. ¿Te dedicas como profesional o aficionado?</p> <p>a. Profesional</p> <p>b. Profesional con dedicación parcial</p> <p>c. Aficionado</p> <p>7. ¿Cuantas horas al día dedicas al estudio y a la práctica del flamenco?</p> <p>a. Menos de 2 horas</p> <p>b. De 2 a 4 horas</p> <p>c. De 5 a 6 horas</p> <p>d. De 7 a 8 horas</p> <p>e. Más de 8 horas</p> <p>8. ¿Llevas a cabo otro tipo de actividad laboral o de ocio en la que se hagan movimientos repetitivos de extremidades (manos, brazos, piernas, etc.)?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>¿Cuáles? _____</p> | <p>9. ¿Haces preparación antes de interpretar flamenco?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>¿Qué tipo de preparación? _____</p> <p>10. ¿Haces preparación después de interpretar flamenco?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>¿Qué tipo de preparación? _____</p> <p>11. ¿Cuánto tiempo le dedicas a la preparación antes de interpretar?</p> <p>a. Menos de 5 minutos</p> <p>b. De 5 a 15 minutos</p> <p>c. Más de 15 minutos</p> <p>12. ¿Cuánto tiempo le dedicas a la preparación después de interpretar?</p> <p>a. Menos de 5 minutos</p> <p>b. De 5 a 15 minutos</p> <p>c. Más de 15 minutos</p> <p>13. ¿Atribuyes algún problema de salud actual o antiguo al hecho de interpretar flamenco?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>¿Cuál? _____</p> <p>14. ¿Te haces controles periódicos de la salud?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>15. Cuando interpretas flamenco, ¿sientes emociones o sentimientos positivos?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>¿Podrías definirlos? _____</p> <p>16. Cuando interpretas flamenco, ¿sientes emociones o sentimientos negativos?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>¿Podrías definirlos? _____</p> | <p>17. ¿Tienes costumbre de consumir algún tipo de sustancia específicamente por el hecho de interpretar flamenco?</p> <p>a. Nada</p> <p>b. Bebidas alcohólicas</p> <p>c. Bebidas estimulantes (café, cola, etc.)</p> <p>d. Tabaco</p> <p>e. Sustancias estimulantes (cannabis, hachis, etc.)</p> <p>f. Sustancias estupefacientes (cocaína, heroína, drogas de diseño, etc.)</p> <p>g. Medicación</p> <p>18. Señala el o los factores ambientales que crees que son deficientes en los locales donde habitualmente desarrollas tu interpretación.</p> <p>a. Volumen y calidad de sonido</p> <p>b. Vibraciones</p> <p>c. Iluminación</p> <p>d. Temperatura</p> <p>e. Escenario</p> <p>f. Elementos de apoyo</p> <p>g. Otros _____</p> <p>19. Las posturas que adoptas durante la interpretación, ¿te parecen cómodas?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>¿Por qué? _____</p> <p>20. ¿Serías capaz de adoptar alguna postura o forma de interpretación más adecuada o cómoda, aunque no sea la tradicionalmente aceptada?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>21. ¿Conoces algún compañero o compañera que haya tenido que abandonar la actividad flamenca por algún problema de salud?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No</p> <p>¿Cuántos y por qué? _____</p> |
|--|--|--|

AUTOEVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

Aceptable: 7a, 7b, 7c, 11c, 12c, 17a

Mejorable: 7d, 8a, 9b, 10b, 11b, 12b, 14b, 17c, 17d, 18a, 18b, 18c, 18d, 18e, 18f, 20b

Deficiente: 7e, 11a, 12a, 13a, 15b, 16a, 19b

Muy deficiente: 17b, 17e, 17f, 17g, tres o más deficientes

Son informativas las preguntas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 21

Los ítem 1 a 7 hacen referencia a los datos de filiación de la persona encuestada: edad, sexo y datos relativos a la actividad desarrollada. Deben considerarse, al igual que la pregunta 21, en su interacción con los otros ítems.

Con el ítem número 8 se pretende establecer una valoración para identificar posibles elementos de riesgo en cuanto a movimientos repetitivos (que, evidentemente, pudieran significar daños para la salud, principalmente problemas osteo-tendino-musculares), y que deban añadirse a los inherentes a la propia actividad flamenca.

Los ítems número 9, 10 y 11 también pueden incluirse, en el ámbito de la prevención de riesgos laborales, dentro de la búsqueda de problemas en el marco de las lesiones por movimientos repetitivos, es decir, lesiones de origen muscular o articular diversos.

En el caso de la vuelta al estado de reposo recogida en el ítem 10, es necesario ser conscientes del gran beneficio que se puede obtener para una debida recuperación de la fatiga, comparado con el poco esfuerzo y tiempo de dedicación que ello supone. Sin embargo, siempre habrá que procurar que el artista trabaje los músculos de forma equilibrada para ganar agilidad, resistencia, elasticidad y fuerza. Asimismo, los resultados recogidos en el estudio piloto efectuado para validar el presente cuestionario son abrumadores y dan a entender que éste es un aspecto prácticamente virgen en el mundo del flamenco.

Los resultados de los ítems del 8 al 12 se pueden relacionar directamente con los referentes a los daños producidos en la salud, que se destacan con los ítems 13 y 21. En el colectivo objeto del cuestionario nos encontramos con un predominio de problemas osteomusculares; probablemente, éstos podrían atribuirse casi de lleno a la interpretación del flamenco, dada la poca incidencia que suele haber en cuanto a actividades suplementarias a la interpretación que puedan generar daños a la salud en este sentido.

En el análisis del ítem número 13 se integra el concepto de los daños para la salud (accidentes de trabajo o enfermedades profesionales). Es de destacar que los principales daños para la salud detectados en el estudio piloto así como los recogidos en la bibliografía consultada son los relacionados con los trastornos osteomusculares; los otorrinolaringológicos, y con el estrés.

A la vista de los resultados que se obtengan en la pregunta 13, se puede llegar a considerar la potencial relación entre los mismos y los obtenidos en la pregunta 21 relativa al conocimiento de casos de intérpretes de flamenco que hayan tenido que abandonar su actividad por problemas de salud.

En el ítem número 14, relacionado con los reconocimientos médicos, se establece una clara asociación en el ámbito de la prevención de lesiones con la vigilancia de la salud y los reconocimientos médicos laborales.

A través de los ítems número 15 y 16, se pretende incidir en el estudio de la posible carga mental, de un modo que aunque parezca genérico resulte a la vez efectivo y asumible en el estudio de cara al colectivo al que va dirigido.

El ítem número 17 está interrelacionado con los posibles factores de índole psicosocial que puedan afectar a los intérpretes de flamenco. Resulta un modo indirecto, pero efectivo, de sondear acerca de la carga mental, a pesar de que éste es un aspecto que, desde el punto de vista específico, es sin duda más diverso y complejo.

Aunque la interpretación del flamenco implica cierta carga mental y, sobre todo, emocional (elementos estresores), al mismo tiempo, se retroalimenta con la propia asimilación interna (elementos amortiguadores) que facilita la capacidad creativa e interpretativa. El hecho de que

el enorme desgaste anímico-mental, ligado al físico, se vea amortiguado por las emociones y vivencias relacionadas con la propia interpretación puede ser una característica de los géneros musicales denominados de raíz.

Si se relaciona el ítem 17 con otros ítem del cuestionario, podrían llegar a establecerse correspondencias con el 21, ya que en los antecedentes de que se dispone en la actualidad, se menciona la existencia de casos de abandono de la actividad flamenca por problemas de estado anímico o del sistema nervioso con consumo declarado de alcohol o drogas.

El ítem número 18 guarda una relación clara con el clima ambiental de trabajo de los artistas de flamenco. A este respecto, subrayar que, generalmente, los locales y peñas en los que se desarrolla la interpretación del flamenco pueden presentar claras deficiencias como, por ejemplo, una mala calidad ambiental, temperaturas inadecuadas (en muchas ocasiones se producen festivales al aire libre) o mala calidad del aire (humos fundamentalmente) o falta de renovación del mismo, problemas de sonido y, la situación del público que los hace trabajar en condiciones de mayor incomodidad o tensión.

En los ítem número 19 y 20, que van correlacionados, se plantea una relación directa entre la interpretación flamenca y la ergonomía en prevención de riesgos laborales, es decir, la adaptación de los puestos de trabajo a las personas, haciendo especial incidencia en los aspectos posturales del artista.

Criterios de valoración

Los criterios de valoración del cuestionario se han establecido en base a la importancia del factor de riesgo ó de las consecuencias que pueda tener sobre la salud del artista. Al final del cuestionario se ha incluido un cuadro que tiene como finalidad obtener la evaluación global de la situación que puede ser aceptable, mejorable, deficiente o muy deficiente, en función del conjunto de respuestas cumplimentadas y su consideración.

Aceptable: La situación será aceptable cuando no se detecte, en principio, ninguna deficiencia, por ejemplo, el dedicar menos de dos horas al estudio y práctica del flamenco (respuesta 7a) supone un riesgo mínimo para la salud.

Mejorable: Una situación se considera que es mejorable cuando el riesgo que implica para la salud no es elevado, por ejemplo, no hacer preparación antes de practicar flamenco (respuesta 9b).

Deficiente: En este apartado se clasifican aquellas variables que se considera pueden afectar a la salud del trabajador a medio o largo plazo, por ejemplo, la adopción de una postura no confortable (respuesta 19b).

Muy deficiente: Se considera que una situación es muy deficiente cuando puede afectar a la salud del artista a corto plazo, por ejemplo, el consumo habitual de sustancias estimulantes (respuesta 17e). En este apartado también se incluyen aquellas circunstancias en las que confluyen tres o más situaciones consideradas deficientes.

4. MEDIDAS PREVENTIVAS

En la línea de equiparación de la interpretación de arte flamenco con cualquier otra actividad laboral, se aportan una serie de recomendaciones destinadas a hacer prevención desde la fase de diseño y que van dirigidas tanto al profesorado encargado de formar a los artistas, como a los representantes y a los programadores. Como en

cualquier actuación preventiva, inicialmente intentaremos incidir realizando prevención desde el diseño. Esto significa la necesidad de elaborar una planificación integral difícil de aplicar en este caso dado el deslabazamiento existente entre los agentes intervinientes.

A continuación, se describen las actuaciones preventivas a los artistas que podrían tener mejores resultados en la prevención de daños a la salud y mejora de las condiciones de trabajo de los mismos. Estas actuaciones quedan reflejadas en función de cada una de las disciplinas técnicas de la prevención de riesgos laborales.

Aspectos ergonómicos

Puede afirmarse que existen problemas ergonómicos ligados principalmente a un desconocimiento de las posturas correctas y, en algunos casos, de las técnicas de interpretación. Respecto a la importancia de la técnica de interpretación, en estudio comparativo entre guitarristas clásicos y guitarristas flamencos se ha constatado que el 50 % de los guitarristas clásicos presentan síntomas de sobreuso muscular (básicamente, tensión en extremidades superiores), mientras que en el grupo de flamencos el porcentaje alcanzaba el 82,1 %. Existen problemáticas de sobreuso muscular en extremidades superiores, con una mayor incidencia dentro del colectivo de artistas flamencos entre los guitarristas, que, además, comparativamente, sufren mayor número de lesiones que los guitarristas clásicos.



Figura 2. Manuel Molina

Resulta evidente que la disciplina que parece tener un carácter prioritario dentro de la prevención de riesgos laborales y el mundo del flamenco es la ergonomía. Esto la sitúa como una sobre las que más hincapié debería hacerse para evitar problemáticas de seguridad y salud laboral entre el colectivo de intérpretes de flamenco.

Medidas preventivas

Se ha constatado que los problemas de salud más frecuentes en los artistas flamencos son los osteomusculares, que se producen, básicamente, debido a posturas forzadas o a movimientos repetitivos. Por ello es conveniente adaptar el lugar de la interpretación a la persona que interpreta para evitar enfermedades.

- Hay que adaptar las dimensiones del asiento a las de las personas, tanto a guitarristas como a cantaores, que van a utilizarlo y tener en cuenta su diseño correcto, como podemos ver en la figura 3. Al sentarse, el artista debe apoyar la columna dorsal baja y la lumbar alta en el respaldo, de lo contrario enseguida adquirirá malos hábitos en la postura que pueden ocasionar, a medio plazo, trastornos osteomusculares. Para ello se recomienda inclinar la base del asiento unos 30°.
- La altura de la silla será la adecuada y hay que considerara la posibilidad de disponer de un apoyo para el pie que se adecue a las medidas antropométricas del artista.
- Al sentarse, el artista debe apoyar la columna dorsal baja y la lumbar alta en el respaldo, de lo contrario enseguida adquirirá malos hábitos en la postura que pueden ocasionar problemas.

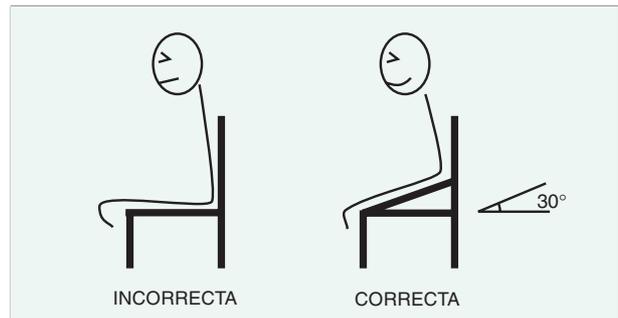


Figura 3. Postura sentado: incorrecta y correcta

- Se debe procurar utilizar apoyos para el instrumento que minimicen las posturas forzadas y los sobreesfuerzos que supone el sostenerlos (por ejemplo, piganillos para las guitarras).
- Es esencial que los artistas sepan adecuar a su anatomía, técnica de interpretación o características particulares todos los elementos que puedan.
- De los datos obtenidos en un estudio realizado se objetiva que los artistas flamencos se preparan poco antes de las interpretaciones y nada después de ellas. Esto es un elemento decisivo para la aparición de problemas de salud relacionados con articulaciones, tendones o músculos. Si se corrige esa situación; del mismo modo en que se tiene en cuenta los principios elementales de las técnicas de interpretación en cada disciplina, los elementos de apoyo de esa interpretación y la búsqueda de la mejora individual progresiva en el artista; se puede llegar a prevenir estos problemas de salud y evitar su aparición. La preparación es tan importante como la educación en los tiempos de descanso.
- Se debe disponer de un sistema de vigilancia de la salud que permita la detección de los problemas de salud lo más antes posible.
- Se deben aplicar métodos de trabajo muscular integral de aplicación universalizada que resultan muy útiles y rentables en el mundo del flamenco, habiendo ya demostrado su aportación en cuanto a prevención primaria y secundaria. Suelen ser series de movimientos controlados, específicamente diseñados para trabajar todos los músculos del cuerpo de forma compensada.
- Los métodos Pilates o Alexandre son algunos de ellos, y se basan en un sistema de ejercicios enfocado a la flexibilidad, a la reeducación postural y a potenciación del cuerpo y de la mente.
- En esta línea de intervención, existen recomendaciones del Institut de Fisiologia i Medicina de l'Art de Terrassa, que permiten elaborar unas medidas para que los artistas realicen una preparación previa y posterior a la interpretación, que, en el campo del flamenco, constituyen una línea de mejora con importantísimas expectativas.

A continuación se ofrecen algunas medidas preventivas tanto para antes como para después de la interpretación. Son aplicables a las tres disciplinas objeto de este estudio (cante, toque y baile) y, en algunos casos, son específicos para alguna de las disciplinas.

Recomendaciones previas a la interpretación

Antes de interpretar, se recomienda hacer una serie de ejercicios cuyos objetivos son:

- Mejorar la elasticidad: calentar músculos, tendones y articulaciones.

- Mejorar el rendimiento, retardar la fatiga y evitar las lesiones.
- Una mejor adaptación psicológica a la actividad.

Además, los ejercicios de calentamiento permiten aumentar el aporte sanguíneo al músculo activo, la velocidad de conducción nerviosa, la movilidad articular y la elasticidad de los tejidos.

Recomendaciones generales

En primer lugar, hay que hacer ejercicios de flexibilidad y estiramientos de todo el cuerpo, prestando especial atención a las zonas que van a trabajar más. Se pueden hacer sentados o de pie. Haz estiramientos, que preparan el músculo para el esfuerzo interpretativo, y contribuyen a recuperarlo después de la actividad y a evitar lesiones.



Figura 4. Francisco Javier Jimeno

Para ejecutar estos ejercicios no se necesita ningún equipamiento especial, lo único que hay que tener en cuenta es que deben hacerse relajada y cómodamente, manteniendo una respiración rítmica, lenta y controlada. Hay que estirar musculatura evitando los rebotes o tirones, y evitando

también el dolor. Es importante comenzar por el lado más cargado o dolorido ya que suele dedicarse más tiempo al lado por el que se empieza, y debe mantenerse cada estiramiento durante unos 20 o 30 segundos.

Por último, insistir en que se deben hacer los ejercicios tanto antes como después de interpretar, y que pueden hacerse en cualquier lugar, lo antes posible.

No hay que olvidar que es necesario ser constante y que los ejercicios son esenciales.

Recomendaciones específicas

Es necesario hacer movimientos suaves y variados sobre el instrumento o reproduciendo los movimientos de la actividad que vas a llevar a cabo. Los movimientos se han de hacer a una velocidad moderada, evitando posiciones forzadas durante tiempos máximos entre 5 o 10 minutos, dependiendo de la intensidad de la actividad.

Los cantaores, deben ejercitar la musculatura buco-facial y la implicada en la actividad de cantar con movimientos y ejercicios de respiración. Los bailarines, deben ejercitar la musculatura de las extremidades, en especial la de los hombros y manos y la de los tobillos y los pies.

Recomendaciones posteriores a la interpretación

Una vez finalizada la interpretación, no se debe finalizar la actividad de repente. Hay que efectuar un enfriamiento activo para eliminar productos residuales y evitar fatiga y lesiones por acumulación del trabajo.

Recomendaciones generales

El enfriamiento general consiste básicamente en estirar los músculos para reducir paulatinamente la actividad corporal hasta el estado de reposo.

Recomendaciones específicas

En primer lugar, hay que disminuir paulatinamente la actividad durante 5 o 10 minutos, por ejemplo interpretando fragmentos o piezas más lentas, fáciles y suaves.

Recomendaciones básicas para interpretar sin lesionarse

- No aumentar las horas de ensayo de forma brusca, hacerlo paulatinamente (como orientación, unos 10 o 20 minutos cada día).
- Dejar los pasajes o piezas más difíciles para el momento central del ensayo.
- Aumentar de forma progresiva la velocidad, dificultad o intensidad del contenido de los ensayos.
- No repetir de manera abusiva algo que no está saliendo bien, hay que buscar alternativas.
- Tener conciencia de la tensión acumulada al tocar o interpretar a fin de poder moderarla.
- Hacer pausas de unos 5 minutos, cada media hora, acumulando un máximo de dos pausas y sólo en caso necesario. (Por ejemplo la proximidad extrema de un concierto).
- No tocar NUNCA con dolor, hay que parar y hacer estiramientos suaves. Si no cede o reaparece el dolor, acudir sin demora al médico.
- Al notar que la musculatura está sobrecargada, hacer estiramientos para no sobrecargarla más. Respetar entonces de forma escrupulosa el resto de los consejos (pausas, consejo médico, duración de los ensayos etc.).
- Intentar ensayar o actuar en las mejores condiciones de iluminación, temperatura, régimen de comidas adecuado, sonido, horas de sueño, etc.
- Hacer siempre estiramientos antes y después de ensayar o actuar.
- Adoptar una postura de trabajo adecuada con apoyo compensado de los pies, con una respiración adecuada, seleccionando la altura de la silla y sentándose correctamente.
- Practicar alguna actividad física complementaria de poco riesgo, que ayude a compensar el trabajo muscular y de las articulaciones.
- Seguir un estilo de vida adecuado aunque pueda resultar complicado debido a los horarios de trabajo, horas de sueño, etc.
- Es necesario adoptar una dieta correcta y compensada (evitando grandes ingestas de comida, cantidades excesivas de sal o grasas, etc.).
- Evitar el alcohol y cualquier sustancia estimulante con la falsa creencia de generar un estímulo anímico.
- Dormir las horas adecuadas (unas 8 horas diarias si es posible) y distribuir el trabajo razonablemente en función de las necesidades de cada momento.

La preparación o la vuelta al estado de reposo evitan la aparición de lesiones, mejoran el rendimiento de la interpretación y reducen el cansancio acumulado. Así pues, el artista necesita efectuar ejercicios que, además de prepararlo para rendir al máximo cuando interprete, lo protejan de la posibilidad de lesionarse y contribuyan a restituir el organismo después del esfuerzo.

Aspectos psicosociales

En otro ámbito de cosas, en la interpretación de flamenco se constata que el balance entre elementos estre-



Figura 5. Camarón

sores (carga mental negativa que pueda sufrir el artista) y amortiguadores (factores que compensan los aspectos negativos o que refuerzan los positivos) es el que determina que la interpretación resulte reconfortante, equilibrada o rentable desde el punto de vista anímico, y, en consecuencia, positiva desde otros puntos de vista (como por ejemplo el técnico), que en su conjunto determinan el nivel final de la interpretación.

Las técnicas de relajación, autocontrol o preparación para la resolución de problemas insalvables pueden resultar altamente efectivas si consideramos sus posibilidades y olvidamos los prejuicios propios del desconocimiento. Siempre es mejor, sin lugar a dudas, adquirir conocimientos sobre ellas que paliar los efectos de la carga mental que tiene la interpretación del flamenco mediante el consumo de fármacos concretos u otras sustancias análogas.

Antes de la interpretación, sobre todo si es ante el público, se debe efectuar una preparación mental previa que tenga en cuenta aspectos de concentración y relajación, e invite al mejor de los rendimientos y a la vez al mayor de los disfrutes.

Aspectos de seguridad e higiene en el trabajo

En cuanto a las condiciones de seguridad del local en que tiene lugar la interpretación se deben considerar: salidas o iluminación de emergencia, medios contra incendios, condiciones de estabilidad del tablao, dimensiones del escenario o área de interpretación, condiciones de los elementos de apoyo de la interpretación, instalación eléctrica, y distribución y proximidad del público. Asimismo, es necesario conocer las instrucciones que hay que seguir en caso de emergencia y tener presente que, en las actuaciones con público, éste toma como referente al intér-

prete que hay en el escenario y la capacidad del mismo de influir sobre el comportamiento de la gente es enorme.

Asimismo, es importante considerar la temperatura, la iluminación, la calidad del aire del local, el sonido o la ubicación del público.

Estos factores parecen afectar de forma más amplia al grupo de «cantaos» y se traduce en problemas de salud de ámbito otorrinolaringológico. Por tanto, las normativas a favor de la restricción del consumo de tabaco, la precaución ante la sequedad ambiental y la hidratación adecuada de las zonas de faringe y laringe son cruciales para afrontar esta problemática.

Las condiciones de sonido, distribución del público, iluminación y temperatura serán esenciales también para el artista.

Vigilancia de la salud

Una correcta vigilancia de la salud, como sería deseable, presenta dificultades ante las circunstancias habituales de los profesionales del sector tales como son lo efímero de algunos contratos, el carácter autónomo y no contractual de la relación laboral, etc.

Es necesario establecer controles de salud periódicamente y estos deben tener un contenido adecuado frente a los riesgos profesionales presentes. Si no es posible acudir de forma periódica a médicos expertos en actividades artísticas, se debe informar al médico habitual de dichos riesgos, para poder actuar correctamente evitando pruebas innecesarias y, por el contrario, dirigiendo las acciones sanitarias hacia objetivos rentables y concretos, consultando a médicos especialistas si es preciso.

El contenido del reconocimiento médico, debe contemplar la exploración del aparato locomotor (sobre todo de extremidades superiores), para valorar los posibles impactos de los movimientos repetitivos y los sobreesfuerzos posturales. Asimismo, habrá que valorar los casos en los que es necesaria una dedicación especial otorrinolaringológica y, finalmente, los aspectos relacionados claramente con las valoraciones del estado anímico y sus implicaciones en la actividad artística.

En cuanto a la periodicidad de los reconocimientos, no existiendo mayores referencias, y atendiendo a las problemáticas detectadas, podríamos considerar 12 meses como norma general.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) GONZÁLEZ CLIMENT, A.
Flamencología.
Ediciones la Posada, 1989
- (2) INSTITUT DE FIOLOGIA I MEDICINA DE L'ART DE TERRASSA.
Consejos básicos para evitar lesiones en los músicos [En línea].
Terrassa: Institut de fisiologia i medicina de l'art
<<http://www.institutart.com/pdf/consejo.pdf>>
- (3) CAPLAN, D.
The Alexander Technique, the use of conscious control in the prevention and treatment of dance injuries.
Contact Quarterly 10(3):31-32. 1985
- (4) MARQUÉS D.N.; ROSSET J.; FONSECA M.F.; GIRGEL, I.G., Y AUGUSTO, L.G.
Flamenco Guitar as a Risk Factor for Overuse Syndrome.
Medical Problems of Performing Artists, marzo de 2003, Núm. 18, pp. 11-14
- (5) MEDEROS, A.
El Flamenco.
Acento Editorial, 1996
- (6) NOGAREDA, S.
Estudio postural. Técnica goniométrica y su aplicación a guitarristas
III Congreso internacional de Prevención de riesgos laborales – ORP 2004, junio de 2004.
- (7) OROZCO DELCLÓS, L. et al.
Tecnopatías del músico.
Aritza Comunicaciones, SL, 1997
- (8) PARRA EXPÓSITO, J. M.
El Compás Flamenco de todos los estilos.
Ediciones Apóstrofe, 1999
- (9) ADAMANY, K., LOIGEROT, D.
Pilates, una guía para la mejora del rendimiento.
Paidotribo, 2006

Alteradores endocrinos: aspectos generales, estrategia comunitaria. Agencias

Disrupteurs endocriniens: Généralités, stratégie communautaire. Agences
Hormone disrupters: General aspects, community strategy. Agencies

Redactores:

Jorge Obiols Quinto

Ldo. en Ciencias Biológicas y en Farmacia

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Se describen aspectos relativos a los efectos que determinados agentes químicos pueden ejercer sobre los organismos animales, afectando funciones normalmente reguladas por hormonas: son los llamados alteradores endocrinos. Sus formas de actuación se apartan del común de los restantes agentes químicos, y de los efectos habitualmente considerados, por lo que su conocimiento, estudio y evaluación exigen métodos especiales.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El control y coordinación de las actividades de las células, tejidos y órganos corporales, se basa en la transmisión de información entre las distintas células, disponiendo de múltiples sistemas de comunicación encargados de esa transmisión. Hay sistemas de comunicación directa entre células contiguas consistentes en ciertos componentes que son vertidos por determinadas células al fluido intersticial (el líquido que rodea las células de los tejidos) y, tras difundir un breve trayecto, actúan sobre otras células próximas regulando su actividad: es la llamada señalización paracrina. La comunicación más compleja y efectiva la llevan a cabo las especies animales altamente organizadas, entre las que se encuentra la especie humana, mediante dos sistemas: el nervioso y el endocrino.

El sistema nervioso constituye una forma rápida, y frecuentemente altamente dirigida a través de vías específicas, de comunicación entre distintas partes del organismo. La transmisión de la información de un lugar a otro se produce en cuestión de milésimas de segundo, de una sola vez, por lo que la respuesta es muy rápida. No obstante, los mensajes pueden prolongarse durante horas, o generarse impulsos de manera repetitiva a lo largo de toda la vida (centros cardiorrespiratorios, por ejemplo); básicamente, la transmisión es por impulsos nerviosos a lo largo de los nervios y mediante la liberación de neurotransmisores.

En el sistema endocrino la transmisión de la información tiene lugar de manera no dirigida a través de mensajeros químicos específicos, las hormonas, que en general se distribuyen a todos los tejidos a través de la sangre; pero sólo aquellas células que presentan receptores específicos para una hormona determinada manifestarán una respuesta efectiva a su presencia. Por todo ello, el tiempo de respuesta es mucho más largo que en la transmisión nerviosa. En los casos de mayor rapidez, puede tardar algunos segundos en producirse (la adrenalina, por

ejemplo, aumenta rápidamente la frecuencia cardíaca), aunque lo habitual es que la respuesta tenga lugar en un periodo de minutos, horas o días (ciclo menstrual, por ejemplo), o incluso años hasta completarse totalmente, como el crecimiento del esqueleto, que suele terminar antes de los 20 años.

En el organismo, en condiciones fisiológicas, la regulación endocrina se desarrolla según estados sucesivos de equilibrio dinámico, de acuerdo con unos patrones genéticamente establecidos, aunque sometidos a la influencia de ciertos factores ambientales. En determinadas circunstancias estos patrones pueden experimentar cambios que perjudican a los individuos que los sufren. Por "alteración endocrina" se entiende un mecanismo que afecta al funcionamiento del sistema endocrino, es decir, al desarrollo, crecimiento, reproducción y comportamiento humanos y animales. Los alteradores endocrinos serían agentes químicos susceptibles de producir desajustes en dicho funcionamiento alterando, por distintos mecanismos, los efectos que fisiológicamente deberían producir las hormonas en los organismos animales y en el hombre. Conviene señalar que el sistema nervioso y el sistema endocrino, aunque separados, presentan interconexiones y cierta superposición funcional. En este solapamiento estriba el hecho de que ciertas sustancias que actúan sobre el sistema nervioso puedan hacerlo indirectamente también sobre el sistema endocrino.

El objetivo de esta nota técnica de prevención son los peligros y riesgos derivados de o relacionados con los alteradores endocrinos y sus efectos. La gestión del riesgo relacionado derivado de las exposiciones a estas sustancias no se trata en esta nota.

2. DEFINICIÓN Y ORIGEN DEL PROBLEMA

Se entiende por *alterador endocrino* "una sustancia exógena o mezcla de ellas que altera la función/es del

sistema endocrino y en consecuencia ocasiona efectos adversos para la salud en un organismo intacto, o su progenie, o (sub)poblaciones". En otra definición, se especifica que son agentes químicos (naturales, sintéticos, de tipo industrial o subproductos) que pueden causar tales efectos alterando la función de dicho sistema (Endocrine Modulators Steering Group /CEFIC, 19 febrero 1998).

Otras definiciones de trabajo en el ámbito de los alteradores endocrinos, auspiciadas por la OMS, PNUMA y OIT, con la colaboración de Japón, EEUU, Canadá, OCDE y la Unión Europea, son:

Alteradores endocrinos potenciales: sustancias exógenas o combinaciones de ellas con propiedades susceptibles de producir alteraciones endocrinas en organismos intactos, su progenie o partes de su población.

Alteradores endocrinos: sustancias exógenas o combinaciones de ellas que alteran las funciones del sistema endocrino y, por lo tanto, tienen efectos perjudiciales para la salud de organismos intactos, su progenie o partes de su población.

Las alteraciones de la función endocrina (de tipo hormonal) producidas por tales agentes, son múltiples, variadas en cuanto los mecanismos por los que se producen, y ocasionalmente de gravedad por sus consecuencias. La primera descripción del fenómeno se debe a Rachel Carson, quien en 1962 en su libro *Silent Spring* describía los efectos de un insecticida, el DDT, que desde su producción para uso civil a partir de 1945, había sido ampliamente empleado para la protección de cultivos. Carson había observado la mortalidad de aves de la zona de Cape Cod, en Maryland, USA, como consecuencia de aplicaciones abusivas. En el libro describía como este producto se acumulaba en el tejido graso de los animales, entraba en la cadena alimentaria, y alcanzaba también al hombre, señalando los efectos ya observados en la naturaleza y advertía de los peligros potenciales de un empleo continuado e indiscriminado. Las aportaciones científicas se han ido sucediendo, demostrando los efectos de los alteradores endocrinos, fundamentalmente en el medio natural. En 1996, Theo Colborn publicó el libro *Our Stolen Future*, que incidió de una ma-

nera más contundente en la magnitud y alcance del problema, especialmente en lo concerniente a la salud humana.

3. ESTRATEGIA COMUNITARIA Y ASPECTOS RELACIONADOS

Se han descrito y se siguen describiendo múltiples efectos que se relacionan con la alteración endocrina en toda la escala animal: invertebrados (moluscos, crustáceos), y de manera más preocupante aún por su proximidad al hombre, en los vertebrados (peces, aves, reptiles) y especialmente mamíferos.

Estos aspectos, junto con los crecientes índices de cáncer de testículo, el descenso de recuento espermático en el varón en ciertos países, posiblemente relacionados todos ellos con la presencia a niveles elevados de ciertas sustancias, así como la considerable escasez o ausencia de datos fiables a todo ese respecto, han sido motivo de creciente preocupación y del inicio de actuaciones decididas durante el decenio de los 90, especialmente en los países industrializados. A todo ello obedecía la Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo [COM(1999)706] "Estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos (*sustancias de las que se sospecha interfieren en los sistemas hormonales de seres humanos y animales*)". El objetivo del documento era doble: definir el problema y establecer una política apropiada para enfrentarse a él. En él se menciona el dictamen del Comité Científico de la Toxicidad, la Ecotoxicidad y el Medio Ambiente (Scientific Committee for Toxicity Ecotoxicity and Environment, SCTEE) de la Comisión, de 4 de marzo de 1999, "Efectos sobre la salud humana y animal de las sustancias químicas alteradoras de los procesos endocrinos, con especial énfasis en la fauna y en los métodos de realización de pruebas sobre ecotoxicidad" en el que se afirmaba que *se han documentado alteraciones en la reproducción debidas a sustancias químicas alteradoras de los procesos endocrinos en una serie de especies animales*. Algunas de ellas se resumen en la tabla 1.

Organismo y alteración	Agentes o circunstancias con el que se relaciona
Hembras de moluscos marinos que sufren masculinización, con descenso de la población (Europa y mar del Norte)	Tributilestaño, componente de pinturas antiincrustantes de barcos
Adelgazamiento de la cáscara de los huevos de las aves, especialmente de las rapaces, dificultando su reproducción, con descenso de la población (Europa y América del Norte)	Diclorodifeniletileno y DDT, contaminación ambiental
Peces de aguas dulces, estuarios y zonas costeras, con efectos de feminización en machos: cambios en los órganos reproductores, en distintos países	Contaminantes en zonas de vertidos. Concentraciones muy elevadas de estrógenos en aguas procedentes del metabolismo de anticonceptivos
Foca gris y anillada (mar Báltico) y foca común con alteraciones en la reproducción y función inmunitaria. Descenso de la población por doble impacto: sobre reproducción y aumento de susceptibilidad a ciertos virus y la consiguiente mortalidad	Policlorodifenilos acumulados en la cadena alimentaria
Aligátos con alteraciones en el desarrollo de los órganos sexuales y sus funciones, en Florida (EEUU)	Plaguicidas vertidos en el medio acuático. Se han detectado efectos antiandrogénicos y estrogénicos en reptiles cuyos huevos han estado expuestos a DDT
En la especie humana, en general, los efectos son inciertos, pero debe considerarse que son equivalentes a los de otros mamíferos y según el alterador hormonal, en cada caso	Exposición directa alteradores en el lugar de trabajo. Exposición directa a través de productos de consumo: alimentos, ciertos plásticos, pinturas, detergentes y cosméticos. Exposición indirecta a través del medio ambiente: aire, agua y suelo

Tabla 1. Alteraciones de la reproducción y desarrollo en distintos organismos y agentes alteradores o circunstancias con los que se relacionan

El planteamiento adoptado, tal como se señala en la Comunicación, se basaba en un enfoque en tres etapas: la identificación del peligro, evaluación del riesgo y gestión del riesgo, con unas actuaciones a realizar a corto plazo (1-2 años), a medio plazo (2-4 años), y a largo plazo (4 o más años). Las dos primeras etapas de carácter técnico, en cuanto a listas de probables sustancias, la exposición, efectos, intercambio de información, consulta con los interesados (stakeholders), identificación y evaluación de los alteradores endocrinos, e investigación y desarrollo de los mecanismos de la alteración endocrina para una comprensión más profunda. Las actuaciones a largo plazo están encaminadas a introducir los cambios legislativos encaminados a proteger al consumidor, la salud y el medio ambiente frente a los alteradores endocrinos.

En cuanto a la identificación del peligro, el estudio de la acción de los distintos agentes químicos sobre el equilibrio hormonal y su consiguiente catalogación como alteradores endocrinos, implica graves dificultades, pues no en vano se trata de un tipo de acción prácticamente desconocido hasta hace cincuenta años. Dadas las limitaciones de los métodos experimentales de estudio, se señalaba como "adaptación al progreso técnico" de la Directiva 67/548/CEE: (1) El desarrollo y validación de métodos de ensayo para la determinación de propiedades de alteraciones endocrinas; (2) El desarrollo de criterios generales para la interpretación de los datos de las pruebas sobre la salud humana y medio ambiente; y (3) La ampliación de las exigencias actuales sobre sometimiento a pruebas de las sustancias nuevas (Anexos VII y VIII de la Directiva).

Por lo que respecta a la peligrosidad de los alteradores endocrinos, cabe destacar que, aunque las alteraciones relacionadas con la reproducción son las más frecuentes e importantes, o quizás las más estudiadas y conocidas, no son las únicas que se pueden producir. En cada situación concreta la identificación de peligros debe estar específicamente orientada a los organismos a proteger, la especie humana (el embrión, el feto, el niño o el adulto) o el medio natural, y los mecanismos, extremadamente sutiles y variados (directos e indirectos), a través de los cuales algunos alteradores ejercen sus efectos sobre el organismo humano, sobre todo en la fase de desarrollo embrionario y fetal. Se ha demostrado en ratas cómo la exposición a determinados alteradores endocrinos en periodo fetal o perinatal puede alterar en los adultos los comportamientos propios de los machos o hacer que no se diferencie el comportamiento de machos y hembras. Como ya se ha apuntado, hay una serie de tejidos endocrinos y hormonas menos conocidas, distintos de los productores de las hormonas sexuales, que pueden resultar también afectados: el hipotálamo y la pituitaria, el tiroides y paratiroides, o las cápsulas suprarrenales y el páncreas endocrino. Para mayor complejidad, a diferencia de lo que ocurría hace unas décadas, los agentes contaminantes que constituyen los nuevos problemas, se encuentran en márgenes de concentración de ultratrazas, a veces del orden de subnanogramos por litro, para los que se requiere el desarrollado de nuevos métodos analíticos.

La evaluación del riesgo se refiere (Reglamento CEE nº 793/93 sobre evaluación de riesgos y control del riesgo de las sustancias existentes) al establecimiento de una lista prioritaria y a la evaluación exhaustiva de los riesgos de las sustancias incluidas en ella, o la inclusión de solicitud de pruebas adicionales en los casos especiales en que haya razones válidas para creer que una sustancia existente (incluida en el EINECS) pueda representar un grave riesgo para la salud humana o el medio ambiente. Debe recordarse, así mismo, que la Directiva 91/

414/CEE relativa a la comercialización de productos fitosanitarios, establece la evaluación del riesgo para las sustancias activas de este tipo de productos; la Directiva 98/8/CE relativa a la comercialización de biocidas hace lo propio con respecto a los biocidas y la Directiva 89/109/CEE y Directivas específicas relativas a los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con productos alimenticios establecen la evaluación del riesgo de las sustancias utilizadas en la fabricación de plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.

En la posterior Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo [COM(2001)262] se estableció una lista de sustancias propuestas, en la que figuran 553 sustancias artificiales y 9 hormonas (sintéticas y naturales). Dicha lista, resultado de la primera fase para el establecimiento de una lista prioritaria, fue elaborada por BKH Consulting Engineers (Países Bajos) e incluida en su informe, en el marco de un contrato celebrado con la DG Medio Ambiente de la Comisión Europea, y se centra principalmente en sustancias utilizadas en la industria, agricultura y bienes de consumo, agrupadas en tres categorías, según la información disponible. El listado de sustancias se consideró como un simple punto de partida para un planteamiento escalonado de la selección de las sustancias prioritarias, con muchas lagunas científicas y con aspectos pendientes, como relaciones dosis-respuesta/potencia, hormonas sintéticas, cuantificación de la exposición, umbrales en cuanto a volumen de producción, y criterios de persistencia. 118 de las sustancias incluidas en la lista son de gran volumen de producción (High Production Volume, HPV) y/o de gran persistencia en el medio ambiente, disponiéndose de datos que confirman su capacidad (efectiva o potencial) para causar alteraciones endocrinas. En la tabla 2 se presentan estas sustancias (algunas de ellas agrupadas cuando se trata de especies químicas de idénticas características). Los resultados fueron remitidos al SCTEE. En concreto, se dio prioridad al estudio de doce de las sustancias propuestas (nueve sustancias químicas y tres hormonas naturales/sintéticas) que no estaban sometidas a ningún tipo de restricción por la normativa comunitaria, con un plazo de 18 meses a tal fin, cuyo informe final se emitió en noviembre de 2002. El resultado de la evaluación de estas doce sustancias se presenta en la tabla 3, con un brevísimo resumen, a partir de los datos disponibles, en cuanto a conclusiones sobre su capacidad de alteración hormonal en la especie humana.

Un segundo estudio se llevó a cabo sobre las 435 sustancias restantes, y se consideró que había indicios de alteración endocrina o potencial alteración endocrina de 147 de ellas. En el siguiente informe sobre la implementación de la Estrategia Comunitaria para los Alteradores Endocrinos [SEC(2004)1372] se hace referencia a todos estos resultados. De entre las 204 sustancias de HPV y/o gran persistencia o con riesgo significativo de exposición (de las 435 mencionadas), hay pruebas de que 147 son alteradores endocrinos o son potenciales alteradores endocrinos: 129 están prohibidas o sometidas a restricción por alguna norma comunitaria (tablas 2 y 3 del Anexo III del informe, no reproducidas aquí) y 18 que no son objeto de restricción ni están afectadas en su uso o producción por ninguna norma comunitaria específica (tabla 1 del Anexo III del informe, no reproducida aquí). De las 57 sustancias restantes no hay base científica para afirmar su potencial alterador o no hay suficientes datos (19 y 38 sustancias, respectivamente, de las tablas 5 y 4 del Anexo III del informe, no reproducidas aquí). Conviene hacer hincapié en la distinción entre sustancias de Categoría 1, aquellas de las que hay pruebas de que producen alteración endocrina, y las de Categoría 2, aquellas de las que sólo hay indicios de su

Nº CAS	Nombre	Tipo de sustancia	Directiva 91/414: Autorizada en la UE	Revisión Directiva 91/414. Situación directiva 76/769
12789-03-6	Clordano	Plaguicida	No	Obsoleta
57-74-9	Clordano (cis y trans)	Plaguicida	No	Obsoleta
143-50-0	Clordecón	Plaguicida	No	Obsoleta
2385-85-5	Mirex	Plaguicida	No	Obsoleta
8001-35-2	Toxafeno	Plaguicida	No	Obsoleta
50-29-3	DDT=clufenotano	Plaguicida	No	Obsoleta
50-29-3	P,p' -DDT=clorofenotano	Plaguicida		Obsoleta
3563-45-9	1,1,1,2-tetracloro-2,2-bis (4-clorofenil)etano(tetracloro DDT)	Plaguicida		Obsoleta
50471-44-8	Vinclozolin	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
12427-38-2	Maneb	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
137-42-8	Metam-sodio	Plaguicida	Determ. países U.E.	N.F
137-26-8	Tiram	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
12122-67-7	Zineb	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
58-59-9	Lindano	Plaguicida	Determ. países U.E.	Retirada
330-55-2	Linurón	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
61-82-5	Amitrol	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
1912-24-9	Atrazina	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
34256-82-1	Acetocloro	Plaguicida	Determ. países U.E.	N.F.
15972-60-8	Alacloro	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
1836-75-5	Nitrofené	Plaguicida	No	Obsoleta
100-42-5	Estireno	Industrial		
118-74-1	Hexaclorobenceno	Industrial	No	Obsoleta
25154-52-3	Nonilfenol	Industrial		Restricción propuesta
85-68-7	Ftalato de bencilo y butilo	Industrial		Restricción propuesta
117-81-7	Ftalato de bis(2-etilhexilo)	Industrial		Restricción propuesta
84-74-2	Ftalato de dibutilo	Industrial		Restricción propuesta
80-05-7	4,4'-isopropil dendifenol= bisfenol A	Industrial		
1336-36-3	PBCs (8 especies distintas incluidas)	Industrial		Sustancia prohibida
nº CAS 004	Ignifugos bromados=PBB (grupo mixto de 209 sustancias)	Industrial		Sustancia restringida
40321-76-4	1,2,3,7,8-pentaclorodibenzodioxina	Subproducto incineración residuos		
1746-01-6	2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (2,3,7,8-TCDD)	Subproducto. incineración residuos		
57117-31-4	2,3,4,7,8-pentaclorodibenzofurano (2,3,4,7,8-PeCDF)	Subproducto. incineración residuos		
nº CAS 050	Compuestos de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
688-73-3	Hidruro de tri-n-butilestaño	Metal		Sustancia restringida
56-35-9	Óxido de bis(tributilestaño)	Metal		Sustancia restringida
26354-18-7	2-ácido propenóico, 2-metil-,metil éster= estano	Metal		Sustancia restringida
nº CAS 100	Copolímero de metóxietyl- acrilato de estaño butilestaño	Metal		Sustancia restringida
4342-30-7	Fenol,2-[[tributilestannil]oxi]carbonil]	Metal		Sustancia restringida
4342-36-3	Benzoato de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
4782-29-0	Estannano, [1,2-fenilenbis(carboniloxi)]	Metal		Sustancia restringida
36631-23-9	Naftalato de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
85409-17-2	Estannano, tributil-, mono(naftenoiloxi)-	Metal		Sustancia restringida
24124-25-2	Linoleato de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
3090-35-5	Oleato de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
26239-64-5	Estannano, tributil[[[1,2,3,4,4a,4b,5,6,1]]]	Metal		Sustancia restringida
1983-10-4	Fluoruro de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
2155-70-6	Metacrilato de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
nº CAS 099	Carboxilato de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
26636-32-8	Naftalato de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
nº CAS 101	Polietoxilato de tributilestaño	Metal		Sustancia restringida
2279-76-7	Tri-n-propilestaño (TPrT)	Metal		Sustancia restringida
1461-25-2	Tetrabutyl estaño	Metal		Sustancia restringida
nº CAS 051	Trifenilestaño	Metal		Sustancia restringida
900-95-8	Acetato de fentín= acetato de trifenilestaño	Metal	Determ. países U.E.	Revisión
95-76-1	3,4-dicloroanilina	Otras sustancias		
10605-21-7	Carbendazina	Plaguicida	Determ. países U.E.	
309-00-2	Aldrin	Plaguicida	No	Obsoleta
60-57-1	Dieldrina	Plaguicida	No	Obsoleta
115-29-7	Endosulfan	Plaguicida	Determ. países U.E.	

continúa en la página siguiente

959-98-8	Endosulfan (alfa)	Plaguicida	Véase endosulfan	Véase endosulfan
	Endosulfan (beta)	Plaguicida	Véase endosulfan	Véase endosulfan
72-20-8	Endrin	Plaguicida	No	Obsoleta
27304-13-8	Oxclordano	Plaguicida	Véase clordano	Véase clordano
39801-14-4	Fotomirex	Plaguicida	Véase mirex	Véase mirex
94-75-7	Ácido 2,4-diclorofenoxiacético(2,4-D)	Plaguicida		Revisión
67747-09-5	N-propil-N-[2-(2,4,6-triclorofenoxi)etil]-1H-imidazol-1-carboxamida	Plaguicida	Todos los Estados miembros	N.F
115-32-2	Dicofol	Plaguicida	Determ. países U.E.	N.F
36734-19-7	Iprodiona	Plaguicida	Todos los Estados miembros	Revisión
137-30-4	Ziram	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
330-54-1	Diuron	Plaguicida	Determ. países U.E.	Segunda lista sustancias prioritarias
333-41-5	Diazinon	Plaguicida	Todos los Estados miembros	Segunda lista sustancias prioritarias
60-51-5	Dimetoato	Plaguicida	Todos los Estados miembros	Segunda lista sustancias prioritarias
121-75-5	Malatión	Plaguicida	Determ. países U.E.	Segunda lista sustancias prioritarias
298-00-0	Paratión-metil	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
56-38-2	Paratión	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
122-34-9	Sumazina	Plaguicida	Determ. países U.E.	Revisión
43121-43-3	Triadimefón	Plaguicida	Determ. países U.E.	N.F
76-44-8	Heptacloro	Plaguicida	No	Obsoleta
74-83-9	Bromometano	Plaguicida	Determ. países U.E.	N.F
709-98-8	Propanil	Plaguicida	Determ. países U.E.	N.F
1570-64-5	4-cloro<ITA>o</ITA>-cresol	Industrial		
98-54-4	4-terc-butilfenol	Industrial		
26761-40-0	Ftalato de di->isodecilo»	Industrial		Restricción propuesta
28553-12-0	Ftalato de di->isononilo»	Industrial		Restricción propuesta
	PBC hexaclorobifenilo (2 especies)	Industrial		Sustancia prohibida
	PBC tetraclorobifenilio (3 especies)	Industrial		Sustancia prohibida
n° CAS 044	Decabromodifenilo (decaBDE)	Industrial		
n° CAS 043	Octabromodifenilo (octaBDE)	Industrial		
n° CAS 045	Pentabromodifenilo (pentaBDE)	Industrial		Prohibición propuesta
107555-93-1	1,2,3,7,8-pentabromodibenzofurano	Subproducto. incineración residuos		
57117-41-6	1,2,3,7,8-pentaclorodibenzofurano	Subproducto. incineración residuos		
83704-53-4	1,2,3,7,9-pentaclorodibenzofurano	Subproducto. incineración residuos		
58802-20-3	1,2,7,8-tetraclorodibenzofurano	Subproducto. incineración residuos		
71998-72-6	1,3,6,8-tetraclorodibenzofurano	Subproducto. incineración residuos		
67733-57-7	2,3,7,8-tetrabromodibenzofurano	Subproducto. incineración residuos		
51207-31-9	2,3,7,8-tetraclorodibenzofurano	Subproducto. incineración residuos		
106340-44-7	Tetrabromodibenzofurano (TeBDF)	Subproducto. incineración residuos		
127-18-4	Tetracloroetileno	Otras sustancias		
	17 beta estradiol *	Hormona natural o idéntica a natural		
	Progesterona *	Hormona natural o idéntica a natural		
	Testosterona *	Hormona natural o idéntica a natural		
	Acetato de melengestrol *	Hormona sintética		
	Trembolona *	Hormona sintética		
	Zeranol *	Hormona sintética		

NOTAS

Las sustancias sombreadas son las que son objeto de una evaluación de riesgos con arreglo a la legislación comunitaria vigente en el momento de redactar la presente NTP

N.F.: No figura como sustancia prioritaria en las listas 1ª o 2ª; notificada para la 3ª fase del programa de revisión.

*Sustancias restringidas en virtud de la Directiva 96/22/CE por la que se prohíbe utilizar determinadas sustancias de efecto hormonal.

TABLA 2. Sustancias de las que se tienen pruebas que confirman su capacidad efectiva o potencial para causar alteraciones endocrinas

NºCAS	Nombre	Tipo de sustancia	Resultado en cuanto a alteración endocrina para la especie humana
1675-54-3	2,2-bis-[4-(2,3-epoxipropoxi)fenil]propano	Industrial	No representa un riesgo para trabajadores o consumidores
75-15-0	Sulfuro de carbono	Otras sustancias	Estudios que demuestran efectos en la función pituitario-gonadal en trabajadores expuestos de ambos sexos
59-50-7	Clorocresol (=4-cloro-3-metilfenol)	Industrial	Escasos datos sobre exposición de trabajadores y consumidores. No representa un riesgo para los consumidores
120-83-2	2,4 -diclorofenol	Industrial	No se observan efectos adversos en la reproducción o desarrollo al nivel tóxico sistémico. Exposición laboral baja (sistemas cerrados). La exposición potencial de los consumidores no se considera preocupante
99-99-0	4-Nitrotolueno	Otras sustancias	Con los niveles de exposición actual no representa un riesgo para los trabajadores ni los consumidores (incluidos los niños)
90-43-7	O-fenilfenol (=bifenil-2-ol)	Industrial	Experimentalmente no se observan efectos reproductivos ni sobre el desarrollo (pocos datos sobre la exposición laboral)
108-46-3	Resorcinol	Otras sustancias	No es embriotoxico ni teratógeno. A los niveles actuales de exposición no constituye un riesgo para los trabajadores ni los consumidores
140-66-09	4-tert-octilfenol	Industria	No hay pruebas experimentales de efectos reproductivos en animales. La exposición a los niveles actuales no constituye riesgo para los trabajadores ni consumidores (incluidos los niños)
046	2,2',4,4'-tetrabromodifenileter	Subproducto industrial	No se ha considerado necesaria su revisión
53-16-7	Estrona	Hormona natural/sintética	No se ha considerado en el estudio
50-28-2	17-β-estradiol	Hormona natural/sintética	No se ha considerado en el estudio
50-63-6	17-β-etinilestradiol	Hormona sintética	No se ha considerado en el estudio

Las tres hormonas incluidas no fueron objeto de evaluación para la especie humana dado que por su propio origen y/o actividad biológica actúan sobre el sistema endocrino humano. Las dos primeras las produce normalmente el organismo, y también son objeto de uso terapéutico en el tratamiento de ciertos tipos de cáncer; el 17-α-etinilestradiol es de origen sintético y tiene uso médico en la preparación de anticonceptivos (en combinación con una progestina sintética), en el tratamiento de ciertos tipos de trastornos ginecológicos y en el de cáncer posmenopáusico

TAB LA 3. Lista de doce sustancias evaluadas por la Comisión Europea, no sometidas a ningún tipo de restricción normativa

capacidad potencial como alteradores endocrinos, según el criterio adoptado por BKH (en sus informes de 2002-2003). Las restantes sustancias hasta el total de 435, no son HPV o persistentes o de las que se espera una exposición importante (172), o se trata de mezclas, polímeros o nombres duplicados (59) y no constituyen listas específicas en el citado informe. En la tabla 4 se resumen todos estos aspectos. Conviene destacar que en todo el documento se hace especial énfasis en los productos HPV (de elevada producción).

El CSTE hace unas recomendaciones específicas, respecto a los dos estudios mencionados; concretamente, en cuanto al estudio de las 435 sustancias con insuficiente información señala:

- Que el CSTE expresa su conformidad en cuanto a que la toxicidad reproductiva sea considerada como toxicidad sistémica y no como alteración endocrina a menos que fuesen alterados parámetros específicos tales como los niveles hormonales.

- Los agentes químicos de baja producción con alta liberación en el medio ambiente o con elevada potencia no han sido tratados de manera suficiente en el informe.
- Debe especificarse que los efectos de los potenciales son diferentes para la salud de los individuos de la especie humana, comparados con los de las poblaciones de la naturaleza.
- El tipo de liberación [de un agente al medio ambiente] no se tiene en cuenta en el informe: los productos químicos industriales se liberan de forma continua, el uso de pesticidas da origen a una liberación temporal.

Los cuatro puntos mencionados ponen de manifiesto la tremenda complejidad del estudio de los alteradores endocrinos y sus efectos o consecuencias. Parece un buen criterio el de que no siempre que se produzcan alteraciones en la reproducción, deban éstas ser consideradas como una alteración endocrina, a

Lista inicial de de 553 sustancias				
Sustancias de HPV y/o alta persistencia, con pruebas de AE (66) o potencial capacidad de AE (52) 118		435 sustancias. De ellas son de HPV y/o de persistencia importante o exposición esperada significativa 204		
Con pruebas de AE o potencial AE, sometidas a legislación vigente 109	Con pruebas de AE o potencial AE, no sometidas a restricción o legislación vigente 9	Pruebas de AE (Exposición: Alta: 84 Media: 5 Baja: 4) 94	Pruebas de capacidad potencial de AE 53	Sin pruebas científicas de AE (19) o insuficiente información (38) (Annex III tablas 5 y 4) 57
		Consideradas en la legislación comunitaria (Annex III, tabla 2 y 3) 129	No consideradas en la legislación comunitaria (Annex III, tabla 1) 18	
Del grupo de 435 sustancias, 172 no son de HPV o persistentes o no se espera exposición importante (sin tabla específica en el documento), otras 59 son mezclas o polímeros o nombres duplicados (sin tabla específica en el documento)				
HPV= High Production Volume, son sustancias de gran producción AE= Alterador endocrino				

Tabla 4. Esquema de la agrupación de sustancias para su evaluación, con indicación de los criterios adoptados [SEC(2004) 1372-COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT]

menos que se disponga de valores de parámetros específicos como los niveles hormonales. Así mismo, los efectos potenciales de los alteradores hormonales no se debe esperar que sean los mismos en la especie humana que en los animales del medio natural. Así mismo, no sólo ha de tenerse en cuenta las propiedades de las sustancias, sino también la forma en que interactúan con el medio, en cuanto a concentraciones, y ritmo o ciclos de su liberación. Una consideración análoga debe hacerse al respecto de las posibles exposiciones de carácter laboral, por lo que respecta a niveles de exposición, periodicidad y continuidad de la misma.

Finalmente, hay que destacar que el Reglamento (CE) 1907/2006 REACH (Registro, Evaluación, y Autorización de Sustancias Químicas) establece una serie de exigencias a fabricantes e importadores, especialmente en materia de información de peligros y riesgos de las sustancias. Por lo que respecta a aquellas sustancias que son capaces de causar graves efectos en la salud de las personas o el medio ambiente, como son los alteradores endocrinos, se requiere, además, una autorización, caso por caso, para su uso y puesta en el mercado. Asimismo, para los alteradores endocrinos concretamente se establece un plazo hasta el 1 de junio de 2013 para la revisión de la información disponible de cara a que la Comisión tome o no medidas de protección específicas frente a ellas.

4. ACTIVIDADES Y ORGANISMOS RELEVANTES

Dentro de la Estrategia se esbozan otros aspectos y actividades a considerar. Entre ellos, el intercambio de información y la cooperación internacional, a fin de evitar duplicidades y asegurar la actualización de la información reunida. A tal fin, la Comisión contribuyó económicamente a la publicación de un informe, con una sólida base científica pero de fácil comprensión, sobre la alteración endocrina: "Global Assessment of the State-of-the-Science of Endocrine Disruptors", publicado por el Internacional Programme on Chemical Safety (IPCS), en 2002, siendo el resultado de un amplia colaboración internacional preparado por un grupo de expertos en nombre de la OMS, la OIT y el Programa del Medio Ambiente

de Naciones Unidas. En cuanto a I+D, dentro del Cuarto Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (1995-1998), la alteración endocrina ya se había incluido como un tema de investigación prioritaria por la creciente preocupación generada entre el público. En programas posteriores se ha incrementado; los resultados se pueden hallar en la correspondiente página web. El CREDO cluster (Cluster Research into Endocrine Disruption in Europe, el grupo de investigación en alteradores endocrinos en Europa), iniciado formalmente en marzo de 2003 consiste en una serie de 4 proyectos, EDEN, FIRE, EURISKED Y COMPRENDO. De este último proyecto, cuyo nombre corresponde al acrónimo Comparative Research on Endocrine Disrupters - Phylogenetic Approach and Common Principles focussing on Androgenic/Antiandrogenic Compounds, sobre los efectos androgénicos o antiandrogénicos de ciertas sustancias, uno de los aspectos de la disrupción hormonal que se está convirtiendo en motivo de creciente preocupación de cara al futuro de las generaciones inmediatas, se publicó el informe final en marzo de 2006. La meta general del proyecto COMPRENDO es la mejora de la comprensión de los efectos de los agentes alteradores endocrinos en la vida acuática y la especie humana para mejorar los estándares de calidad ambiental y la salud pública en Europa.

CASCADE, Network of Excellence, está financiada por la UE en el marco del Sixth Framework Programme (FP6), integra 24 grupos de trabajo de 9 países de la UE (entre ellos España). Se dedica al estudio de las sustancias que actúan como alteradores endocrinos, centrado en los efectos sobre la salud humana por la presencia de residuos en los alimentos y en el agua de bebida. Sus objetivos principales son: el reforzamiento de la capacidad científica y la excelencia tecnológica, reconocimiento entre los científicos de la necesidad de utilizar plenamente la información científica, suministro de formación e información a los consumidores y autoridades para una toma de decisiones con plena información de los riesgos de exposición a estos agentes, suministro de información científica novedosa sobre los mecanismos de acción de los residuos químicos en alimentos y el logro de que esta información sea útil para desarrollar métodos de ensayo, la evaluación del riesgo y análisis del beneficio.

Son muchas las agencias y organismos públicos y privados que realizan actividades de investigación y/o difusión de información en el campo de los alteradores endocrinos. La Oficina de Investigación y Desarrollo (Office of Research and Development, ORD) de la Agencia de Protección de Medio Ambiente de EEUU (Environmental Protection Agency, EPA), estableció en 1996 el estudio de este tipo agentes como un de las seis materias de estudio prioritarias. Estableció un programa con tres objetivos: (1) Alcanzar un mayor conocimiento de los aspectos científicos subyacentes a los efectos, exposición, evaluación, y gestión del riesgo de los alteradores endocrino; (2) Determinar la magnitud del impacto de estos agentes en la especie humana, las poblaciones de la naturaleza y el medio ambiente; y (3) Apoyar un programa de detección y ensayo (*in vitro* e *in vivo*) de alteradores endocrinos. En 2001 la ORD presentó su nuevo Strategic Plan (sobre la base del de 1996, modificado en el 1997) en un documento final de 48 p. Entre otros aspectos, hace referencia a las tendencias estimadas en los próximos 10 ó 20 años y sus implicaciones, y las 5 metas propuestas cuya consecución ha de conformar el futuro de la protección ambiental; cada meta está integrada por unos objetivos y unas acciones concretas, y se describen los elementos de medida del grado de consecución específica de cada una. En la

correspondiente página de la EPA se pueden encontrar a través del buscador listados de los trabajos publicados y en curso de ejecución, relacionados con los proyectos de investigación de la agencia

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en su publicación sobre valores límite de exposición profesional, señala con la notación “*ae*” aquellos agentes químicos que, de acuerdo con la estrategia comunitaria ampliamente comentada, se consideran “alteradores endocrinos”, y que se relacionan en la tabla 1 de la NTP 758. En este sentido, es muy importante tener presente, a la hora de aplicar tales valores límite, que no protegen necesariamente la salud del trabajador frente a los riesgos de disrupción hormonal que puedan ejercer tales agentes en el organismo. Dichos valores se han establecido para proteger la salud frente a un o unos determinados efectos sistémicos, específicos para cada agente, que no tienen relación con la alteración endocrina, independientes de ella, y por tal motivo la vigilancia de la salud se considera, en principio, del máximo valor. Así, por ejemplo, el valor límite adoptado para el lindano puede proteger frente a determinados efectos sobre el sistema nervioso, pero está demostrado que se producen efectos como consecuencia de la disrupción hormonal a niveles mucho más bajos.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Comisión de las Comunidades Europeas. COM(1999)706- COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL CONSEJO Y EL PARLAMENTO EUROPEO
Estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos (sustancias de las que se sospecha interfieren en los sistemas hormonales de seres humanos y animales).
Bruselas, 17.12.1999.
- (2) Comisión de las Comunidades Europeas. COM(2001)262 final- COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL CONSEJO Y EL PARLAMENTO EUROPEO
Aplicación de la estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos –sustancias de las que se sospecha interfieren en los sistemas hormonales de seres humanos y animales- COM(1999)706.
Bruselas, 14.06.2001 final.
- (3) Comisión of the European Communities. SEC(2004) 1372-
COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT on implementation of the Community Strategy for Endocrine Disrupters –a range of substances suspected of interfering with hormone systems of human and wildlife (COM(1999) 706).
Brussels, 28.10.2004.
- (4) INSHT
Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España. 2007
Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Madrid, 2007.
- (5) Schulte-Oehlmann, Ulrike *et al.* (2006)
COMPRENDO: Focus and Approach
Environ Health Perspectives. 114 (Suppl. 1): 98-100.
- (6) Web CASCADE, Network of Excellence
www.cascadenet.org
- (7) Web
CREDO cluster
<http://www.credocluster.info/>
- (8) Web EPA
<http://www.epa.gov/endocrine>
<http://www.epa.gov/osp/stplan.htm>
<http://www.epa.gov/ord/hm/researchstrategies.htm>
http://cfpub.epa.gov/si/si_publication.cfm?subject=ENDOCRINE+DISRUPTION&ref_site=ORD
- (9) Web Estrategia Comunitaria Alteradores Endocrinos
http://ec.europa.eu/environment/endocrine/strategy/substances_en.htm
- (10) Web European Endocrine Research
http://ec.europa.eu/research/endocrine/index_en.html
http://ec.europa.eu/research/endocrine/background_links_en.html
http://ec.europa.eu/research/endocrine/projects_completed_en.html
- (11) Web Global Assessment of the State-of-the-Science of Endocrine Disruptors
<http://ehp.niehs.nih.gov/who>

Alteradores endocrinos: exposición laboral

Les perturbateurs endocriniens: exposition professionnelle
Endocrine disrupters: occupational exposure

Redactores:

Ofelia García Hevia

Lda. Ciencias Químicas

INSPECCIÓN DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL
DE ASTURIAS

Dolores Guimaraens

Especialista en Dermatología/Medicina del Trabajo

Luis Lagoma Lorén

Ldo. Ciencias Biológicas

Flor Pollo Vicente

Lda. Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

En esta Nota Técnica de Prevención se hace una introducción a la problemática asociada a los alteradores endocrinos, revisando las principales familias, las particularidades tóxicas, la exposición vía dérmica, las medidas preventivas y la integración de la perspectiva de género.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Se han realizado diversos estudios que han permitido relacionar patologías, tanto en animales como en los seres humanos, con la exposición a contaminantes medioambientales que podría afectar a su sistema endocrino. Estos contaminantes, capaces de actuar sobre el sistema endocrino, reciben el nombre de *alteradores endocrinos*.

El Programa Internacional de Protección a los Productos Químicos, con la participación de la OMS, PNUMA y OIT, ha acordado definir como *alteradores endocrinos* las sustancias exógenas, o combinaciones de ellas, que alteran las funciones del sistema endocrino y, por tanto, tienen efectos perjudiciales para la salud de organismos intactos, su progenie o partes de su población.

Asimismo ha definido los *alteradores endocrinos potenciales* como las sustancias exógenas o combinaciones de ellas con propiedades susceptibles de producir alteraciones endocrinas en organismos intactos, su progenie o partes de su población.

La exposición a alteradores endocrinos es universal. Los alteradores endocrinos están presentes en todos los ámbitos de nuestra vida. Así, los podemos encontrar en muchos productos de uso común, como resinas, plásticos, pesticidas, detergentes, cosméticos, fragancias y también en la actividad laboral.

Sistema endocrino

El sistema endocrino es el conjunto de órganos y tejidos del organismo que liberan un tipo de sustancias llamadas hormonas, que controla, coordina y regula numerosas actividades vitales como el metabolismo y la reproducción. El sistema endocrino ejerce un efecto regulador sobre los ciclos de la reproducción, incluyendo el desarrollo de las gónadas, el periodo de madurez funcional y su posterior envejecimiento, así como el ciclo menstrual y el periodo de gestación.

La función de control la ejerce el sistema endocrino a través de un complejo sistema de comunicaciones que engloba las glándulas endocrinas, las hormonas y las células especializadas.

Glándulas endocrinas

Las encargadas de producir las hormonas son las glándulas endocrinas. Dentro de ellas, el primer lugar lo ocupa sin duda la hipófisis o glándula pituitaria, que es un pequeño órgano de secreción interna localizado en la base del cerebro, junto al hipotálamo; su función es fundamental para el cuerpo humano, por cuanto tiene el control de la secreción de casi todas las glándulas endocrinas.

Hormonas

Las hormonas son sustancias muy eficaces y, para llevar a cabo su función, tan solo son necesarias pequeñas cantidades. Se trata de sustancias químicas secretadas por las glándulas endocrinas a consecuencia de un estímulo. Las hormonas son transportadas a través del organismo a células diana y se unen a receptores específicos de las mismas, que pueden estar en las proximidades de las glándulas o a distancia. Para ejercer su acción, todas las hormonas deben unirse a su receptor específico y estas uniones inician mecanismos intracelulares que conllevan las respuestas celulares.

Entre las funciones que controlan las hormonas se incluyen:

- Las actividades de órganos completos.
- El crecimiento y desarrollo.
- La reproducción.
- Las características sexuales.
- El uso y almacenamiento de energía.
- Los niveles en la sangre de lípidos, sal y azúcar.

Si se modifican los estímulos en algún punto crítico del

desarrollo, los efectos se notarían en la descendencia en forma de graves consecuencias.

Particularidades de la exposición a alteradores endocrinos

La exposición a compuestos químicos con actividad hormonal no afecta por igual a todos los individuos expuestos. Se cree que la exposición uterina tiene consecuencias de una gran magnitud que no son fáciles de sospechar en individuos adultos.

Una característica común en muchos alteradores endocrinos es su carácter lipofílico. Se ha observado presencia de estas sustancias en tejido adiposo, suero, leche, quistes mamarios, cordón umbilical, hígado y pulmón.

Los alteradores endocrinos que no son persistentes actúan durante cortos períodos de tiempo, en momentos críticos del desarrollo, desapareciendo del organismo con facilidad.

Los alteradores endocrinos persistentes se acumulan en el organismo de las personas expuestas pudiendo actuar posteriormente al momento crítico de la exposición. Hay un patrón de incremento de carga corporal con la edad, que puede deberse a la acumulación de los productos a través del tiempo, por producirse exposición repetida.

Para estudiar la problemática planteada por la exposición humana a alteradores endocrinos, así como sus consecuencias sobre la salud, se siguen diferentes metodologías. Para establecer la relación entre exposición a alteradores endocrinos y frecuencia de presentación de alteraciones de la salud humana se precisan estudios clínico-epidemiológicos.

El desarrollo de esta metodología plantea una serie de problemas en el sentido de que la *medida de la exposición* a alteradores endocrinos es, cuando menos, compleja debido a una serie de factores:

- La información sobre la producción, uso y aplicaciones de los compuestos incluidos bajo esta denominación es muy escasa.
- No se dispone de pruebas adecuadas para su identificación y categorización, ya que se han desarrollado para actividades hormonales estrogénicas y androgénicas.
- La medida de compuestos químicos, de forma aislada, puede que no dé la información deseada sobre el efecto biológico a investigar.
- El listado de alteradores endocrinos se actualiza periódicamente, de tal manera que no puede decirse que sea definitivo.

A la hora de estudiar la relación existente entre exposición a alteradores endocrinos con *dosis – respuesta*, conviene previamente hacer una serie de reflexiones:

- Los alteradores endocrinos pueden no presentar una única relación dosis – respuesta a una misma exposición y puede ocurrir tras períodos de latencia prolongados (varios años).
- La exposición de las personas no es a una única sustancia sino, en la mayoría de las ocasiones, a un conjunto de las mismas, pudiendo interactuar entre ellas ya sea inhibiendo sus efectos, ya potenciándolos, ya sumándolos.
- La acción hormonal, derivada de la exposición, dependerá de la cantidad adecuada y concreta de la hormona y de su momento preciso. Hay que tener presente, además, que los efectos variarán dependiendo de la edad y sexo de las personas expuestas.

4ª. Existe un problema añadido, en este caso de exposición global, relativo a la capacidad que presentan los contaminantes para ser transportados por diversos medios (aire, agua, alimentos), así como la capacidad de depositarse en zonas localizadas a muchos kilómetros de distancia del lugar en donde se originaron.

5ª. La determinación del período de exposición para los alteradores endocrinos se ve dificultada por la capacidad de muchos de ellos de bioacumularse.

2. GÉNERO Y ALTERACIÓN ENDOCRINA

La necesidad de aplicar una perspectiva de género en la seguridad y salud en el trabajo viene fundamentada en el hecho de que la realidad de la salud laboral demuestra que los riesgos y las patologías se distribuyen de manera desigual entre hombres y mujeres. Esto es atribuible a distintas causas, entre ellas: la segregación horizontal y vertical del mercado de trabajo, la doble jornada laboral (puesto de trabajo-hogar) de una gran parte de las mujeres y la distinta biología de ambos sexos, con especial mención al embarazo y la maternidad. En la Estrategia Comunitaria de Salud y Seguridad 2002-2006 (COM (2002) 118 final) se señala como objetivo integrar la dimensión de igualdad entre hombres y mujeres en la evaluación del riesgo, las medidas preventivas y los mecanismos de indemnización teniendo en cuenta las particularidades de las mujeres en lo que respecta a la salud y la seguridad en el trabajo (ver NTP-657).

Habitualmente los problemas de la salud de las mujeres se han minusvalorado y desvinculado de la causa ocupacional, la única normativa específica existente es la vinculada a la protección de la maternidad, y existen pocos estudios sobre los riesgos que afectan a las mujeres y sus rasgos diferenciales. De hecho la mayoría de la investigación sobre la salud laboral de las mujeres se ha focalizado en su capacidad reproductiva (ver NTP-542), obviando la posible influencia de las condiciones de trabajo en otros aspectos o etapas como la menstruación o la menopausia.

Las mujeres no son las únicas afectadas por la exposición a los alteradores endocrinos, también los hombres presentan riesgos, pero en el caso de las mujeres se dan una serie de características propias o específicas, tanto en los daños potenciales como en los factores biológicos o sociales de su exposición (vinculados respectivamente al sexo y al género):

- Se sospecha que distintos *daños a la salud de las mujeres* pueden estar relacionados con los alteradores endocrinos, entre otros se ha correlacionado la exposición de trabajadoras a disolventes con la reducción de la fertilidad, el riesgo de cáncer de mama y la exposición a pesticidas organoclorados, y varios estudios proporcionan evidencias de una relación entre la exposición a dioxinas y la endometriosis. También ciertas alteraciones del ciclo menstrual y la edad de menarquía y menopausia podrían verse influenciadas por la exposición, laboral y extralaboral, a sustancias alteradoras del sistema hormonal. La especificidad en los daños a la salud conlleva la necesidad de estudios diferenciales, también en la vigilancia de la salud y el desarrollo de indicadores adecuados (entre otros, los biomarcadores de efecto, para la capacidad reproductora masculina -producción y calidad de esperma- están mucho más desarrollados que para la femenina).
- La *especificidad vinculada al sexo* viene referida a los factores biológicos diferenciales, como son el di-

ferente contenido graso (la mayoría de los alteradores endocrinos son liposolubles), el diferente y complejo equilibrio hormonal de las mujeres, quienes pasan por distintas etapas (embarazo, lactancia, menopausia, ciclos menstruales) a lo largo de su vida, e incluso la diferencia en los procesos de detoxificación. A pesar de ello los estudios toxicológicos se han centrado en poblaciones trabajadoras compuestas mayoritariamente por hombres, concentrándose las investigaciones en profesiones predominantemente masculinas, con los problemas que se derivan en la extrapolación de resultados. Las diferencias biológicas relacionadas con el sexo apoyan fuertemente una distinta susceptibilidad a la acción tóxica de estos agentes. Así lo han demostrado estudios en animales de experimentación e investigaciones epidemiológicas.

- Por otro lado también hay que tener en cuenta las *especificidades vinculadas al género*, entendido como construcción social: determinados puestos o tareas se desempeñan de forma mayoritaria por mujeres, por ejemplo en el sector de la limpieza con sospecha de presencia de alteradores endocrinos en un amplio número de productos. O el rol desempeñado en la sociedad que conlleva la exposición a alteradores endocrinos en cosméticos o el uso de anticonceptivos hormonales y de productos para las terapias hormonales sustitutivas

3. EXPOSICIÓN DÉRMICA Y ALTERADORES ENDOCRINOS

La piel es una de las vías de penetración más importantes para numerosos alteradores endocrinos. La piel, con una superficie aproximada de 1,8 m² en una persona adulta, recubre la superficie del cuerpo junto con las membranas mucosas de los orificios corporales. Conocemos cómo es una barrera contra los agentes físicos, químicos y biológicos, pero siempre que se encuentre en las condiciones adecuadas de salud e integridad.

La absorción de sustancias químicas por la piel en el trabajo puede producir un efecto sistémico, constituyendo una vía de importancia toxicológica directa o una vía de contribución. También determinadas sustancias químicas producen un efecto local actuando como irritantes y/o sensibilizantes, siendo responsables de dermatosis profesionales.

Los estudios demuestran que la penetración dérmica varía significativamente en función de la zona de la piel donde tiene lugar la exposición. Estas diferencias se deben tanto al espesor de la piel como al número distinto de poros o folículos pilosos de una zona determinada. La penetración también depende del estado de la piel. La integridad de la piel en su conjunto es imprescindible para que conserve su propiedad barrera.

El comportamiento de la piel como barrera es diferente en función de cada agente químico. Los diversos alteradores endocrinos tienen características físico-químicas diferentes y han de ser valoradas. El peso molecular y la liposolubilidad son factores muy importantes.

En la actividad laboral se producen situaciones combinadas y de adición de exposición a diversas sustancias químicas. La naturaleza de la exposición (abierto-cerrado, única-repetida) se convierte en un factor fundamental modificando las posibilidades de absorción cutánea. Es muy diferente la exposición cutánea de un trabajador de acuerdo con los procedimientos de trabajo en cada actividad concreta que realiza. Para hacer una correcta evaluación de la exposición debemos considerar con

gran detalle los escenarios de trabajo y las tareas pormenorizadas.

El flujo sanguíneo dérmico aumenta debido a la temperatura de la piel y este hecho favorece la penetración dérmica. Si la temperatura ambiente o corporal aumenta, la difusión del agua a través de la piel también aumenta.

El aumento de la temperatura ambiente permite que sea mayor el número de moléculas capaces de alcanzar la energía necesaria para atravesar el estrato córneo. Una misma sustancia en diferentes condiciones de trabajo no va a constituir el mismo riesgo. Los alteradores endocrinos pueden actuar en concentraciones bajísimas, por lo que debemos plantear conseguir la nula exposición de los trabajadores a estas sustancias.

4. TRABAJO Y ALTERADORES ENDOCRINOS

Los principales alteradores endocrinos relacionados con el trabajo son los plaguicidas, las dioxinas, los PCB, el HCB, los ftalatos, los alquilfenoles y el bisfenol A.

Plaguicidas

Se conocen como plaguicidas determinadas sustancias de naturaleza química, de origen natural u obtenidas por síntesis que tienen una acción biocida contra diferentes elementos.

Los plaguicidas pueden absorberse por vía dérmica, respiratoria y oral.

La piel es el órgano más expuesto. Es frecuente que se produzcan dermatitis de contacto en la mayoría de los casos de carácter imitativo y, en otros casos, alérgicas. La absorción a través de la piel puede ser debida a contactos directos con el plaguicida o como consecuencia de su vehiculización a través del aire. La vía dérmica se considera la más importante durante la mayoría de las situaciones de aplicación en el campo y probablemente representan un papel considerable en la exposición de los trabajadores en plantas de formulación y otras situaciones laborales donde pueda existir una carga de plaguicidas en aire. Las diferentes partes de la piel son penetradas a distinta velocidad según el disolvente o material activo de que se trate. La penetración es más fácil si la piel está caliente o dañada, así como con las formulaciones líquidas o concentradas. Generalmente, los plaguicidas son absorbidos sin quemar la piel, sin irritación local, sin dolor y sin ninguna otra indicación de su penetración.

Dentro de los plaguicidas hay que hacer especial mención para el *endosulfán* por ser uno de los plaguicidas más ampliamente utilizados en la agricultura española a pesar de estar prohibido en numerosos países.

Su presencia medioambiental es muy importante.

Dioxinas

Su denominación química es dibenzo-p-dioxinas. Son compuestos orgánicos formados por dos anillos de benceno unidos por dos átomos de oxígeno. Se incluyen en este grupo, por la similitud de sus propiedades y efectos, siete dibenzodioxinas policloradas (PCDDs) y diez dibenzofuranos policlorados (PCDFs).

A diferencia de los PCBs, las dioxinas no son productos fabricados a propósito por el hombre con fines prácticos. Estas sustancias se generan involuntariamente, como subproductos no deseados durante la fabricación de her-

bicidas, conservantes de madera, antisépticos, pesticidas, productos de papel, etc. o durante reacciones químicas fuera de control. También se producen cuando se queman determinadas sustancias tales como PCBs, nafta de plomo, plásticos, papel y madera.

Se encuentran en niveles mucho más bajos en el ambiente que los PCBs.

Puede haber exposición laboral a estos compuestos en el caso de accidentes industriales o tecnológicos (incendios, derrames, etc.), o por contacto.

Las fuentes principales de generación de dioxinas son la incineración de residuos, las fábricas de pasta de papel que usan cloro o dióxido de cloro como agente blanqueante y la fabricación de PVC.

La exposición a dioxinas se relaciona con la aparición de cloracné hiperpigmentación, alteración de la función hepática y metabolismo lipídico inmunosupresión, pérdida de peso, mayor incidencia de sarcomas y l. Hodking. La causa del cloracné es posiblemente la interferencia de estos agentes químicos con la síntesis de la vitamina A en la piel. El cloracné es un síntoma constante cuando hay niveles altos de dioxinas en suero.

PCB (bifenilos policlorados)

Bifenilo policlorado o PCB se refiere a un grupo de 209 isómeros obtenidos mediante la cloración de los bifenilos y se caracteriza por el contenido de clorina.

Son considerados productos peligrosos debido a su persistencia en el medio ambiente, por su capacidad de bioacumularse en las cadenas alimenticias, no degradar en el medio ambiente y causar efectos adversos en los organismos expuestos a estas sustancias, como es la alteración endocrina.

La exposición en el lugar de trabajo puede ocurrir durante la reparación y el mantenimiento de equipos que contienen PCBs (principalmente los transformadores), accidentes, derrames, transporte de material o del equipo, o incendios.

Las principales rutas de ingreso al organismo son por vía respiratoria, con aire contaminado, y por vía dérmica, mediante el contacto directo con materiales contaminados con PCBs.

Uno de los aspectos más preocupantes de estas sustancias es que, si se someten a temperaturas elevadas, como son incendios o recalentamiento de transformadores eléctricos, pueden convertirse en dioxinas y furanos.

Los PCBs están presentes en todo el medio ambiente y se piensa que pueden tener efectos negativos sobre la salud humana en una magnitud mayor de lo que se pensaba, afectando a funciones hormonales del tiroides. Se sospecha que las consecuencias sobre la salud humana, derivadas de ser alteradores endocrinos, pueden ser importantes.

En el año 1996, la Comisión Europea requirió a los Estados miembros que estimasen las cantidades de PCB aún existentes y que elaborasen planes de actuación para conseguir su erradicación estableciéndose el año 2010 como fecha límite para que desaparezcan totalmente del mercado todos los PCBs.

Hexaclorobenceno (HCB)

El hexaclorobenceno es un sólido blanco cristalino que no se encuentra de forma natural en el medio ambiente. Se forma como producto secundario durante la fabricación de otras sustancias químicas. También pueden

generarse pequeñas cantidades durante la incineración de basura municipal.

Puede permanecer en el ambiente durante mucho tiempo ya que se degrada muy lentamente. No se disuelve fácilmente en el agua y puede acumularse en peces y en otros organismos acuáticos.

Podemos estar expuestos a hexaclorobenceno mediante alimentos contaminados, respirando niveles bajos en aire contaminado y trabajando en una fábrica que lo usa o lo obtiene como subproducto. Los estudios en animales han demostrado que produce efectos adversos sobre la salud como daños en el hígado, el tiroides, el sistema nervioso, los huesos, los riñones, la sangre y los sistemas inmunitario y endocrino. También nos muestra que posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.

Ftalatos

Los ftalatos son sustancias químicas usadas principalmente como plastificantes, para aportar flexibilidad a los plásticos. Algunas aplicaciones típicas son: el envasado de alimentos, dispositivos médicos, juguetes y artículos de puericultura. Otros usos de los ésteres de ftalatos son: cables, film, y laminados, tubos y perfiles, productos revestidos, revestimiento de nitrocelulosa, tintas, barnices, aditivos para caucho, látex, cementos y selladores, aditivos de aceites lubricantes, cosmética, etc.

Los plastificantes son sustancias que se agregan en la fabricación del PVC para aportar blandura y flexibilidad.

Los ftalatos principalmente usados como plastificantes son: DEHP (dietilhexil ftalato), DINP (diisononil ftalato), DBP (dibutil ftalato), DIDP (diidodecil ftalato) y BBP (butilbenzil ftalato).

Varios ftalatos son alteradores endocrinos. Algunos causan daños en el hígado, los riñones y los testículos.

En pruebas realizadas en los laboratorios, se han relacionado anomalías del útero y reducción en la cantidad y calidad del esperma. Además, podrían dañar órganos como hígado, riñones y testículos.

Alquilfenoles

Estas sustancias se utilizan como detergentes industriales, y en algunas pinturas y varios plásticos. Están presentes en el poliestireno modificado y en el cloruro de polivinilo (PVC). También se encuentran en textiles y cuero.

Experimentos en laboratorio confirmaron la actividad estrogénica de los alquilfenoles en especies animales y en humanos.

Son alteradores endocrinos y pueden dañar el sistema inmunológico.

Bisfenol A

El bisfenol A es un compuesto químico que lleva años empleándose de forma regular en la fabricación de numerosos productos plásticos gracias a su capacidad como estabilizante. Entre otros muchos, el bisfenol A se emplea en la fabricación de resinas epoxi, alquilfenoles, poliéster-estirenos y algunas resinas de poliéster. Estos plásticos son habituales en envases para alimentos, botellas destinadas a bebés, envases plásticos retornables de zumos, leche y agua e incluso contenedores para microondas y utensilios de cocina.

Distintos estudios publicados en los últimos años han evidenciado la relación de este compuesto con alteraciones

del ciclo hormonal. Otros estudios han puesto de manifiesto la presencia de altas dosis de bisfenol A en sangre y cordón umbilical de mujeres embarazadas y han correlacionado su presencia con la aparición de anomalías en fetos y recién nacidos. También se ha correlacionado el compuesto con un incremento de cáncer de próstata y de mama y malformaciones reproductivas.

5. ACTUACIONES PREVENTIVAS

La primera de las actuaciones preventivas, tal como recoge la Estrategia Comunitaria en Alteradores Endocrinos [COM (1999) 706 final] es la aplicación del *principio de precaución*; en tanto en cuanto no se cubran las lagunas de conocimiento actuales relativas a la identificación y efectos de la exposición a alteradores endocrinos, el principio de cautela debe guiar la adopción de medidas preventivas reduciendo la exposición a los niveles más bajos posible.

Ya que la perspectiva de género debe ser integrada en todas las acciones y políticas, más que una legislación específica en género y prevención, lo que se necesita es una revisión crítica del acervo existente y de su aplicación. Por ejemplo, la Directiva 92/85/CEE para la protección de mujeres embarazadas, que han dado a luz recientemente o en periodo de lactancia no cubre todos los riesgos ya que el daño puede haberse producido antes de que la mujer conozca su estado. Este punto es especialmente importante en el caso de la exposición a alteradores endocrinos, donde diversos estudios demuestran que la etapa más peligrosa para el feto son las primeras semanas de desarrollo. Por ello, y en aplicación del artículo 25.2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales [Ley 31/1995 de 8 de noviembre (BOE nº 269, de 10 de noviembre)] deben *evaluarse* los puestos de trabajo prestando atención específica a los *factores que puedan influir en la función reproductora*. Es, por tanto, un proceso que debe llevarse a cabo de manera previa al embarazo.

El primer paso en la evaluación del riesgo potencial es la *identificación de las sustancias* con capacidad de actuar como alteradores endocrinos a las que pueda estar expuesta la trabajadora. Para esta identificación se puede acudir a los listados publicados en las sucesivas aplicaciones de la estrategia comunitaria. (Ver Tabla 1).

La *vigilancia de la salud* es una herramienta imprescindible en el proceso preventivo (ver NTP-612). Es difícil establecer la relación causa-efecto de los daños a la salud producidos por la exposición laboral a alteradores endocrinos. Esto es debido a varias causas, una de ellas es la dificultad en acceder a biomarcadores, accesibles y contrastados. Sin embargo, el *uso de los indicadores adecuados* es una herramienta imprescindible para la monitorización de las trabajadoras afectadas y el establecimiento de estrategias preventivas, sobre todo cuando se realiza su análisis desde una perspectiva amplia que incluya el estudio de un número amplio de trabajadoras del sector sometidas a las mismas pautas de exposición. Ya que uno de los efectos potenciales de los alteradores endocrinos son las alteraciones en el ciclo ovulatorio, uno de los indicadores de utilidad son los parámetros asociados a la menstruación y sus alteraciones: longitud del ciclo, duración, desaparición de la menstruación etc. Asimismo, el control de determinadas hormonas relacionadas con las alteraciones de la fertilidad y del sistema endocrino puede resultar necesario, por ejemplo se ha descrito la asociación entre niveles bajos de hormona luteinizante (LH) y exposición laboral a hidrocarburos.

La tabla 2 muestra posibles indicadores.

A otra escala se hace necesario que los estudios y en-

Nº CAS	AGENTE QUÍMICO
309-00-2	Aldrín
61-82-5	3-Amino-1,2,4-triazol
1912-24-9	Atrazina
74-83-9	Bromuro de metilo
8001-35-2	Canfeno clorado
57-74-9	Clordano
53469-21-9	Clorodifenilo (42% de cloro)
11097-69-1	Clorodifenilo (54% de cloro)
94-75-7	2,4-D
50-29-3	DDT
333-41-5	Diazinón
60-57-1	Dieldrín
75-15-0	Disulfuro de carbono
330-54-1	Diurón
115-29-7	Endosulfán
72-20-8	Endrín
100-42-5	Estireno (monómero)
84-74-2	Ftalato de dibutilo
117-81-7	Ftalato de di 2-etilhexilo
76-44-8	Heptacloro
118-74-1	Hexaclorobenceno (C2)
58-89-9	Lindano
121-75-5	Malatión
298-00-0	Metil paratión
1836-75-5	Nitrofenol (C2)
99-99-0	4-Nitrotolueno
56-38-2	Paratión
127-18-4	Percloroetileno
108-46-3	Resorcinol
137-26-8	Tiram

Tabla 1. Agentes químicos considerados como alteradores endocrinos incluidos por el INSHT en las tablas de Límites de Exposición Profesional

EDAD DE MENARQUÍA Y MENOPAUSIA
PARÁMETROS DEL CICLO MENSTRUAL: LONGITUD, ALTERACIONES, ETC.
TIEMPO NECESARIO PARA EMBARAZOS-INFERTILIDAD Y SUBFERTILIDAD
DISMINUCIÓN DE LA LIBIDO
PROBLEMAS DURANTE EMBARAZO Y/O PARTO
ANOMALÍAS/MALFORMACIONES EN HIJOS
NIVELES HORMONALES

Tabla 2. Indicadores potenciales

cuestas de las condiciones de trabajo incluidas en las políticas preventivas nacionales o regionales incluyan indicadores específicos relacionados con la salud reproductiva o daños específicos a la salud femenina.

La vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos, sobre todo en los trabajadores sensibles, deberá ser cuidadosa, se deberá aplicar el principio de precaución y

realizar una correcta y pormenorizada prevención de la exposición cutánea a estos agentes. Se deberán valorar muy bien todos los factores que puedan aumentar la absorción a través de la piel. Se evitará la exposición cuando exista algún tipo de dermatitis. Es preciso realizar una *cuidadosa exploración cutánea* evitando todo tipo de dermatitis. La medicina del trabajo, los dermatólogos y la sanidad en general deben estar alerta para la detección y observación de cualquier alteración de la salud en este campo.

6. LEGISLACIÓN EUROPEA SOBRE ALTERADORES ENDOCRINOS

Se basa en la directiva 67/548/CEE relativa a la clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas, siendo ésta la principal directiva de clasificación de sustancias basada en sus propiedades intrínsecas, la directiva 88/739/CEE, sobre clasificación, embalaje y etiquetado de preparados peligrosos y la directiva 99/45/CEE, que amplía el ámbito de aplicación de la anterior a productos y preparados fitosanitarios considerados como peligrosos para el medio ambiente.

Se basa en tres etapas:

- El punto básico de *identificación del peligro*. En este punto se determina la capacidad inherente de una sustancia, para causar efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente a partir de las propiedades intrínsecas de la sustancia.
- Una segunda etapa, *evaluación del riesgo* se basa en la identificación del peligro y la determinación de la exposición a la sustancia química.
- Por último, la *gestión del riesgo* implicaría el desarrollo de la estrategia a seguir para reducir o eliminar el riesgo.

En el año 2001 la Comisión de las Comunidades Europeas promulgó la "aplicación de la estrategia comunitaria

en materia de alteradores endocrinos – sustancias de las que se sospecha interfieren en los sistemas hormonales de seres humanos y animales" COM (2001) 262 final.

Esto implica la adaptación o, en su caso, la modificación de los instrumentos legislativos de que actualmente dispone la Unión Europea, sobre sustancias químicas y protección del consumidor, la salud y el medio ambiente, teniendo en cuenta las alteraciones endocrinas.

Finalmente, hay que destacar que el Reglamento (CE) 1907/2006 REACH (Registro, Evaluación, y Autorización de Sustancias Químicas) establece un plazo hasta el 1 de junio de 2013 para la revisión de la información disponible sobre los alteradores endocrinos de cara a que la Comisión tome o no medidas de protección específicas frente a ellas

En el caso de España, aparecen reflejados estos compuestos en el *Documento de Límites de Exposición Profesional en España*, en el cual se especifica que existen una serie de sustancias utilizadas en la industria, la agricultura y los bienes de consumo de las que se sospecha que interfieren con los sistemas endocrinos de los seres humanos y de los animales y que son causantes de perjuicios para la salud como el cáncer, alteraciones del comportamiento y anomalías en la reproducción.

En el caso del ser humano, algunas vías posibles de exposición a alteradores endocrinos son la exposición directa en el lugar de trabajo o a través de productos de consumo como alimentos, ciertos plásticos, pinturas, detergentes y cosméticos, o indirecta a través del medio ambiente (aire, agua y suelo). [Estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos (sustancias de las que se sospecha interfieren en los sistemas hormonales de seres humanos y animales). Comisión de las Comunidades Europeas, COM (1999) 706 final, Bruselas 17.12.1999].

Los valores límite asignados a estos agentes no se han establecido para prevenir los posibles efectos de alteración endocrina, lo que debería considerarse a efectos de la vigilancia de la salud de los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA

- COMISIÓN EUROPEA
Estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos. Comisión de las Comunidades Europeas, COM (1999) 706 final, Bruselas 17.12.1999
- COMISIÓN EUROPEA
Aplicación de la estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos. Comisión de las Comunidades Europeas, COM (2001) 262 final, Bruselas 14.06.2001
- COMISIÓN EUROPEA
Aplicación de la estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos. Comisión de las Comunidades Europeas, SEC (2004) 1372, Bruselas 28.10.2004
- PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO
Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de

2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) nº 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1488/94 de la Comisión así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión
DO L 396 de 30.12.2006

- Global assessment of the state-of-the-science of endocrine disruptors. The International Programme on chemical Safety (IPCS)

Recursos en Internet

http://ec.europa.eu/environment/endocrine/index_en.htm
http://ec.europa.eu/research/endocrine/index_en.html

La adicción al trabajo

“Dépendance au travail”
“Workaholism”

Redactores:

Marisa Salanova

Dra. Psicología

Mario del Líbano

Lic. Psicología

Susana Llorens

Dra. Psicología

Wilmar B. Schaufeli

Dr. Psicología

*Equipo de Investigación WoNT_Prevenció Psicosocial
UNIVERSITAT JAUME I DE CASTELLÓN*

En esta Nota Técnica se describe un daño psicosocial emergente: la adicción al trabajo. Se define el concepto, se describen sus características y qué aspectos del trabajo “potencian” la adicción. Por último, se trata su diagnóstico y la aplicación de medidas preventivas.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. ¿QUÉ ES LA “ADICCIÓN AL TRABAJO”?

La adicción al trabajo es un concepto relativamente reciente. En 1968 un profesor americano de religión lo utilizó para referirse en broma a su propia relación con el trabajo y lo comparó con otra adicción: el alcoholismo. Más tarde, en 1971, Oates le da un tono más serio en el primer libro sobre “*Workaholism*” definiéndolo como una necesidad excesiva e incontrolable de trabajar incesantemente que afecta a la salud, a la felicidad y a las relaciones personales del adicto.

Las causas del problema apuntan a unas condiciones sociales, personales y laborales que interaccionan y hacen que en un contexto laboral específico el trabajador se vea afectado por esta adicción. Las condiciones sociales se refieren a la connotación positiva que existe del exceso de trabajo y del valor del mismo para la imagen y la identidad de una persona en la sociedad actual. Juega un papel importante el aprendizaje social, la presión laboral, la competitividad existente en un mercado globalizado o, por ejemplo, el uso cada vez mayor de tecnologías de la información y comunicación que hacen que se pueda trabajar en “cualquier momento y en cualquier lugar” de forma que el trabajador puede estar siempre disponible, dadas las facilidades tecnológicas que le mantienen “conectado” con su trabajo.

Por otra parte, las condiciones o características personales han sido las más estudiadas en relación con este problema y, fundamentalmente, se han relacionado con la llamada “Personalidad Tipo A”. En la aparición del daño interactúan aquellas variables referidas a las condiciones de trabajo de la persona. Estas condiciones de trabajo son los riesgos asociados al problema (sobrecarga de trabajo, presión temporal excesiva, etc.) y se han de corregir para así no favorecer la aparición del problema.

Se identifica una persona con adicción cuando trabaja muchísimo, más de lo que las prescripciones de su tra-

bajo le exigen. Además, se esfuerza más de lo que es esperado por sus superiores, descuidando, de esta forma, su salud y su vida extralaboral.

Podríamos definir la adicción al trabajo como:

... Un daño psicosocial caracterizado por el trabajo excesivo debido fundamentalmente a una irresistible necesidad o impulso de trabajar constantemente.

Es un “daño” psicosocial porque el trabajador no se siente bien, presentando síntomas de estrés y malestar psicológico. Además, estos problemas pueden afectar al ambiente social (ej. conflictos con los compañeros, disminución del rendimiento) y extralaboral (ej. conflictos con la familia y/o los amigos).

El trabajo excesivo debido a esa necesidad irresistible de trabajar constantemente y la compulsión por trabajar son las dimensiones principales que definen la adicción al trabajo. La adicción no termina cuando acaba la jornada laboral, sino que resulta una característica usual que los adictos se lleven trabajo a casa, trabajen los fines de semana, durante las vacaciones e incluso estando enfermos (esto es, el así llamado “presentismo”). Todo ello se engloba dentro de lo que se ha denominado el “*trabajo extra*” de los adictos. Además, aún sin estar realizando una tarea física y visible, es muy probable que el adicto permanezca pensando en temas laborales.

2. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA ADICCIÓN AL TRABAJO

Existen una serie de aspectos comunes en las personas que desarrollan este daño. Se pueden destacar las siguientes características:

Alta importancia y significado del trabajo. Para las personas afectadas por este problema, el trabajo es lo más importante en sus vidas, mucho más que la familia, los amigos y el tiempo libre. Todo gira alrededor del trabajo.

Alta vitalidad, energía y competitividad. Se manifiestan como personas altamente enérgicas, con altas dosis de vitalidad y motivadas frecuentemente por la competitividad y la comparación social con los demás.

Sus hábitos laborales “exceden” siempre lo prescrito. Trabajan más de lo que se les pide. Suelen presentar un buen rendimiento a corto plazo en el trabajo, pero sus altas expectativas con respecto a sí mismos los llevan a plantearse metas cada vez más difíciles, muchas veces inalcanzables, que desembocan en problemas de rendimiento a medio-largo plazo. Tras el desarrollo de este proceso, a menudo experimentarán una sensación de fracaso constante.

Control. La necesidad de controlar las cosas se hace mayor y se sienten incómodos cuando se escapan a su control. Necesitan tener control sobre todo lo que hacen, sobre su ambiente laboral, sobre sus circunstancias. Es por ello que presentan grandes dificultades para delegar el trabajo en los demás, ya que prefieren hacerlo ellos personalmente para poder “controlar” la situación.

Comunicación interpersonal deficiente. A las personas afectadas les importa su propia tarea, y no tanto las relaciones con los demás en el trabajo. Esto los lleva a una casi incapacidad para comunicarse con los otros, y para delegar. Así, normalmente trabajar en equipo les será muy difícil, siendo frecuente que en el entorno inmediato tengan problemas con compañeros y colaboradores.

Autovaloración. La necesaria autoestima, determinante para un rendimiento óptimo, depende de los buenos resultados alcanzados en el trabajo. Si el trabajo va bien, se tienen en alta estima, pero cuando el trabajo va mal, aparece la frustración y comienzan los problemas de autoestima.

Problemas de salud. Se presentan problemas diversos, puesto que trabajar muchas horas sin la debida recuperación está asociado con elevados niveles de estrés y de enfermedad. Muchos trabajadores pueden no tener la oportunidad de recuperarse de unos esfuerzos psicofísicos continuos y excesivos.

Presentismo laboral. Al contrario del absentismo, en el presentismo sucede que la persona va a trabajar incluso encontrándose enferma. En la adicción al trabajo se da el presentismo. El trabajo es demasiado importante para no hacerlo, y aún estando enfermo acude a trabajar.

Problemas extralaborales. El descuido de la familia es una de las primeras consecuencias de la exposición al exceso de trabajo. Se ha constatado que la separación matrimonial es mayor entre las personas con adicción al trabajo, y que tienen más conflictos vida-trabajo que los trabajadores no adictos. Las personas aquejadas de esta problemática muestran insatisfacción fuera del entorno laboral. Aunque se encuentren satisfechos con el trabajo, están insatisfechos fuera de él.

Por otra parte, los estudios existentes del problema ponen de manifiesto, desde la vertiente de la estructura de personalidad, que se dan determinados perfiles. Es el caso de la Personalidad Tipo A, entendida como un patrón complejo de acción-emoción en personas enfrascadas en una lucha interminable por conseguir objetivos mal definidos en el menor tiempo posible y a cualquier coste. El Inventario de Actividades de Jenkins (JAS; Jenkins, Zyzanski, y Rosenman, 1979) permite valorar esta personalidad en una serie de dimensiones subrogadas: prisa e impaciencia (factor S), implicación en el trabajo (factor J) y la dimensión de comportamiento duro y competitivo (factor H). En la tabla 1 aparecen las características principales de la Personalidad Tipo A que se relacionan con la adicción al trabajo. No obstante hay

que decir que no por describirse una Personalidad Tipo A se desarrolla una adicción al trabajo. Es una variable personal que, coadyuvando con ciertas condiciones de trabajo, expuestas más adelante, puede dar como resultado la aparición de una adicción al trabajo.

Urgencia-impaciencia, que muestran estas personas en aquellas situaciones en las que tienen que esperar.

Hostilidad, que se manifiesta a través de la cólera o ira (que puede oscilar desde la simple irritación hasta la furia incontrolada), de actitudes cínicas hacia los demás y de la agresividad tanto física como verbal.

Autoreferencias constantes (yo, yo, yo) enfatizando la propia auto-imagen. A este fenómeno se le llama “autobombo” y es característico de personas con baja autoestima que necesitan la aprobación de los demás.

Sobreimplicación y sobrecompromiso con la organización a la que pertenecen. No se habla de un compromiso organizacional (el cual es positivo) sino de un compromiso ‘excesivo’.

Tabla 1. Características de personalidad Tipo A y adicción al trabajo

No todas las personas que tienen Personalidad Tipo A son iguales, sino que parecen existir diferentes perfiles. La investigación sobre adicción al trabajo ha constatado que los adictos con Personalidad tipo A con más riesgo de sufrir accidentes cardiovasculares y accidentes laborales son aquellos en que las condiciones de trabajo interactúan con una serie de características personales (ver Tabla 2).

1. Los más impulsivos y enérgicos sin objetivos claros
2. Los que emiten muchas conductas improductivas
3. Los regulados por motivaciones de poder y competitividad
4. Los que experimentan frecuentemente emociones de cólera e ira pero que controlan excesivamente la expresión de estas emociones negativas
5. Los que se manifiestan desconfiados y escépticos, con baja autoestima
6. Los que utilizan muchos contenidos autoreferenciales
7. Los que son poco asertivos (ya que se caracterizan por sus comportamientos agresivos contra los demás)

Tabla 2. Características de los adictos con Personalidad Tipo A y riesgo cardiovascular

Pero, aunque la adicción al trabajo se ha investigado principalmente en relación a las variables personales, existen toda una serie de características laborales específicas en el entorno laboral que pueden ser origen del daño laboral de adicción al trabajo. Sobre estas variables de riesgo situadas en el entorno de trabajo es sobre las que prioritariamente se debería actuar.

3. FACTORES DE RIESGO EN LA ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Algunos estresores o demandas laborales pueden llegar a convertirse en potenciadores de la adicción al trabajo. Es decir, cuando el trabajo posee unas determinadas

características, se puede multiplicar la posibilidad de desarrollar una adicción al trabajo, nociva para la salud del trabajador.

Investigaciones recientes han venido a constatar que existen determinadas demandas (o estresores) llamadas "retadoras" (*challenge stressors*) y que contrariamente a cómo funcionan las demandas "obstáculo" (*hindrance stressors*) pueden tener efectos positivos sobre el desempeño y la motivación. Las demandas retadoras pueden incrementar la motivación, ya que el esfuerzo en el afrontamiento de los objetivos que se pretenden alcanzar, el esfuerzo que hay que dedicar en acabar una tarea en un tiempo límite o la probabilidad de que alcanzando el objetivo se obtengan determinadas recompensas (ej. reconocimiento social, satisfacción personal, dinero) se pueden asociar de forma positiva; de este modo alcanzar el "reto" conllevaría obtener las "recompensas".

Las principales demandas retadoras que pueden llegar a ser "adictivas" son: *la sobrecarga de trabajo, la presión temporal y las fechas tope difícilmente asumibles*. Debido a que la adicción se caracteriza precisamente porque se trabaja excesivamente y siempre con "prisa" (urgencia-impaciencia), se entiende que la presencia de estas demandas retadoras en los trabajos potenciará todavía más la adicción.

Se está hablando de efectos recíprocos entre demandas retadoras y adicción al trabajo. En sus intentos por continuar trabajando, las personas afectadas por la adicción al trabajo pueden ir tan lejos como para crear activamente más trabajo para ellos mismos. Por ejemplo, pueden realizar sus proyectos de la forma más complicada posible, realizando tareas innecesarias o incluso crear errores que retrasen su ejecución para posteriormente solucionarlos. Estos son aspectos que no redundan en la eficacia del trabajo sino en todo lo contrario para la propia organización.

Por ejemplo, partamos de un trabajo con altas demandas. Para una persona afectada de adicción al trabajo, caracterizada por realizar tareas en exceso durante su jornada laboral (sobrecarga cuantitativa) y por hacer frente a un número excesivo de demandas en relación a sus competencias, conocimientos y habilidades (sobrecarga cualitativa), la sobrecarga de trabajo nunca disminuirá, sino que siempre irá en ascenso a medida que progresa el tiempo que el trabajador permanece en su organización. Llegará un momento en el que las demandas desbordarán los recursos del trabajador y se producirá el accidente laboral o la manifestación de los primeros síntomas de problemas cardiovasculares.

4. LA MEDIDA Y DIAGNÓSTICO DE LA ADICCIÓN AL TRABAJO

Existen diferentes medidas de la adicción al trabajo, aunque la mayoría de ellas son cuestionarios tipo autoinforme (habitual en medidas de daños psicosociales). A continuación, se describen brevemente cada uno de los 5 instrumentos más relevantes hasta el momento que valoran la adicción al trabajo:

- *Work Addiction Risk Test (WART)*, creado por Bryan Robinson en 1999. Es un cuestionario de autoinforme compuesto por 25 ítems puntuables en una escala Likert que oscila entre 1 y 5 puntos. Intenta diferenciar a los trabajadores en grupos de: (1) no adictos (aquellos que obtengan una puntuación entre 25-56), (2) pseudo-adictos (entre 57-66) y (3) adictos (entre 67-125). El cuestionario está compuesto por 5 subescalas o dimensiones: (1) Tendencias Compulsivas, (2) Control, (3) Autoabsorción, (4) Incapacidad para delegar y (5) Autovaloración.

- *Workaholism Battery (WORKBAT)* fue creado por Spence y Robbins en 1992. Es un cuestionario compuesto por 25 ítems puntuables en una escala Likert con 5 puntos de anclaje. Comprende tres subescalas: (1) Impulsividad (D), (2) Satisfacción en el trabajo (E) y (3) Implicación en el trabajo (WI). El cuestionario permite distinguir entre el adicto al trabajo, el trabajador entusiasta u otros tipos de perfiles relacionados con el trabajo. Es un cuestionario muy utilizado y validado en diferentes países (excepto en Japón, en donde los resultados son totalmente diferentes).
- *Schedule for Nonadaptive and Adaptive Personality Workaholism Scale (SNAP-Work)*, desarrollado por Clark en 1993. Es un instrumento de medida compuesto por 18 ítems de verdadero o falso, y asume un grado de solapamiento con el trastorno de personalidad obsesivo-compulsivo. No se utiliza mucho y existen pocos estudios de validación.
- *The Dutch Work Addiction Scale (DUWAS)* elaborado por Schaufeli y colaboradores (Taris et al., 2005). Consta de 20 ítems que representan dos dimensiones de la adicción al trabajo: (1) trabajo excesivo (9 ítems) y (2) compulsión por trabajar (7 ítems). Está basada en dos escalas: el WART de Robinson (1999) y el WORKBAT de Spence y Robbins (1992). Se puede hallar más información en www.schaufeli.com. Tiene propiedades psicométricas prometedoras y está basado en una definición clara de adicción al trabajo, aunque es necesaria una mayor investigación sobre su validación.
- *Workaholism 5 (WO-5)*, creada por el equipo de investigación WONT Prevención Psicosocial en 2004. Es una escala que se encuentra dentro de una batería de cuestionarios denominada herramienta REDES que permite la evaluación de riesgos psicosociales (ver <http://www.wont.uji.es>). Está compuesta por 5 ítems puntuables en una escala Likert de 7 puntos. Permite distinguir entre adictos al trabajo y no adictos, y conocer cuáles son los antecedentes laborales (demandas y recursos) y personales (recursos personales), así como las consecuencias de tal adicción. Es una escala corta, fiable y válida (validación española de la escala) para una detección primera de adicción al trabajo en una empresa. Resultaría necesaria una mayor validación transcultural.

5. ACCIONES PREVENTIVAS DE LA ADICCIÓN AL TRABAJO

En la misma definición de la adicción al trabajo que se da al principio de esta Nota Técnica, se desprende que ésta se asocia con toda una serie de consecuencias negativas tanto para los propios trabajadores como para los compañeros y la propia organización. Algunos expertos han señalado que la adicción al trabajo es una conducta disfuncional en todos los casos, por lo que es necesario establecer unos planes de tratamiento y prevención adecuados.

En un intento por sistematizar tales planes, y basándonos en la bibliografía sobre prevención del estrés en general, a continuación vamos a señalar algunas acciones preventivas que clasificamos en tres ámbitos: (1) acciones individuales, (2) acciones organizacionales y (3) acciones extraorganizacionales.

Además, en función del objetivo de la estrategia distinguiremos 4 tipos de estrategias de prevención, a saber: (1) Identificación de los riesgos psicosociales de la adicción, (2) Prevención primaria, (3) Prevención secundaria, y (4) Prevención terciaria.

Acciones individuales para la prevención de la adicción al trabajo

Las acciones a nivel individual resultan las más habituales en la mayoría de los casos. Estas acciones se centran en mejorar los recursos personales de las personas afectadas por la adicción al trabajo (ver tabla 3).

Objetivo	Acciones individuales
Identificación	Auto-evaluación
Prevención primaria	Flexibilidad, adaptación a los cambios Formación en habilidades sociales Gestión del tiempo Equilibrio trabajo-vida privada Fomento de los niveles de autoeficacia
Prevención secundaria	Grupo de apoyo de compañeros Coaching y consulta Planificación de carrera
Prevención terciaria	Asesoramiento y Psicoterapia Mejoras en la personalidad

Tabla 3. Estrategias basadas en la persona

En primer lugar, se debe realizar una **identificación del problema**. En este punto resulta necesario realizar una adecuada automedición de la adicción laboral. Este aspecto es primordial a la hora de llevar a cabo una intervención: si la persona no reconoce e identifica lo que le sucede, cualquier intervención será ineficaz.

De cara a la **prevención primaria**, la mayoría de acciones implican la asistencia a cursos específicos de formación. Un tipo de formación muy habitual actualmente, es lo que se conoce como *Workshops* o talleres específicos de competencias emocionales que generen un cambio de actitudes y la generación de mentalidades abiertas en las personas, a la vez que permiten la flexibilidad y la adaptación al cambio.

Otro tipo de formación implica el entrenamiento en la reducción de la presión y el ritmo de trabajo a que están expuestos los adictos. Esto implicaría formarlos en gestión del tiempo y enseñarles que es posible combinar el trabajo y la vida privada. Asimismo es importante la formación en el desarrollo de habilidades sociales que ayuden a la persona, por ejemplo a “saber decir NO”, cuando “decir SÍ” implica una sobrecarga de trabajo imposible de asumir o una ruptura de los planes de trabajo establecidos.

Por último, otra estrategia para prevenir la adicción al trabajo consiste en fomentar los niveles de autoeficacia, es decir, fomentar la creencia en la propia competencia para realizar adecuadamente conductas futuras mediante su promoción en actividades formativas.

En cuanto a la **prevención secundaria** se destacan tres grandes estrategias. Una de ellas consiste en generar un grupo de apoyo de compañeros en donde se movilice el apoyo social cuando el adicto lo necesite (Ej., establecer reuniones periódicas). En segundo lugar, se destacan el *coaching* y la consulta, en las que los expertos ayudan a los afectados por la adicción al trabajo. Por último, pero no por ello menos importante, se destaca la planificación de carrera.

Por lo que se refiere a la **prevención terciaria** destacan el asesoramiento y la psicoterapia que, mediante un acercamiento cognitivo-conductual, pretenden fomentar cambios una vez que la adicción se ha manifestado. En países como Estados Unidos existen asociaciones en las que se reúnen los afectados de este problema al estilo de Alcohólicos Anónimos, siendo la más reconocida “*Workaholics Anonymous*” (<http://www.workaholics-anonymous.org/>), donde los afectados comparten sus problemas y tratan de ayudarse unos a otros a superar su adicción a través de sus experiencias personales. En España hasta el momento no se tiene conocimiento de agrupaciones de este tipo, pero sin duda sería un buen recurso con el que afrontar la adicción al trabajo.

Acciones organizacionales para la prevención de la adicción al trabajo

Como en el caso anterior, se pueden organizar tales acciones organizacionales distintos niveles (ver tabla 4): nivel de identificación de riesgos de adicción, prevención primaria, prevención secundaria y prevención terciaria.

Objetivo	Acciones individuales
Identificación	Auditoria de la adicción
Prevención primaria	Mejora del contenido del puesto Horarios de trabajo y pausas Adecuación de carga y tiempo de trabajo Plazos adecuados Programas corporativos
Prevención secundaria	Socialización anticipatoria Trabajo cooperativo Comunicación y toma de decisiones Desarrollo organizacional
Prevención terciaria	Institucionalización de los Servicios de Seguridad y Salud Ocupacional Programas de Asistencia al Empleado (PAE)

Tabla 4. Estrategias basadas en la organización

Para la prevención de la adicción, la organización debe, en primer lugar, realizar una **identificación del problema**. Se trata de detectar si existe la problemática en la empresa mediante una “auditoria de la adicción”. Además, tal y como se ha mencionado anteriormente, se recomienda a las organizaciones que ofrezcan un apoyo individual a los afectados. Básicamente, en este caso se utilizan cuestionarios similares a los usados en la automedición; sin embargo, aquí el foco de atención es la organización, teniendo en cuenta, por ejemplo, factores de riesgo en el ambiente de trabajo.

Para realizar la **prevención primaria** una de las actividades básicas es el rediseño de los puestos de la organización, atendiendo a la adecuación de la carga de trabajo y de la presión temporal (establecer plazos asumibles), además de mejorar el contenido del puesto. Hay que cuidar la distribución del tiempo de trabajo, eliminando el alargamiento de las jornadas de trabajo, garantizando la flexibilidad de los horarios de trabajo, la posibilidad de realizar pausas, de disponer de un lugar adecuado para ello, etc.

En este contexto, resulta también necesario reforzar la realización de actividades que pueden parecer incompatibles con un alto rendimiento, como por ejemplo las vacaciones, promocionar lo que se conoce como “días de salud mental”, enfatizar trabajos a tiempo parcial, controlar las horas de trabajo de los subordinados, no reforzar las “conductas heroicas” (tales como trabajar 50 o 60 horas semanales o incluso más) y promover valores en el lugar de trabajo que promuevan un equilibrio de prioridades. Finalmente, otra actividad organizacional importante consiste en el diseño y gestión de programas corporativos en los que los trabajadores puedan realizar algún tipo de ejercicio físico, como por ejemplo el *fitness* o programas de salud.

En cuanto a la **prevención secundaria**, es necesario intervenir en el clima y cultura organizacional garantizando procesos adecuados de socialización anticipatoria, donde se promueva una imagen realista del puesto de trabajo y una exposición gradual del empleado a las demandas del puesto, generando políticas antiadicción ya desde los inicios de la vida laboral del nuevo empleado. Aquí sería importante generar una cultura en donde el “héroe adicto al trabajo” es desvalorizado y los directivos actúan como modelos saludables para sus empleados. Además, resulta fundamental la potenciación de trabajos más cooperativos, garantizando la creación de equipos autodirigidos y mayores posibilidades de comunicación y participación en la toma de decisiones. Otra estrategia consiste en el desarrollo organizacional con la creación, por ejemplo de grupos de trabajo semiautónomos.

Finalmente, por lo que se refiere a la **prevención terciaria**, se pueden diferenciar dos estrategias fundamentales:

- La institucionalización de los Servicios de Seguridad y Salud Ocupacional
- Los Programas de Asistencia al Empleado (PAE)

En España, la razón fundamental de esta institucionalización ha sido la entrada en vigor de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (31/1998). Los PAE, aunque originalmente fueron diseñados para trabajadores alcohólicos, actualmente se aplican a problemas de estrés laboral en general, y en el caso de la “adicción al trabajo”, en particular. Estos programas de asistencia implican la prevención, identificación y tratamiento de problemas personales que afectan negativamente al desempeño laboral y son más que los servicios de asesoramiento que se centran prioritariamente en el tratamiento.

Acciones extra-organizacionales para la prevención de la adicción al trabajo

La adicción al trabajo tiene también su impacto sobre la familia. Diversos autores señalan que los padres adictos al trabajo crean un ambiente familiar que incrementa la probabilidad de generar problemas psicológicos en los hijos, como por ejemplo, incrementos de ansiedad y depresión. Además, las parejas de las personas afectadas de adicción al trabajo se sienten ignoradas, solas, en segundo lugar; relegadas a las demandas de los adictos, controladas, necesitadas de atención, consideran que su re-

lación es demasiado seria y se sienten culpables e inseguras respecto a su propia salud mental. En definitiva, se ve afectado negativamente el núcleo familiar.

A pesar de la importancia de la información proporcionada por la persona focal (“el adicto”), resulta también necesario obtener información desde la propia familia, amigos, etc. que pueden suponer un indicador más fiable que los autoinformes de los participantes. Es por eso por lo que los investigadores aconsejan combinar ambos informes, el proporcionado por familiares/amigos y los proporcionados por la persona afectada. En este sentido, se aconseja la realización de terapias a nivel familiar, en las que se explicaría a las personas más cercanas al “adicto” en qué consiste su problema y se les daría una serie de pautas a seguir para ayudarle a superar su adicción al trabajo.

6. CONCLUSIONES

Esta Nota Técnica pretende servir para “desmitificar” la adicción al trabajo como una característica “positiva” en determinados trabajadores que padecen este problema y que se connota como valor competitivo para la organización.

La adicción al trabajo es un “daño” psicosocial y como tal conlleva consecuencias negativas para el mismo trabajador (ansiedad, conductas compulsivas, aislamiento social, etc.), para la organización (disminución del rendimiento, conflictos sociales, etc.) y para la familia y ambientes extraorganizacionales (divorcios, problemas familiares, disminución de las redes sociales, etc.).

Como todo daño de origen psicosocial, hay que recordar que la adicción al trabajo puede diagnosticarse y, en consecuencia, tratarse, pero obviamente lo esencial es implementar las medidas preventivas que impiden que este problema aparezca. La personalidad del sujeto no constituye un riesgo, es una característica más, y desde el ámbito de la prevención de riesgos laborales no es objeto de acción preventiva. Lo que puede constituir un riesgo son las condiciones de trabajo organizativas que coadyuvan en que el sujeto sufra ese daño.

La organización ha de realizar las acciones preventivas necesarias para generar un entorno donde el riesgo se minimice al máximo. En este sentido, se precisa más investigación centrada en los riesgos que preceden a la aparición de este daño (factores de organización del trabajo). En esta NTP queda patente que el cuerpo de investigación se ha dirigido fundamentalmente hacia los aspectos diferenciales por los que, desde la estructura personal, un trabajador puede ser más susceptible de padecer esta adicción. Es necesario, no obstante, que los profesionales focalicen la identificación de los riesgos, la evaluación de los mismos y las consiguientes correcciones en aspectos de la organización del trabajo como el contenido del puesto, los horarios de trabajo y las pausas, la adecuación de carga y tiempo de trabajo, los plazos, etc. Esto permitirá a la organización caminar hacia una meta que sí que ofrece valor añadido: la generación de organizaciones “sanas”.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CLARK, LA. (1993).
Schedule for nonadaptive and adaptive personality (SNAP).
 University of Minnesota Press; Minneapolis, MN..

- (2) DEL LÍBANO, M., LLORENS, S., SCHAUFELI, W.B., Y SALANOVA, M. (2006).
Adicción al trabajo: concepto y evaluación.
Gestión Práctica de Riesgos Laborales, 27, 24-30.
- (3) JENKINS, C.D., ZYZANSKI, S.J, Y ROSENMAN, R.H. (1979).
Manual for The Jenkins Activity Survey.
New York: The Psychological Corporation.
- (4) LEPINE, J.A., PODSAKOFF, N.P, Y LEPINE, M.A. (2005).
A meta-analytic test of the challenge stressor–hindrance stressor framework: an explanation for inconsistent relationships among stressors and performance.
Academy of Management Journal, 48, 764–775.
- (5) LLORENS, S., DEL LÍBANO, M., SCHAUFELI, W.B. Y SALANOVA, M. (EN PRENSA).
Acciones preventivas de la adicción al trabajo.
Gestión Práctica de Riesgos Laborales, 28, 18-24.
- (6) MACHLOWITZ, M.M. (1980).
Workaholics: Living with them, working with them.
Reading, MA: Addison-Wesley.
- (7) OATES, W. E. (1971).
Confessions of a Workaholic: The facts about work addiction.
New York: World.
- (8) ROBINSON, B.E. (1999).
The work addiction risk test: development of a tentative measure of workaholism»
Perceptual and Motor Skills, 88, 199-210
- (9) SALANOVA, M. Y SCHAUFELI, W.B. (2004).
El engagement de los empleados: un reto emergente para la dirección de los recursos humanos.
Estudios Financieros, 261, 109-138.
- (10) SPENCE, J.T. Y ROBBINS, A.S. (1992).
Workaholism: Definition, measurement, and preliminary results.
Journal of Personality Assessment, 58(1), 160-178.
- (11) TARIS, T.W., SCHAUFELI, W.B. Y VERHOEVEN, L.C. (2005).
Workaholism in the Netherlands: Measurement and Implications for Job Strain and Work-Nonwork Conflict.
Applied Psychology: an International Review, 54(1), 37–60.

Aparatos a presión (I): Definiciones. Clasificación. Certificación

Equipements sous pression: Définitions. Classification. Certification
Pressure Equipment: Definitions. Classification. Certification

Redactor:

Dimas Rodríguez Planas
Ingeniero Técnico Eléctrico

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Estas NTP están destinadas a constituir un instrumento de aproximación al conocimiento de los aparatos a presión y al de las medidas de seguridad, destinadas a la prevención de riesgos, adoptadas dentro de la Unión Europea (UE) en la fabricación, control y aseguramiento de la calidad de los mismos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento está destinado a facilitar el conocimiento de los elementos de seguridad que deben incorporar los aparatos a presión (AP), indicando los criterios legales que permitan una selección acorde con las necesidades de cada usuario de la Unión Europea (UE).

Se fundamenta en el Real Decreto (RD) 769/1999 de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 97/23/CE, relativa a los equipos a presión y que modifica al RD 1244/1979 de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

El presente texto corresponde al diseño, fabricación y evaluación de conformidad de los equipos y de los conjuntos sometidos a una presión máxima admisible superior a 0,5 bar.

3. DEFINICIONES

Aparatos a presión (AP): Equipos y conjuntos sometidos a una presión máxima admisible superior a 0,5 bar.

Equipos a presión (EP): Recipientes, tuberías, accesorios de seguridad y otros accesorios que comprende un AP. En su caso se considerara que forman parte de los AP los elementos fijados a las partes sometidas a presión, como las bridas, tubuladuras, abrazaderas, soportes, orejetas para izar, etc.

Recipiente: Cubierta diseñada y fabricada para contener los fluidos a presión, incluye desde los elementos

de montaje directo hasta el dispositivo previsto para la conexión con otros equipos y puede constar de más de una cámara

Tuberías: Elementos de canalización destinados a la conducción de fluidos, siempre que estén conectadas para su integración en un sistema a presión.

Accesorios de seguridad: Dispositivos destinados a la protección de los EP frente al rebasamiento de los límites admisibles.

Estos dispositivos pueden ser:

- Órganos de limitación directa de la presión:
 - Válvulas de seguridad
 - Discos de rotura
 - Dispositivos de seguridad dirigidos (**CSPRS**)
- Órganos limitadores que accionen medios de intervención:
 - Presostatos.
 - Interruptores accionados por la temperatura o el nivel de fluido.
 - Dispositivos de medida, control y regulación, con funciones de seguridad (**SRMCR**).

Accesorios a presión: Dispositivos con fines operativos cuya cubierta esta sometida a presión.

Conjuntos: Varios equipos a presión ensamblados por un fabricante de forma que constituyan una instalación funcional.

Presión: La correspondiente al aparato o equipo relativa a la atmosférica, es decir la manométrica. El vacío se expresa en valor negativo.

Presión máxima admisible (PS): La presión máxima para la que este diseñado el equipo.

Temperatura máxima/mínima admisible (TS): Las temperaturas máxima/mínima para las que este diseñado el aparato por el fabricante.

Volumen (V): El volumen interno de una cámara (también denominado "capacidad en agua"), incluido el volumen de las tubuladuras hasta la primera conexión o soldadura y excluido el volumen de los elementos internos permanentes.

Diámetro nominal (DN): Cifra de identificación del diámetro común a todos los elementos de un sistema de tuberías, exceptuando los elementos indicados por sus diámetros exteriores o por el calibre de la rosca. Es un número redondeado a efectos de referencia, sin una relación estricta con las dimensiones de fabricación. Se denomina con las letras DN seguidas de un número.

Fluidos: Los gases, los líquidos y los vapores en fase pura o en mezclas. Un fluido podrá contener una suspensión de sólidos.

Uniones permanentes: Aquellas uniones que solo pueden separarse por métodos destructivos

Aprobación europea de materiales: Documento técnico que define las características de los materiales destinados a la fabricación reiterada de equipos a presión, que no sean objeto de normas armonizadas.

Organismo Notificado (ON): Organismos de ámbito Estatal, encargados de efectuar los procedimientos de certificación de la evaluación de la conformidad de aparatos a presión y de la aprobación europea de los materiales utilizados en la fabricación de los mismos

Entidades Independientes Reconocidas (EIR): Son las entidades independientes encargadas de certificar al personal, los procedimientos y las características de las uniones permanentes, así como de certificar al personal que efectúa los controles no destructivos de las uniones permanentes en los aparatos a presión

Fabricante de Aparatos y/o Equipos a Presión (F): Aquel que utiliza medios propios para la fabricación y ensamblaje total o parcial de los componentes de un aparato o equipo a presión que cumpla con las disposiciones vigentes sobre este tipo de aparatos y que esta inscrito como tal ante el Organismo competente de la Administración.

4. INSTALACIONES Y EQUIPOS QUE ESTÁN EXCLUIDOS DE LA APLICACIÓN DEL RD 769/1999

- Tuberías de conducción de cualquier fluido hacia o desde una instalación terrestre o marítima, desde el último dispositivo de aislamiento sito en el perímetro de la instalación y sus equipos. No incluye los equipos a presión normalizados de las instalaciones de compresión o descompresión.
- Redes destinadas al suministro, distribución de aguas y sus equipos de agua motriz en instalaciones hidroeléctricas y sus accesorios específicos.
- Los equipos a presión simples del RD 1495/1991.
- Los equipos generadores de aerosoles del RD 2549/1994.
- Los equipos destinados al funcionamiento de vehículos del RD 2028/86.
- Equipos diseñados para uso nuclear cuya avería pueda generar emisiones radioactivas.

- Los equipos de control de pozos de la industria petrolífera o geotérmica.
- Motores, turbinas y motores de combustión interna.
- Los recipientes destinados al transporte y distribución de bebidas si su $PS \times V < 500$ bar por litro y cuya presión interna sea $P_i < 7$ bar.
- Los recipientes destinados a líquidos cuya presión de gas por encima del líquido sea $P_g \leq 0,5$ bar.
- Otros, especificados en el RD 769/99.

5. VIGILANCIA DE MERCADO

Solo se podrán comercializar y poner en servicio los equipos y elementos a presión si no comprometen la seguridad, ni la salud de las personas, de los animales domésticos o los bienes, siempre que estén instalados, mantenidos y utilizados conforme al fin a que se destinan.

Todas estas disposiciones son sin perjuicio de las normas existentes en las Comunidades Autónomas y de la facultad de la Administración del Estado para garantizar la protección de las personas y, en particular, de los trabajadores que utilicen los equipos a presión.

Estará permitido en ferias, exposiciones o demostraciones la presentación de equipos a presión, que no sean conformes con el RD 769/99, siempre que se indique mediante carteles visibles la no conformidad con el mismo y la imposibilidad de adquisición de estos equipos, antes de que su fabricante o mandatario los haya hechos conforme ante un estado miembro de la UE y siempre que en las demostraciones se tomen las medidas de seguridad para garantizar la protección de las personas que establezcan las Comunidades Autónomas.

6. CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS A PRESIÓN

Los equipos a presión se clasifican por categorías, según las características de los mismos y el grupo de peligrosidad a que pertenece el fluido contenido. Los fluidos se dividen en dos grupos de peligrosidad, conforme a las definiciones que se establecen en la Directiva 67/548/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas, transpuesta mediante RD 363/1995 y/o si se trata de preparados peligrosos del RD 255/2003.

Los Grupos de fluidos son los siguientes:

Fluidos Grupo I

- Explosivos
- Extremadamente inflamables
- Fácilmente inflamables
- Inflamables (cuando la temperatura máxima admisible se sitúa a una $T >$ que el punto de inflamación)
- Muy Tóxicos
- Tóxicos
- Comburentes

Fluidos Grupo II:

- Resto de fluidos no contemplados en el Grupo I

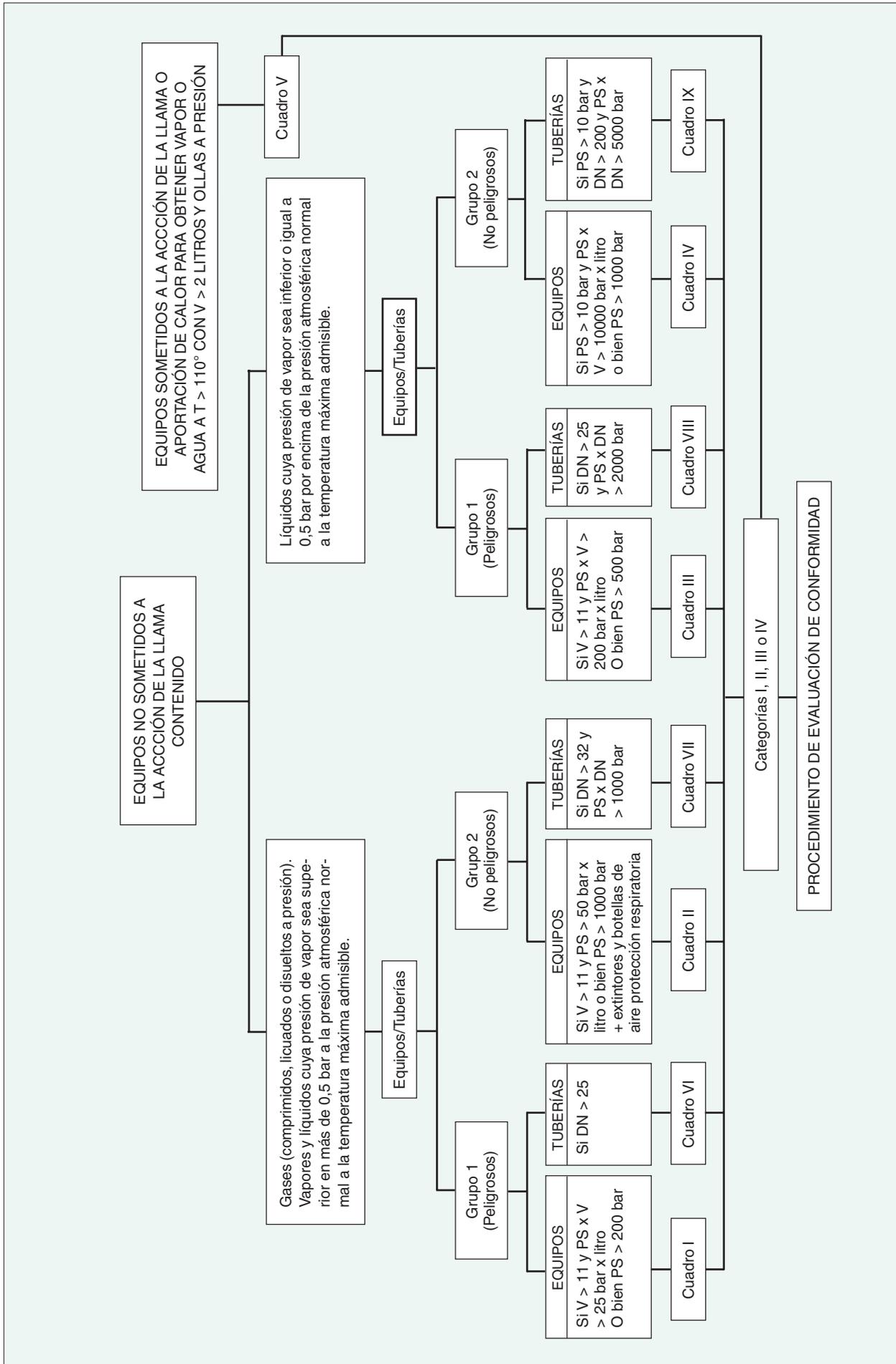


Figura 1. Clasificación de los equipos a presión y asignación a los procedimientos de evaluación de la conformidad

7. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION DE LA CONFORMIDAD PARA APLICAR EL MARCADO "CE" A UN EQUIPO A PRESIÓN

Los equipos a presión deben cumplir con las especificaciones del modulo de conformidad que se establecen en la Tabla 1, según las siguientes categorías:

- Categoría I (I):
Módulo A
- Categoría II (II):
Modulo A1 Módulo D1 Módulo E1
- Categoría III (III):
Módulo B1 + D Módulo B1 + F Módulo B + E
Módulo B + C1 Módulo H
- Categoría IV (IV):
Módulo B + D Módulo B + F Módulo G
Módulo H1

Para la determinación de la categoría a que pertenece cada equipo presión se recurrirá a las figuras 1 y 2 (cuadros del I al IX).

Los equipos a presión y/o los conjuntos cuyas características sean inferiores o iguales a los límites contemplados en la Tabla I, deberán estar diseñados y fabricados de conformidad con las buenas prácticas de la técnica al uso en un Estado de la Unión Europea, a fin de garantizar su seguridad en la utilización.

Se adjuntarán con los equipos a presión unas instrucciones de uso suficientes y llevaran marcas que permitan la identificación del Fabricante o de su Representante en la Unión Europea. Dichos equipos y/o conjuntos a presión no deberán llevar el marcado "CE".

Los accesorios de seguridad se clasificarán en la Categoría IV, sin embargo como excepción, aquellos que hayan sido fabricados para equipos específicos podrán clasificarse en la misma categoría que el equipo al que protegen.

Dentro de una misma categoría se podrá seleccionar el modulo a aplicar en base a las necesidades del usuario.

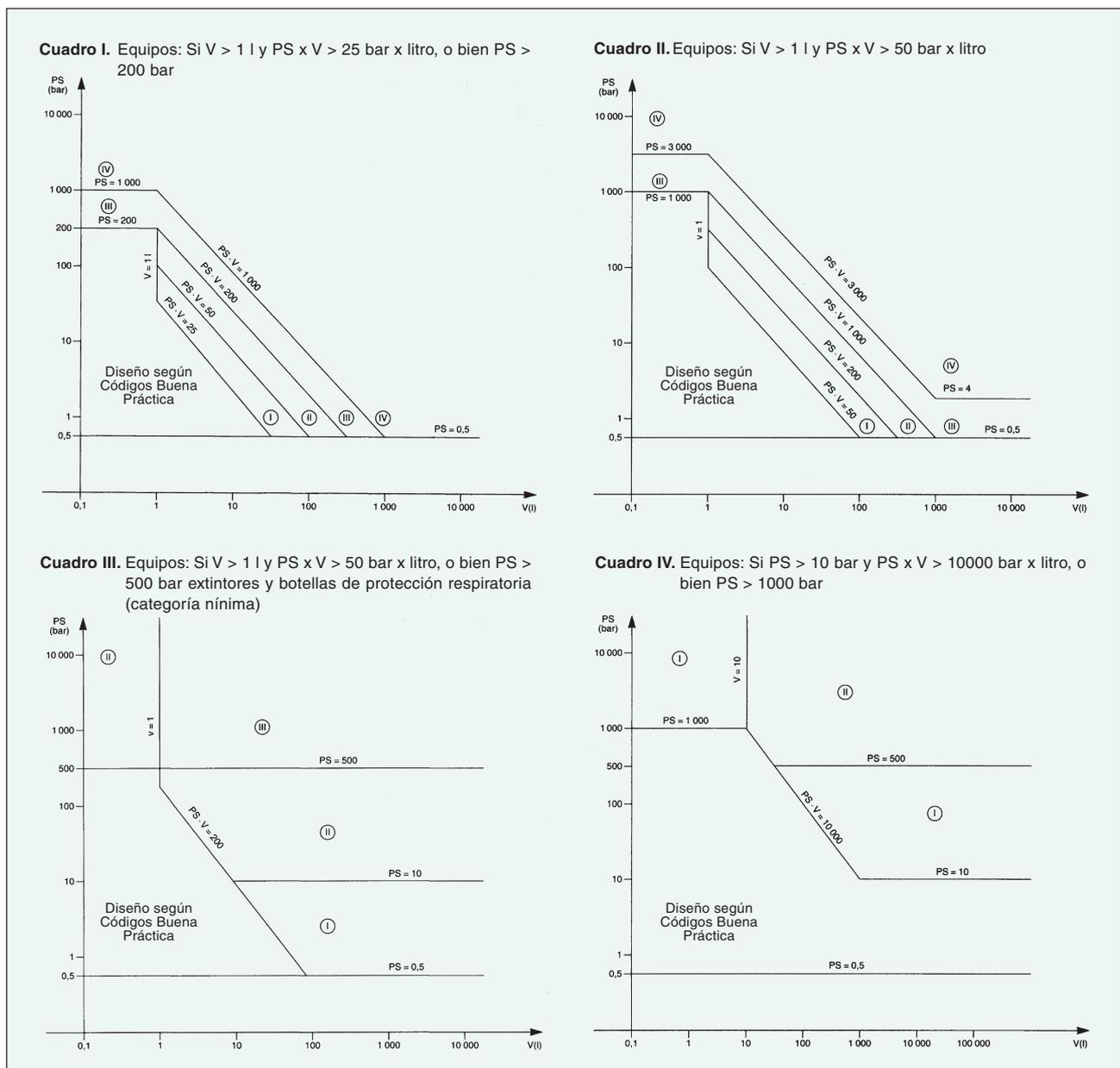
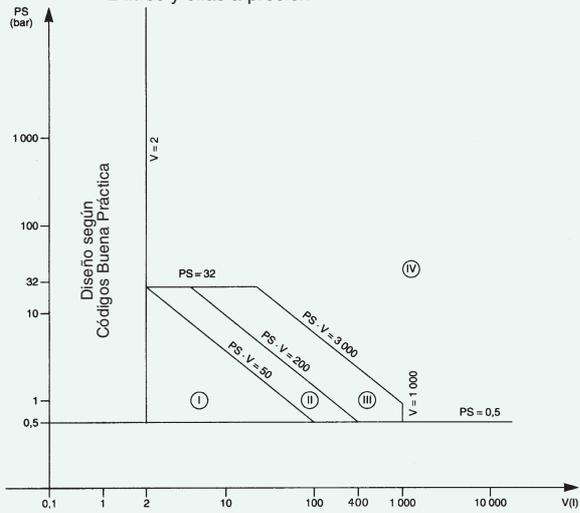
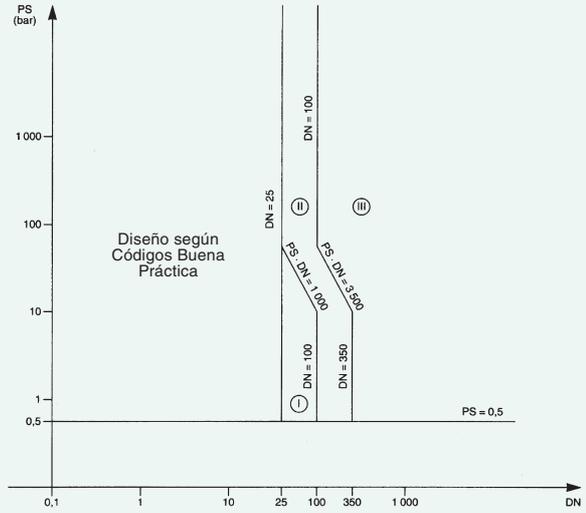


Figura 2. Cuadros de evaluación de conformidad (continúa en página siguiente)

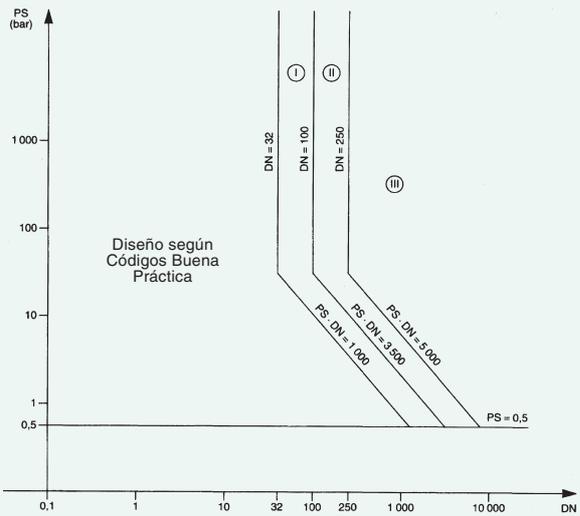
Cuadro V. Equipos: Sometidos a la acción de la llama, aportación de calor para obtener vapor o agua a $T > 110^{\circ}\text{C}$ con $V > 2$ litros y ollas a presión



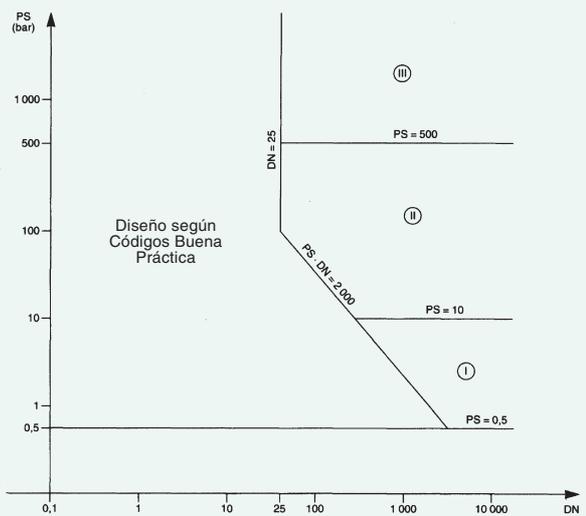
Cuadro VI. Tuberías si $\text{DN} > 25$



Cuadro VII. Tuberías



Cuadro VIII. Tuberías



Cuadro IX. Tuberías

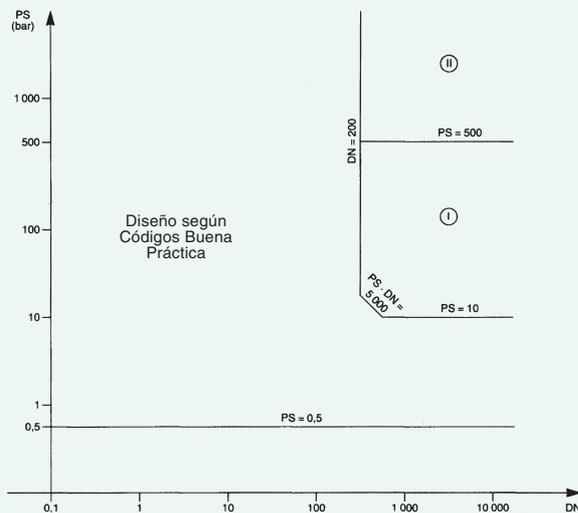


Figura 2. Cuadros de evaluación de conformidad

Aparatos a presión (II): requisitos de seguridad para su fabricación

Equipements sous pression: Conditions de sécurité pour la fabrication
Pressure Equipment: Manufacture safety requirements

Redactor:

Dimas Rodríguez Planas
Ingeniero Técnico Eléctrico

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Estas NTP están destinadas a constituir un instrumento de aproximación al conocimiento de los aparatos a presión y al de las medidas de seguridad, destinadas a la prevención de riesgos, adoptadas dentro de la Unión Europea (UE) en la fabricación, control y aseguramiento de la calidad de los mismos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. REQUISITOS ESENCIALES

Estos requisitos esenciales son preceptivos y sólo se aplicarán cuando el equipo a presión de que se trate conlleve el correspondiente riesgo al utilizarse en las condiciones razonablemente previsibles por el fabricante.

El fabricante debe de analizar los riesgos, diseñar y fabricar sus aparatos teniendo en cuenta este análisis.

Los requisitos básicos se aplicarán siempre teniendo presente el nivel de la técnica y práctica en el momento del diseño y fabricación.

Todos los equipos a presión se diseñarán, fabricarán, controlarán y cuando proceda montarán e instalarán de manera que se garantice su seguridad, si se ponen en servicio según las instrucciones del fabricante o en condiciones razonablemente previsibles.

El fabricante, para optar a las soluciones más adecuadas, aplicará siempre los siguientes principios por orden de importancia:

- Eliminar o reducir los riesgos, tanto como sea razonablemente posible.
- Aplicar medidas de protección contra los riesgos que no puedan eliminarse.
- Informar, en su caso, a los usuarios de los riesgos residuales, indicando las medidas adecuadas para atenuarlos durante el uso.
- En caso de que se conozca o se pueda prever usos indebidos, se diseñarán los equipos para prevenir los mismos o, si esto no fuera posible, se indicará de manera apropiada que el equipo no se debe utilizar de ese modo.

2. DISEÑO

Los equipos a presión se diseñarán correctamente teniendo en cuenta todos los factores pertinentes para garantizar la seguridad del equipo durante toda su vida prevista e incluirán los coeficientes de seguridad que se consideren adecuados para prevenir de forma coherente todo tipo de fallos durante la vida del equipo, resistir las cargas correspondientes al uso previsto y las condiciones de funcionamiento razonablemente previsibles.

En particular, para diseñar un equipo para una resistencia adecuada, se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- La presión interior y exterior.
- La temperatura ambiente y la de servicio.
- La presión estática y la masa del fluido contenido en condiciones de funcionamiento y prueba.
- Las cargas debidas al tráfico, viento y terremotos.
- La corrosión, erosión, fatiga, etc.
- La descomposición de los fluidos inestables.

El diseño para una resistencia adecuada podrá basarse en:

- Un *método experimental* sin cálculo, si la presión máxima admisible PS por el volumen V es inferior a 6000 bar x litro o que el producto PS x DN es inferior a 3000 bar. En este caso se tendrán en cuenta los siguientes puntos:
 - El diseño del equipo podrá validarse total o parcialmente mediante un programa de pruebas, a realizar con una muestra representativa del equipo.
 - El programa de las pruebas y las características de las mismas deberá de ser previamente aceptado por el organismo notificado, si existe, responsable del módulo de evaluación de conformidad del diseño y contener los criterios de aceptación y rechazo.
 - Durante las pruebas, las zonas críticas del equipo a presión deberán poder observarse con instrumentos adecuados que permitan determinar de forma precisa las deformaciones y las tensiones.
 - El programa debe de incluir una prueba de resistencia a la presión, definida respecto a la máxima de servicio, que permita garantizar que el equipo no sufre en esas condiciones fugas o deformaciones significativas.

También se realizarán, si corresponde, pruebas de fluencia o fatiga y pruebas en las condiciones de servicio, como son las de duración de servicio a temperaturas especificadas, número de ciclos a niveles determinados de tensión, etc. y si es necesario se realizarán así mismo pruebas complementarias de corrosión, acciones exteriores, etc.

- Un *método de cálculo*, en el que se tendrá especialmente en cuenta:

- La aplicación de factores de seguridad que permitan asegurar la contención de la presión y de otras cargas, eliminando de forma total cualquier duda que pueda surgir en su fabricación, sobre las condiciones reales de utilización, las tensiones, los modelos empleados para el cálculo, etc. Para asegurar los márgenes de seguridad adecuados, se podrán aplicar de forma adicional o combinada alguno de los siguientes métodos:

Diseño por formulas.

Diseño por análisis.

Diseño por mecánica de la rotura.

Los cálculos de diseño se emplearán para determinar la resistencia del equipo, teniendo presente los siguientes puntos:

- Las presiones de cálculo no serán inferiores a las máximas admisibles, teniendo en cuenta la presión de elevación total y la del fluido evacuado, así como la descomposición de los fluidos inestables.
- Se tendrán en cuenta todas las combinaciones posibles de presión y temperatura durante un proceso de utilización razonable.
- Las tensiones máximas y las concentraciones de valores máximos de tensión deben mantenerse siempre dentro de un intervalo seguro.
- Se tendrán en cuenta para el cálculo de la contención de la presión las características de los materiales empleados, en especial:
 - Resistencia a la tracción.
 - Limite elástico.
 - Resistencia a la fluencia diferida en el tiempo.
 - Resistencia a la fatiga.
 - Modulo de elasticidad longitudinal (Modulo de Young).
 - Valor de la deformación plástica admisible.
 - Resistencia al impacto (resiliencia).
 - Tenacidad a la fractura.
- Así mismo se tendrá en cuenta la estabilidad estructural del equipo, en los casos en que el espesor calculado no la garantice plenamente frente a los riesgos de manipulación y transporte.

3. DISPOSICIONES PARA GARANTIZAR EL USO Y FUNCIONAMIENTO EN CONDICIONES DE SEGURIDAD

El diseño de los equipos debe de permitir asegurar que su uso no entraña ningún riesgo razonablemente previsible, para lo cual debe de concederse especial atención a los siguientes puntos:

- Aperturas y cierres.
- Descargas de las válvulas de seguridad.
- Dispositivos que impiden el acceso físico (apertura del equipo estando este a presión o a vacío).
- Adecuada temperatura en su superficie.
- Prevención de la descomposición, para fluidos inestables.

4. MEDIOS DE INSPECCIÓN

- El diseño de los equipos permitirá la inspección de todos los dispositivos de seguridad.

- Dispondrán, cuando ello sea necesario, de medios para poder comprobar el estado interior de los equipos de forma segura, fácil y ergonómica. Si no fuera posible el acceso al interior del equipo, se dispondrá de los medios adecuados para comprobar las condiciones de seguridad del mismo.

5. OTRAS CONDICIONES A TENER PRESENTES EN EL DISEÑO

Dispondrán de sistemas seguros de ventilación y purga. Se dispondrá, cuando sea necesario, de una tolerancia positiva o de protección adecuada contra la corrosión.

Se tomarán medidas adecuadas para evitar o prevenir el desgaste por erosión o abrasión.

Dispondrán de sistemas seguros para el llenado y/o vaciado de los equipos.

Para la protección contra el rebasamiento de los límites admisibles de los equipos, estos dispondrán de dispositivos de protección adecuados o diseñados para instalarlos, a menos que la protección este asegurada por otros dispositivos de protección integrados en el conjunto.

6. ACCESORIOS DE SEGURIDAD

Responderán a criterios de diseño adecuados para que la protección sea adaptada y fiable. Estos criterios deben basarse en:

- Incluir doble seguridad.
- Ser redundantes.
- Permitir la diversidad.
- Poseer autocontrol.

Los órganos limitadores de presión estarán diseñados de forma que la presión no sobrepase permanentemente la máxima admisible PS.

Los dispositivos de control de temperatura tendrán, por razones de seguridad, un tiempo de respuesta adecuado que debe de ser compatible con su función de instrumento de medición.

Cuando corresponda, los equipos a presión estarán dotados de los accesorios adecuados para limitar los posibles daños causados por un incendio exterior.

7. FABRICACIÓN

Procedimiento de fabricación

El fabricante velará por la correcta ejecución de las disposiciones establecidas en la fase de diseño, mediante la aplicación de técnicas y métodos que sean adecuados, en especial en los siguientes aspectos:

- La *preparación de los componentes* (por ejemplo, el troquelado y el biselado) no debe causar defectos ni fisuras en los materiales que puedan comprometer sus características.
- Las *uniones permanentes* de los materiales, deben corresponder a las características mínimas de los mismos. Deben ser realizadas por personal cualificado con el nivel adecuado de competencia y mediante procedimientos cualificados.

El personal y los procedimientos deben estar aprobados para las Categorías II, III y IV por un organismo independiente que puede ser un organismo notificado o bien una entidad independiente reconocida

por un Estado miembro de la UE. Estas aprobaciones precisarán que el organismo independiente realice los exámenes y pruebas previstos en las normas armonizadas adecuadas o exámenes y pruebas equivalentes.

- Las *pruebas no destructivas* de las uniones permanentes serán efectuadas por personal cualificado y para las Categorías III y IV, dicho personal debe de haber sido aprobado por una entidad independiente reconocida por un estado miembro de la UE.
- Cuando exista el riesgo de que un procedimiento de fabricación *cambie las propiedades de un material*, se procederá a un adecuado tratamiento térmico.
- Todos los materiales estarán identificados a lo largo de todo el proceso mediante un *procedimiento de identificación*.

La *verificación final* se realizará en todos los aparatos y equipos a presión, comprobando el interior y el exterior de todas las partes del equipo. Esta verificación debe comprender los siguientes pasos:

- Prueba de resistencia a la presión (prueba hidrostática o equivalente, en su caso), que para los equipos de Categoría I fabricados en serie, podrá ser estadística.

La presión de prueba hidrostática de los equipos a presión será como mínimo igual al valor mas elevado de los dos valores siguientes:

- la presión de carga máxima que pueda soportar el equipo en condiciones de funcionamiento, habida cuenta su presión y temperatura máximas admisibles, multiplicada por un coeficiente de 1,25; o bien.
- la presión máxima admisible multiplicada por 1,43.

- Verificación final, que debe incluir en los conjuntos, el examen de sus dispositivos de seguridad.

Marcas y etiquetado

Además del marcado "CE", se deberá facilitar la siguiente información:

- Para todos los equipos a presión:
 - Identificación clara y completa del fabricante o de su representante en la Comunidad.
 - Año de fabricación.
 - Identificación del equipo a presión (tipo, nº de identificación, lote, etc.).
 - Límites esenciales máximos y mínimos admisibles.
- Según el equipo a presión, la siguiente información complementaria necesaria para la seguridad de instalación, funcionamiento o uso, y cuando proceda, también para el mantenimiento y la inspección periódica:
 - Volumen V (en litros) del recipiente a presión.
 - Diámetro nominal de las tuberías (DN).
 - Presión de prueba (PT) en bar, y la fecha.
 - Presión de rotura del órgano dispositivo de seguridad en bar (en su caso).
 - Potencia del equipo a presión en kW (en su caso).
 - Tensión de alimentación en voltios (V) (en su caso).
 - Uso previsto.
 - Grado de llenado, en kg/l (en su caso).
 - Masa máxima de llenado, en kg.
 - Masa tarada, en kg.
 - Grupo de productos.

- Si proceden, las advertencias sobre uso inadecuado o errores de uso demostrados por la práctica.

El marcado "CE" y las informaciones de identificación y características requeridas figurarán en el equipo a presión o en una placa de timbre sólidamente fijada sobre el equipo o en su caso en una etiqueta adherida al equipo cuando el recipiente sea demasiado pequeño para contener la placa.

Instrucciones de funcionamiento

Cuando se comercialice un equipo a presión, el fabricante adjuntará la siguiente documentación:

- Instrucciones de funcionamiento, con toda la información necesaria útil para la seguridad sobre:
 - El montaje, incluidas las uniones.
 - La puesta en servicio.
 - El uso.
 - El mantenimiento, con los controles por el usuario.
- Documentación técnica, con planos y esquemas necesarios para su correcta comprensión.
- En el caso de que sean conocidos, los peligros de utilización errónea.

8. MARCADO "CE"

Los equipos llevarán el marcado CE según el modelo que se adjunta, y sus dimensiones no podrán ser inferiores a 5 milímetros en vertical. (Ver figura 1)

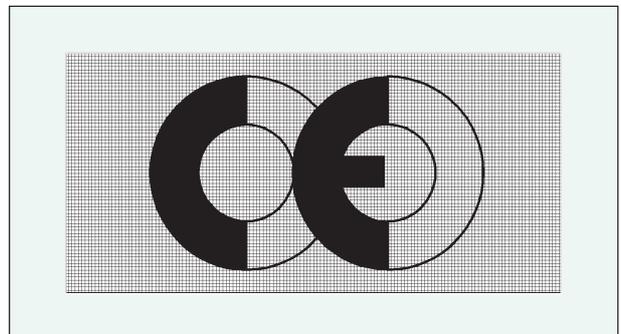


Figura 1. Marcado CE

9. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

La declaración de conformidad "CE" incluirá los siguientes datos:

- Nombre, apellidos y dirección del fabricante o de su representante establecido en la Comunidad.
- Descripción del equipo a presión o del conjunto.
- Procedimiento utilizado para la evaluación de la conformidad.
- Para los conjuntos, descripción de los equipos a presión que componen el conjunto e indicación del procedimiento empleado para la evaluación de la conformidad.
- Si procede:
 - Nombre y dirección del organismo notificado que haya efectuado el control.
 - La referencia al certificado de examen "CE de tipo",

al certificado de examen "CE de diseño" o al certificado de conformidad CE.

- Nombre y dirección del organismo notificado que controle el sistema de aseguramiento de la calidad del fabricante.
- Referencia de las normas armonizadas que se hayan aplicado.

- Las demás especificaciones técnicas que se hayan utilizado.

- Referencia a otras directivas comunitarias que se hayan aplicado.

- Identificación del firmante con poderes para obligar al fabricante o a su representante establecido en la Comunidad.

Aparatos a presión (III): procedimientos de evaluación de la conformidad

Equipements sous pression: Procédures d'évaluation de conformité
Pressure Equipment: Procedures for evaluation of conformity

Redactor:

Dimas Rodríguez Planas
Ingeniero Técnico Eléctrico

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Estas NTP están destinadas a constituir un instrumento de aproximación al conocimiento de los aparatos a presión y al de las medidas de seguridad, destinadas a la prevención de riesgos, adoptadas dentro de la Unión Europea (UE) en la fabricación, control y aseguramiento de la calidad de los mismos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

RELACION DE PROCEDIMIENTOS

En el Anexo III del RD 769/1999 se describen los distintos Procedimientos de evaluación y conformidad.

En el diseño, fabricación y evaluación de la conformidad de los equipos a presión, existen numerosos puntos coincidentes, tanto en las obligaciones que deben cumplir los fabricantes de los mismos, como en las actuaciones que para el control, supervisión y comunicación de resultados deben efectuar los Organismos Notificados actuantes con el fin de garantizar plenamente el estricto cumplimiento por parte de los fabricantes de

las disposiciones que les sean de aplicación en base a las características y utilización prevista para los equipos a presión.

Para facilitar su conocimiento, comprensión y facilitar su aplicación, en esta NTP se ha realizado la reunión de los requisitos técnicos correspondientes a las diferentes clases de equipo, con el fin de facilitar un ágil conocimiento por parte del futuro usuario de los puntos más destacados que comportan las mismas y que se incluyen en las tablas que a continuación se indican, ordenando los módulos por orden alfabético independientemente de las categorías a que pertenecen los mismos y que ya se han reseñado en la NTP-760.

OBLIGACIONES DEL FABRICANTE	MODULOS												
	A	A 1	B	B 1	C 1	D	D 1	E	E 1	F	G	H	H 1
Características Básicas de cada modulo:													
- Control interno de la fabricación	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Control interno de la fabricación con vigilancia de la fabricación final	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Examen "CE de Tipo"	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Examen "CE del Diseño"	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Conformidad con el tipo	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
- Aseguramiento de calidad de la producción	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-
- Aseguramiento de calidad del producto	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-
- Verificación de los productos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
- Verificación CE por unidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
- Aseguramiento de calidad total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
- Pleno aseguramiento de la calidad con control de diseño y vigilancia de la verificación final	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Métodos de diseño:													
- Por resistencia adecuada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
• Método de cálculo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Contención de presión y cargas:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Diseño por formulas, análisis o por mecánica de la rotura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Resistencia (a la tracción, fatiga, fluencia, corrosión, etc.)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estabilidad (para espesores de cálculo que no permiten estabilidad estructural adecuada)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
• Método experimental (si procede)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Por método experimental	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 1. Resumen de las obligaciones del fabricante según el módulo del AP (continúa en página siguiente)

OBLIGACIONES DEL FABRICANTE	MODULOS												
	A	A 1	B	B 1	C 1	D	D 1	E	E 1	F	G	H	H 1
Garantiza y declara que cumple con el RD 769/99	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fija el marcado CE en cada unidad y extiende declaración escrita de conformidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Selecciona una ON para certificar el proceso de producción	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elabora la Documentación Técnica con los siguientes datos:													
- Descripción equipo a presión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Planos diseño, fabricación, esquemas, etc.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Explicaciones para la comprensión de los planos, equipos y funcionamiento de los equipos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Lista de Normas aplicadas y soluciones adoptadas para cumplir con el RD 769/99	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Resultado de cálculos, diseño, controles, etc.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Informe de las pruebas realizadas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Toma las medidas para garantizar:													
- Que el proceso de fabricación del equipo este de acuerdo al RD y a la documentación técnica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Calidad y seguridad de los componentes y de su preparación	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Personal cualificado para uniones permanentes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Toma las disposiciones para que los equipos cumplan con el tipo descrito en el certificado de examen de "CE de Tipo"	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Una ON o una ER aprueban y certifican al personal y los procedimientos	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Presenta solicitud de "CE de tipo", con:	-	-	X	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-
- Sus datos de identificación	-	-	X	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-
- Declaración de no haberlo presentado a otro ON	-	-	X	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-
- Documentación técnica	-	-	X	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-
Presenta solicitud de examen "CE del diseño", con:	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	X
- Sus datos de identificación	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	X
- Declaración de no haberlo presentado a otro ON	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	X
- Documentación técnica	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	X
- Verificación especial de control de diseño	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	X
Presenta solicitud de Verificación por Unidad, con:													
- Sus datos de identificación	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-
- Declaración de no haberlo presentado a otro ON	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-
- Documentación técnica	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-
- Cálculos, normativas aplicadas, controles, pruebas	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X
Presenta solicitud a una única ON de:													
- Evaluación de su sistema de calidad incluyendo: - Toda la información de los equipos a presión	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
- Documentación relativa al sistema de calidad	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
- Objetivos	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
- Organigrama	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
- Responsabilidades del personal	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
- Técnicas y procedimientos de fabricación	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
- Medidas de control y aseguramiento de la Calidad	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
- Controles, pruebas y su frecuencia	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
- Documentación Técnica aprobada y copia del certificado de examen "CE de Tipo" o "CE de Diseño"	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Se compromete a cumplir con las obligaciones derivadas del sistema de calidad	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Permite acceso a instalaciones y documentación al ON	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Declara que cumple con el tipo descrito en el examen de "CE de Tipo" o en de "CE de Diseño"	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X
Conserva —"CE de Tipo" / "CE de diseño"/ document, pruebas, etc., 10 años después de la fabricación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 1. Resumen de las obligaciones del fabricante según el módulo del AP (continúa en página siguiente)

OBLIGACIONES DEL FABRICANTE	MODULOS												
	A	A 1	B	B 1	C 1	D	D 1	E	E 1	F	G	H	H 1
Efectuar la verificación final siguiente:													
- Comprobación final cumplimiento del RD	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Prueba resistencia equipos presión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Examen dispositivos de seguridad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Marcas y etiquetajes:													
Marcado CE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Señas de identificación del fabricante	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Año de fabricación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Identificación del equipo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Limites esenciales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Errores contrastados de utilización	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Instrucciones de funcionamiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Otros, reglamentados, etc.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Notifica a ON toda modificación del equipo certificado "CE de Tipo" / "CE de Diseño" / Sistema calidad	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Debe poder presentar a las Autoridades, a su solicitud, los certificados expedidos por el ON	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Aceptación de la verificación final, vigilada por la ON con visitas de la misma sin preaviso	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 1. Resumen de las obligaciones del fabricante según el módulo del AP

OBLIGACIONES DEL ORGANISMO NOTIFICADO	MODULOS												
	A	A 1	B	B 1	C 1	D	D 1	E	E 1	F	G	H	H 1
Verificar que F realiza la verificación final	-	X	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X
Verificar mediante control y pruebas el diseño y fabricación de los equipos	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X
Verificar mediante control y pruebas el diseño y fabricación de todos y cada uno de los equipos	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	-	
Comprueba y certifica que un ejemplar (mínimo) que sea representativo de la producción cumple con el del RD 769/99	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	X	X
Creara equipo de auditores con al menos un miembro con experiencia en la evaluación tecnológica	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X		X	X
El ON revisa y verifica:													
- Documentación técnica	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Diseño del equipo según normas	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Evaluara materiales utilizados	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Verificara certificados del F del material	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X
- Homologara procesos de unión permanente	-	X	X	X	X	-	X	-	-	-	X	-	
- Homologara al personal de uniones permanentes y su calificación	-	X	X	X	-	-	X	-	-	-	X	-	
- Efectuara o hará que se realicen controles adecuados de todo el proceso	-	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X
- Evaluación, Revisión y Seguimiento de los procedimientos de calidad con acceso a pruebas, almacenes, etc.	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
- Todos los elementos, requisitos y disposiciones adoptadas por F, ordenadas sistemáticamente	-	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	
- Realización de los controles adecuados	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	
El ON revisa (continuación)													
- Visitas de inspección sin previo aviso en base:													
Categoría equipo	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Resultados visitas anteriores	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Verificación medidas correctoras	-	-	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X
Condiciones esenciales del sistema	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Modificaciones organización o técnicas	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisión de todos los equipos	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	
Revisión equipos seguridad	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 2. Resumen de las obligaciones del Organismo Notificado según el módulo del AP (continúa en página siguiente)

OBLIGACIONES DEL ORGANISMO NOTIFICADO	MODULOS												
	A	A 1	B	B 1	C 1	D	D 1	E	E 1	F	G	H	H 1
- Control reforzado de visitas de inspección	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	X	X
Auditorías periódicas	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	X	X
Sistema completo cada 3 años	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	X	X
Si cumple expedirá certificado:													
De "CE de tipo" con validez por 10 años	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De "CE de diseño"	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Facilita a F Informe de las Auditorías	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X
Si existen equipos no conformes, toma las medidas oportunas	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Si ON deniega el "CE de tipo"/ "CE de diseño"/ Calidad o retira , o los que haya expedido, debe:													
- Motivar su decisión y dar procedimiento recurso	-	-	X	X	-	X	X	X	X	-	X	X	X
- Notificar la retirada a la "CE" y a otras ON	-	-	X	X	-	X	X	X	X	-	-	X	X
Bajo su responsabilidad, autoriza a F a fijar su numero en el equipo	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Recalifica y aprueba, en su caso, todo equipo modificado por el F	-	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X
Extiende Certificado de conformidad con el "CE de Tipo" o "CE de Diseño"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X
Extiende Certificado de las pruebas realizadas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X

Tabla 2. Resumen de las obligaciones del Organismo Notificado según el módulo del AP

Distancias a líneas eléctricas de baja tensión

*Distances à lignes électriques aériennes
Overhead electrical lines. Clearances*

Redactores:

Dimas Rodríguez Planas
Ingeniero Técnico Eléctrico

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

La presente NTP actualiza a la NTP- 73 y tiene por objetivo facilitar el conocimiento de las distancias de seguridad que deben de observarse para la instalación de líneas aéreas de BT, y el cruce y paralelismo de las mismas con otras líneas y elementos estructurales.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

INTRODUCCIÓN

Las distancias mínimas que deben guardarse entre las líneas eléctricas aéreas y los elementos físicos estáticos existentes a lo largo de su trazado (carreteras, edificios, árboles, etc.), con objeto de evitar contactos accidentales, se relacionan en la ITC-BT-06 del vigente "Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)" (Real Decreto del Ministerio de Ciencia y Tecnología 842/2002, BOE 18.9.2002).

Con el fin de recordar al lector la gama de tensiones y su clasificación legal, se indican las mismas en la Tabla 1.

Tensiones nominales usualmente utilizadas en las distribuciones de corriente alterna:

- 230 V entre fases para redes trifásicas de tres conductores.
- 230 V entre fase y neutro, y 400 V entre fases para las redes trifásicas de cuatro conductores.

En esta nota técnica no se contemplan las distancias y condicionantes que se establecen para el trabajo en instalaciones eléctricas, que están contenidas en el vigente RD 614/2001 sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (Ministerio de la Presidencia. BOE de 8.6.2001), por lo que en caso de precisar realizar trabajos en proximidad con las líneas aéreas de BT se deberán aplicar las directrices del citado RD, recomendándose la consulta a la Guía Técnica del mismo elaborada por el INSHT.

A continuación se exponen de forma gráfica las distancias principales que se establecen en el RD 842/02 para las líneas de Aéreas de Baja Tensión. Se han omitido otras prescripciones para poder mantener el carácter resumido y esquemático de la exposición, por lo que se recomienda al efectuar una consulta constatar los datos y ampliar el campo de las mismas con la lectura de aquellos textos legales que puedan serles de aplicación total o parcialmente.

	CA - Corriente alterna (valor eficaz)	CA - Corriente continua (valor eficaz)
Muy Baja Tensión	$U_n \leq 50 \text{ V}$	$U_n \leq 75 \text{ V}$
Tensión usual	$50 < U_n < 500 \text{ V}$	$75 < U_n < 750 \text{ V}$
Tensión especial	$500 < U_n < 1000 \text{ V}$	$750 < U_n < 1500 \text{ V}$

Tabla 1. BAJA TENSIÓN (según el artículo 4 del RD 842/2002 - REBT)

DISTANCIAS DE SEGURIDAD A LÍNEAS ELÉCTRICAS DE BT

1. PASO POR ZONAS. Distancias de conductores de BT desnudos al suelo y a edificaciones según REBT- ITC-BT-06 Apartado 3.2 (ver figura 1).

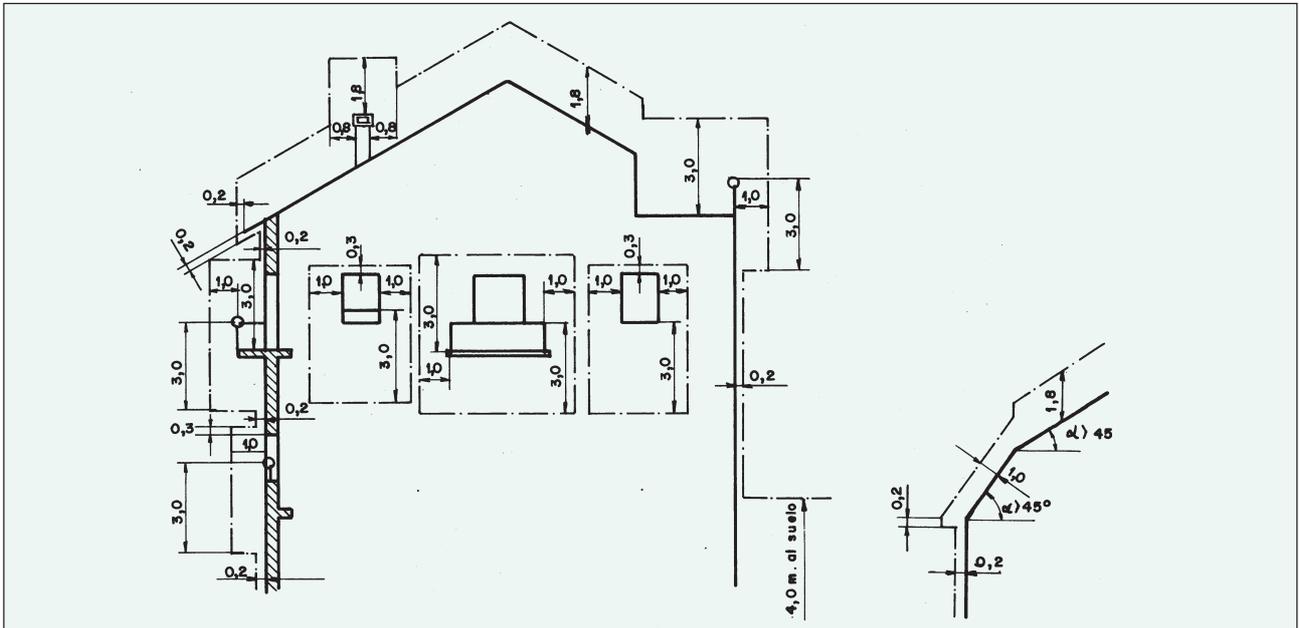


Figura 1. Distancia de los conductores desnudos de BT al suelo y zonas de protección.

2. PASO POR ZONAS. Distancias de conductores aislados de BT al suelo y a edificaciones según REBT- ITC-BT-06 Apartado 3.1 (ver figuras 2.1 y 2.2).

- Para cables posados directamente sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijados a los mismos.

Distancias mínimas a considerar:

A ventanas: 0.30 m al borde superior de la abertura.

0.50 m al borde inferior y a bordes laterales de la abertura.

A balcones: 0.30 m al borde superior de la abertura **1 m** a los laterales.

Al suelo: 2.5 m

A elementos metálicos de fachadas (escaleras, etc.): 0.05 m

- Para cables tensados:

Si son con neutro fiador, podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos en fachadas o muros.

Para el resto de cables tensados se utilizarán cables fiadores de acero galvanizado.

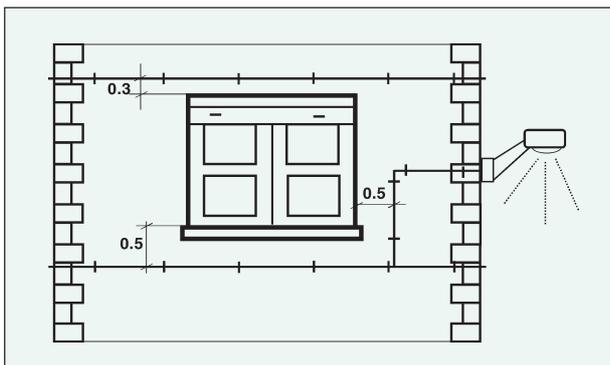


Figura 2.1. Paso por zonas. Distancia de los conductores aislados posados a ventanas.

Distancias mínimas a considerar:

Al suelo: 4 m

Cruces: (ver apartado cruces).

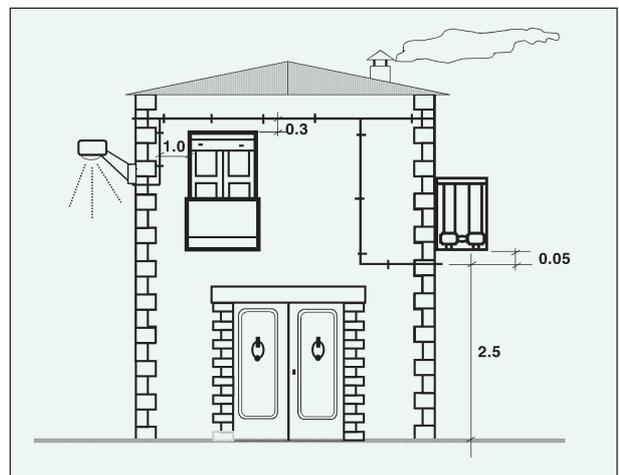


Figura 2.2. Paso por zonas. Distancia de los conductores aislados posados a balcones, elementos metálicos y al suelo

3. Distancias para cruzamientos entre líneas aéreas de BT REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.1.2 (ver Fig. 3)

- Para conductores desnudos:

En apoyos diferentes:

$D \geq 0.5$ m

En apoyo común (conductores de polaridad diferente):

- Vanos hasta 4 metros: **0.10 m**

- Vanos de 4 a 6 metros: **0.15 m**

- Vanos de 6 a 30 metros: **0.20 m**

- Vanos de 30 a 50 metros: **0.30 m**

- Vanos > 50 m:

$$D = 0.55\sqrt{F}$$

F: Flecha máxima en metros.

En los apoyos en los que se establezcan derivaciones la distancia entre los conductores derivados y los conductores de diferente polaridad de la línea donde aquellos se deriven podrá disminuirse hasta un **50%** de los valores indicados, con un mínimo de **0.10 m**.

Los conductores colocados sobre apoyos en edificios podrán estar distanciados **0.20 m** mínimo.

- Para conductores aislados:
o Podrán estar en contacto.

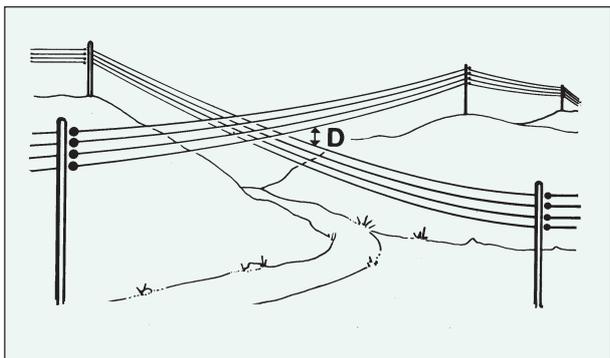


Figura 3 . Cruzamiento entre líneas aéreas de BT

4. Cruzamientos entre líneas aéreas de BT con líneas aéreas de telecomunicación. REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.1.3 (ver Fig. 4).

- Las líneas de BT de conductores desnudos deberán cruzar por encima de las de telecomunicación.

Solo excepcionalmente podrán cruzar por debajo, si una de ellas es de conductores aislados de 0.6/1 kV en el vano de cruce para las líneas de BT o de telecomunicación o bien existir un haz de cables de acero puesto a tierra entre ambas.

- Cuando el cruce se efectuó en distintos apoyos, la distancia "D" mínima entre los conductores desnudos de BT y los de las líneas de telecomunicación será.

$D_1 \geq 1 \text{ m}$ para conductores desnudos de la línea de BT y las de telecomunicación con cruce en distintos apoyos.

$D_2 \geq 0.5 \text{ m}$ para conductores desnudos de la línea de BT y los de telecomunicación con cruce en apoyos comunes.

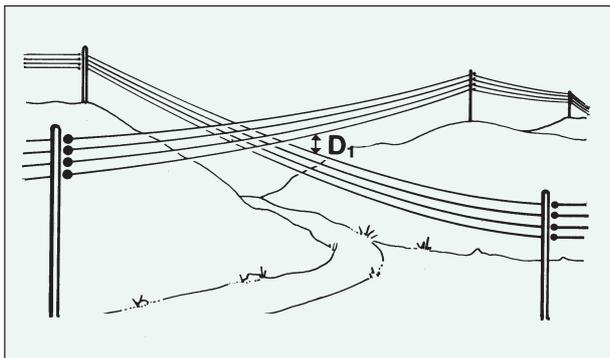


Figura 4 . Cruzamiento entre líneas aéreas de BT y de telecomunicación con distinto apoyo

5. Cruzamientos entre líneas aéreas de BT con carreteras y ferrocarriles sin electrificar. REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.1.4 (ver Fig.5).

- La altura mínima del conductor mas bajo, en las condiciones de flecha más desfavorable, será:

$$D \geq 6 \text{ m}$$

- Conductores no tendrán empalmes en el vano de cruce o como máximo uno a causa de la reparación de una avería.

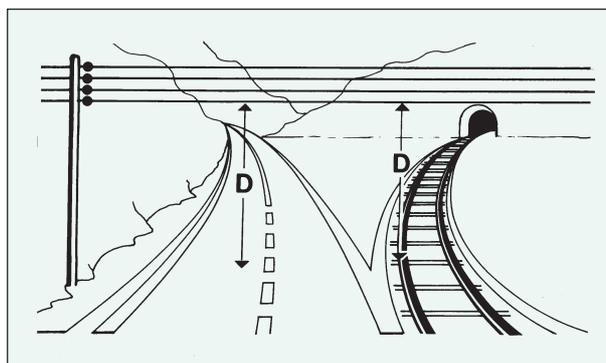


Figura 5 . Cruzamiento entre líneas aéreas de BT y de telecomunicación con distinto apoyo

6. Cruzamientos entre líneas aéreas de BT con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses. REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.1.5 (ver Fig. 6).

- Altura mínima sobre los cables o hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto:

$$D_1 \geq 2 \text{ m}$$

- Para vehículos provistos de trole, (en el caso de la posición mas desfavorable del mismo).

$$D_2 \geq 0.3 \text{ m}$$

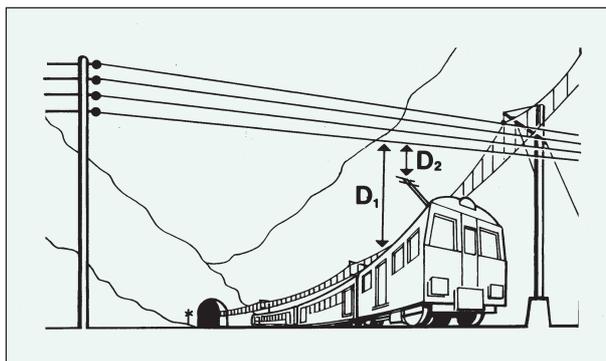


Figura 6 . Cruzamiento entre líneas aéreas de BT con ferrocarriles electrificados, tranvías y con trolebuses

7. Cruzamientos entre líneas aéreas de BT con cables teleféricos y cables transportadores. REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.1.6 (ver Fig. 7)

La distancia mínima será en todo momento:

- A cualquier elemento de la instalación del teleférico:

$$D_1 \geq 2 \text{ m}$$

- Si la línea de BT pasa por debajo del teleférico:

$$D_2 \geq 3 \text{ m}$$

Los apoyos adyacentes al teleférico correspondientes al cruce con la línea de BT estarán puestos a tierra.

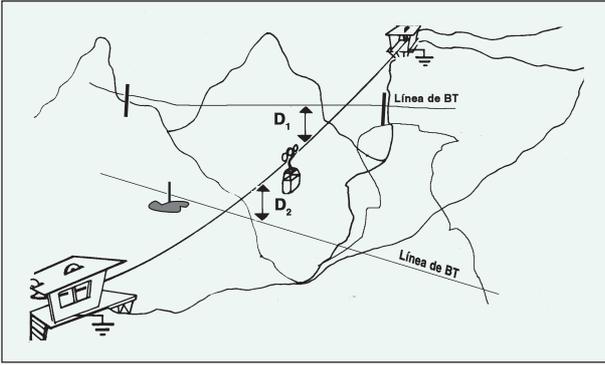


Figura 7. Cruzamiento entre cables líneas aéreas de BT con cables Teleféricos y cables Transportadores

8. Cruzamientos entre líneas aéreas de BT con ríos, canales navegables o flotables. REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.1.7 (ver Fig. 8).

La altura mínima sobre la superficie del agua, considerada para el máximo nivel que puede alcanzar será de:

$$H = G + 1 \text{ m (Si G no esta definido tomar } G = 6 \text{ m).}$$

G: Gálibo.

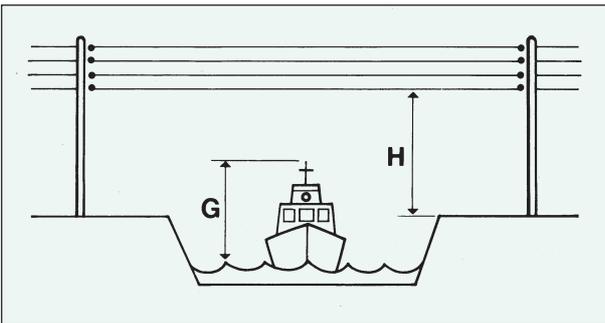


Figura 8 . Cruzamiento entre cables líneas aéreas de BT con ríos, canales navegables o flotables

9. Cruzamientos entre líneas aéreas de BT con antenas de radio y televisión. REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.1.8 (ver Fig. 9).

- Para cables de BT desnudos a la antenas, sus tirantes o a los conductores de bajada $D \geq 1\text{m}$.
- Esta prohibido usar los apoyos de sustentación de BT para fijar sobre los mismos las antenas o los tirantes de las mismas.

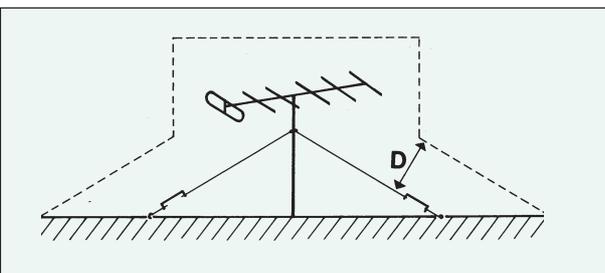


Figura 9 . Cruzamiento entre cables líneas aéreas de BT con antenas de radio y/o televisión

10. Cruzamientos entre líneas aéreas de BT con canalizaciones de agua y gas. REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.1.9 (ver Fig. 10).

- Distancia mínima entre cables de BT y canalización de agua o gas:

$$D_1 \geq 0.20 \text{ m}$$

- Distancia mínima entre cables de BT y juntas o empalmes de canalizaciones:

$$D_2 \geq 1\text{m}$$

- Para líneas aéreas desnudas la distancia mínima será de 1m.

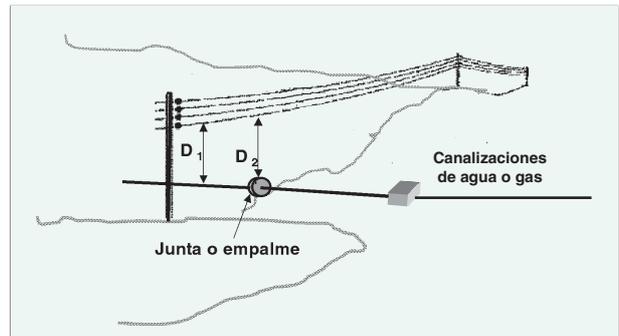


Figura 10 . Cruzamiento entre cables líneas aéreas de conductores protegidos de BT con canalizaciones de agua y gas

11 Proximidades y paralelismos entre líneas aéreas de BT con otras de BT o de telecomunicación. REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.2.2 (ver Fig. 11).

- Distancia mínima entre líneas de conductores aislados:
- $$D \geq 0.10 \text{ m}$$
- Distancia mínima entre líneas de conductores desnudos:
- $$D_1 \geq 1 \text{ m Si las líneas van sobre los mismos apoyos.}$$
- $$D_2 \geq 0.5 \text{ m Si las líneas van sobre distintos apoyos.}$$

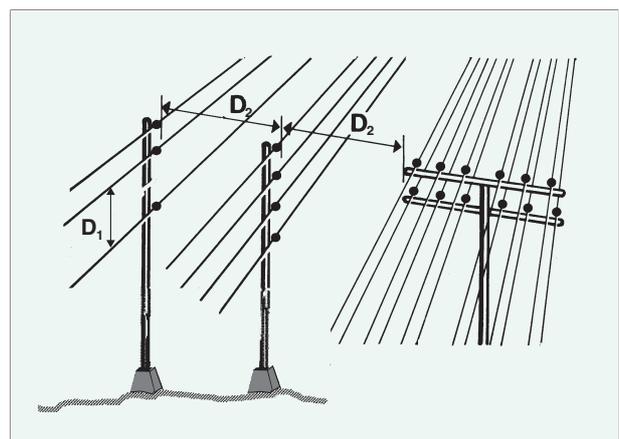


Figura 11. Proximidades y paralelismos entre líneas aéreas de conductores desnudos de BT, otras líneas de BT y líneas de telecomunicación

12. Proximidades y paralelismos entre líneas aéreas de BT con calles y carreteras REBT ITC- BT-06 Apartado 3.9.2.3 (ver Fig. 12)

- Distancia mínima de líneas de conductores desnudos:

$$D_1 \geq 6 \text{ m en zonas o espacios de circulación rodada}$$

$D_2 \geq 5 \text{ m}$ en los demás casos (4 m con conductores aislados).

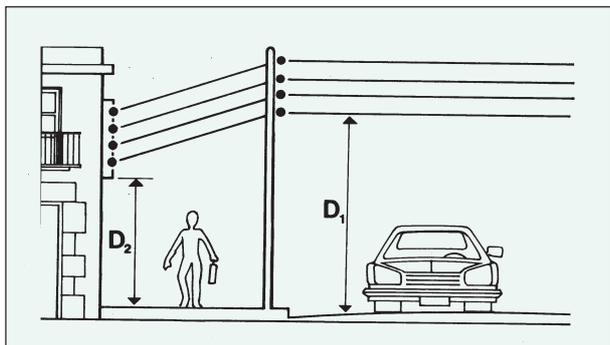


Figura 12 . Proximidades y paralelismos entre líneas aéreas de conductores desnudos de BT

13. Proximidades y paralelismos entre líneas aéreas de BT con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses. REBT ITC- BT-06 Apartado 3.9.2.4 (ver Fig. 13).

Distancia Horizontal de los conductores de la instalación de la línea contacto:

$D \geq 1,5 \text{ m}$

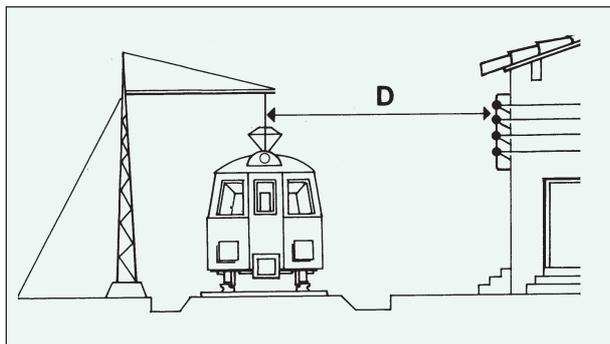


Figura 13. Proximidades y paralelismos entre líneas aéreas de BT con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses

14. Proximidades y paralelismos entre líneas aéreas de BT con zonas de arbolado. REBT ITC- BT-06 Apartado 3.9.2.5

- Uso preferente de cables aislados en haz.
- Para cables desnudos se evitará el contacto entre los árboles y sus ramas con la línea.

15. Proximidades y paralelismos entre líneas aéreas de BT con canalizaciones de agua. REBT ITC- BT-06 Apartado 3.9.2.6 (ver Fig. 14)

- Distancia mínima entre cables y canalizaciones de agua:

$D_1 \geq 0.20 \text{ m}$ para canalizaciones y en proyección horizontal, procurando que la canalización de agua quede por debajo del cable.

$D_2 \geq 1 \text{ m}$ entre cables desnudos o empalmes de cables con las juntas de las canalizaciones de agua.

$D_2 \geq 1 \text{ m}$ entre cables y arterias principales de conducción de agua.

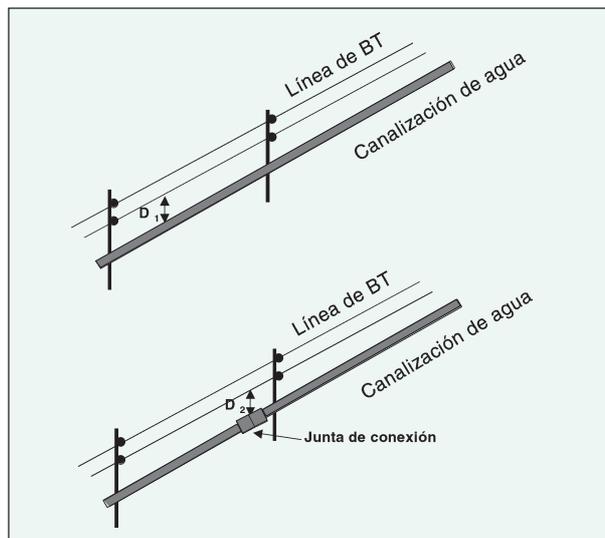


Figura 14 . Proximidades y paralelismos entre líneas de cables BT con canalizaciones de agua

16. Proximidades y paralelismos entre líneas aéreas de BT con canalizaciones de gas. REBT ITC- BT-06 APARTADO 3.9.2.7 (ver Fig. 15).

- Distancia mínima entre cables y canalizaciones de gas:

$D_1 \geq 0.20 \text{ m}$ para canalizaciones de gas con presión < 4 bar.

$D_1 \geq 0.40 \text{ m}$ para canalizaciones de gas con presión > 4 bar.

$D_2 \geq 1 \text{ m}$ entre cables desnudos o empalmes de cables con las juntas de las canalizaciones de gas.

$D_2 \geq 1 \text{ m}$ entre cables y arterias principales de conducción de gas.

- Distancia mínima en proyección horizontal, se procura mantener: **0.20 m**.

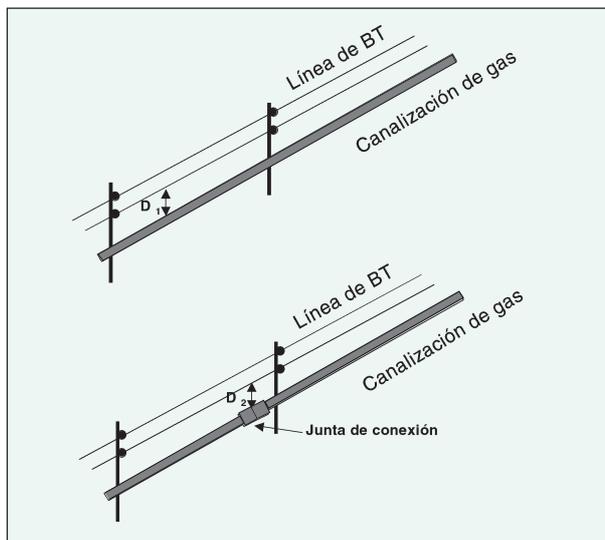


Figura 14 . Proximidades y paralelismos entre líneas de cables BT con canalizaciones de gas

Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (II): muestreadores personales de las fracciones del aerosol

*Évaluation de l'exposition professionnelle aux aérosols. Échantillonneurs personnels des fractions de l'aérosol.
Occupational exposure assessment to aerosols. Personal samplers for the aerosol fraction.*

Redactor:

Antonio Martí Veciana

Ldo. en Ciencias Químicas y Farmacia

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

En la NTP 731 se expusieron los aspectos más importantes de las Normas UNE-EN 481, UNE-EN 13205 y UNE-EN 482, así como de la Guía CEN/TR 15230 y los Criterios y recomendaciones CR-03/2006 del INSHT, documentos considerados básicos, en su conjunto, para la evaluación de las exposiciones a aerosoles. En la presente NTP se expone una relación de muestreadores disponibles en el mercado, para las distintas fracciones de los aerosoles, así como las características más destacables de los muestreadores personales de la fracción inhalable.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Está disponible en el mercado una amplia variedad de muestreadores para captar las distintas fracciones de los aerosoles (ver NTP 583 y 731), tanto de manera separada como conjunta (multifracciones). Asimismo, existe abundante bibliografía, la más importante de la cual se referencia en el correspondiente apartado, en la que se analiza los aspectos principales de los muestreadores más habitualmente utilizados: resultados de la experimentación de nuevos muestreadores; eficacias de captación en ensayos de laboratorio; estudios comparativos entre los muestreadores de la fracción inhalable y los que se han venido utilizando tradicionalmente para "polvo total" (como el clásico cassette de 37 mm); y eficacia de los muestreadores en distintas condiciones ambientales, con materias particuladas de diferentes naturalezas o en actividades industriales diversas.

No existe en el mercado un muestreador personal que pueda considerarse plenamente satisfactorio para cualquier situación ambiental posible, aunque la mayor parte suelen tener un comportamiento aceptable, en relación a los criterios exigidos.

2. ASPECTOS QUE INFLUYEN EN LOS MUESTREADORES

Los muestreadores de los aerosoles, cuando se utilizan en "campo", suelen cumplir con más dificultad las especificaciones que se establecen en los ensayos de laboratorio, principalmente en túneles de viento, para satisfacer los requerimientos de las normas. Ello es debido básicamente a la existencia de corrientes de aire o vientos fuertes, a la proyección de partículas de elevado tamaño, a irregularidades en la distribución del tamaño de las partículas e, incluso, a alteraciones durante el transporte de las muestras (1).

En las referencias bibliográficas 2 y 3 se indican los factores de corrección recomendados para adecuar la efi-

cia de muestreo del muestreador al convenio para la toma de muestra de la fracción inhalable en unas determinadas condiciones (ensayos en túneles de viento, aerosol monodisperso, velocidad del viento).

A continuación se comentan los principales aspectos que pueden afectar la eficacia de captación de los muestreadores, especialmente para la fracción inhalable.

Dirección del aire

Los muestreadores tienden a una sobrevaloración de las partículas de mayor tamaño (superiores a 20 µm) cuando la dirección del aire coincide con la dirección de la aspiración (0°), y a una infravaloración cuando es lateral (90°) o contraria (180°) (4).

Velocidad del aire

El mejor comportamiento de los muestreadores se observa a bajas velocidades de aire, inferiores a 1 m/s, existiendo una velocidad óptima alrededor de los 0,5 m/s, velocidad considerada habitual en ambientes interiores sin corrientes de aire. La eficacia de captación tiende a decrecer cuando la velocidad del aire aumenta y también a velocidades muy bajas, aunque éstas no suelen ser habituales en ambientes laborales (2-4).

Tamaño de las partículas

Las partículas de mayor tamaño son las más afectadas por las variaciones de la velocidad del aire, con, lógicamente, una mayor incidencia en los muestreadores de la fracción inhalable, menor en los de la fracción torácica, y muy pequeña en los de la fracción respirable, excepto cuando la velocidad del aire es muy elevada (5).

En las actividades laborales en que se generan partículas grandes, superiores a 100 µm, como ocurre en los trabajos con madera y en operaciones de molturación y chorreado, estas partículas pueden proyectarse o intro-

ducirse por deposición en los muestreadores de la fracción inhalable provocando una sobrevaloración del resultado de la medición (5-6), especialmente en aquéllos cuyo orificio de entrada sea grande (7).

Gradientes en la concentración ambiental

La falta de uniformidad en el tamaño de las partículas crea gradientes de concentración. Comparando mediciones efectuadas a ambos lados de la solapa de personas expuestas a aerosoles, se han obtenido diferencias entre sí de hasta el doble, con una probabilidad del 95 % (8). Ello minimiza, en parte, las diferencias observadas entre las eficacias de captación de algunos muestreadores, aunque esta variabilidad se puede traducir en un elevado grado de incertidumbre de los resultados.

3. MUESTREADORES DE AEROSOLES

Una relación de muestreadores que pueden satisfacer los requerimientos de las normas UNE-EN 481 y UNE-EN 13205 se pueden encontrar en la Guía CEN/TR 15230 (1) y en el documento Criterios y recomendaciones CR-03/2006 del INSHT (3), en los que se recomienda que los potenciales usuarios de los muestreadores consulten las referencias bibliográficas y evalúen el muestreador seleccionado para verificar que su comportamiento en las condiciones ambientales en las que se pretenda usar.

En la Tabla 1 se expone una relación de los muestreadores con indicación de la página web de los fabricantes y suministradores. La Tabla incluye los muestreadores citados en la Guía, pero también los utilizados en la UE y recomendados en métodos analíticos de referencia.

FRACCIÓN AEROSOL	DENOMINACIÓN MUESTREADOR	FABRICANTE	WEB FABRICANTE o SUMINISTRADOR
Inhalable	IOM	SKC (UK)	www.skcltd.com www.vertex.es www.casella-es.com
	PGP-GSP 3,5	GSM (G)	www.gsm-neuss.com www.deha-gmbh.de
	PGP-GSP10	GSM (G)	www.gsm-neuss.com www.deha-gmbh.de
	CIS	BGI (USA)	www.bgiusa.com www.casella-es.com
	Seven Hole Sampler, SHS ó 7HH	Casella (UK) SKC (UK) JS Holding (UK)	www.casella-es.com www.vertex.es www.jsholdings.co.uk
	CIP10-I	Arelco (F)	www.arelco.fr
	BUTTON Sampler	SKC (UK)	www.skcltd.com www.vertex.es
	PAS-6	IRAS-UU (N)	www.iras.uu.nl
Torácica	CIP10-T	Arelco (F)	www.arelco.fr
	GK2.69	BGI (USA)	www.bgiusa.com
	PEM200	MSP (USA)	www.mspscorp.com www.vertex.es
Respirable	Ciclón nylon 10 mm	SENSIDYNE (USA)	www.sensidyne.com www.zefon.com
	Ciclón de polvo respirable	BGI (USA)	www.bgiusa.com
	GK2.69	BGI (USA)	www.bgiusa.com
	Ciclón de plástico conductor	SKC (UK) Casella (UK)	www.skcltd.com www.vertex.es www.casella-es.com
	Ciclón de aluminio	SKC (UK)	www.skcltd.com www.vertex.es
	PGP-FSP 2 y PGP-FSP 10	GSM (G)	www.gsm-neuss.com www.deha-gmbh.de
	IOM Multidust	SKC (UK)	www.skcltd.com www.vertex.es
	CIP10-R	Arelco (F)	www.arelco.fr
Multifracciones	IOM Multidust	SKC (UK)	www.skcltd.com www.vertex.es
	Respicon	Hund (G) TSI (USA)	www.hund.de www.tsi.com www.nusim.com
	Perspec	No localizado	No disponible

Tabla 1. Muestreadores personales para las distintas fracciones de los aerosoles

4. MUESTREADORES DE LA FRACCIÓN INHALABLE

Las principales características y los aspectos más destacables de los distintos muestreadores personales de la fracción inhalable, citados en la Tabla 1, se indican a continuación. En la Tabla 2 se resumen las características operativas diferenciales entre los distintos muestreadores de la fracción inhalable.

IOM (Muestreador Institute of Occupational Medicine)

Características

Muestreador de la fracción de partículas inhalables, desarrollado por D. Mark y J.H. Vincent en el Institute of Occupational Medicine de Edimburgo, Reino Unido, en 1986 y fabricado por la firma SKC.

Está constituido por una cabeza plástica que contiene un portafiltras o cassette de plástico reutilizable con un filtro de 25 mm, cuya naturaleza depende del procedimiento analítico a aplicar: fibra de vidrio GF/A; PVC 5 μm ; esteres de celulosa AA 0,8 μm o policarbonato 0,8 μm . Es un muestreador ligero (~55 g) y cómodo de usar, que incluye una tapa para facilitar la integridad de la muestra durante su transporte.

Existen diversas versiones de este muestreador. La primera, era de plástico no conductor, de color castaño, y fue sustituida posteriormente por material de plástico conductor y de color negro, cuyo aspecto puede apreciarse en la Figura 1. La versión en acero inoxidable tiene mayor resistencia y no absorbe humedad, si bien su tara en las determinaciones gravimétricas es superior.



Figura 1. Muestreador IOM

El aire es aspirado a través del orificio circular de 15 mm de diámetro del muestreador, conectado a una bomba personal a un caudal de $2 \pm 0,1$ l/m y las partículas se depositan en un filtro de 25 mm. El análisis gravimétrico, se lleva a cabo por diferencia de pesadas de la unidad cassette-filtro. Las recomendaciones básicas son: utilizar guantes y pinzas en las manipulaciones, equilibrar el conjunto filtro-cassette en un ambiente de humedad controlada (no en un desecador), así como incluir en cada lote de muestras a analizar varias "muestras blanco" (9).

Aspectos destacables

Es un muestreador muy utilizado en América y en Europa, especialmente en el Reino Unido y en los países nórdicos, para polvo de madera. Se utiliza frecuentemente como muestreador de referencia (10-15) y se ha empleado satisfactoriamente en fundiciones y refinerías y en las industrias de productos alimenticios y farmacéuticos.

Al pesarse filtro y cassette juntos todas las partículas que han penetrado a través del orificio de entrada forman parte de la muestra y son pesadas en el análisis, estén recogidas sobre el filtro, depositadas en las paredes o, incluso, desprendidas.

Los estudios de eficacia de captación en laboratorio indican una buena conformidad con el convenio de la frac-

ción inhalable para velocidades del viento de 0,5 m/s y 1 m/s (2-3). Su comportamiento es relativamente independiente de la velocidad del viento para partículas con un diámetro aerodinámico de hasta 75 μm , aunque con velocidades del aire bajas, presentan una desviación positiva con respecto al convenio inhalable. En algunos ensayos la precisión no ha resultado muy buena.

Juntamente con los muestreadores GSP y CIP10-I, que se verán más adelante, es de los que mejor cumple el convenio de muestreo de la fracción inhalable (10).

Presenta una sobrevaloración de las partículas de mayor tamaño cuando la dirección del viento coincide con la dirección de aspiración (0°), y una infravaloración cuando la orientación del viento es de 90° y 180° (4).

El orificio de entrada amplio, de 15 mm de diámetro, facilita la penetración de partículas grandes (superiores a 100 μm) por proyección, fenómeno que puede ser significativo en exposiciones a polvo de madera, y también facilita la deposición pasiva de partículas, que según estudios experimentales puede ser del orden del 9 al 32 % de la captación activa (7). En ambos casos, la captación de estas partículas conlleva una sobrevaloración ambiental.

En las determinaciones gravimétricas, si bien la masa del filtro es estable, a causa de la absorción de vapor de agua por parte del material plástico del cassette, pueden verse afectados los resultados de la medición con variaciones de hasta 2 mg. Dado que esta absorción depende de las condiciones ambientales de su almacenamiento, se recomienda acondicionar el cassette en el cuarto de balanzas o, preferiblemente, en una atmósfera de humedad controlada, una semana antes y después del muestreo, así como utilizar "muestras blanco" para la corrección. Los cassettes de acero inoxidable, en cambio, no resultan afectados por la humedad ambiental, siendo recomendables cuando interesa reducir la imprecisión de las mediciones por debajo de 0,05 mg (9-10,16).

Es aplicable para el muestreo de bioaerosoles, utilizando un filtro de naturaleza adecuada, como policarbonato esterilizado.

Existe una variante del IOM que permite el muestreo y la determinación simultánea de la fracción respirable e inhalable de los aerosoles.

Muestreadores cónicos

Se conocen diversos muestreadores de forma cónica diseñados para captar la fracción inhalable, tales como: el GSP de origen alemán, el CIS de USA, y el PAS-6 holandés.

El **PGP-GSP** es la versión europea más conocida de muestreador cónico para materia particulada inhalable, fabricado por GSM Messgerätebau con licencia del Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA (República Federal de Alemania). Originalmente, se construyó de metal fundido, con una entrada cónica de aluminio. Actualmente también existe la versión en plástico antiestático. Ver la Figura 2.

El aerosol se aspira a un caudal de $3,5 \pm 0,1$ l/m a través de un orificio circular de 8 mm de diámetro. El muestreador contiene un portafiltras tipo cassette, provisto de un filtro de 37 mm de fibra de vidrio, de PVC 5 μm , de teflón 2 μm o de membrana, según la metodología analítica a seguir; también en este modelo la muestra esta constituida por el conjunto de soporte y filtro. Una variante es el **PGP-GSP 10**, cuyo caudal de 10 l/m, posibilita tiempos de captación mucho más cortos o mejorar los

límites de detección. La propia firma GSM dispone de una bomba portátil **SG 10** que permite ajustar el volumen entre 3,5 y 10 l/m ($\pm 5\%$).

El muestreador **CIS** (*Conical Inhalable Sampler*), muy similar al PGP-GSP 3,5, es fabricado por la firma BGI, Inc, Massachussets (USA) y es considerado como la versión americana. Es de plástico conductor y tiene una sección cónica frontal, con un orificio de 8 mm. El caudal es de $3,5 \pm 0,1$ l/m y la muestra se capta en un filtro de 37 mm montado en un portafiltros reutilizable. Ver la Figura 3.



Figura 2. Muestreador PGP-GSP 3,5



Figura 3. Muestreador cónico CIS

Finalmente, el **PAS-6** es otro muestreador de tipo cónico desarrollado en Holanda (Institute of Risk Assessment Sciences), que tiene una geometría parecida al muestreador PGP-GSP 3,5 y al CIS. Es de naturaleza metálica y capta las partículas inhalables de los aerosoles a un caudal de $2 \pm 0,1$ l/m sobre un filtro de 25 mm, a través de un orificio de entrada de 6 mm de diámetro.

El PGP-GSP 3,5 se adecua al convenio para la toma de muestra de la fracción inhalable para velocidades del viento de 0,5 m/s y 1 m/s (2, 3) y se le considera como una alternativa al muestreador IOM (2, 17) y también se ha usado como muestreador de referencia (11).

La precisión de estos muestreadores es buena, habiéndose mostrado el PGP-GSP 3,5 como el mejor, entre un grupo 8 muestreadores ensayados, a velocidades de viento de 0,5 m/s y 1 m/s, y el segundo mejor a 4 m/s (1-2).

Como ya se ha indicado, el PGP-GSP 3,5 junto con el IOM y el CIP10-I, son de los que mejor cumplen el convenio de muestreo de la fracción inhalable (10).

Tanto el PGP-GSP 3,5 como el CIS son utilizados en las evaluaciones de polvo de madera, si bien la abertura del orificio de captación de 8 mm, les hace sensibles a las partículas más gruesas (6).

El muestreador PAS-6 se adecua al convenio para la toma de muestra de la fracción inhalable para velocidades del viento de 0,5 m/s (2-3). Ha participado en pocos estudios comparativos entre muestreadores (2, 10).

CIP10

Es un muestreador desarrollado en Francia en la década de los 80 por CHECHAR (Centre d'Études et de Recherches de Charbonnage), actualmente INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques), comercializado por ARELCO (18).

Es de plástico conductor y dispone de una copa rotatoria a alta velocidad que contiene una espuma de poliuretano sobre la cual se captan las partículas. Es un equipo pequeño, ligero y compacto, de alrededor unos 300 g de peso, que lleva incorporado una bomba de muestreo interna y que puede utilizarse tanto para muestreos personales como ambientales. Dispone de varias versiones que posibilitan la captación individual de las distintas

fracciones, cambiando el selector, que puede contener espumas de distinta porosidad:

- **CIP10-I**: para captar la fracción inhalable, con un caudal de 10 l/min.
- **CIP10-T**: para captar la fracción torácica, con un caudal de 7 l/min.
- **CIP10-R**: para captar la fracción respirable, con un caudal de 10 l/min.
- **CIP10-M**: para captar microorganismos (por centrifugación sobre un líquido), aceptando los selectores de las distintas fracciones.

El aerosol se aspira a través del orificio de entrada anular omnidireccional protegido por una tapa para evitar la penetración de partículas no deseadas, como partículas grandes o gotas de agua. La determinación analítica de la fracción del aerosol es gravimétrica, por pesada de la tapa rotatoria junto con la espuma de poliuretano (19). Ver la Figura 4.

Es un muestreador diseñado para evaluar exposiciones a materia particulada en minas de carbón, canteras, ambientes industriales, y en el medio ambiente en general.

Se adecua al convenio de la fracción inhalable para bajas concentraciones y su captación no se ve sensiblemente afectada por la orientación del viento, excepto si la velocidad es alta y la dirección favorable, en cuyo caso se produce una sobrevaloración (2).

Junto con los muestreadores IOM y PGP-GSP 3,5 es de los que mejor cumple el convenio de muestreo de la fracción inhalable (10).

Los principales inconvenientes de este muestreador se deben al comportamiento higroscópico de la espuma y a los fenómenos electrostáticos. Es recomendable pesar simultáneamente varias "muestras blanco" y hacer las correcciones oportunas (10,19).



Figura 4. Muestreador Arelco

Button Sampler

Es un muestreador diseñado para la fracción inhalable, desarrollado por la Universidad de Cincinnati (USA), fabricado y comercializado por la firma SKC. Es un muestreador de acero inoxidable y aluminio (para reducir los efectos electrostáticos en el muestreo), pequeño y ligero, de forma semiesférica, con orificios de 381 μm de diámetro y cuya área global de muestreo es de 19,6 cm^2 . El caudal recomendado es de 4 l/min.

La firma SKC dispone de un adaptador para la calibración del muestreador. La muestra se capta sobre un filtro de 25 mm de diámetro, cuya naturaleza (fibra de vidrio, teflón, PVC, etc.) depende del aerosol y de la determinación analítica a realizar. Se recomiendan filtros con un tamaño de poro de 1 μm o superior para reducir la pérdida de carga. Ver la Figura 5.

Su diseño presenta ventajas importantes frente a otros muestreadores, como el IOM y PGP-GSP 3,5 en lo que respecta a la eficacia de muestreo (11), debido principalmente a: verse poco afectado por la dirección y velocidad del viento, los escasos efectos electrostáticos, la mejor uniformidad en la deposición del aerosol sobre el filtro, y la minimización de la captación de partículas grandes no incluidas en la fracción inhalable ($>> 100 \mu\text{m}$), por



Figura 5. Muestreador Button

proyección o sedimentación (7).

Su mejor concordancia con el convenio de la fracción inhalable, igual que ocurre con la mayoría de muestreadores, se ha observado a velocidades del aire alrededor de 0,5 m/s (11, 20).

Su exactitud es comparable a la del muestreador PGP-GSP 3,5 y más baja que la del IOM mientras su precisión es igual o mejor (11, 20). Se puede considerar como un muestreador alternativo al IOM.

El fabricante ha diseñado un escudo protector para el muestreador que le permite el muestreo de partículas de metales pesados en operaciones abrasivas con chorro, si bien no es adecuado para el muestreo de sílice libre, contaminante habitual también en estas operaciones.

Es muy utilizado para la captación de bioaerosoles (esporas fúngicas, endotoxinas y bacterias), utilizándose filtros de policarbonato o de membrana, como PVC o mezcla de esteres de celulosa (24).

7 agujeros (Seven-Hole-Sampler)

Este muestreador, con 7 orificios circulares de 4 mm de diámetro, conocido también por las siglas SHS, 7H ó 7HH (“7 Hole Head”), tiene un aspecto similar al muestreador IOM. El aire es aspirado a un caudal de $2 \pm 0,1$ l/min, siendo recogida la muestra sobre un filtro de 25 mm de diámetro, apoyado sobre un soporte metálico y cuya naturaleza depende de la aplicación y análisis. Comercialmente, existen 3 versiones de este muestreador: una metálica (fabricante: Casella) y 2 en plástico (fabricantes: SKC y JS Holdings, UK). Ver en la Figura 6, el aspecto de la versión metálica.



Fig. 6. Muestreador SHS

Es utilizado en el Reino Unido para muestrear la fracción inhalable, recomendado por el HSE para el polvo inhalable (método MDHS 14/3).

Existe bastante información sobre él por haberse empleado en diversos estudios comparativos (2, 4, 6, 8).

Al igual que el IOM, tiende a una sobrevaloración de las partículas de mayor tamaño (superiores a 20 μ m) cuando la dirección del viento coincide con la dirección de aspiración (0°), y a una infravaloración cuando la orientación del viento es de 90 y 180° (4).

5. CONSIDERACIONES AL MUESTREO DE AEROSOL TOTAL CON CASSETTE

Tal como se recoge en el documento CR-03/2006 del INSHT (3), en el pasado, en la mayoría de los países, las recomendaciones para la toma de muestra de los aerosoles se basaron en el concepto de “aerosol total, polvo total o partículas totales”. Estos términos correspondían a las partículas captadas por un determinado instrumento de muestreo. Así, por ejemplo, la ACGIH consideraba como “partículas totales” a aquellas partículas recogidas con el cassette de poliestireno de 37 mm cerrado (los 2 tapones retirados durante la captación y orificio de entrada de 4 mm). Ver la Figura 7.

Con la publicación en 1995 de la Norma UNE-EN 481, los términos “aerosol total, polvo total o partículas totales”, considerados como anteriormente se han especificado, quedaron en desuso y lo que actualmente se considera son las distintas fracciones del aerosol (en dicha norma UNE-EN 481 “aerosol total” se define como todas las partículas en suspensión que se encuentran en un volumen dado de aire).

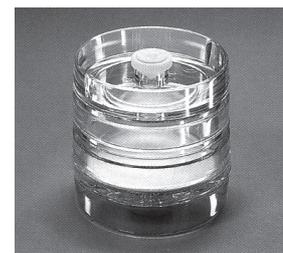


Figura 7. Cassette de 37 mm

En la actualidad el clásico cassette de poliestireno de 37 mm cerrado no está recomendado para la toma de muestra de la fracción inhalable de los aerosoles ya que no cumple con el convenio de dicha fracción. Ello se ha puesto de manifiesto en numerosos ensayos comparativos con muestreadores de la fracción inhalable, en especial con el IOM, en los que se ha observado que el cassette infravalora esta fracción (2-4, 6, 11-13, 21-22), apuntándose como posibles causas: la subestimación de las partículas inhalables grandes > 20 μ m (orificio de 4 mm), la adherencia de partículas a las paredes del cassette quedando excluidas de la determinación gravimétrica y la pérdida de polvo al sacar el filtro para pesarlo.

En la referencia bibliográfica 3 están recogidos resultados de ensayos realizados en lugares de trabajo en los que se compara la eficacia de muestreo del IOM frente

EQUIPOS DE MUESTREO	MATERIAL	ORIFICIO(Ø)	CAUDAL (l/min)	FILTRO (mm)	FRACCIÓN POLVO
IOM	Plástico, o metálico	15 mm	2,0	25	Inhalable (*)
PGP-GSP 3,5/ CIS	Metálico/plástico	8 mm	3,5	37	Inhalable
PAS-6	Metálico	6 mm	2,0	25	Inhalable
CIP 10-I	Plástico	Cabeza rotatoria	10,0	Espuma porosa	Inhalable (*)
BUTTON	Metálico	Multiorificios 381 μ m	4,0	25	Inhalable
SHS ó 7HH	Metálico	7 orificios de 4 mm	2,0	25	Inhalable

(*) Equipos con opciones para captar otras fracciones del aerosol.

Tabla 2. Principales características de los muestreadores de la fracción inhalable

al cassette de 37 mm cerrado, en función del tipo de operación realizada. Los ensayos efectuados en el laboratorio indican una relación IOM/cassette de 1,2 a 1,4 veces; pero en lugares de trabajo esta relación puede llegar a ser de 1,8 a 5 veces superior, según las condiciones ambientales, el tipo de actividad industrial, la naturaleza del polvo o el tamaño de las partículas, es-

pecialmente en presencia de partículas grandes (20-100 μm) (3, 10, 12, 19-20). La diferencia de resultados puede ser debida a que, normalmente, en los lugares de trabajo la composición del aerosol es menos uniforme, suele haber partículas de mayor tamaño (pueden penetrar por impacto o por deposición pasiva) y la velocidad del viento es menor (3).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) TECHNICAL REPORT. CEN/TR 15230:2005
Workplace atmospheres-Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions.
- (2) KENNY, L.C. et al.
A collaborative european study of personal inhalable aerosol sampler performance.
Ann. Occup. Hyg., 1997, 41 (2), 135-153
- (3) INSHT
Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de material particulada.
Criterios y Recomendaciones. CR-03/2006
- (4) LI Shou-Nan et al.
Evaluation of six inhalable aerosol samplers.
Am. Ind. Hyg. J., 2000, 61 (july/august), 506-516
- (5) BARON, P.A.
Factors affecting aerosol sampling.
NIOSH. Manual of Analytical Methods, fourth ed., third supplement, 2003, 184-207
- (6) DAVIES, H.W. et al.
A field comparison of inhalable and thoracic size selective sampling techniques.
Ann. Occup. Hyg., 1999, 43 (6), 381-392
- (7) LIDÉN G. et al.
Workplace validation of a laboratory evaluation test of samplers for inhalable and "total dust".
J. Aerosol Sci., 2000, 31, 191-219
- (8) VAUGHAN, N. P. et al.
Field comparison of personal samplers for inhalable dust.
Ann. Occup. Hyg., 1990, 34 (6), 553-573
- (9) SMITH, J. et al.
Laboratory investigation of the mass stability of sampling cassettes from inhalable aerosol samplers.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 1998, 59 (august), 582-585
- (10) BARTLEY, D.L.
Inhalable aerosol samplers.
Appl. Occup. Environ. Hyg., 1998, 13 (5), 274-278
- (11) AIZENBERG, V. et al.
Performance characteristics of the Button personal Inhalable aerosol sampler.
Am. Ind. Hyg. J., 2000, 61 (may/june), 398-404
- (12) DEMANGE, M. et al.
Field comparison of 37-mm closed-face cassettes and IOM samplers.
Appl. Occup. Environ. Hyg., 2002, 17 (3), 200-208
- (13) TEIKARI, M. et al.
Laboratory and field testing of particle size-selective sampling methods for mineral dusts.
Am. Ind. Hyg. J., 2003, 64 (may/june), 312-318
- (14) CLINKENBEARD, R.E. et al.
A field comparison of the IOM inhalable aerosol sampler and a modified 37-mm cassette.
Appl. Occup. Environ. Hyg., 2002, 17 (9), 622-627
- (15) PREDICALA, B.Z. and R.G. MAGHIRANG
Field comparison of inhalable and total dust samplers for assessing airborne dust in swine confinement barns.
Appl. Occup. Environ. Hyg., 2003, 18, 694-701
- (16) LIDÉN G. and G. BERGMAN
Weighing imprecision and handleability of the sampling cassettes of IOM sampler for inhalable dust.
Ann. Occup. Hyg., 2001, 45 (3), 241-252.
- (17) KERR, SM. et al.
Personal sampling for inhalable aerosol exposures of carbon black manufacturing industry workers.
Appl. Occup. Environ. Hyg., 2002, 17 (10), 681-692
- (18) COURBON, P. et al.
A new individual respirable dust sampler: the CIP 10.
Ann. Occup. Hyg., 1988, 32 (1), 129-143
- (19) INRS
Echantillonnage individuel d'un aérosol par l'appareil CIP 10.
Metropol. Fiche H4 (2002)
- (20) WITSCHGER, O. et al.
Performance of personal inhalable aerosol samplers in very slowly moving air when facing the aerosol source.
Ann. Occup. Hyg., 2004, 48 (4), 351-368
- (21) HARPER, M and B.S. MULLER
An evaluation of total inhalable samplers for the collection of wood dust in three wood products industries.
J. Environ. Monit. 2002, 4 (5), 648-656
- (22) WERNER, M.A. et al.
Investigation into the impact introducing workplace aerosol standards based on the inhalable fraction.
Analyst, 1996, 121 (September), 1207-1214
- (23) MARTIN, J.R. and D.M. ZALK
Comparison of total dust/inhalable dust sampling methods for the evaluation of airborne wood dust.
Appl. Occup. Environ. Hyg., 1998, 13 (3), 177-182
- (24) HAUCK, B.C. et al.
Field testing of new aerosol sampling method with a porous curved surface as inlet.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 1997, 58 (October), 713-719

Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (III): muestreadores de la fracción torácica, respirable y multifracción

*Evaluation de l'exposition professionnelle a aérosols. Échantillonneurs des fractions thoracique, respirable et multifracciones
Occupational exposure assessment to aerosols. Samplers for the thoracic fraction, respirable and multi fraction*

Redactor:

Antonio Martí Veciana

Ldo. en Ciencias Químicas y Farmacia

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. MUESTREADORES DE LA FRACCIÓN TORÁCICA

La incorporación de la fracción torácica en el convenio para el muestreo de los aerosoles ha estimulado el desarrollo de muestreadores específicos, que suelen tener interés principalmente para fluidos de corte, polvo de algodón, fibras de amianto y nieblas de ácido sulfúrico (1-5). Estos muestreadores presentan dificultades en el cumplimiento de los requisitos de las normas cuando la velocidad del viento es alta (aunque resultan menos afectados que los de la fracción inhalable), la concentración del aerosol es elevada (hay posibilidad de saturación) o por pérdidas durante el transporte de la muestra (6).

A continuación se comentan las principales características y los aspectos más destacables del comportamiento de los distintos muestreadores personales de la fracción torácica.

CIP10-T

Es un muestreador desarrollado en Francia por CHECHAR (Centre d'Études et de Recherches de Charbonnage), actualmente INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques), y fabricado por la firma ARELCO (7).

Características

Es una versión del muestreador CIP10 (ver la NTP 764) (8). Dispone de un selector intercambiable que contiene una espuma de poliuretano de porosidad adecuada para captar la fracción torácica. Este equipo lleva incorporado una bomba de muestreo interna, con un flujo de aspiración de 7 l/min para el caso de la fracción torácica. Cambiando el selector posibilita la captación individual de las distintas fracciones de materia particulada. La determinación analítica de la fracción torácica es gravimétrica (9), por pesada de la tapa rotatoria junto con la espuma de poliuretano. En la Figura 1 puede observarse su aspecto.



Figura 1. Muestreador Arelco

Aspectos destacables

Es muy utilizado en Europa para muestrear la fracción torácica (2).

Su eficacia de muestreo es parecida a la establecida en el convenio de la fracción torácica, excepto para partículas con diámetro aerodinámico inferior a 2 µm, debido al rechace de una parte de estas partículas por el cabezal rotatorio del muestreador (5, 10).

Su incertidumbre es inferior al 10 % para partículas de diámetro entre 4 y 14 µm y al 20 % y para las comprendidas entre 15 y 21 µm (10).

GK2,69

Es un ciclón dual diseñado para muestrear la fracción torácica y la fracción respirable de los aerosoles, fabricado por la firma BGI, Inc. Massachussets (USA).

Características

GK2.69, indica el modelo y el diámetro interno, en cm. Está fabricado en aluminio anodizado con una capa de níquel para protegerlo del desgaste y la corrosión. El ciclón se acopla a una cassette de 3 piezas de 37 mm de diámetro y a una bomba de muestreo ajustada a un caudal de aspiración de 1,6 l/min, para captar la fracción torácica. Los filtros utilizados son de fibra de vidrio GFA, teflón de 2 µm, cloruro de polivinilo (PVC) de 5 µm y de esteres de celulosa de 0,8 µm. Presenta un punto de corte del 50 % de las partículas de 10 µm. Como punto de corte (D_{50}) se define el tamaño de las partículas del aerosol (diámetro aerodinámico medio) que el muestreador capta con una eficacia del 50 %. En la Figura 2 puede observarse su aspecto.

Acoplado a una bomba de muestreo ajustada a un caudal 4,2 l/min posibilita la captación de la fracción respirable.

Aspectos destacables

Su eficacia de captación, es la más concordante con respecto a la curva del convenio para la fracción torácica, véase Norma UNE-EN 481, así como también el que ha

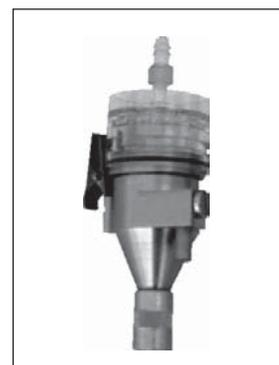


Figura 2. Ciclón GK2,69

presentado un sesgo más bajo en comparación con muestreadores equivalentes (4).

Se emplea con mucha frecuencia para el muestreo de los fluidos de corte (está referenciado por NIOSH en el Método analítico 5524).

Existe otro modelo, el GK2.69SS, fabricado en acero inoxidable y utilizado en algunos países, como Canadá, para el muestreo de aerosoles de ácido sulfúrico.

PEM 200 (Personal Environmental Monitor)

Características

Es un muestreador de aluminio, pequeño y ligero (alrededor de 50 g), comercializado por la firma MSP Corp. Minneapolis (USA), que se acopla a una bomba personal y determina la materia particulada por impacto selectivo. Actúa en 2 etapas: en una primera, al ser el impactador circular expulsa las partículas superiores a $10\ \mu\text{m}$ que son captadas sobre un aro engrasado (con aceite vegetal, o grasa de silicona) y descargadas después del muestreo, mientras que en una segunda etapa, las partículas inferiores a $10\ \mu\text{m}$ son captadas sobre un filtro de 37 mm de diámetro. En la Figura 3 puede observarse su aspecto.



Figura 3. Muestrador PEM

Existen dos versiones según sea el tamaño de las partículas que capta: el PM10 (punto de corte $D_{50} = 10,0\ \mu\text{m}$ de diámetro aerodinámico) y el PM 2,5 (punto de corte $D_{50} = 2,5\ \mu\text{m}$ de diámetro aerodinámico). Cada una de ellas con caudales de muestreo de 2, 4, y $10\ \text{l/min}$, que se diferencian externamente por el color del muestreador. Los filtros utilizados son de 37 mm de diámetro y de la naturaleza adecuada a la metodología analítica aplicada.

Existen dos versiones según sea el tamaño de las partículas que capta: el PM10 (punto de corte $D_{50} = 10,0\ \mu\text{m}$ de diámetro aerodinámico) y el PM 2,5 (punto de corte $D_{50} = 2,5\ \mu\text{m}$ de diámetro aerodinámico). Cada una de ellas con caudales de muestreo de 2, 4, y $10\ \text{l/min}$, que se diferencian externamente por el color del muestreador. Los filtros utilizados son de 37 mm de diámetro y de la naturaleza adecuada a la metodología analítica aplicada.

Aspectos destacables

Desarrollado originalmente para evaluar la calidad de aire interior, también es utilizado en contaminación atmosférica y en higiene industrial cuando la velocidad del aire es baja y la concentración del aerosol no es elevada (11).

Está referenciado por la Environmental Protection Agency (EPA) de USA en el Método analítico IP-10A para partículas en aire interior.

2. MUESTREADORES DE LA FRACCIÓN RESPIRABLE

La British Medical Research Council (BMRC) dio, en 1952, la primera definición de polvo respirable considerando que el (D_{50}) de las partículas depositadas correspondía a $5,0\ \mu\text{m}$, definición, que se adoptó posteriormente en la Conferencia Internacional de Neumoconiosis de Johannesburgo (1959), mientras que en 1961, la Atomic Energy Commission (AEC), propuso un (D_{50}) de $3,5\ \mu\text{m}$. En 1968, la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) corroboró dicha propuesta, con la salvedad de que el muestreador de la ACGIH solo dejaba pasar el 90 % de las partículas de $2\ \mu\text{m}$ y no el 100% (6).

En Europa, y especialmente en UK, se vino utilizando un ciclón metálico que se ajustaba a la primera definición

con un caudal de $1,9\ \text{l/min}$; mientras que en USA y también en España, se utilizaba un ciclón de 10 mm de nylon acoplado a un cassette de 37 mm que cumplía aproximadamente con la curva del convenio para la fracción respirable de la ACGIH con un caudal de aspiración de $1,7\ \text{l/min}$.

Finalmente, se propuso una armonización internacional de las definiciones de las fracciones del aerosol por tamaño de partículas, adoptándose en el caso de la fracción respirable que la función de penetración de las partículas respirables se situaba entre las dos curvas anteriormente propuestas, aceptándose un $D_{50} = 4\ \mu\text{m}$. Cada organismo implicado (CEN, ISO y ACGIH) los publicó independientemente, los dos primeros, como normas EN 481:1993 e ISO 7708:1995 y la ACGIH en la Documentación de los TLV (1995) (6).

Aspectos generales de los muestreadores de la fracción respirable

Para captar la fracción del aerosol se han utilizado muestreadores basados en ciclones, impactadores y elutriadores con el fin de eliminar las partículas no respirables del aerosol antes de su captación en un filtro. De todos ellos, el sistema del ciclón, que separa las partículas por acción centrífuga, es el método más tradicional de muestreo personal de la fracción respirable.

No existe un muestreador ideal que pueda ser considerado de referencia para cada situación, aunque la mayoría de ciclones suelen resultar adecuados para muestrear la fracción respirable de acuerdo con el convenio CEN-ISO-ACGIH (conciernen con el 80 % o más), si bien algunos requieren un ajuste del caudal, el cual debe corresponder, lo mejor posible, con toda la curva del convenio para la fracción respirable y no sólo con el D_{50} (12). Un ciclón que se ajuste mejor al convenio exhibirá un sesgo más pequeño en todo el margen de distribución por tamaño de partícula. En general, el sesgo, aunque depende de la distribución por tamaño de partícula, se sitúa aproximadamente alrededor del $\pm 10\ %$. Excepto para elevadas velocidades de aire, estos muestreadores no están afectados por las características del orificio de entrada y la orientación del aire ya que las partículas pequeñas tienen poca inercia y una velocidad de sedimentación baja (5).

Los ciclones deben ser lo suficientemente conductores para minimizar los efectos de las cargas electrostáticas, que modifican la trayectoria de las partículas y la eficacia de captación.

Las principales características y los aspectos más destacables del comportamiento de los distintos muestreadores personales de la fracción respirable, se indican a continuación.

Ciclón de nylon 10-mm, DORR OLIVER

Es uno de los ciclones más clásicos, que se ha venido utilizando tradicionalmente en USA y en España para captar la fracción respirable, principalmente de sílice libre.

Características

Ciclón de nylon, generalmente montado en un soporte metálico, que se acopla a un cassette de 37 mm de diámetro, de 2 ó 3 cuerpos que contiene un filtro apropiado a la metodología analítica a aplicar. El caudal de $1,7\ \text{l/min}$ es el más recomendado por adaptarse al convenio de la fracción respirable (5, 14-15). En la Figura 4 puede observarse su aspecto.

Aspectos destacables

Existen algunas discrepancias sobre el caudal idóneo, ya que en estudios con diferentes caudales, como el de 1,5 l/min, se cumple mejor el $D_{50} = 4,0 \mu\text{m}$ (12,16) y también reduciendo el caudal a 1,3 l/min, se incrementa el D_{50} de 3,5 a $4,0 \mu\text{m}$ (15). La eficacia de captación de las partículas líquidas en general es más baja que de las sólidas.

Una versión de este muestreador es utilizado en minas de carbón a un caudal de 2 l/min y un factor de corrección de 1,38 (5).

El sesgo de este muestreador es negativo, especialmente para las partículas de diámetro grande y su desviación estándar geométrica pequeña, debido a que la curva de penetración del ciclón cae más rápidamente, con el aumento del tamaño de las partículas, que la curva del convenio para la fracción respirable (5).

Al ser un ciclón de plástico no conductor la eficacia de captación puede estar influenciada por efectos electrostáticos (5, 14).

Este ciclón está recomendado por NIOSH para polvo respirable: métodos analíticos 7500, 7601 y 7602 para sílice cristalina, 7501 para sílice amorfa, 7603 para cuarzo en minas de carbón, y 0600 para partículas de polvo no clasificadas de otra forma.



Figura 4. Ciclón de nylon 10 mm

Ciclones para fracción respirable BGI

Características

El ciclón BGI-4, tipo Higgins and Dewell (HD), es de la British Cast Iron Research Association (BCIRA), comercializado por BGI, Massachussets (USA) y utilizado para captar la fracción respirable, básicamente de polvos minerales, con un $D_{50} = 4,0 \mu\text{m}$.

Inicialmente fabricado en acero inoxidable y con el colector del polvo en aluminio anodizado. Existen 2 modelos: el BGI-4L, con el cuerpo de aluminio niquelado y el colector de las partículas en aluminio anodizado, y el BGI-4CP, con el cuerpo de plástico conductor y el colector de las partículas de neopreno. En la Figura 5 puede observarse el aspecto del ciclón metálico.

Las muestras se captan a un caudal de 2,2 l/min (BGI, 5,14-15) a través de un cassette de plástico conductor,

conteniendo un filtro de 25 mm de la naturaleza adecuada a la aplicación y análisis. La fracción respirable se recoge en el filtro y la no respirable, en el capuchón inferior.



Figura 5. Ciclón BGI-4L

Aspectos destacables

Es un ciclón, del tipo HD, indicado en el método analítico NIOSH 0600 para partículas respirables no clasificadas de otra forma.

No presenta efectos electrostáticos y permite una mayor sensibilidad analítica

al incrementarse el caudal con respecto a otros ciclones, como el ciclón de nylon.

Ciclón de plástico SKC / Casella

Características

Son ciclones muy similares, del tipo genérico Higgins and Dewell (HD), comercializados por las firmas SKC y Casella para captar la fracción respirable, diseñados para obtener un D_{50} de $4 \mu\text{m}$. Ver su aspecto, respectivamente, en las Figuras 6 y 7.

Son ciclones ligeros, fabricados con material plástico conductor, que se conectan a una bomba de muestreo ajustada a un caudal de 2,2 l/min (SKC, Casella, 14-15.). El SKC ciclón se ha estado utilizando en la UE a 1,9 l/min (12,15) La fracción respirable se recoge sobre un filtro de 25 mm, colocado en un cassette adecuado, y la fracción no respirable, se recoge en el capuchón de la base del ciclón.



Figura 6. Ciclón de plástico SKC



Figura 7. Ciclón de plástico Casella

Aspectos destacables

Las principales aplicaciones descritas son en el muestreo de polvos minerales, como: sílice libre, carbonatos, grafito, carbón y óxidos de aluminio.

Este tipo de ciclón viene especificado en los métodos analíticos de NIOSH, 7500 y 7601 para la sílice cristalina, 7501 para la sílice amorfa y 7603 para cuarzo en minas de carbón, así como del HSE, método 101 para sílice cristalina respirable.

Ciclón de aluminio SKC

Características

El ciclón de aluminio SKC es un muestreador personal de la fracción respirable, ligero de peso, que se utiliza acoplado a un cassette de 3 piezas conteniendo un filtro. Está disponible en 2 tamaños para ser utilizado con cassette de 25 mm o de 37 mm. El material del filtro y su porosidad se seleccionan de acuerdo con las especificaciones del método analítico. La fracción respirable se recoge en el filtro y la no respirable es recogida en el capuchón inferior. Su aspecto puede verse en la Figura 8.

El caudal recomendado por SKC es de 2,5 l/min, que proporciona un $D_{50} = 4 \mu\text{m}$.



Figura 8. Ciclón de aluminio SKC

Aspectos destacables

Al ser metálico elimina los efectos electrostáticos.

No existe total unanimidad en el caudal recomendado, con propuestas de 2,2 l/min (12) y 2,7 l/min (16).

Este ciclón se especifica en los métodos analíticos de NIOSH 7500 para polvo respirable de sílice cristalina, método, para partículas respirables no clasificadas de otra forma, método 0600.

GK2.69

Características

Este ciclón, ya citado en su versión para la fracción torácica (ver la Figura 2), se acopla a una bomba de muestreo a un caudal 4,2 l/min para captar la fracción respirable. Los filtros utilizados son de 37 mm de diámetro de fibra de vidrio GFA y de teflón de 2 µm.

Aspectos destacables

El caudal de muestreo es sustancialmente superior al de otros muestreadores, lo que permite obtener una mayor sensibilidad analítica.

Es un ciclón frecuentemente utilizado en la captación de polvo de sílice libre respirable.

Muestreadores PGP: FSP 2 y FSP 10

El sistema PGP y los muestreadores FSP 2 y FSP 10 son fabricados por GSM Messgerätebau, con licencia del Institute Occupational Health and Safety Work-BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit), St. Augustin (República Federal de Alemania).

Características

El muestreador PGP-FSP 2, está equipado con un ciclón que permite el muestreo de la fracción respirable de acuerdo con el convenio. El caudal de aspiración es de 2 l/min y utiliza un filtro de membrana de 37 mm de diámetro y 8 µm de porosidad. Para los casos en que el volumen de muestreo no es suficiente, especialmente en la medición de contaminantes con valores límites ambientales bajos, se ha desarrollado el PGP-FSP 10, que permite un caudal de muestreo muy superior, 10 l/min (21). Véase su aspecto en las Figuras 9 y 10, respectivamente.

Aspectos destacables

El PGP-FSP 10 es utilizado especialmente para evaluar la fracción de cuarzo respirable y también los productos de emisión de máquinas diesel (DME).



Figura 9. Muestreador PGP-FSP 2



Figura 10. Muestreador PGP-FSP 10

IOM

Este muestreador, ya descrito como muestreador personal de la fracción inhalable (Ver NTP 764) (7), dispone de una versión que posibilita el muestreo y la determinación de la fracción respirable, simultáneamente con la inhalable y se tratará dentro de los muestreadores multifracción.

CIP 10-R

Muestreador desarrollado por el INERIS (Institut National de Recherche et de Sécurité), y fabricado por ARELCO (7).

Características

Es la versión de la fracción respirable del muestreador CIP10, ya descrito como muestreador personal de la fracción inhalable (véase NTP 764) (7) y de la fracción torácica (véase Figura 1). Dispone de un selector intercambiable que contiene una espuma de poliuretano de porosidad adecuada para captar la fracción respirable. Lleva incorporada una bomba de muestreo interna, con un flujo de aspiración de 10 l/min. La determinación analítica de la fracción respirable es gravimétrica (9), por pesada de la tapa rotatoria junto con la espuma de poliuretano.

Aspectos destacables

Muestreador utilizado para el muestreo de la fracción respirable en minas de carbón y en canteras.

Es recomendable la captación de cantidades de partículas superiores a los 2 ó 3 mg para obtener una mayor fiabilidad en las pesadas (10).

3. EQUIPOS DE MUESTREO MULTIFRACCIÓN

Los muestreadores personales multifracción presentan dificultades en el cumplimiento de los requisitos de las normas cuando: la velocidad del viento es elevada, la concentración del aerosol es alta, se generan partículas grandes, hay pérdidas en el transporte de la muestra o bien las partículas puedan transferirse de una fracción a otra (6).

Las principales características y los aspectos más destacables del comportamiento de los muestreadores personales que recogen de forma simultánea dos o las tres fracciones de interés (ver la NTP 764) (6,8), se indican a continuación.

IOM (Muestreador Institut of Occupational Medicine)

Características

El IOM, además de su aplicación en el muestreo individual de la fracción inhalable, tiene la posibilidad de muestrear simultáneamente la fracción respirable y la fracción inhalable, mediante la incorporación de un disco de espuma de poliuretano al portafiltras. La diferencia de pesada, entre antes y después de la captación, del conjunto cassette-filtro-espuma corresponde a la fracción inhalable y la del conjunto cassette-filtro (sin el disco de espuma) a la fracción respirable. En la Figura 11 puede observarse su aspecto.

Aspectos destacables

Al captar la fracción respirable e inhalable en una sola muestra, permite un ahorro económico y de tiempo, es-



Figura 11. Muestreador IOM multifracción

pecialmente, cuando se trata de controles rutinarios de ambas fracciones (18).

Los estudios han resultado satisfactorios, si bien puede presentar colmataciones, en el caso de partículas de humo muy finas, o traslación de partículas del filtro, si está excesivamente cargado, a la espuma (18).

Se emplea como muestreador de referencia en estudios comparativos, por ejemplo en el muestreo de polvos minerales (talco)

(19). Se halla en estudio su aplicación en el muestreo de la fracción torácica, mediante la selección de una espuma de porosidad adecuada.

RESPICON

Características

Es un impactador virtual, ligero (~ 200 g) y compacto, con una única cabeza de muestreo, que capta simultáneamente las tres fracciones: inhalable, torácica y respirable, directamente sobre 3 filtros. Posibilita determinar, indirectamente, mediante cálculo, las demás fracciones definidas en la Norma UNE-EN 481, las fracciones extratorácica y traqueobronquial. Es un equipo utilizado para el muestreo personal o ambiental en áreas de trabajo. Está comercializado por las firmas Hund (República Federal de Alemania) y TSI (Reino Unido). En la Figura 12 puede observarse el aspecto exterior del muestreador.

El aerosol es aspirado en todas direcciones a un caudal de 3,11 l/min, por una ranura anular en la cabeza colectora de las partículas y se distribuye dentro del equipo en tres caudales:

- (a) en el primer estadio, el aire penetra a un caudal 2,66 l/min, y las partículas menores de 4 µm son recogidas en el filtro y las más grandes pasan al siguiente estadio,
- (b) en el segundo estadio, el caudal baja a 0,33 l/min, y las partículas entre 4 y 10 µm son recogidas en el filtro y las superiores pasan al siguiente estadio,
- (c) en el tercer estadio o fondo, el caudal se reduce a 0,11 l/min, y se recogen las partículas mayores de 10 µm.

Las partículas recogidas en los 3 filtros permiten la determinación gravimétrica de las 3 fracciones: la fracción respirable corresponde a (a), la fracción torácica a (a+b), y la fracción inhalable a (a+b+c).

Los filtros utilizados son de 37 mm de diámetro y pueden ser de distinta naturaleza: esteres de celulosa de 5 µm, PVC de 5 µm, fibra



Figura 12. Muestreador Respicón

de vidrio, o de policarbonato de 2 µm, según la metodología analítica aplicada.

Aspectos destacables

Su diseño hace que el aerosol sea aspirado de todas las direcciones al mismo tiempo y la eficacia de captación no se vea afectada por las diferentes orientaciones del aire (0, 90 ó 180 °) (19).

Se ha utilizado en ambientes con polvo de madera, con una precisión aceptable y con resultados comparables a los del muestreador CIS, en el caso de la fracción inhalable, y a los del BGI-4, en el caso de la fracción respirable (20).

En un estudio en laboratorio y en campo entre 8 muestreadores, la fracción inhalable medida con este muestreador fue más baja con respecto a los valores de referencia, mientras que las fracciones torácicas y respirables estuvieron próximas al valor de referencia (21).

El fabricante TSI recomendó inicialmente un factor de corrección de 1,5 para calcular la masa de partículas recogidas en el tercer estadio o sea partículas más grandes que las de la fracción torácica (>10 µm), pero, con posterioridad, basándose en un estudio, que señalaba que no era necesario para bajas velocidades del aire (0,55 m/s), ha recomendado no aplicarlo (19). No obstante, existen discrepancias al respecto, ya que según otros estudios si que es necesario aplicar un factor de corrección para el cálculo de la fracción inhalable (20-22).

PERSPEC (PERSONAL SPECTrometer)

Características

Muestreador multifracción diseñado en Italia (Lavoro e Ambiente) (23). La captación se fundamenta en la separación de las partículas por inercia y en su deposición sobre un filtro de membrana de 47 ó 50 mm, separando las 3 fracciones de forma concéntrica en 3 zonas radiales del filtro, depositándose la fracción de partículas de mayor tamaño cerca del centro. El muestreador funciona conectado a una bomba de muestreo a un caudal de 4 l/min.

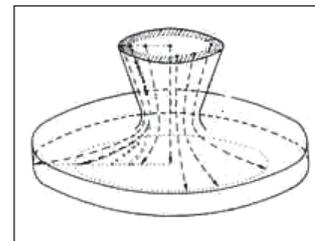


Figura 13. Muestreador Perspec

Las partículas pueden ser evaluadas gravimétricamente como masa particulada total, y en caso de ser necesario evaluar la distribución por tamaño de las partículas, las 3 zonas pueden ser cortadas y analizadas separadamente (24). En la Figura 13 puede observarse su diseño.

Aspectos destacables

Este muestreador figura entre los relacionados en la Guía CEN (ver NTP 764), pero no se dispone de mayor información en el momento de redactar esta NTP.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) FABRIÉS JF. et al.
A new air sampling instrument for the assessment of the thoracic fraction of an aerosol
J. Aerosol Sci. 1989, 20, 1589-1592
- (2) GORNER P et al.
Thoracic fraction measurement of cotton dust
J. Aerosol Sci. 1994, 25, S487-S488
- (3) BARON, PA.
Sampling for thoracic aerosol. In: particle size-selective sampling for particulate air contaminants
ACGIH, Vincent JH, ed. Cincinnati OH, 1999, 141-154
- (4) MAYNARD, A.
Measurement of aerosol penetration through six personal thoracic samplers under calm air conditions
Journal of Aerosol Science, 1999, 30 (9).
- (5) BARON, P.A.
Factors affecting aerosol sampling
NIOSH. Manual of Analytical Methods, fourth ed., third suppl., 2003, 184-207
- (6) INSHT
Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de material particulada
Criterios y Recomendaciones. CR-03/2006
- (7) COURBON, P. et al.
A new individual respirable dust sampler: the CIP 10
Ann. Occup. Hyg., 1988, 32 (1), 129-143
- (8) MARTÍ, A.
Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (II). Muestreadores de las fracciones de partículas
INSHT. Nota Técnica de Prevención. NTP 764 (2007)
- (9) INRS
Echantillonnage individuel d'une aerosol par l'appareil CIP 10
Metropol. Fiche H4 (2002)
- (10) FABRIÈS, J.F. et al.
Personal thoracic CIP10-T sampler and its static version Cathia.-T
Ann. Occup. Hyg., 1998, 42 (7), 453-465
- (11) DAVIES, H.W. et al.
A field comparison of inhalable and thoracic size selective sampling techniques
Ann. Occup. Hyg., 1999, 43 (6), 381-392
- (12) GORNER, P. et al.
Study of fifteen respirable aerosol samplers used in Occupational Hygiene
Ann. Occup. Hyg., 2001, 45 (1), 43-54
- (13) MAYNARD, A. and KENNY L.C.
Performance assessment of three personal cyclone models, using an Aerodynamic Particle Sizer
Journal of Aerosol Science, 1995, 26 (4), 671-684.
- (14) BARTLEY, D.L. et al.
Respirable aerosol sampler performance testing
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1994, 55 (11) 1036-1046
- (15) TSAI C-J and SHIH T-S
Particle collection efficiency of two personal respirable dust samplers
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1995, 56 (9) 911-918
- (16) CHEN, C. et al.
Laboratory performance comparison of respirable samplers
Am. Ind. Hyg. J., 1999, 60 (Set/Oct), 601-611
- (17) COSSEY J.R. and VAUGHAN N.P.
A higher-flow rate cyclone for determination of respirable dust
Ann. Occup. Hyg., 1987, 31 (1), 39-52
- (18) KENNY, L. et al.
Applications of low-cost, dual-fraction dust samplers
Ann. Occup. Hyg., 2001, 45 (1), 35-42
- (19) LI SHOU-NAN et al.
Evaluation of six inhalable aerosol samplers
Am. Ind. Hyg. J., 2000, 61 (july/august), 506-516
- (20) TATUM, V. et al.
Performance of the Respicon personal aerosol sampler in forest products industry workplaces
Am. Ind. Hyg. J., 2002, 63 (may/june), 311-316
- (21) TEIKARI, M. et al.
Laboratory and field testing of particle size-selective sampling methods for mineral dusts
Am. Ind. Hyg. J., 2003, 64 (may/june), 312-318
- (22) KOCH W. et al.
Evaluation of the RESPICON as a personal inhalable sampler in industrial environments
J. of Env. Monitoring, 2002, 4 (5), 657-662
- (23) PRODI, V et al.
PERSPEC: A personal sampler with size characterization capabilities
Am. Ind. Hyg. J., 1988, 49 (2), 75-80
- (24) KENNY L.C. and BRADLEY D.R.
Optimización PERSPEC multifraction aerosol sampler to new sampling conventions
Ann. Occup. Hyg., 1994, 38 (1), 23-35

Carga de fuego ponderada: parámetros de cálculo

*Charge de feu pondérée. Données pour le calcul
Weighted fire load. Data for calculus*

Redactor:

Emilio Turmo Sierra
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Esta Nota Técnica de Prevención tiene como objetivo servir de guía para la interpretación de los parámetros y su aplicación al cálculo del nivel de riesgo intrínseco según la densidad de carga de fuego ponderada. Se detalla bibliografía en donde se incluyen listas de productos con datos de su combustibilidad.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La densidad de carga térmica o carga de fuego se determina mediante el cálculo del sumatorio del producto de la cantidad de cada materia combustible por su poder calorífico respectivo y dividido por la superficie del local que contenga las materias consideradas. Este concepto representa la energía calorífica por unidad de superficie que se liberaría en el caso de incendio de todo el material combustible existente en el local.

En el RD 314/2006 Código Técnico de la Edificación, Anejo SI A Terminología define carga de fuego como suma de las energías caloríficas que se liberan en la combustión de todos los materiales combustibles existentes en un espacio (contenidos del edificio y elementos constructivos) (UNE-EN 1991-1-2:2004).

En las normativas de protección contra incendios se han introducido unos coeficientes correctores que ponderan la facilidad de ignición de las materias combustibles existentes. Este nuevo cálculo ha recibido el nombre de carga térmica o carga de fuego ponderada.

La definición y cálculo de la carga de fuego ponderada procede del Apéndice IV de la NBE-CPI-82 y corresponde en realidad a la denominación actual de la densidad de carga de fuego (ponderada y corregida), que se utiliza en el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales. Las NBE-CPI-82, 91 y 96 emplean el término carga de fuego total cuando representa la energía calorífica total desprendida en la combustión de todos los materiales combustibles existentes en un sector de incendio.

El fundamento del cálculo de la carga térmica proviene de la existencia de una correlación con la resistencia al fuego exigible a los elementos constructivos del local que debe contener las materias combustibles. La justificación se basa en el tiempo que puede durar la combustión de esas materias combustibles, que se transforma en una exigencia de tiempo de resistencia al fuego para evitar la propagación del incendio a otras zonas colindantes. La zona protegida mediante unos elementos constructivos con características determinadas para que el incendio no se propague, recibe el nombre de sector o compartimento de incendio.

En las normativas que se iniciaron en la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI-82 y las que siguieron NBE-

CPI-91 y 96, en Ordenanzas Municipales, en Disposiciones de las Comunidades Autónomas y en el Real Decreto 2267/2004 por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales, se adopta el cálculo de la carga térmica ponderada, (densidad de carga de fuego ponderada y corregida) para determinar el nivel de riesgo intrínseco, alto, medio o bajo. Un mayor nivel de riesgo intrínseco lleva aparejadas unas exigencias mayores en los elementos constructivos de los edificios y en los equipos de protección contra incendios que se deben instalar.

Actualmente la normativa para edificios no industriales es el RD 314/2006 Código Técnico de la Edificación. En la sección SI 6. Resistencia al fuego de la estructura. Anejo SI A. Terminología, para la densidad de carga de fuego remite a la norma UNE EN 1991-1-2:2004.

La fórmula de cálculo de la carga térmica ponderada o densidad de carga de fuego, en cuanto a concepto es la misma en todas las normativas citadas, aunque se puedan encontrar ligeras diferencias en las clasificaciones de productos y en los valores asignados a los coeficientes C_i y R_a . Cada normativa tiene su ámbito de aplicación y será éste el que rija para los diferentes tipos de edificios, de acuerdo a la normativa correspondiente.

2. CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA PONDERADA

La fórmula de cálculo práctico de la carga térmica ponderada o de la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida de un sector de incendio, tal como se denomina en el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales, se expresa mediante la ecuación:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n G_i q_i C_i}{A} R_a$$

Donde:

Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².

G_i = masa en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

q_i = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.

A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 .

n = número de materiales combustibles

Los valores del poder calorífico q_i , de cada combustible, pueden encontrarse en la tabla 1.4 del RD 2267/04. Para productos que no estén relacionados en dicha lista se pueden buscar en bibliografía sobre esta materia que se cita más adelante.

Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , de cada combustible pueden encontrarse en la tabla 1.1 del citado RD; en el Catálogo CEA "Clasificación de materias y mercancías según su riesgo de incendio", o en tablas similares de reconocido prestigio cuyo uso debe justificarse.

Los valores del coeficiente de peligrosidad por activación, R_a , se encuentran en la tabla 1.2 del RD. 2267/04. En actividades no relacionadas en la lista, se puede adoptar el valor de una actividad similar. Se observa que en el RD. 2267/04, a R_a se le han asignado los valores 1, 1,5 y 2 excepto un 3 en la actividad de artículos pirotécnicos (almacenamiento). En la NBE-CPI-82 y otras normativas autonómicas y municipales, los valores de R_a son 1, 1,5 y 3. Se deberá aplicar el que corresponda a la normativa utilizada.

3. PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA PONDERADA

En este apartado se exponen unos criterios para la interpretación y aplicación práctica de los parámetros que intervienen en el cálculo. La utilización de megajulios por metro cuadrado (MJ/m^2) o megacalorías por metro cuadrado ($Mcal/m^2$) como unidad de carga térmica ponderada es indiferente. Para la conversión debe tenerse en cuenta que 1 caloría (cal) es igual a 4,184 julios (J).

Para cuantificar el primer parámetro incluido en el numerador de la expresión de cálculo, se necesita conocer la masa en kg de cada uno de los productos, sustancias, materias, palets, tablas, estanterías, envases, cajas, bobinas, etc. que son los combustibles existentes en el sector de incendio del cálculo, sin olvidarse de los materiales constructivos y decorativos de la estructura que sean combustibles. Debe adoptarse el valor del inventario máximo, que es cuando se tiene mayor peligro y con la aproximación mejor que se pueda. Para los almacenamientos de líquidos en depósitos o envases de volumen conocido, si no se conoce la masa en kg, se debe disponer de la densidad para aplicar la conocida fórmula: masa (kg) = volumen (L) · densidad (kg/L). También

se pueden pesar estos productos y descontar la tara o peso del envase para tener los kilos de producto.

Poder calorífico

El segundo parámetro es el *poder calorífico*, en MJ/kg o $Mcal/kg$ de cada uno de los combustibles. En la bibliografía, el poder calorífico, también se puede encontrar con la denominación de potencia calorífica, calor de combustión (heat of combustion) y entalpía de combustión. Además de la tabla 1.4 ya citada, existen diversos documentos que proporcionan el poder calorífico de materias y productos muy diversos. Entre los más conocidos:

- Método Gretener. Evaluación del riesgo potencial de incendio. Edición 1973. Incluye una lista de productos comerciales usuales con su poder calorífico en $Mcal/kg$ y en algunos da la densidad en kg/m^3 .
- Índice de incendio y explosión DOW. Incluye una lista de sustancias químicas con parámetros de inflamabilidad.
- Handbook of Chemistry and Physics.
- NFPA. Manual de Protección contra Incendios.
- Perry's Chemical Engineers Handbook.
- Hütte. Manual del ingeniero.
- Weiss G., Hazardous Chemicals Data Book. Manual con fichas de datos de seguridad de productos.

Coeficiente de peligrosidad por combustibilidad

El *coeficiente de peligrosidad por combustibilidad* C_i pondera la facilidad de ignición de los productos existentes en el sector de incendio considerado. A una mayor facilidad de ignición se le da un coeficiente C_i de mayor valor. La combustibilidad está clasificada en tres niveles: alta con $C_i = 1,6$; media con $C_i = 1,3$; baja con $C_i = 1$. En el caso de cálculo de la carga térmica ponderada para edificios no industriales por la fórmula de la NBE-CPI-82, el valor para grado de peligrosidad media es 1,2.

En la combustibilidad alta, de la primera columna de la tabla 1.1 del RD 2267/2004, se incluyen los siguientes productos:

- *Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1* del Reglamento de almacenamiento de productos químicos (RD 379/2001). En este reglamento se definen como clase A, los productos licuados cuya presión absoluta de vapor a $15^\circ C$ sea superior a 1 bar. En la clase A están los gases licuados a presión combustibles, como el propano, butano, propileno, etc. Están clasificados con mayor peligrosidad porque al estar a la presión de vapor correspondiente a su temperatura de almacenamiento, cualquier fuga por cierre defectuoso u otra anomalía, da lugar a un caudal de emisión importante. En caso de incendio de otras materias en proximidad, los recipientes que contienen estos productos, presentan un riesgo mecánico de explosión con la consiguiente emisión de todo el contenido e ignición súbita, dando lugar a una deflagración (explosión con reacción de combustión) o a una bola de fuego de la nube formada.
- *Líquidos clasificados como subclase B₁ en la ITC MIE-APQ1*. En esta ITC se definen como Clase B, los productos cuyo punto de inflamación es inferior a $55^\circ C$ y no están comprendidos en la Clase A. Dentro de la Clase B, se considera la subclase B₁, que incluye a lo productos de la Clase B cuyo punto de inflamación es inferior a $38^\circ C$. Los productos que tienen punto de inflamación son líquidos y este parámetro debe estar indicado en la Ficha de Datos de Seguri-

dad proporcionada por el fabricante o suministrador con la primera entrega del producto. Puede recibir también las denominaciones de punto de destello, punto de ignición, “flash point” en inglés, “point d’éclair” en francés, “flammpunkt” en alemán. Es la temperatura mínima a la que un líquido genera una concentración suficiente de vapores inflamables sobre la superficie del líquido para que se inflame al aproximar una pequeña llama, pero sin continuar la inflamación. El término punto de inflamación está indicado con una definición equivalente en la norma UNE-EN 60079-10:2004. Si la temperatura aumenta ligeramente la inflamación permanece y esta temperatura recibe la denominación de temperatura o punto de incendio o “fire point”.

En la subclase B₁ entran líquidos inflamables como acetona, alcohol metílico, alcohol etílico, etc. En el alcohol etílico C₂H₅OH, si es absoluto 100% v/v, el punto de inflamación es 13°C y los puntos de inflamación para distintas graduaciones están transcritos del Manual de Protección contra Incendios de editorial MAPFRE (tabla 1).

LÍQUIDO	PUNTO DE INFLAMACIÓN °C
Alcohol etílico 100%	13
Alcohol etílico con agua 96%	17
Idem 95%	17
Idem 80%	20
Idem 70%	21
Idem 60%	22
Idem 50%	24
Idem 40%	26
Idem 30%	29
Idem 20%	36
Idem 10%	49
Idem 5%	62

Tabla 1.

Debe destacarse que la clasificación de la ITC MIE-APQ1 no coincide con la presentada en el RD 363/1995, que sirve de base para las clasificaciones de peligrosidad de las sustancias, la asignación de las frases de riesgo R y los consejos de prudencia S. En este Real Decreto, las frases R12, R11 y R10 indican que un producto es extremadamente inflamable, fácilmente inflamable e inflamable respectivamente, lo cual da el grado de combustibilidad.

- **Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100°C.** Esta propiedad puede asimilarse a las sustancias y preparados sólidos susceptibles de inflamarse fácilmente después de un breve contacto con una fuente de ignición y que continúan ardiendo o consumiéndose después de la eliminación de dicha fuente. Llevan asociado el pictograma, el símbolo F y la frase R11. Un ejemplo de tales sustancias es el fósforo rojo, que también lleva

la frase R16 (puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes). Si algún sólido por aumento de temperatura inicia la combustión antes de 100°C, sin la presencia de una fuente de ignición, también entra en este grupo.

- **Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.** En este grupo podrían entrar los gases que el RD 363/1995 clasifica como extremadamente inflamables con símbolo “F+” y frase R12 y los define como sustancias y preparados gaseosos que sean inflamables en contacto con el aire a temperatura y presión normales. Se debe interpretar que para su ignición requieren una fuente de ignición (chispa, llama, etc.), ya que de otra forma sería una inflamabilidad espontánea y entrarían en el grupo que sigue. Ejemplo: el hidrógeno H₂. Debe observarse que llevan el mismo pictograma, símbolo F+ y frase R12 que los líquidos extremadamente inflamables. En este grupo podría incluirse a los productos con frase R19 que comprende a las sustancias y preparados que puedan formar peróxidos explosivos durante su almacenamiento como, por ejemplo, el éter dietílico y el 1,4-dioxano.
- **Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.** Corresponden a las sustancias sólidas y líquidas que pueden inflamarse espontáneamente poco después de haber entrado en contacto con el aire a temperatura ambiente (alrededor de 20°C). Como ejemplos se puede citar el fósforo blanco, el trimetil aluminio Al(CH₃)₃ y el trietil aluminio Al(C₂H₅)₃. También entran los gases que se inflaman espontáneamente en contacto con el aire, como la fosfina o fosfamina PH₃ gas licuado a presión, el silano SiH₄, el diborano B₂H₆, el pentaborano B₅H₉ y el decaborano B₁₀H₁₄. Todo este grupo de sustancias se clasifican como fácilmente inflamables con el pictograma, símbolo “F” y frase R17.

Algunos productos con propiedades explosivas y frases como R16, R19, R44 y que se intenta incluir en alguno de los puntos desglosados de la tabla 1.1, podrían requerir medidas especiales de seguridad asignadas a ciertos productos peligrosos como el agua oxigenada, artículos pirotécnicos, etc. En estos casos esas medidas especiales de seguridad, tal como dice “especiales” se tendrían que tomar de reglamentos específicos, p.e. Reglamento de explosivos, Almacenamiento de peróxidos, Códigos de prácticas, etc. que tengan en cuenta las particularidades de esos productos.

En la segunda columna de la tabla 1.1 del RD. 2267/04 con peligrosidad media y C_i = 1,30, se incluyen los siguientes productos:

- **Líquidos clasificados como Subclase B₂ en la ITC MIE-APQ1.** Incluye los productos de Clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38°C e inferior a 55°C. Ejemplos: ácido acético glacial CH₃COOH con punto de inflamación 43°C, ácido acrílico CH₂CHCOOH 54°C, ciclohexanona C₆H₁₀O 44°C, clorotolueno C₆H₄ClCH₃ 52°C, keroseno > 38°C, hidracina H₂NNH₂ 38°C.
- **Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.** Productos cuyo punto de inflamación es igual o superior a 55°C e inferior o igual a 100°C. Ejemplos: fenol C₆H₅OH 79°C, ácido fórmico HCOOH 69°C, gasóleo con punto de inflamación > 66°C.
- **Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 y 200°C.** Al tratarse de sólidos y con el mismo criterio aplicado a los sólidos que comienzan su ignición a una temperatura inferior a 100°C, se incluyen tanto los sólidos a los que si se

aplica una fuente de ignición que calienta y hace arder, como si por aumento de temperatura sin fuente de ignición, empiezan a arder. En este último caso equivaldría a su temperatura de autoignición. Este parámetro en sólidos no es muy preciso ya que depende de varios factores, de entre los cuales, algunos de los más representativos son: tamaño de la muestra, de la forma, grado de división, de la humedad que contenga, de la velocidad de calentamiento, de la velocidad del caudal de aire sobre la muestra, etc. En muchos ensayos también se especifica el tiempo de aplicación de la temperatura. En productos en polvo esa temperatura sería la temperatura de incandescencia en capa (glow temperature). Esta temperatura se encuentra tabulada en la bibliografía específica sobre polvos combustibles, junto a otros parámetros de explosividad.

En otros productos sólidos como la madera se ha notado la existencia de una estrecha relación entre la densidad de las maderas ensayadas y la temperatura de autoignición. En general las maderas de baja densidad entran en ignición a temperaturas más bajas que las especies de alta densidad. En el Manual de Protección contra Incendios de Editorial MAPFRE se presentan datos de interés (tabla 2). Las cinco primeras muestras proceden de unos ensayos de C.R. Brown y las cinco restantes de National Bureau of Standards de EE.UU.

Comúnmente la temperatura de autoignición de la madera se sitúa en el orden de los 200°C. La madera que esté en contacto con conducciones de vapor o una fuente similar de calor constante durante un periodo de tiempo muy largo puede sufrir cambios químicos que den por resultado la formación de carbón, que es capaz de ignición espontánea. Se ha sugerido que 155°C es la máxima temperatura a la que puede exponerse continuamente la madera sin riesgo de ignición.

MADERA	TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN °C
Cedro rojo occidental	192
Pino blanco	208
Pino palustre	220
Roble blanco	210
Abedul papelero	204
Pino equinado, o de agujas cortas	228
Pino palustre	230
Abeto Douglas	260
Abeto del norte	261
Pino blanco	264

Tabla 2.

- *Sólidos que emiten gases inflamables.* No se especifica en qué condiciones se emiten esos gases inflamables. Se podrían incluir los productos que reaccionan con el agua o aire húmedo liberando gases extremadamente inflamables. Llevarían pictograma, símbolo F y frase R15. Ejemplos serían los metales alcalinos que requieren unas condiciones de almace-

namiento especial, separados de otros productos, para no incurrir en riesgo por la utilización de agua en caso de un incendio en sus proximidades. La Nota Técnica de Prevención NTP 237 Reacciones químicas peligrosas con el agua, incluye una lista muy amplia de esos productos. Ver también la Ficha de Datos de Seguridad del producto, la lista de productos peligrosos del Anexo I del RD 363/1995, etc.

Otros productos similares que pueden entrar en este grupo son los de frase R14 que corresponde a los que reaccionan violentamente con el agua. Como ejemplos se citan el cloruro de acetilo, los metales alcalinos y el tetracloruro de titanio. También podrían entrar los que llevan la frase R18 que corresponde a sustancias y preparados no clasificados como inflamables pero que contienen compuestos volátiles inflamables en el aire. Esos productos crearían un riesgo adicional, aunque por no tener poder calorífico no entrarían en el cálculo de la carga térmica ponderada, excepto si se conociera la cantidad de materia volátil inflamable contenido en ellos. Lo mismo podría decirse de los productos que llevan la frase R30, que corresponde a los preparados no clasificados como inflamables pero que pueden convertirse en inflamables por pérdida de componentes volátiles no inflamables. No se ha encontrado ninguno que tenga esta característica en el anexo I del RD 363/1995.

La tercera columna de la tabla 1.1 que corresponde a un coeficiente de peligrosidad por combustibilidad baja con $C_i = 1$ comprende a los productos siguientes:

- *Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.* Incluye a los productos cuyo punto de inflamación es superior a 100°C. Ejemplos: aceite de oliva 225°C, aceite de pescado 215°C, aceites lubricantes 149-232°C, alcohol bencílico 101°C, antraceno 121°C, etc.
- *Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200°C.* Se deberían conocer las temperaturas de autoignición de las materias sólidas combustibles almacenadas. Ejemplos: Polietileno 349°C, polipropileno 390-410°C, poliestireno 488-496°C, poliacrilonitrilo 560°C, policarbonato 580°C, plástico acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) 466°C. Normalmente la temperatura de autoignición de los plásticos es superior a 200°C. Se debe observar que los materiales plásticos pueden llevar aditivos retardantes de fuego o de llama que pueden inhibir y hasta suprimir el proceso de combustión. En el libro "Tecnología del fuego" de Manuel Pascual Pons. Barcelona, Ediciones M.P. Pons, 1988, se asimila la temperatura de combustión con el punto de ignición (ignition point), al que se suele también denominar punto o temperatura de autoignición. Esta temperatura no debe confundirse con el punto de inflamación, destello o "flash point" anteriormente explicado, aunque en la norma UNE EN 1127-1, la definición del punto de ignición coincide con el término tan extendido y ampliamente aceptado de punto de inflamación o destello. En este libro se incluyen listas de productos con datos de combustibilidad.

4. ALTERNATIVAS PARA EL CÁLCULO DE LA CARGA DE FUEGO

Para los casos en que la diversidad de productos es muy amplia y ser complicado el cálculo aplicando todo lo anterior, el RD 2267/04 en los Establecimientos Industriales, permite como alternativa, una estimación de la carga de fuego, aplicando las siguientes expresiones:

- a) Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en la fórmula general.

q_{si} = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m² o Mcal/m².

S_i = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m².

Los valores de la densidad de carga de fuego media, q_{si} , pueden obtenerse de la tabla 1.2 del citado RD. Estos datos proceden del Método Gretener, Edición 1988, revisión de la Edición 1973.

- b) Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en la fórmula general.

q_{vi} = carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³.

h_i = altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.

s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m².

Los valores de la carga de fuego, por metro cúbico q_{vi} , aportada por cada uno de los combustibles, pueden obtenerse de la tabla 1.2 del Reglamento.

Las fórmulas de cálculo anteriores corresponden a un sector de incendio. En el RD se incluyen las fórmulas similares para determinar el nivel de riesgo intrínseco de un edificio formado por un conjunto de sectores de incendio y de un establecimiento industrial formado a su vez por un conjunto de edificios.

En la parte final del apartado de estos cálculos, se indica que para la evaluación del riesgo intrínseco se puede recurrir igualmente al uso de métodos de evaluación de reconocido prestigio; en tal caso, deberá justificarse en el proyecto el método empleado.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CEPREVEN
Catálogo CEA. Clasificación de materias y mercancías según su riesgo de incendio
Madrid, Editorial CEPREVEN, 1985
- (2) TROITZSCH, J.
International Plastics Flammability Handbook
Munich, Carl Hanser Verlag, 1983. Table 4.3 Heats of combustion of various plastics and natural products
- (3) LANDROCK, A.H.
Handbook of Plastics Flammability and Combustion Toxicology
Park Ridge, New Jersey, Noyes Publications, 1983. Table A.1. Ignition temperatures for selected plastics. Table A.5. Heats of combustion and heating values of plastics
- (4) PASCUAL PONS, M.
Tecnología del fuego
Barcelona, Ediciones M.P.Pons, 1988. Cap. 6. Química de la combustión. Cap. 7. Inflamabilidad. Cap. 8. Inestabilidad química
- (5) BRIGHTON, C.A. et al.
Styrene polymers: Technology and Environmental Aspects
London, Applied Science Publishers Ltd., 1979. Combustion of styrene polymers. Physical properties of styrene monomer
- (6) DE NANÇAY, S.
Matières plastiques et sécurité incendie
Paris, Sadave, 1982. Comportement au feu: Résines synthétiques, Élastomères de synthèse
- (7) NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA)
Manual de protección contra incendios (16ª Edición)
Madrid, Editorial MAPFRE, 1987. Sección 5. Capítulo 11. Tabla 5-11B. Calores de combustión y propiedades asociadas para plásticos
- (8) MÉTODO GRETENER
Evaluación del riesgo potencial de incendio
Edición 1973

- (9) MÉTODO GREENER
Evaluación del riesgo potencial de incendio
Revisión del documento anterior. Edición 1988. CEPREVEN
- (10) INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN DOW
Traducción de la 5ª edición "Fire & Explosion Index. Hazard Classification Guide" de DOW Chemical Company, 1980
Barcelona, I.N.S.H.T. 1983
- (11) **Handbook of Chemistry and Physics.** (86th Ed.)
Boca Ratón, Editorial CRC Press, 2005
- (12) **Perry's Chemical Engineers Handbook.** 6th Ed.
New York, McGraw-Hill Book Company, 1984
- (13) HÜTTE
Manual del ingeniero
Barcelona, Editorial Gustavo Gili S.A., 1965. Traducción de la 28ª edición alemana
- (14) WEISS G.,
Hazardous Chemicals Data Book
Park Ridge, New Jersey, USA, Noyes Data Corporation, 1980
- (15) RD. 2267/2004
Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (BOE 17.12.2004)
- (16) RD. 1587/1982
Norma Básica de la Edificación. Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios. NBE-CPI-82. (BOE 21.7.1982, rect. 27.9.1982)
- (17) RD. 279/1991
Norma Básica de la Edificación. Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios. NBE-CPI-91. (BOE 8.3.1991)
- (18) RD. 2177/1996
Norma Básica de la Edificación. Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios. NBE-CPI-96. (BOE 29.10.1996, rect. 13.11.1996)
- (19) RD. 314/2006
Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SI. (BOE 28.3.2006)
- (20) RD. 379/2001
Reglamento de almacenamiento de productos químicos. Instrucción técnica complementaria MIE-APQ-1

Residuos peligrosos en centros docentes de secundaria: gestión intracentro

Déchets dangereux dans centres enseignants de secondaire. Gestion intracentre
Hazardous waste in teaching institutions of secondary. Intracenter management

Redactores:

Enrique Gadea Carrera
Licenciado en Ciencias Químicas
CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

M. Antonia Merino Calvet
Doctora en Ciencias Químicas
DEPARTAMENT D'EDUCACIÓ.
GENERALITAT DE CATALUNYA

Adrián Allueva Gonzalo
Licenciado en Ciencias Químicas
Joan Martí Callau
Licenciado en Ciencias Químicas
ECOCAT

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Es necesario realizar una correcta gestión de los residuos para paliar en la medida de lo posible sus efectos negativos sobre el medio ambiente y la seguridad y salud en el trabajo así como para la defensa de la salud pública y el desarrollo sostenible. Dicha gestión, en especial la de los residuos peligrosos, ha de tener en cuenta la legislación vigente, tanto la específica como la de protección de la salud y del medio ambiente, y se ha de plantear considerando todo su ciclo de vida, es decir, desde el mismo momento de su generación hasta que son gestionados de la forma más adecuada. En esta gestión se distinguen dos fases diferenciadas que están interrelacionadas: la *gestión intracentro*, que es la que se realiza dentro de los propios centros de educación, y la *gestión extracentro*, que incluye las operaciones de recogida, transporte y tratamiento por un gestor especializado y autorizado.

En base a esta gestión intracentro, hay que hacer especial hincapié en la formación y actitud del personal responsable del centro docente, de forma que pueda transmitir y aplicar los conocimientos adquiridos para una adecuada formación del alumnado y el cumplimiento de la normativa vigente en cuanto a residuos y a seguridad del personal del centro.

En la presente NTP se exponen los aspectos a considerar en la gestión intracentro de los residuos peligrosos generados en un centro docente de secundaria o similar (ciclos formativos), que incluyen las operaciones de clasificación, reagrupamiento y almacenamiento de residuos, siempre a cargo del personal del centro docente, hasta que se procede a su recogida por un gestor externo.

2. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN CENTROS DOCENTES DE SECUNDARIA

Los residuos se pueden dividir en no peligrosos (orgánicos, papel y material inerte), que se suelen gestionar

como tales (asimilables a urbanos), y peligrosos (sustancias químicas, restos biológicos y material contaminado, proveniente de los laboratorios, así como lámparas, pilas, aceites minerales, cartuchos de impresora, etc.).

Los residuos que se generan en los laboratorios (productos de prácticas, productos caducados, productos sobrantes, etc.), a los que hace referencia esta Nota Técnica de Prevención, deben ser gestionados adecuadamente para que no supongan un riesgo para los trabajadores y alumnos del centro. También es importante tener en cuenta los productos que por su especial peligrosidad (muy tóxicos, tóxicos, sensibilizantes y los denominados CMR -cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción-) no se deben utilizar en un centro docente de secundaria, y que, caso de existir, deben ser eliminados en una primera fase. Algunos ejemplos de estos productos se pueden ver en la tabla 1.

Una de las características de estos centros docentes (IES, FP, etc.) es la frecuencia de generación de los residuos, que suele ser estacional, relacionada con la realización de prácticas vinculadas al desarrollo de los programas y al cumplimiento del calendario escolar. Es importante indicar que la peligrosidad de estos residuos hace necesaria una planificación de las retiradas de los mismos, procurando que en períodos vacacionales haya un stock de residuos mínimo, dada la previsible ausencia del personal.

3. PROGRAMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS: ASPECTOS A CONSIDERAR

Estudios de actividades y minimización

Para disponer de una información ajustada sobre los residuos generados en cada centro, es necesario conocer todas las actividades realizadas, desde las docentes hasta las de mantenimiento o de limpieza, así como los productos utilizados. Este estudio debe efectuarse a partir de los productos adquiridos, considerando las áreas,

Muy Tóxicos T ⁺	Tóxicos T	Explosivos E	CMR y sensibilizantes Frases R: 45, 49, 46, 60, 61, 42 y 43
	Ácido Crómico		Ácido Crómico
	Ácido Pícrico		Ácido Pícrico
Ácido Fluorhídrico			
Dicromato de amonio			Dicromato de amonio
	Metanol,		
Bromo			
	Cloruro de bario		Cloruro de bario
Cadmio	Cadmio		
Cloruro de cadmio	Cloruro de cadmio		
Nitrato de cadmio			
Sulfato de cadmio	Sulfato de cadmio		
Cloruro de cobalto			
	Nitrato de cobalto (II)		
	Mercurio		
	Cloruro de mercurio		
Óxido de mercurio (II)			
Nitrato de mercurio(II)			
			Acetato de plomo (II)
		Fósforo rojo	
			Carbonato de plomo (II)
			Nitrato de plomo (II)
			Óxido de plomo (II)
	Arseniato de potasio		Arseniato de potasio
Cianuro de potasio			
			Cromato de potasio
		Dicromato de potasio	Dicromato de potasio
Cianuro de sodio			
	Fluoruro de sodio		
	Nitrito de sodio		
Cianuro de zinc			
	Benceno		Benceno
		Fenol	
	Formaldehído		Formaldehído
			Hidroquinona
	Tetracloruro de carbono		

Tabla 1. Lista no exhaustiva de productos peligrosos que no deben hallarse en un centro docente de secundaria

actividades y procesos en los que intervienen, así como la periodicidad y frecuencia de utilización.

Todo ello, permite establecer una relación de residuos generados y una estimación de las cantidades producidas en el centro. A partir de estos datos y de manera previa a la consideración como residuos para su inclusión en el procedimiento de gestión, hay que estudiar otras posibilidades. El primer paso es valorar las opciones de minimización o reducción de los residuos generados y la sustitución de algunos productos peligrosos por otros que representen un menor riesgo para la seguridad y la salud. Ello hace necesario una cuidadosa selección de las prácticas y de las cantidades de productos adquiridos, que eviten un exceso de productos almacenados que a la postre, muy probablemente, pueden convertirse en residuos. Otra posibilidad que debe tenerse en cuenta es la reutilización de algunos residuos, por ejemplo como producto de partida de una nueva práctica docente.

Clasificación de los residuos

Un programa de gestión de residuos implica el establecimiento de un procedimiento de recogida selectiva de acuerdo con la clasificación y agrupamiento de los diferentes residuos, considerando sus propiedades físico-químicas y las incompatibilidades que puedan existir. En la tabla 2 se presenta una posible clasificación de los residuos peligrosos generados en centros de educación secundaria, aunque dado que las cantidades generadas en estos centros suelen ser pequeñas, la clasificación debe adaptarse a las posibilidades de cada centro.

Compatibilidad

El primer aspecto a tener en cuenta para la clasificación de residuos y el establecimiento de grupos es conocer las características de compatibilidad de los diferentes residuos (ver tabla 3). Es importante indicar que, dentro de cada grupo genérico de residuos, pueden producirse

Grupo I	Disolventes halogenados	Líquidos orgánicos. Contenido halógeno $\geq 1\%$ <i>Son generalmente productos irritantes o muy tóxicos y no deberían utilizarse en un centro de educación secundaria.</i>
Grupo II	Disolventes no halogenados	Líquidos orgánicos. Contenido halógeno $< 1\%$ (alcoholes, cetonas, etc.) <i>Debe evitarse mezclar disolventes inmiscibles ya que dificultan el tratamiento posterior</i>
Grupo III	Disoluciones acuosas inorgánicas	Disoluciones básicas (hidróxido sódico, hidróxido potásico, etc.). Se incluyen también las más concentradas (como indicador, aquellas con $\text{PH} \geq 11$) <i>No añadir disoluciones amoniacales.</i>
		Disoluciones ácidas diluidas con $\text{PH} > 3$ (clorhídrico, nítrico, etc.)
		Otras disoluciones: fosfatos, cloruros, sulfatos, reveladores, etc.
Grupo IV	Disoluciones acuosas orgánicas (elevada DQO)	Mezclas agua/disolvente (metanol/agua), disoluciones de colorantes, disoluciones de fijadores orgánicos (formol, fenol, etc.)
Grupo V	Ácidos concentrados	Disoluciones acuosas concentradas, con un $\text{PH} \leq 3$, de ácidos tanto inorgánicos como orgánicos. <i>Debe tenerse en cuenta que la mezcla de varios ácidos, en función de su composición y concentración, puede producir reacciones químicas peligrosas con incremento de temperatura y desprendimiento de gases.</i>
Grupo VI	Aceites	Aceites minerales producidos generalmente en operaciones de mantenimiento o en baños calefactores en los laboratorios.
	Sólidos orgánicos	Productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica o contaminados con productos orgánicos (gel de sílice o carbón activo impregnados con disolventes orgánicos)
	Sólidos inorgánicos	Productos químicos sólidos de naturaleza inorgánica (sales de metales pesados). Las sales especialmente tóxicas y peligrosas se incluyen en el grupo VII.
	Envases y material contaminados	Material y envases contaminados con productos químicos peligrosos. Incluye el vidrio contaminado y guantes, entre otros. <i>Pueden establecerse subgrupos de clasificación, de acuerdo con las recomendaciones del gestor autorizado.</i>
Grupo VII	Especiales	Productos comburentes (peróxidos)
		Productos pirofóricos (magnesio metal en polvo)
		Productos muy reactivos: ácidos fumantes, cloruros de ácido, metales alcalinos (sodio, potasio), compuestos que pueden polimerizarse, compuestos que pueden dar lugar a peróxidos éteres, etc.
		Compuestos muy tóxicos (cianuros, sulfuros, etc.)
		Productos cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción (CMR). <i>Los cancerígenos y mutágenos están sujetos a legislación específica (RD. 665/1997). Ninguno de estos compuestos debe utilizarse en un centro docente de secundaria.</i>
		Otros: productos en el envase original (stocks antiguos), así como productos no clasificables en otro grupo. <i>Pueden haber productos no identificados, lo cual no es correcto y en cuyo caso debería realizarse, en la medida de lo posible, alguna determinación, como el pH, que aportase una mínima información al gestor autorizado para encontrar una posible solución.</i>

Tabla 2. Clasificación de residuos (posibles grupos)

reacciones químicas, debiéndose realizar todos los subgrupos necesarios, en los que se observen las características de compatibilidad química y se eviten reacciones secundarias peligrosas. Por ejemplo: si se mezclan restos de ácido nítrico y de ácido sulfúrico, deberemos utilizar envases distintos, ya que uno es oxidante y el otro reductor. En la tabla 4 se incluyen ejemplos de productos de cada grupo.

Como norma general, sólo puede procederse a mezclar residuos si hay garantías de ausencia de reactividad y, ante cualquier duda, se debe consultar al responsable de residuos del centro o al gestor externo. Por otro lado, un tratamiento intracentro para neutralizar o reducir la

peligrosidad de un residuo, solamente se puede llevar a cabo si se trata de una operación segura que no dé lugar a reacciones secundarias peligrosas y no represente un consumo de productos exagerado.

Etiquetado

Los recipientes o contenedores de los diferentes tipos de residuos deben estar adecuadamente etiquetados, permitiendo la rápida identificación del residuo y de su peligrosidad. El contenido de la etiqueta debe estar de acuerdo con la legislación aplicable, tanto la relativa a la comercialización de sustancias y preparados como a la

<p>1. Ácido clorhídrico HCl Ácido clorosulfónico HSO₃Cl Ácido fluorhídrico HF Ácido fluorobórico HBF₄ Ácido fosfórico H₃PO₄</p> <p>2. Ácido crómico H₂CrO₄ Ácido nítrico HNO₃ Ácido perclórico HClO₄ Ácido sulfúrico H₂SO₄ Ácido sulfúrico fumante (oleum) H₂SO₄ SO₃</p> <p>3. Ácido acético CH₃COOH Ácido benzoico C₆H₅COOH Ácido butírico C₃H₇COOH Ácido fórmico HCOOH Ácido ftálico C₆H₄(COOH)₂</p> <p>4. Alcohol etílico C₂H₅OH Alcohol isopropílico (CH₃)₂CHOH Alcohol metílico CH₃OH Etilenglicol HOCH₂CH₂OH Glicerina HOCH₂CHOHCH₂OH</p> <p>5. Acetaldehído CH₃CHO Acroleína CH₂=CHCHO Benzaldehído C₆H₅CHO Crotonaldehído CH₃CH=CHCHO Glicerina HOCH₂CHOHCH₂OH Formol HCHO</p> <p>6. Acetamida CH₃CONH₂ Acrilamida CH₂=CH-CONH₂ Benzamida C₆H₅CONH₂ Formamida HCONH₂ Propionamida C₃H₇NO</p> <p>7. Anilina C₆H₅NH₂ Dimetilamina (CH₃)₂NH Etilamina C₂H₅NH₂ Trietanolamina (HOCH₂CH₂)₃N Trietilamina (C₂H₅)₃N</p> <p>8. Acetona CH₃COCH₃ Acetofenona C₆H₅COCH₃ Ciclohexanona CH₂(CH₂)₄CO Etilmetilcetona C₂H₅COCH₃</p> <p>9. Ácido cianhídrico HCN Cianuro mercúrico Hg(CN)₂ Cianuro potásico KCN Cianuro sódico NaCN Cianuro de cinc Zn(CN)₂</p> <p>10. Hidróxido amónico NH₄OH Hidróxido potásico KOH Hidróxido sódico NaOH Metóxido sódico CH₃ONa Óxido cálcico CaO</p> <p>11. 2-Aminotiazol H₂N-C=N-CH=CH-S Azobenceno C₆H₅N=NC₆H₅ Benzotriazol C₆H₄NHN=N Hidrazina H₂N-NH₂ Metilhidrazina CH₃NHNH₂</p> <p>12. Brombenceno C₆H₅Br Cloroformo CHCl₃</p>	<p>Lindano C₆H₆Cl₆ Percloroetileno Cl₂C=CCl₂ Tetracloruro de carbono CCl₄</p> <p>13. Ácido pícrico (NO₂)₃C₆H₂OH Nitrato de urea CO(NH₂)₂HNO₃ Nitrobenceno C₆H₅NO₂ Nitrofenol NO₂C₆H₄OH Nitrometano CH₃NO₂</p> <p>14. Epiclorhidrina CH₂(o)CHCH₂Cl Epoxiestireno C₆H₅CH(o)CH₂ Óxido etileno CH₂(o)CH₂ Óxido de 1,2-propileno CH₃CH(o)CH₂ 1,2-Epoxibutano CH₃CH₂CO(o)CH₂</p> <p>15. Acetato de etilo CH₃COOC₂H₅ Acrilato metilo CH₂=CHCOOCH₃ Benzoato de butilo C₆H₅COOC₄H₉ Butirato de isopropilo C₃H₇COOCH(CH₃)₂ Tetrahidrofurano O(CH₂)₃CH₂</p> <p>16. Anisol C₆H₅OCH₃ Éter etílico (C₂H₅)₂O Etilenglicol monometiléter CH^oOCH₂CH₂OH Tetrahidrofurano O(CH₂)₃CH₂</p> <p>17. Cresol CH₃-C₆H₄-OH Fenol C₆H₅OH Hidroquinona 1,4-(OH)₂C₆H₄ Naftol C₁₀H₇OH Pentaclorofenol HO-C₆Cl₅</p> <p>18. Difluoruro de amonio NH₄FHF Fluoruro amónico NH₄F Fluoruro cálcico CaF₂ Fluoruro sódico NaF Fluoruro de cinc ZnF₂</p> <p>19. Diciclopentadieno (CH=CHCH₂CH=CH₂)₂ Dimetilacetileno CH₃C=CCH₃ 1-Hexeno CH₂=CHC₄H₉ Isobutileno (CH₃)₂C=CH₂ Isopropileno CH₂=C(CH₃)-CH=CH₂</p> <p>20. Ciclopentano CH₂(CH₂)₃CH₂ n-Decano C₁₀H₂₂ n-Heptano C₇H₁₆ n-Hexano C₆H₁₄-C(CH₃)₂-OOH Isooctano (CH₃)₃CCH₂CH(CH₃)₂</p> <p>21. Benceno C₆H₆ Estireno C₆H₅CH=CH₂ Naftaleno C₁₀H₈ Tolueno C₆H₅CH₃ Xileno CH₃C₆H₄CH₃</p> <p>22. Clorfenil isocianato ClC₆H₄NCO Difenilmetano diisocianato(OCN-C₆H₄)₂CH₂ Isocianato de ciclohexilo C₆H₁₁NCO Metilisocianato CH₃NCO Toluendiisocianato CH₃C₆H₄(NCO)₂</p> <p>23. Dimetilsulfuro CH₃SCH₃ Etanoditiol HSCH₂CH₂SH</p>	<p>Metilmercaptano CH₃SH Sulfuro de carbono CS₂ Tiofenol C₆H₅SH</p> <p>24. Berilio, calcio, litio, potasio, sodio</p> <p>25. Bronce (Cu-Sn), cobre, estaño, hierro, latón (Cu-Zn)</p> <p>26. Aluminio, magnesio, níquel, titanio, cinc</p> <p>27. Acetonitrilo CH₃CN Acrilonitrilo CH₂=CHCN Benzonitrilo C₆H₅CN Cianhidracetona (CH₃)₂C(OH)CN Propionitrilo C^oH₅CN</p> <p>28. Nitruro cálcico Ca₃N₂ Nitruro de cobre Cu₃N Nitruro potásico K₃N Nitruro sódico Na₃N Tetrasulfuro tetranitruro S₄N₄</p> <p>29. Hidroperóxido de cumeno C₆H₅-C(CH₃)₂-OOH Peróxido de acetilo (CH₃CO)₂O₂ Peróxido de benzoilo (C₆H₅CO)₂O₂ Peróxido t-butilo ((CH₃)₃C)₂O₂(CH)₃COOC(CH₃)₃ Peróxido de dicumilo C₁₈H₂₂O₂ Butil Peroxibenzoato C₆H₅CO₂Oc(CH₃)₃</p> <p>30. Carbaril, carbofuran, maneb, metam-sodio, pirimicarb</p> <p>31. Disulfuton, fosfolan, malation protoato, tiometon</p> <p>32. Sulfuro amónico (NH₄)₂S Sulfuro de bario BaS Sulfuro sódico Na₂S Sulfuro de zinc ZnS Trisulfuro de arsénico As₂S₃</p> <p>II. Acetato de vinilo CH₂COOCH=CH₂ Ácido metacrílico CH₂=C(CH₃)COOH Acrilato de etilo CH₂=CHCOOC₂H₅ Cloruro de alilo CH₂=CHCH₂Cl Estireno C₆H₅CH=CH₂</p> <p>III. Alquil y aril nitratos Y nitritos AlNO₃, ArNO₃, AlNO₂, ArNO₂ Azidas MN₃, XN₃, RN₃ Cloratos y percloratos MClO₃ MClO₄ Nitrato amónico NH₄NO₃ Nitrocelulosa C₆H₇O₂(ONO₂)₃</p> <p>IV. Agua oxigenada H₂O₂ Cloratos -ClO₃ Dicromatos -Cr₂O₇ Halógenos X₂ Permanganatos -MnO₄</p> <p>V. Fósforo, Hidruros, metales, nitritos, sulfuros</p> <p>VI. Amiduros, cloruros de ácido, compuestos organometálicos hidruros, metales alcalinos y alcalinotérreos</p>
---	--	--

Tabla 4. Ejemplos de asignación a los distintos grupos de la tabla 3

de transporte, existiendo dos tipos de etiquetas, las denominadas de "producto", que hacen referencia al residuo y a su peligrosidad y las denominadas de "transporte", que se utilizan cuando se trata de materias peligrosas a transportar, de acuerdo con la normativa de transporte por carretera (ADR). En el caso de los residuos, es habitual utilizar una única etiqueta que comprenda los dos aspectos (producto y transporte), facilitando su gestión, y cuyo contenido debería ser el siguiente:

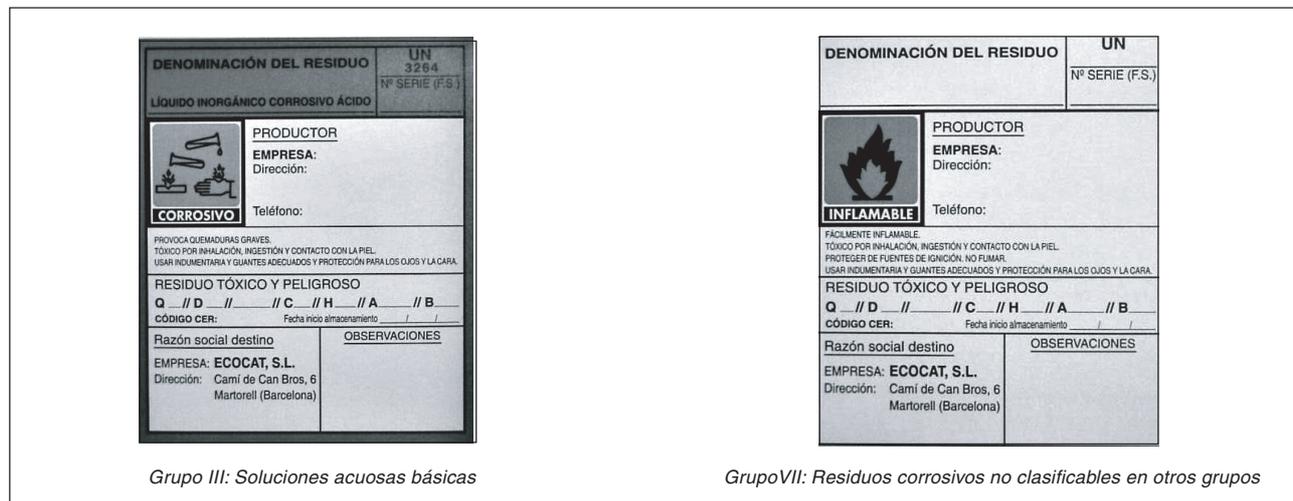
- Denominación del residuo
- Datos del productor
- Pictogramas de peligro
- Frases de riesgo R y consejos de prudencia S
- Fecha de inicio del almacenamiento

- Código CER//LER (Código Europeo de Residuos// Lista Europea de Residuos) de seis dígitos y la codificación española de residuos (según normativa)
- Número UN (4 cifras): si la materia está considerada como peligrosa para el transporte según la normativa ADR.

Normalmente, las etiquetas son facilitadas o se confeccionan con la empresa gestora externa. Una manera de facilitar la identificación rápida de los residuos es la utilización de etiquetas de colores diferentes, según el grupo de residuos a que pertenezca. En la tabla 5 se indican, a modo de ejemplo, diferentes colores genéricos de la etiqueta para cada grupo o subgrupo de residuos y en la figura 1 se muestran algunos ejemplos de etiquetas.

DENOMINACIÓN RESIDUO	COLOR ETIQUETA
Grupo I: DISOLVENTES HALOGENADOS	NARANJA CLARO
Grupo II: DISOLVENTES NO HALOGENADOS	VERDE CLARO
Grupo III: SOLUCIONES ACUOSAS ÁCIDAS	ROJA
Grupo III: SOLUCIONES ACUOSAS BÁSICAS	AZUL
Grupo III: SOLUCIONES ACUOSAS RESIDUALES (neutras)	AMARILLO CLARO
Grupo IV: ACIDOS CONCENTRADOS	ROJA
Grupo V: ACEITES	MARRÓN
Grupo VI: SÓLIDOS Y PASTOSOS ORGÁNICOS NO HALOGENADOS	VERDE FUERTE
Grupo VI: SÓLIDOS Y PASTOSOS ORGÁNICOS HALOGENADOS	NARANJA FUERTE
Grupo VI: SÓLIDOS INORGÁNICOS (no especialmente reactivos ni tóxicos)	AMARILLO FUERTE
Grupo VI: ENVASES CONTAMINADOS	ROSA FUERTE
Grupo VI: ABSORBENTES CONTAMINADOS	ROSA CLARO
Grupo VII: para productos que no se engloben en otros grupos y aquellos especialmente reactivos y/o tóxicos. <i>Deberán incluir todos los datos necesarios para su correcta gestión.</i>	BLANCA
Grupo VII: REACTIVOS DE LABORATORIO, en su envase original: caso de envases finales no debidamente clasificados. <i>No hace falta volver a colocar una etiqueta de "producto" de nuevo, salvo en caso que los envases, una vez vacíos, se reutilicen para acondicionar residuos (práctica no siempre aconsejable), en cuyo caso, se podrá hacer uso de cualquier etiqueta de la tabla anterior (excepto a la que hace referencia esta nota) acorde a las características del residuo, para etiquetarlo.</i>	GRIS
Residuos NO IDENTIFICADOS <i>No es correcto etiquetar un envase como "No identificado", en cuyo caso, debería llevarse a cabo alguna determinación mínima, como el pH (líquidos). Si no fuera posible realizar ninguna prueba al residuo, se le comunicará debidamente al gestor externo para que tome las oportunas medidas.</i>	NO PROCEDE
<i>Se observa que existen varias etiquetas genéricas por grupo de clasificación, de forma que puedan cumplirse las normas de compatibilidad, etiquetado y transporte.</i>	

Tabla 5. Colores de la etiqueta por grupo o subgrupo de residuo



Grupo III: Soluciones acuosas básicas

Grupo VII: Residuos corrosivos no clasificables en otros grupos

Figura 1. Ejemplos de etiquetas

Envasado

Para el envasado de los residuos de laboratorio, se ha de tener en cuenta varios factores como son el tipo residuo (características físico-químicas, composición química, reactividad y compatibilidad residuo-envase), el volumen de residuo generado y el espacio disponible en los laboratorios o en las zonas de almacenamiento. Con el fin de evitar trasvases y facilitar la entrega al gestor externo se recomienda utilizar envases homologados para el transporte de mercancías peligrosas. A continuación se describen las características de los envases más frecuentemente utilizados para residuos de este tipo (ver figura 2):

- **Envases de 5 a 30 l:** Envases de polietileno de alta densidad desde 5 hasta 30 litros de capacidad, homologados. Existen algunos envases de boca ancha (para sólidos) y otros de boca estrecha (para líquidos). Son en su mayoría compatibles con los productos químicos y residuos generados en un laboratorio docente de secundaria.
- **Envases de seguridad:** Indicados para productos especialmente inflamables, volátiles o tóxicos, en pe-



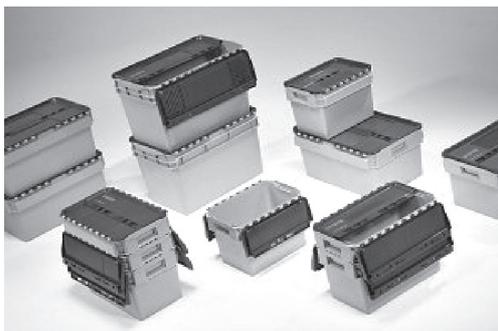
Envase de 25 litros



Envase de seguridad



Envases de 10 litros



Cajas de reactivos

queñas cantidades, como podría ser el sulfuro de carbono. Van provistos de cortafuegos y válvula de presión especial.

- **Cajas para reactivos de laboratorio:** Cajas de polietileno de alta densidad, provistas de un producto absorbente en el fondo, preparadas para el almacenamiento y transporte de reactivos de laboratorio obsoletos y productos en su envase original o envases con un volumen similar. Debe tenerse especial cuidado con productos peligrosos de máximo riesgo.

En la tabla 6, se indican una serie de recomendaciones relativas a la utilización de envases de polietileno para el almacenamiento de residuos y en la tabla 7 otras incompatibilidades entre envase y residuo

PRODUCTO	RECOMENDACIÓN
Bromoformo y sulfuro de carbono	No utilizar
Ácido butírico, ácido benzoico, bromo o diclorobenceno	No utilizar en períodos de almacenamiento > 1mes
Dietileter, éter, percloroetileno o cloruro de amilo	No utilizar a temperaturas > 40°C

Nota: los envases de polietileno son los más utilizados, dado que son compatibles con la mayoría de productos químicos

Tabla 6. Recomendaciones para el uso de envases de polietileno

MATERIAL ENVASE	Productos químicos a envasar	Recomendación
Metálico	Ácidos	No utilizar
Vidrio	Ácido fluorhídrico	No utilizar

Tabla 7. Incompatibilidades envase-residuo

Almacenamiento

Desde el momento de la generación de un residuo o de la consideración de un producto como residuo, hasta su retirada por un gestor autorizado, el almacenamiento de los residuos es responsabilidad del centro docente (productor), que debe procurar que se realice correctamente y de acuerdo con la legislación vigente, en la que se indica que el tiempo máximo de almacenamiento no debe ser superior a seis meses.

Como recomendaciones generales de almacenamiento de residuos se indican las siguientes:

Disponer de un almacén externo, de forma que los residuos se encuentren apartados del centro. En su defecto, debería habilitarse una zona interna, previamente determinada, que sea lo más aislada posible y si, debido a problemas de espacio, han de ubicarse en el laboratorio, deben delimitarse espacios exclusivos, utilizándose, preferentemente, armarios de seguridad con una resistencia al fuego mínima de 15 minutos (RF 15).

Es importante que no estén expuestos a la luz solar y dispongan de la máxima ventilación posible.

El almacenamiento debe contemplar posibles incompatibilidades químicas, debiéndose establecer una ade-

Figura 2. Envases de residuos

cuada distribución y separación que evite posibles reacciones peligrosas.

Los envases no han llenarse más allá del 90 % de su capacidad, para facilitar su manipulación segura.

Siempre que sea posible, los envases deben almacenarse a nivel del suelo y en ningún caso por encima de 1,70 metros desde el suelo, evitándose el apilamiento.

En el caso de los residuos que sean reactivos de laboratorio, contenidos en su propio envase o en otros, y que estén almacenados en cajas de polietileno estancas (ver figura 3), ha de procurarse no superar los 20 Kg. por caja, incluido el absorbente interior para derrames (que debe añadirse), e intentar, dentro de lo posible, separar los residuos en cajas diferentes, de acuerdo con su clasificación y considerando las posibles incompatibilidades. Los envases han de estar fijos de manera que no se puedan mover, incluyéndose, adherido a cada caja, un listado de los residuos y volúmenes que contiene, facilitando, así, la detección de incompatibilidades por parte del gestor externo, durante la recogida.



Se observa la colocación de las botellas de reactivo, el absorbente para casos de derrame, y la etiqueta.



Caja preparada para su almacenamiento a la espera de la recogida por parte del gestor.

Figura 3. Almacenamiento de envases de residuos en cajas

Manipulación

En principio, todos los residuos deben considerarse como peligrosos. Si se desconocen sus características y propiedades ha de adoptarse el máximo nivel de protección.

Siempre que sea posible, se empleará material fácilmente descontaminable, utilizándose material de un solo uso exclusivamente en aquellos casos que resulte imprescindible.

Nunca se deben manipular residuos en solitario.

No utilizar envases que superen los 20 Kg., para que su manipulación no implique riesgos adicionales.

El vertido de los residuos a los envases o contenedores correspondientes ha de efectuarse de forma lenta y controlada, interrumpiéndose la operación si se observa cualquier fenómeno anormal, como la formación de gases o un incremento significativo de la temperatura. Una vez finalizada la operación de trasvase, es necesario cerrar el envase hasta la próxima utilización.

Evitar el contacto directo con los residuos peligrosos, utilizando los equipos de protección individual (EPI) necesarios, como guantes, gafas y en algunos casos mascarilla.

Debe procurarse que los envases o contenedores de residuos no completados, previamente a su traslado a la zona de almacenamiento, no entorpezcan y no sean un riesgo añadido, situándose apartados de zonas de paso y de focos de calor.

4. IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA. ELEMENTOS DE LA GESTIÓN

Una correcta gestión de los residuos en un centro de educación secundaria, ha de considerar tanto aspectos normativos como organizativos, entre los que se encuentran los siguientes:

Designar un responsable general de residuos del centro docente, que será el encargado de recopilar toda la información relativa a los residuos a gestionar, facilitar las etiquetas y envases necesarios y completar el documento de solicitud de retirada.

De acuerdo con la organización del centro docente, se recomienda asignar, además, un responsable por laboratorio o departamento, que se encargará de la gestión de los residuos de su área y de realizar la solicitud al responsable general del centro de los envases necesarios y de las etiquetas correspondientes. Si el centro docente dispone de un solo laboratorio, puede tratarse de la misma persona.

Establecer una sola persona de contacto entre el centro educativo y el gestor externo de residuos, al que se le deben facilitar los datos del mismo (nombre, dirección completa, teléfono, e-mail, etc.), así como el documento de solicitud de retirada, debidamente cumplimentado.

El responsable general de residuos, en su caso, informará a cada área o departamento generador (laboratorio o departamento) de las fechas de recogida por parte del gestor externo.

Deberá disponerse de una relación actualizada de los residuos almacenados.

Disponer de procedimientos y planes de actuación en caso de incidencias, como puede ser un derrame o la existencia de envases hinchados, que a su vez, deben estar contemplados en el plan de emergencia y evacuación el centro educativo (ver NTP nºs 334, 432 y 500).

Periódicamente debería realizarse una revisión del programa de gestión de residuos, en la que han de intervenir todas las partes implicadas (centro docente y gestor autorizado). En ella se debe comprobar el buen funciona-

miento del programa, facilitándose la detección de puntos débiles en el mismo así como de posibilidades de mejora, lo que permite una optimización continua del sistema de gestión implantado.

REFERENCIAS LEGALES Y BIBLIOGRAFIA

- (1) Ley 31/1995 de 8.11. (Jef. Est., BOE 10.11.1995). Ley de prevención de riesgos laborales.
- (2) Real Decreto 952/1997 de 5.7. (M. M. Amb., BOE 5.7.1997), por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de junio.
- (3) Ley 11/1997 de 24.4 (Jef. Est., BOE 25.4.1997). Ley de envases y residuos de envases.
- (4) Ley 10/1998 de 21.4. (Jef. Est., BOE 22.4.1998). Ley de residuos.
- (5) Real Decreto 374/2001 de 6.4. (M. Presid., BBOOE 1.5, rect. 30.5 y 22.6.2001). Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- (6) Orden MAM/304/2002 de 8.2. (BBOOE 19.2, rect. 12.3.2002) por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- (7) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Notas Técnicas de Prevención (NTP).
Barcelona. INSHT.

Trasvase de agentes químicos: medidas básicas de seguridad

Transfert d'agents chimiques: les mesures de base de sécurité
Transfer of chemical agents: basic measurements of safety

Redactora:

M^a Carmen Alonso Martín
Doctora en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la utilización de agentes químicos peligrosos (AQP) se ha extendido a numerosas ramas de actividad, de modo que los riesgos asociados se encuentran en la mayoría de los centros de trabajo (explotaciones agrarias, peluquerías, talleres, plantas químicas, etc.). Adicionalmente, cada año se introducen en el mercado nuevos productos con nuevas problemáticas y riesgos asociados. Según la encuesta nacional de condiciones de trabajo del periodo 2004-2005, realizada por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), más de un 20% de los trabajadores españoles manifiesta que en su puesto de trabajo manipula sustancias o productos nocivos o tóxicos. De los trabajadores expuestos, tanto por contacto como por inhalación (>31%), el 12% manifiesta que no conoce los efectos perjudiciales de estos agentes. Cabe destacar, respecto al etiquetado de las sustancias y productos químicos, que más del 11% de los trabajadores encuestados manifiestan que tan sólo "algunos" de los productos usados (y no "todos") están etiquetados¹.

A fin de proteger la salud de los trabajadores contra los AQP, el R.D. 374/2001, en el marco de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, indica la obligación de realizar una evaluación de riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores originados por los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo. Esta evaluación de riesgos debería comenzar por determinar la peligrosidad del / de los agentes (véase apéndice 2 de la Guía Técnica del R.D. 374/2001, sobre agentes químicos). Dicha peligrosidad está determinada por sus propiedades fisicoquímicas (véase NTP 663) y características toxicológicas y viene definida a través de su clasificación atendiendo a la normativa sobre notificación, clasificación, envasado y etiquetado (R.D. 363/1995 y R.D. 255/2003).

La variedad y gravedad de los efectos adversos de las sustancias peligrosas y su creciente empleo en la indus-

tria y en otras muchas actividades determinan la importancia del riesgo químico para las personas y para el medio ambiente. La evaluación de riesgos debe incluir todas aquellas actividades cuya realización pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.

Los AQP son manipulados cada día infinidad de veces, no sólo en el sector industrial sino también en otros sectores de actividad, pudiendo dar lugar a accidentes con consecuencias de distinta índole. El proceso en el que suele tener lugar mayor número de accidentes es el trasvase, especialmente cuando se trasladan de un envase a otro AQP. Es entonces cuando pueden tener lugar proyecciones, salpicaduras, contactos dérmicos, intoxicaciones, quemaduras por incendios, explosiones, etc. Las causas principales de este tipo de accidentes suelen estar relacionadas con no disponer de los medios y equipos adecuados y/o por desconocimiento del riesgo y de las precauciones necesarias a tomar por parte de los trabajadores, es decir, por información insuficiente de los riesgos asociados al uso de AQP y por formación inadecuada sobre medidas a tomar en su manejo.

Tal y como especifica la legislación actual, los riesgos derivados de AQP se eliminarán o minimizarán mediante, entre otras medidas, el establecimiento de los procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos utilizados para trabajar con AQP, así como para la realización de cualquier actividad con AQP o residuos que los contengan, incluidas la manipulación, almacenamiento y traslado de los mismos en el lugar de trabajo.

Es importante destacar que, para un control efectivo de los riesgos derivados del empleo de agentes químicos en el lugar de trabajo, se requiere contar con una adecuada y completa información sobre los peligros asociados a las sustancias, productos, mezclas, etc. y las medidas de seguridad que deben tomarse al fabricarlos, transportarlos o utilizarlos.

La etiqueta de una sustancia o preparado químico, que debe contener toda la información requerida legalmente, y la ficha de datos de seguridad (FDS) proporcionan al usuario, entre otras, la información necesaria sobre las propiedades físicas y químicas del agente químico así como de su estabilidad, reactividad, información toxicológica, ecológica, etc. (ver las NTP 635, 649, 371, 726 y 727).

¹ Almodóvar, A., Nogareda, C., Fraile, A., Pinilla, J., Villar, M.F., de la Orden, M.V., Zimmerman, M., Lara, J.M., Resultados de la Encuesta de Condiciones de Trabajo. Seguridad y salud en el trabajo, julio 2006, nº 38, páginas 30-45.

RIESGOS	CAUSAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y DE PROTECCIÓN
CONTACTOS DÉRMICOS	Roturas de envases en su transporte	Envase compatible para el producto a contener. Transporte de envases de vidrio en contenedores. Utilizar envases de plástico de menos de cinco años de antigüedad. No almacenar envases de plástico al aire libre. Medios de sujeción adecuados al peso del envase lleno. Utilizar equipos de protección individual certificados.
	Derrame de sustancias peligrosas	Cubetas de neutralización de recogida de derrames. Utilizar equipos de protección individual certificados. Duchas y lavajos próximos.
	Trasvase por pipeteado con la boca	No trasvasar utilizando la boca para succionar. Emplear sistemas mecánicos de pipeteado. Utilizar equipos de protección individual certificados.
PROYECCIONES Y SALPICADURAS	Trasvases por vertido libre	Descargar presión interna del envase. Evitar el vertido libre. Utilizar equipos portátiles de bombeo o instalaciones fijas. Instalar rebosaderos o cubetos de recogida. Utilizar equipos de protección individual certificados.
	Sobrellenado de recipientes en instalaciones fijas	Control de llenado y normas de llenado máximo. Utilizar equipos de protección individual certificados. Duchas y lavajos próximos.
INCENDIOS Y/O EXPLOSIONES	Existencia de atmósferas peligrosas	Con carácter general se debe: a) Impedir la formación de atmósferas explosivas: – Sustitución de las sustancias inflamables. – Limitación de la concentración. – Inertización. – Prevención o reducción de la formación de atmósfera explosiva en las inmediaciones de instalaciones. – Utilización de aparatos detectores avisadores de gas. b) Minimizar la presencia de focos de ignición, con el fin de evitar la ignición de la atmósfera explosiva.
	Evaporación incontrolada de sustancias inflamables	Eliminación o minimización de mezclas inflamables. Utilizar vitrinas en operaciones con desprendimiento de gases o vapores inflamables para pequeñas cantidades. Ventilación natural o forzada. Control de derrames.
	Formación de electricidad estática en la manipulación de líquidos inflamables	Conexión equipotencial y puesta tierra de recipientes y/u otras partes de la instalación. Modificación de la conductividad de los líquidos. Limitación de la velocidad de flujo. Evitar chorros y salpicaduras. No conectar a la puesta a tierra las sondas de muestro/medida. Puesta a tierra del personal, en aquellos puestos de trabajo fijos. Utilizar calzado y suelo antiestático. Emplear indumentaria antiestática. Emplear recipientes metálicos. Restringir el tamaño en recipientes de plástico.
	Concentración peligrosa de polvos combustibles	Evitar suspensiones o nubes de polvo en aire. Evitar la entrada de aire en la transferencia del polvo al recipiente con líquido inflamable (válvulas doble compuerta, rotatorias, de tornillo helicoidal, ...). Inertizar. Humidificar.
	Formación de electricidad estática en la manipulación de polvos combustibles	Emplear equipos y conductos metálicos. Conexiones equipotenciales y puesta a tierra. Evitar equipos y conductos de plástico. Puesta a tierra del personal, en aquellos puestos de trabajo fijos. Utilizar calzado y suelo antiestático. Emplear indumentaria antiestática. Aplicar aditivos o sistemas de ionización. Emplear sacos o bolsas antiestáticos.
	Instalación eléctrica deficiente	Uso de materiales y equipos eléctricos adecuados. Instalación eléctrica antiexplosiva (antideflagrante, seguridad aumentada, inmersión en aceite, encapsulada, intrínseca,...).
	Existencia de otros focos de ignición	Control de todo tipo de focos de ignición (focos térmicos, químicos, mecánicos o eléctricos) (véase norma UNE-EN 1127-1).

Tabla 1. Principales riesgos, causas y medidas preventivas y protectoras relacionados con la manipulación y el trasvase de sustancias peligrosas

La presente NTP tratará los riesgos y medidas de prevención y protección relacionadas con los trasvases de productos de la misma naturaleza que se cambian de recipiente contenedor. No se contemplará, sin embargo, la posibilidad de encontrarnos frente a reacciones químicas peligrosas (véanse NTP 478 y 479).

Adicionalmente se tratarán recomendaciones relativas a los envases y al tratamiento de residuos y derrames.

2. RIESGOS, CAUSAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Los principales riesgos, causas y medidas preventivas y protectoras relacionados con la manipulación y el trasvase de sustancias peligrosas se resumen en la tabla 1.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la mayoría de accidentes de origen químico suceden en operaciones de trasvases. El origen de estos accidentes suele ser, casi siempre, el desconocimiento de los efectos nocivos de las sustancias que se manipulan y la ausencia de prácticas de trabajo seguras. Cualquier acción preventiva del riesgo químico debe basarse en la información y señalización de la peligrosidad de los agentes químicos, en el correcto diseño de locales, equipos e instalaciones y en la elaboración y establecimiento de procedimientos seguros de trabajo.

Medidas generales de seguridad para efectuar trasvases

Al efectuar trasvases deberá prestarse particular atención a la ubicación de los envases, a su manipulación y transporte y a su almacenamiento.

Ubicación

Si las cantidades a trasvasar son pequeñas, el lugar más idóneo es una vitrina o cabina. Cuando se manejan cantidades importantes, se debe determinar un lugar específico para ello. Dicha zona debe contar con una ventilación adecuada, preferiblemente por extracción localizada en la zona operativa. Si se emplea una campana, ésta debe procurar una velocidad de captura (en las inmediaciones del punto de emisión) mínima de unos 0.5-1 m/s, en función del agente a trasvasar y la frecuencia de operación.

La experiencia indica que los incidentes o accidentes que se producen al trasvasar AQP pueden ser controlados y tener unos efectos mínimos si se dispone de elementos de actuación adecuados y en número suficiente. Los denominados elementos de actuación están constituidos básicamente por: duchas de seguridad, fuentes lavajos, mantas ignífugas, extintores, neutralizadores y equipos para ventilación de emergencia. La ubicación de estos elementos deberá ser lo más próxima a la zona de trabajo y su eficacia estará supeditada a su idoneidad y correcto funcionamiento, su buen estado de mantenimiento y a un suficiente entrenamiento y formación del personal (véase NTP 500).

Manipulación y transporte

Los recipientes de capacidad superior a 2 litros deben manipularse o transportarse mediante protectores de envases, cubos o carros de transporte (figura 1). Los productos especialmente peligrosos deben transportarse en recipientes metálicos rellenos de materiales absorbentes inatacables y de un tamaño tal, que sean ca-

paces de retener todo el líquido en caso de rotura del recipiente.

Almacenamiento

Ciertas sustancias pueden reaccionar de forma peligrosa (reacción violenta, desprendimiento de calor, gases tóxicos y/o inflamables,...) al entrar en contacto con, por ejemplo, el oxígeno del aire, el agua u otras sustancias incompatibles.

Por ello resulta de gran importancia el conocimiento de la reactividad e inestabilidad de los AQP que se manipulan y almacenan. La tabla 2 presenta las incompatibilidades de algunos grupos de sustancias. Existen una serie de medidas básicas que permiten lograr el almacenamiento seguro de AQP (véanse NTP 479 y 725). Dicho almacenamiento debe cumplir los requisitos mínimos de seguridad establecidos por la legislación vigente (R.D. 374/2001, R.D. 379/2001, etc.). En este sentido, cabe destacar el uso de armarios especialmente diseñados para el almacenamiento de agentes ácidos, básicos, inflamables, etc. (figura 2).



Figura 1.



Figura 2.

FAMILIA DE SUSTANCIAS	INCOMPATIBILIDADES
Oxidantes con:	Materias inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquilmetales, aluminio, magnesio y circonio en polvo.
Reductores con:	Nitratos, halogenatos, óxidos, peróxidos y flúor.
Ácidos fuertes con:	Bases fuertes.
Ácido sulfúrico con:	Azúcar, celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos y sulfocianuros.

Tabla 2. Grupos de sustancias incompatibles (NTP 479)

Trasvase

En función de la cantidad de producto a trasvasar, en la operación específica de trasvase, se deben tener en cuenta las siguientes generalidades (figura 3):

- Para trasvase de cantidades de AQP comprendidas entre 10 y 20 litros, o bien si las operaciones son muy repetitivas, es conveniente disponer de envases equipados con dispositivos que faciliten la basculación.
- En general, se evitarán los trasvases por gravedad o vertido libre, empleando sistemas de bombeo. En aquellas situaciones en que no sea posible y los envases (p. ej. bidones) superen la capacidad de 20 litros, será necesario dotar a los envases de grifos que faciliten el control del vaciado y tener previsto un sistema adecuado de recogida de vertidos. Los embu-

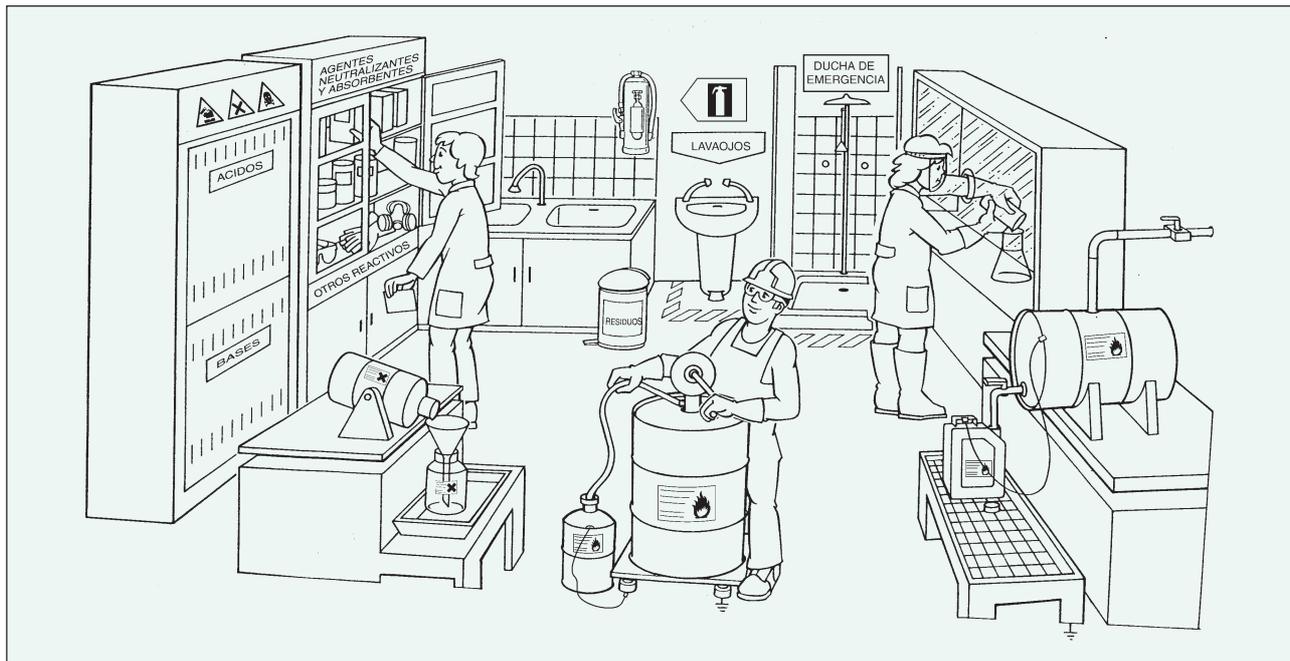


Figura 3.

dos de caña larga son herramientas imprescindibles en este tipo de operación, facilitando el llenado de abajo a arriba del recipiente, y, evitando así, el llenado a chorro o caída libre. Los recipientes se llenarán empezando por el fondo, evitando de esta forma proyecciones y pulverizaciones. Asimismo, cuando se trasvasen líquidos inflamables no se deberá olvidar la conexión equipotencial entre los diferentes recipientes y la puesta a tierra del conjunto de la instalación.

- c) Para trasvases entre envases más grandes se deberán utilizar equipos portátiles de bombeo o instalaciones fijas. La manipulación de estos envases deberá realizarse con ayuda de sistemas mecánicos (véase NTP 297).

En las operaciones de trasvase de productos inflamables, cabe destacar que antes de efectuar un trasvase de productos de estas características, se deben controlar totalmente los posibles focos de ignición próximos a la zona de operación, entre ellos la posible generación de electricidad estática (véanse NTP 225 y 567). Los materiales de los recipientes a utilizar deben ser de la máxima conductividad posible. Adicionalmente, y como medida básica se deberá garantizar la idoneidad de los envases frente a las agresiones físicas o químicas a que puedan estar sometidos.

Además de realizar el trasvase a velocidad lenta, es fundamental mantener unos tiempos llamados de relajación una vez finalizado el trasvase y antes de iniciar opera-

LIQUIDOS		CONDUCTIVIDAD (pS/m)	TIEMPO DE RELAJACIÓN (s)
CONDUCTIVIDAD BAJA	Hidrocarburos de elevada pureza	10^{-2}	2000
	Hidrocarburos típicos	0.1-10	2-200
	Compuestos aromáticos purificados (tolueno, xileno, etc.)	0.1-10	2-200
	Compuestos aromáticos típicos	5-50	0.4-4
	Gasolina	$0.1-10^2$	0.2-200
	Queroseno	0.1-50	0.4-200
	Fuel-oil	$1-10^2$	0.2-20
	Aceites blancos	$0.1-10^2$	0.2-200
	Aceites lubricantes	$10^{-2}-10^3$	0.02-2000
	Éteres	$0.1-10^2$	0.2-200
	Mezclas de disolventes aromáticos	$1-10^3$	0.02-20
	Gas natural licuado sin inhibidores de corrosión	$10-10^2$	0.2-2
CONDUCTIVIDAD MEDIA	Combustibles y aceites que contienen aditivos disipantes	$50-10^3$	0.02-0.4
	Aceites combustibles pesados	$50-10^3$	$2 \times 10^{-4}-0.4$
	Esteres	10^2-10^6	$2 \times 10^{-4}-0.2$
CONDUCTIVIDAD ELEVADA	Aceites sin purificar	$\geq 10^3$	≤ 0.02
	Gas natural licuado con inhibidores de corrosión	$\geq 10^3$	≤ 0.02
	Alcoholes	10^6-10^8	$2 \times 10^{-7}-2 \times 10^{-5}$
	Cetonas	10^5-10^8	$2 \times 10^{-7}-2 \times 10^{-4}$
	Agua	$\geq 10^2$	$\leq 2 \times 10^{-3}$

TABLA 3. Valores indicativos de conductividad y tiempo de relajación de diversos líquidos

ciones que puedan generar por sí mismas focos de ignición, como por ejemplo toma de muestras, apertura de tapas, etc. Estos tiempos dependerán del tipo de producto que se trasvase. Para líquidos inflamables conductores el tiempo mínimo será de 30 segundos y para no conductores (resistividad superior a $10^9 \Omega \text{ m}$) de un minuto. En la tabla 3 se listan la conductividad (1/resistividad) y los correspondientes tiempos de relajación para algunos de los líquidos más empleados en la industria.

En la tabla 4, se muestra una lista indicativa, **no** exhaustiva, de medidas que pueden ayudar a prevenir accidentes en operaciones de trasvase de AQP. Destacar que, los trasvases manuales se deben limitar a recipientes de pequeña capacidad que sean fácilmente manejables.

En general, y con el fin de prevenir posibles salpicaduras y proyecciones, se aconseja seguir las siguientes directrices:

- Si se ha de mezclar ácido y agua, se deberá hacer de forma que: el ácido caiga sobre el agua, nunca al revés, pues provocaría una reacción exotérmica que podría llegar a ser sumamente peligrosa.
- En la disolución de agentes corrosivos se debe proceder como en el caso anterior.
- No se deben remover o agitar soluciones ácidas con objetos metálicos.
- No se debe calentar ningún recipiente que se encuentre cerrado.

3. ENVASES

Como medida básica se deberá garantizar la idoneidad de los envases frente a las agresiones físicas o químicas a que puedan estar sometidos.

Los tipos de recipientes empleados con mayor frecuencia son los bidones, latas, tarros, botellas, cajas, cuñetes o jerricanes, sacos, toneles, embalajes compuestos, recipientes a presión, embalajes metálicos ligeros, etc. Algunos de los materiales más frecuentes de estos recipientes son: metal (acero, aluminio,...), madera (natural, contrachapado o aglomerado), plástico, etc.

El envasado y etiquetado de las sustancias y productos químicos debe ajustarse a lo indicado en la normativa vigente (R.D. 363/1995 y R.D. 255/2003, respectivamente) (véanse NTP 635 y 649). La normativa relacionada con el transporte de mercancías peligrosas determina las disposiciones relativas a los embalajes o envases, entre ellas: la prueba de estanqueidad, el marcado, la capacidad o peso neto máximo, los dispositivos de cierre, etc.

Dispositivos de cierre de envases

El dispositivo de cierre, para envases con tapa fija, suele ser el tapón roscado cilíndrico o cónico con disco de estanqueidad. Para envases de tapa móvil, ésta suele ser del mismo material que el propio envase y estar provista de junta de estanqueidad. Los envases de 60 litros o más deben llevar además de la abertura principal otra de descompresión, para facilitar una salida normal del líquido. Esta segunda abertura puede, según los casos, estar situada en la parte inferior de una de las paredes del envase y estar provista de un grifo. De esta forma, al tener que vaciar el contenido peligroso del envase, es posible evitar la manutención del mismo. Es recomendable el uso de tapas roscadas en vez de tapas de simple presión, que deberían ser desechadas.

Adicionalmente, se puede mejorar la estanqueidad de la tapa mediante otra tapa complementaria. Esta puede ser

una membrana metálica de inviolabilidad, una tapa interior y una junta de polietileno, caucho sintético o producto similar. Otra forma de mejorar la estanqueidad del envase es utilizar los taponos de rosca de autoprecinto o de doble precinto provistos de una junta de caucho sintético situado en el fondo de la tapa. Además, el envase puede llevar una lámina para el sellado por inducción.

Normas de llenado

Antes de llenar un envase se deberá comprobar que está limpio y exento de corrosión, contaminación u otros daños; si así sucediese se deberá reparar o desechar definitivamente.

Respecto las normas de llenado, se debe tener en cuenta que, cuando el contenido sea líquido, es preciso dejar un margen de llenado suficiente para garantizar que no se produzca pérdida de líquido, ni deformación duradera del envase, como consecuencia de la dilatación del líquido por efecto de un aumento de temperatura. El grado de llenado es función del coeficiente medio de dilatación cúbica y de la temperatura.

Cuando se pueda desarrollar una sobrepresión en un envase, como consecuencia de la liberación de gases por el contenido (debido, p. ej., a un incremento de temperatura), éste podrá estar provisto de un venteo siempre y cuando el gas producido no origine un peligro adicional por ser tóxico, inflamable o por la cantidad que se pueda liberar. El respiradero debe diseñarse de forma que se eviten los escapes de líquido y/o la liberación de materias extrañas.

Envases de plástico

Los envases plásticos no son irrompibles, por ello se ha de tener en cuenta la posibilidad de su rotura, así como su vigencia. La frecuente reutilización de este tipo de envases hace necesario la exigencia de procedimientos de limpieza antes de reutilizarlos. El riesgo es todavía de mayor importancia si los agentes contenidos son mezclas que, por su acción sinérgica, se pueden convertir en agentes activos contra la masa plástica que constituye el envase. Estos envases deben ser desestimados en la operación de dilución de ácidos o álcalis, por el aumento de temperatura que lleva asociado y la posible acción degradante del agente contra el envase, así como la consecuente disminución de su resistencia mecánica.

Respecto el envejecimiento de este tipo de envases, la masa plástica evoluciona con el paso del tiempo más o menos rápidamente y, de una forma irreversible, bajo la influencia de las condiciones externas como: radiación solar, temperatura, humedad, contaminantes atmosféricos, etc. Las variaciones de color y/o dimensión, la desecación, el aumento de la porosidad, etc. pueden reflejar la necesidad de desechar el envase plástico, debido a su deterioro. Este deterioro suele acompañar a un debilitamiento de las propiedades mecánicas, hecho que aumenta la facilidad de rotura del envase.

En general, los materiales plásticos son fácilmente combustibles por lo que tienen un riesgo importante de no proteger el contenido del recipiente frente a una exposición a altas temperaturas o al fuego directo (véanse NTP 381 y 382).

Material y diseño de recipientes de seguridad para agentes de especial peligrosidad

Existen en el mercado envases de seguridad especiales para contener agentes químicos inflamables y corrosivos. Dichos recipientes deben reunir unos requisitos

1	Tener información sobre las características de los agentes químicos antes de iniciar cualquier operación con ellos: características físico-químicas, datos de peligrosidad, normas de seguridad, etc. Se deben consultar las etiquetas de los envases y las FDS.		sejable instalar indicadores de nivel con sistemas de prealarma acústica y sistemas automáticos de corte de la carga
2	Establecer procedimientos de trabajo escritos que incluyan todas las etapas a seguir y permitan realizar las operaciones de trasvase con seguridad. Dichos procedimientos deben incluir la actuación a seguir en caso de emergencia (p. ej. derrame incontrolado).	14	Disponer de rebosadero controlado para evitar que los derrames se dispersen. Controlar dichos derrames y los residuos generados, eliminándolos con métodos seguros. No absorber los derrames de AQP, aunque se lleven guantes, con trapos o papel, especialmente los corrosivos. Se debe prever el uso de sustancias o cubetos de neutralización para cada caso y abundante agua para la limpieza. En ningún caso debe emplearse serrín para absorber líquidos inflamables, recomendándose carbón activo, sepiolita u otros, en función del líquido inflamable.
3	Ofrecer programas formativos para que el personal que trabaja con AQP adquiera conocimientos y hábitos de trabajo que le permitan un comportamiento cada vez más seguro.	15	Emplear equipos de protección individual certificados adecuados a los agentes a manipular (protección respiratoria, facial, ocular, de pies, piernas, brazos, manos,...). Véase, por ejemplo, la NTP 748: "Guantes de protección contra productos químicos".
4	Evitar, en la medida de lo posible, el trasvase de AQP. Si ello no es posible, minimizar las cantidades a trasvasar, así como el número de trabajadores. Los AQP se deberán trasvasar en una zona bien ventilada, disponiendo de control de derrames y limitando las operaciones manuales a las mínimas posibles.	16	Mantener los recipientes cerrados herméticamente. Cerrar siempre los recipientes una vez extraída la cantidad de producto que se necesita, volviendo a dejar el envase en el mismo lugar donde estaba almacenado
5	No efectuar trasvases en el interior de almacenes de AQP ni en el interior de espacios confinados donde puedan existir atmósferas peligrosas. No se deben trasvasar productos muy inflamables en sótanos.	17	Los recipientes deben ser seguros en relación a los productos que contengan y estar diseñados ergonómicamente. Se emplearán, preferiblemente, envases metálicos. Los envases de vidrio se utilizarán únicamente para pequeñas cantidades (2 litros para agentes corrosivos y/ o tóxicos y 4 litros para agentes inflamables). Dichos envases se transportarán en contenedores de protección que eviten, en la medida de lo posible, su rotura en caso de caída (figura 1). En el caso de emplear envases de plástico, éstos deberán ser inspeccionados visualmente y se deberá comprobar el estado de su vigencia, para controlar su posible deterioro (véanse NTP 378, 381 y 382).
6	En todos los casos se debe evitar el trasvase de sustancias por gravedad o vertido libre. Se debe potenciar el trasvase de AQP mediante sistemas de bombeo manuales o mecánicos.	18	El recipiente que contenga el producto químico a trasvasar debe estar correctamente etiquetado (véase NTP 566) (figura 4). Una vez finalizado el trasvase el recipiente receptor se deberá señalar con etiquetas que permitan a los trabajadores del centro de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> a) Identificar el producto según el nº de referencia, código o nombre usado corrientemente por todos los trabajadores en el centro de trabajo b) Conocer los riesgos que entraña, mediante pictogramas o frases adecuadas. c) Ser informados de las precauciones o consejos de prudencia a seguir.
7	El lugar donde se vaya a efectuar el trasvase debe estar tan ordenado y limpio como la operación y el AQP requieran.	19	Limpiar los envases que se vayan a reutilizar, aunque la finalidad prevista sea contener el mismo producto
8	Las sustancias inflamables y tóxicas deben trasvasarse en lugares correctamente ventilados y, preferentemente, bajo sistemas de ventilación por extracción localizada que capten los contaminantes que se desprendan en su mismo punto de emisión o generación. Dicha ventilación será obligatoria en aquellos trasvases en los que se generen gases, vapores o aerosoles.	20	Prohibir pipetear con la boca. Emplear sistemas mecánicos de pipeteado y dosificación de pequeñas cantidades de líquidos (peras, émbolos o bombas) (figura 5). Dichos sistemas, como por ejemplo las bombas de aspiración manual de caucho o cremallera, deben adaptarse bien a las pipetas a utilizar. Para algunas aplicaciones y reactivos es recomendable utilizar un dispensador automático de manera permanente.
9	Antes de efectuar el trasvase, descargar la presión interna que pueda contener el recipiente, abriendo lentamente el tapón del bidón o recipiente contenedor.	21	Evitar comer, beber, aplicar cosméticos,... y cualquier otra pauta antihigiénica en el lugar donde se manipulan o almacenan los AQP.
10	Cuando el trasvase se efectúa desde recipientes de pequeña cantidad (< 1 l) que se pueden manejar con una mano y disponen de pico, este se debe introducir prácticamente en el recipiente que se llena.	22	Es conveniente la instalación y correcto mantenimiento de medios auxiliares de protección, como pueden ser duchas, lavajos,... en las proximidades de las zonas donde se manipulen AQP.
11	En el caso de emplear embudo, utilizar uno de dimensiones adecuadas en función de la de los recipientes.		
12	Trasvasar a velocidades lentas, evitando las salpicaduras y las proyecciones, especialmente cuando se trate de líquidos o polvos inflamables. Las cargas electrostáticas que se generan en las operaciones de fricción entre materiales diferentes constituyen un peligroso foco de ignición. Igualmente, hay que evitar que se formen atmósferas peligrosas en el interior de los recipientes eliminando la entrada masiva de aire.		
13	En trasvases automatizados o cuando se realizan varias tareas simultáneamente, disponer de sistemas de control visual de llenado o indicadores de nivel que permitan saber cuando se está completando la carga de un recipiente y de ese modo evitar derrames o salpicaduras. Es aconsejable		

TABLA 4. Medidas específicas de seguridad en el trasvase de agentes químicos



Figura 4.



Figura 5.

tos mínimos de seguridad adicionales. Para los agentes inflamables se deben desechar los envases de vidrio o plástico por no ofrecer suficiente resistencia al fuego. Los envases que contengan agentes inflamables deberán ser metálicos y diseñados de modo que el posible fuego generado en el exterior no pueda transmitirse hasta el interior del recipiente (véase NTP 378). Respecto los envases de agentes corrosivos, no deberán exceder de los 2 litros de capacidad en caso de ser de vidrio, o, en caso contrario, disponer de protección para el recipiente.

4. DERRAMES Y RESIDUOS

Para evitar los problemas derivados del derrame de AQP durante su trasvase, se deben adoptar las siguientes

medidas para limitar los efectos de los posibles derrames:

- Disponer de sistemas de recogida del AQP derramado.
- Utilizar agentes absorbentes para recoger o absorber el AQP.
- Estudiar la viabilidad de su eliminación o dilución por proyección o barrido con agua.
- Prever recipientes cerrados de recogida.
- Prever la evacuación del agente derramado según su volumen, periodicidad de generación, facilidad de neutralización y posible recuperación.

Las medidas anteriores se deberán complementar, en cualquier caso, con las siguientes:

- Ventilar la zona donde ha habido el derrame.
- Utilizar equipos de protección individual adecuados.
- Emplear recipientes de recogida colectivos.
- Prever la utilización de agentes neutralizantes.

La NTP 399 establece las directrices a seguir frente fugas de gases y vertidos accidentales de agentes líquidos y muestra, a título de ejemplo, algunos procedimientos de neutralización y absorción de vertidos.

La correcta gestión de los residuos generados, además de ser legalmente obligatoria, permite una adecuada protección de la salud y del medio ambiente laboral. La NTP 276 establece unos procedimientos para la eliminación o recuperación de los residuos generados, así como unos procedimientos generales de actuación, en función del tipo de residuo generado. Adicionalmente, la NTP 359 muestra una visión global de la gestión de residuos tóxicos en pequeña cantidad.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **Real Decreto 374/2001**, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- (2) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos
INSHT, Madrid 2003.
- (3) INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ
Electricité Statique
INRS, France 2004.
- (4) **Real Decreto 681/2003**, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- (5) **Real Decreto 551/2006**, de 12 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.
- (6) Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR), 2007.
- (7) ALMODÓVAR, A., NOGAREDA, C., FRAILE, A., PINILLA, J., VILLAR, M. F., de la ORDEN, M. V., ZIMMERMAN, M., LARA, J. M.,
Resultados de la Encuesta de Condiciones de Trabajo
Seguridad y salud en el trabajo, Julio 2006, nº 38, p. 30-45.
- (8) BESTRATÉN BELLOVÍ, M.,
Electricidad estática en el trasvase de líquidos inflamables
Nota Técnica de Prevención nº 225. INSHT, 1988.
- (9) TAMBORERO DEL PINO, J. M.,
Manipulación de bidones
Nota Técnica de Prevención nº 297. INSHT, 1993.
- (10) BERENQUER SUBILS, M. J., GADEA CARRERA, E.,
Información sobre productos químicos: Fichas de datos de seguridad
Nota Técnica de Prevención nº 371. INSHT, 1995.
- (11) TAMBORERO DEL PINO, J. M.,
Recipientes metálicos para líquidos inflamables
Nota Técnica de Prevención nº 378. INSHT, 1995.

- (12) TAMBORERO DEL PINO, J. M.,
Envases plásticos: condiciones generales de seguridad (I)
Nota Técnica de Prevención nº 381. INSHT, 1995.
- (13) TAMBORERO DEL PINO, J. M.,
Envases plásticos: condiciones generales de seguridad (II)
Nota Técnica de Prevención nº 382. INSHT, 1995.
- (14) GUARDINO SOLÁ, X.,
Prevención del riesgo en el laboratorio químico: reactividad de los productos químicos (I)
Nota Técnica de Prevención nº 478. INSHT, 1998.
- (15) GUARDINO SOLÁ, X.,
Prevención del riesgo en el laboratorio químico: reactividad de los productos químicos (II)
Nota Técnica de Prevención nº 479. INSHT, 1998.
- (16) GADEA CARRERA, E., GUARDINO SOLÁ, X., ROSELL FARRÁS, M. G.,
Prevención del riesgo en el laboratorio: elementos de actuación y protección en casos de emergencia
Nota Técnica de Prevención nº 500. INSHT, 1998.
- (17) PÉREZ GUERRERO, A.,
Señalización de recipientes y tuberías: aplicaciones prácticas
Nota Técnica de Prevención nº 566. INSHT, 2001.
- (18) TURMO SIERRA, E.,
Protección frente a cargas electrostáticas
Nota Técnica de Prevención nº 567. INSHT, 2001.
- (19) BERENGUER SUBILS, M. J., GADEA CARRERA, E.,
Clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas
Nota Técnica de Prevención nº 635. INSHT, 2004.
- (20) GADEA CARRERA, E., BERENGUER SUBILS, M. J.,
Clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos: RD 255/2003
Nota Técnica de Prevención nº 649. INSHT, 2005.
- (21) HUICI MONTAGUD, A., ALONSO ESPADALÉ, R. M.,
Propiedades fisicoquímicas relevantes en la prevención del riesgo químico
Nota Técnica de Prevención nº 663. INSHT, 2005.
- (22) ROSELL FARRÀS, M.G.
Seguridad en la laboratorio: almacenamiento de productos químicos
Nota Técnica de Prevención nº 725. INSHT, 2007.
- (23) TARÍN SANCHÍS, S., HUICI MONTAGUD, A., GUARDINO SOLÀ, X.
Clasificación y etiquetado de productos químicos: sistema mundial armonizado (GHS)
Nota Técnica de Prevención nº 726. INSHT, 2007.
- (24) TARÍN SANCHÍS, S., HUICI MONTAGUD, A., GUARDINO SOLÀ, X.
Clasificación y etiquetado de productos químicos: comparación entre el GHS y la reglamentación europea
Nota Técnica de Prevención nº 727. INSHT, 2007.
- (25) COHEN GÓMEZ, E.,
Guantes de protección contra productos químicos
Nota Técnica de Prevención nº 748. INSHT, 2006.

Ropa de protección: Requisitos generales

*Protective clothing: General requirements
Vêtements de protection. Exigences générales*

Redactora:

Pilar Cáceres Armendáriz
Lda. en Ciencias Físicas

CENTRO NACIONAL DE
MEDIOS DE PROTECCIÓN

La presente NTP es la base para una serie de notas técnicas relativas a los distintos tipos de ropa de protección existentes en el mercado, diseñadas y fabricadas para ofrecer una barrera contra diversos riesgos. En ella se analizan los requisitos generales que debe cumplir toda ropa de protección independientemente del riesgo específico contra el que proteja.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Si la evaluación de riesgos en el lugar de trabajo, obligada por la Ley 31/1995, muestra que el trabajador está expuesto a un riesgo potencial de que su cuerpo resulte dañado y que no puede ser eliminado mediante controles técnicos u organizativos, el empresario deberá asegurar que los trabajadores lleven la adecuada protección.

Entre los posibles daños que pueden existir se encuentran los que tienen lugar como consecuencia de la absorción dérmica de sustancias peligrosas, quemaduras térmicas y químicas, abrasiones, cortes, pinchazos y contacto con agentes biológicos.

La protección del cuerpo (tronco, brazos y piernas) suele realizarse mediante pantalones, camisas o cazadoras, monos con o sin capucha, mandiles, polainas o cualquier prenda que cubra el cuerpo o parte del cuerpo con el propósito de proporcionar protección frente a un riesgo específico. En general, a estas prendas se las denomina *ropa de protección*.

La ropa debe seleccionarse basándose en la evaluación de riesgos, lo que implica la identificación de los peligros y la determinación del riesgo por exposición a esos peligros. En base a dicha evaluación se determinan las propiedades relevantes y niveles de prestación requeridos.

Existen muchos tipos de ropa de protección disponibles para proteger frente a una gran variedad de riesgos. Es de vital importancia que el trabajador use la prenda específicamente diseñada para los riesgos y tareas correspondientes a su puesto de trabajo ya que una prenda diseñada para una función concreta puede no ser adecuada, y no proteger, para otra situación parecida, pero no igual.

Además, dicha ropa de protección, de acuerdo al Real Decreto 773/1997, deberá estar certificada según lo establecido en el Real Decreto 1407/1992.

El Real Decreto 1407/1992 establece que los Equipos de Protección Individual pueden clasificarse en tres categorías, I, II y III, en función del riesgo frente al que protejan. En las tres categorías podemos encontrar ropa de protección.

A continuación se enumeran algunos ejemplos dentro de las distintas categorías.

Categoría I: ropa contra los efectos atmosféricos que no sean excepcionales ni extremos, delantales de protección térmica para temperaturas inferiores a los 50°C y ropa de protección frente a soluciones diluidas de detergentes.

Categoría II: ropa mecánica, contra el calor y el fuego para trabajadores industriales, de protección frente a motosierras, contra el frío, de soldadores y de señalización de alta visibilidad.

Categoría III: ropa de protección química, de protección frente al frío para temperaturas por debajo de -50°C, y de bomberos.

Es importante señalar que los uniformes y demás prendas de trabajo no son ropa de protección personal sino únicamente un medio de identificar al personal o de resguardar su ropa personal, y por tanto no son objeto de certificación de acuerdo al Real Decreto 1407/1992.

2. MATERIALES Y PROTECCIÓN

La ropa de protección puede fabricarse con una amplia variedad de materiales que, en función de sus características, proporcionarán un tipo u otro de protección. Entre los distintos materiales disponibles se encuentran, por ejemplo:

- a. Tejidos no tejidos
- b. Entramados metálicos (aramidas, aluminizados...)
- c. Textiles o textiles recubiertos
- d. Composiciones multicapas
- e. Goma, neopreno y plásticos

No obstante, la tecnología textil actual permite tal cantidad de posibilidades que continuamente hace que aparezcan nuevas composiciones lo cual dificulta asociar, de manera general, material con protección.

La mayoría de las normas europeas relativas a ropa de protección indican que ésta debe ir marcada con un pictograma en forma de escudo en cuyo interior se encuentra el símbolo correspondiente al tipo de riesgo frente al cual protege. Por otra parte, un pictograma en forma de cuadrado indica la aplicación prevista, representada por la figura de su interior.

El símbolo de protección junto con la referencia a un número de norma implica una serie de niveles de prestación obtenidos dependiendo de los resultados de uno o varios ensayos de laboratorio.

Estos pictogramas pueden ir acompañados de números o letras que representan los niveles de prestación obtenidos u otro tipo de información de acuerdo a la norma específica.

El **nivel de prestación** se define como el número que designa una categoría particular o un rango de prestación mediante el cual pueden graduarse los resultados de un ensayo. Un nivel alto, generalmente, se corresponde con una mayor protección. Los niveles de prestación están basados en resultados de laboratorio lo cual no refleja necesariamente las condiciones reales del puesto de trabajo.

El rango de los niveles de prestación va de 0 a 4, 5 o 6. El nivel 0 implica que el resultado está por debajo del valor mínimo establecido para el riesgo dado mientras que 4, 5 o 6 representa el mayor valor posible y por tanto el más efectivo. Una "X" representando el resultado de un ensayo implica que dicha ropa no ha sido sometida al ensayo o que el método no es adecuado para el diseño o material de la misma, por tanto no se debe usar como protección frente a dicho riesgo.

Estos niveles permiten comparar productos diseñados para ofrecer un mismo tipo de protección y tener idea del grado de resistencia o comportamiento del material frente a un tipo de agresión. No obstante, se recomienda siempre efectuar pruebas *in situ* para confirmar la idoneidad de la ropa para la situación específica.

En los procedimientos de certificación de la ropa de protección suele aplicarse la norma UNE-EN-340. *Ropa de protección. Requisitos generales*. Los requisitos establecidos en ella definen las características, de carácter general, que debe tener toda la ropa de protección independientemente del riesgo específico frente al que proteja. Esta norma, UNE-EN 340, nunca debe usarse sola sino siempre en combinación con alguna de las normas específicas.

Toda la ropa de protección cumplirá, por tanto, con lo que en esta nota se establece, además de con lo que se indique en su norma específica.

En la tabla 1 se enumeran normas específicas de ropa de protección con la norma técnica de referencia y, en su caso, los pictogramas asociados.

Tipo de ropa de protección	Pictogramas
Contra la lluvia	UNE-EN 343
Contra el frío	UNE-EN 342 UNE-EN 14058
Contra calor	UNE-EN 531

Tipo de ropa de protección	Pictogramas
Bomberos	UNE-EN 469 (Bomberos estructurales) UNE-EN 1486 (Ropa reflectante) prEN 15614 (Bomberos forestales)
Soldador	UNE-EN 470-1
Contra productos químicos	UNE-EN 943-1 (Tipo 1 y 2) UNE-EN 943-2 (Tipo 1 [ET]) UNE-EN 14605 (Tipo 3/PB[3] y Tipo 4/PB[4]) UNE-EN ISO 13982-1 (Tipo 5) UNE-EN 13034 (Tipo 6/PB[6])
Contra agentes biológicos	UNE-EN 14126
Contra contaminación radiactiva	UNE-EN 1073-1 (Ropa ventilada) UNE-EN 1073-2 (Ropa no ventilada)
Contra sierras de cadena	UNE-EN 381-5 (Protectores de las piernas) UNE-EN 381-9 (Polainas) UNE-EN 381-11 (Chaquetas)
Contra cortes y pinchazos por cuchillos manuales	UNE-EN ISO 13998
Antiestática	prEN 1149-5
Antiatrapamiento	UNE-EN 510
Señalización de alta visibilidad	UNE-EN 471
Operadores de proyección de abrasivos	UNE-EN ISO 14877
Rodilleras para trabajo en posición arrodillada	UNE-EN 1440

Tabla 1

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La ropa debe diseñarse de tal manera que se facilite su correcta colocación y su permanencia, en las condiciones previstas de uso, teniendo en cuenta los movimientos y posturas que el usuario puede adoptar durante la realización del trabajo. Esta afirmación genérica implica que el usuario debe conocer, comprender y seguir estrictamente las instrucciones de uso establecidas por el fabricante de la prenda en cuestión. Sólo de esta manera se puede garantizar la protección declarada. Para ello el fabricante deberá comercializar la ropa con unas instrucciones claras, concisas y comprensibles.

Los diseños que podemos encontrar en la ropa de protección son muy numerosos y vendrán influenciados por los materiales utilizados en su fabricación así como para el tipo de aplicación para la que está pensada. En general, la ropa debe tener un diseño tal que se pueda garantizar que ninguna parte del cuerpo queda al descubierto como consecuencia de los movimientos que pueda realizar el usuario en el desarrollo de su tarea como, por ejemplo, parte inferior de la espalda al descubierto como consecuencia de la flexión del tronco.

Habrán situaciones en las que la ropa debe ser utilizada junto con otros equipos de protección y, en estos casos, el solapamiento entre mangas y guantes, perneras y zapatos o capuces y equipos respiratorios, debe ser tal que garantice un nivel de protección global adecuado.

La norma UNE-EN 340 requiere que en cada norma específica se establezcan unos requisitos mínimos de resistencia mecánica de los materiales con los que se ha fabricado la prenda. Los valores exigidos dependerán del tipo de protección.

Durante el diseño y construcción de la ropa debe tenerse en cuenta que el usuario debe llevarla y que ésta debe ser cómoda. Evidentemente el nivel de comodidad dependerá del riesgo contra el que protege, de las condiciones ambientales en las que se use la prenda, del nivel de actividad de usuario y del tiempo de uso previsto. En general se considera que la ropa no debe:

- tener superficies o bordes ásperos, afilados o duros que puedan irritar o dañar al usuario;
- ser tan estrecha que restrinja el flujo sanguíneo;
- estar tan suelta o ser tan pesada que interfiera con los movimientos.

Siempre que sea posible, la ropa de protección debe fabricarse con materiales que tengan baja resistencia al vapor de agua, alta permeabilidad al aire o bien estar suficientemente ventilada para minimizar la falta de confort debida al estrés térmico. Sin embargo, hay situaciones en las que la necesidad de proporcionar una protección determinada impone una carga ergonómica significativa. En estos casos, la información que acompaña a la ropa debe contener las correspondientes advertencias así como una limitación en el tiempo de uso.

En las correspondientes normas de ropa de protección específica se indican requisitos de diseño adicionales necesarios a fin de asegurar la adecuada protección en las condiciones previstas de uso.

4. FOLLETO INFORMATIVO

Toda la información que se indica a continuación deberá acompañar a cada prenda de protección que se comercialice, cumpliendo con la UNE EN 340, y deberá estar disponible, por parte del fabricante o representante legal, cuando así se solicite. Debe presentarse de forma clara,

fácil de comprender y en, al menos, la lengua oficial del país de venta. A continuación se describen los principales datos que deben constar en el folleto, con una sucinta explicación del contenido de cada uno de ellos.

Nombre y dirección completa del fabricante o representante legal

Estos datos, además de obligatorios, resultan muy útiles cuando es necesario demandar una información adicional. Puede darse, adicionalmente, una dirección de correo electrónico y/o dirección de página web.

Designación del tipo de ropa, nombre comercial o código

Permite identificar el producto en el catálogo del fabricante.

Designación de la talla

Está establecido un sistema para asignar la talla a las prendas de protección independientemente del nombre/número etc. que el fabricante utilice. Este sistema consiste en asignar 2 dimensiones de control que permitirá definir el cuerpo humano al que la prenda se adapta, siempre dentro de unos intervalos.

Las dimensiones de control dependen del tipo de prenda y, en cualquier caso, el fabricante puede dar información de otras dimensiones adicionales si lo estima conveniente. En la tabla 2 se indican las dimensiones de control para los distintos tipos de prendas.

Ropa de protección	Dimensiones de control
Chaqueta, chaquetón, chaleco	Pecho/busto y altura
Pantalones	Cintura y altura
Mono	Pecho/busto y altura
Mandil	Cintura o pecho/busto y altura
Equipo protector (rodilleras, espalderas, etc...)	Pecho/busto o cintura o altura o peso o distancia cintura-cintura sobre hombros

Tabla 2

La ropa deberá llevar marcados los intervalos correspondientes a las dimensiones de control en centímetros tal y como se indica en pictograma de la figura 1.

Es posible encontrar excepciones que eximen a determinadas prendas de cumplir con este sistema de tallaje. Si es el caso, debe venir indicado en la norma específica.

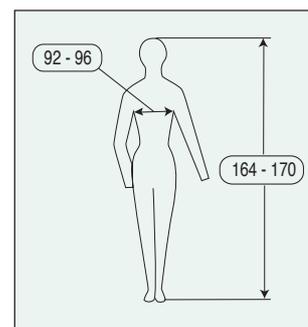


Figura 1

Con este sistema podemos encontrar, por ejemplo, que dos prendas marcadas con la talla **S** se ajustan a perso-

nas de distinto tamaño. Por tanto, lo importante es comprobar que las dimensiones indicadas en el pictograma de talla coinciden con las del trabajador al que vamos a asignar la prenda.

Al elegir la talla habrá también que considerar el tipo de ropa que el trabajador llevará puesta bajo la ropa de protección.

Nombre, dirección completa y número de identificación del Organismo Notificado implicado en la aprobación de tipo y del control de la producción

En todos los casos aparecerán los datos relativos al Organismo de Control en el que se ha certificado la prenda y en el caso de ropa de categoría III, también aparecerán los datos del Organismo que realiza el control de la producción que puede ser o no ser el mismo.

Referencia de la norma

Deberá indicarse el número de la norma, es decir UNE-EN 340, y el año de publicación

Explicación de cualquier pictograma y nivel de prestación

Los números correspondientes a los niveles de prestación, letras o cualquier otro tipo de información que acompañan al pictograma deben aparecer en el orden indicado en la norma específica aplicada.

Una explicación básica de los ensayos que han sido utilizados y los correspondientes niveles de prestación, preferiblemente en una tabla

Se dará información sobre los niveles que se han alcanzado para las distintas propiedades en función de la norma específica utilizada así como el rango posible.

Ejemplo: Mono para trabajadores expuestos al calor



A: Propagación limitada de la llama

B: Calor convectivo. Asociado al tiempo medio necesario para que se produzca un aumento de temperatura de 24 °C al exponer el material a una fuente de calor convectivo. Hay 5 niveles posibles y el B2 corresponde a un índice de transferencia del calor de entre 7 y 12 segundos.

C: Calor radiante. Asociado al tiempo medio necesario para que se produzca un aumento de temperatura de 24 °C al exponer el material a una fuente de calor radiante. Hay 4 niveles posibles y el C1 corresponde a un índice de transferencia de entre 8 y 30 segundos.

D: Salpicadura de aluminio fundido.

E: Salpicadura de hierro fundido.

El mono no ha sido ensayado frente a las salpicaduras de metal fundido y, por tanto, no debemos escogerlo si dicho riesgo existe en nuestro puesto de trabajo.

Todos los constituyentes principales de todas las capas de la ropa de protección

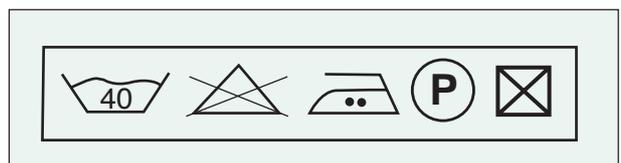
Breve descripción de los materiales y disposición de los mismos.

Instrucciones de uso, tal como sea apropiado para la norma específica

Estas instrucciones deben incluir las siguientes informaciones:

- *Ensayos a realizar por el usuario antes del uso*: por ejemplo, comprobar el solapamiento de pantalón y chaquetón.
- *Ajuste (cómo ponérselo y quitárselo)*: por ejemplo, indicación de que el chaleco de alta visibilidad debe estar cerrado para que cumpla su función, necesidad de una segunda persona que ayude a la colocación de la prenda en el caso de la ropa de protección frente a gases, etc.
- *Instrucciones relativas al uso apropiado, para minimizar el riesgo de daño*: por ejemplo, no usar una prenda en las proximidades de maquinaria en movimiento en el caso de tener una alta resistencia mecánica.
- *Limitaciones de uso (por ejemplo, intervalo de temperaturas)*: por ejemplo, en el caso de ropa de protección química debe advertirse de que no debe usarse con productos químicos distintos de los indicados.
- *Instrucciones de almacenamiento y de mantenimiento, con indicación de los periodos máximos entre verificaciones*: por ejemplo, almacenar las prendas de alta visibilidad alejadas de la luz solar ya que ésta deteriora la fluorescencia de los materiales.
- *Instrucciones completas para la limpieza y/o descontaminación*: por ejemplo, temperatura de limpieza, procedimiento de secado, pH, acción mecánica, número máximo de ciclos de limpieza. En aquellos casos en que la prenda pueda ser sometida a ciclos de limpieza sin que se alteren sus propiedades protectoras, deben indicarse las instrucciones a seguir. Para ello se usarán los símbolos de limpieza normalizados establecidos en la norma UNE EN 23758 cuya aplicación está generalizada a todo tipo de prendas de vestir. Los símbolos deben explicarse.

Ejemplo de símbolos de limpieza:



- Lavado a mano o en máquina a la temperatura máxima de 40°C.
- No blanquear con cloro.
- Planchar a temperatura máx. 150°
- Limpieza en seco en tetracloroetileno, monofluortriclorometano y todos los disolventes listados con el símbolo F
- No secar en tambor rotativo

Además, debe indicarse el número máximo de ciclos de limpieza a los que pueden someterse manteniéndose las características de la prenda. Estas instrucciones deben ser estrictamente seguidas por el usuario. En algunas ocasiones es necesario realizar un tratamiento superfi-

cial de la prenda tras el lavado y, si es el caso, debe quedar claramente indicado.

- *Advertencias sobre problemas que se pueden encontrar:* por ejemplo, en el lavado doméstico de ropa contaminada, como ocurre en el caso de la ropa usada en la protección frente al amianto para evitar la contaminación de terceras personas al llevar la ropa a casa.
- *Detalles sobre los elementos adicionales de ropa de protección que tienen que utilizarse para conseguir la protección prevista:* por ejemplo, calzado antiestático con la ropa antiestática.
- *Información sobre cualquier material utilizado y que pueda ser causa de respuestas alérgicas o pueda ser cancerígeno, tóxico para la reproducción o mutagénico:* Teniendo en cuenta la exigencia de que los EPI deben proteger al usuario sin representar un peligro para su seguridad y su salud, los materiales, textiles, cueros, gomas, plásticos, etc., con los que se fabrique la ropa deben ser químicamente apropiados, no debiendo liberar sustancias tóxicas, cancerígenas, mutagénicas, alérgicas, tóxicas para la reproducción o dañinas de cualquier forma.

Una prenda adecuadamente certificada nos ofrece la garantía de cumplir con este requisito y en el caso de que el material tuviera algún componente susceptible de causar alergia esto debe ser claramente indicado en el folleto informativo. Siempre habrá que tener en cuenta el uso previsto e indicado por el fabricante de manera que un uso no correcto puede llevar al usuario a una situación de riesgo producido por la propia ropa.

El pH del material de la ropa debe mantenerse en un rango entre 3,5 y 9,5 y el valor particular aparecerá indicado en la información al usuario para que pueda ser tenido en cuenta ante condiciones personales particulares. El contenido en Cr(VI) del cuero está limitado, por poder ser cancerígeno y alérgico, de manera que se mantenga por debajo de los límites aceptables para las personas.

En el caso de que la ropa tenga elementos metálicos en contacto prolongado con la piel, la emisión de níquel estará limitada a 0,5 mg/cm² por semana. También se comprueba que no existan en el tejido colorantes capaces de liberar aminas carcinogénicas.

Además, la ropa no debe afectar la higiene del usuario y los materiales deben presentar un mínimo de solidez a la sudoración de manera que ésta no ocasione una descarga del color sobre la piel del usuario.

- *Detalles sobre cualquier carga ergonómica, consecuencia del uso del producto,* tales como reducción del campo de visión, agudeza auditiva o riesgo de estrés térmico; por ejemplo, en el caso de la ropa reflectante de bomberos se indica el tiempo máximo de uso debido al riesgo de estrés térmico.
- *Instrucciones sobre el reconocimiento del envejecimiento o pérdida de prestaciones del producto:* por ejemplo, una prenda con agujeros, incluso pequeños, debe ser eliminada.
- *Si es adecuado, gráficos, números de referencia, etc*
- *Instrucciones relativas a la reparación:* por ejemplo, indicar que no debe repararse una prenda de protección térmica con hilo no ignífugo.
- *Accesorios y repuestos, si es pertinente.*
- *Tipo de embalaje adecuado para el transporte, si es pertinente.*
- *Instrucciones para el reciclado, destrucción y eliminación, tal como resulte apropiado:* por ejemplo, reducción mecánica o incineración.

5. MARCADO

Cada prenda de la ropa de protección debe ir marcada con la información que aquí se indica independientemente del marcado específico asociado a la protección que proporciona. El marcado puede ir sobre la propia ropa o en una etiqueta cosida o adherida a ella. Éste debe ser visible, legible y duradero de acuerdo con el número previsto de procesos de limpieza.

Tanto el marcado como el pictograma deben ser lo suficientemente grandes como para proporcionar una comprensión inmediata además de que no es admisible que aparezca algún otro tipo de marcado que pudiera inducir a confusión. De hecho, se recomienda utilizar números y pictogramas no inferiores a 2 y 10 mm, respectivamente, en color negro sobre fondo blanco. Cualquier texto incluido en el marcado debe ir en, al menos, la lengua oficial del país donde vaya a comercializarse.

Las advertencias relativas a riesgos mortales deben ir en el exterior del producto.

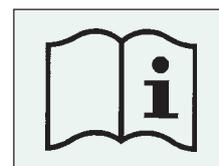
El contenido mínimo del marcado es el siguiente:

- *Nombre, marca o cualquier otra forma de identificar al fabricante*
- *Designación del tipo de producto, nombre comercial o código*
- *Marcado CE de conformidad que corresponda:* De acuerdo al R.D 1407/1992, toda la ropa de protección deberá llevar el marcado CE de conformidad que dependerá de la categoría a la que pertenecen:
 - Categoría I: CE**
 - Categoría II: CE**
 - Categoría III: CE 0159** (este número identifica al Organismo Notificado responsable del control de la producción, en el ejemplo, 0159 corresponde al Centro Nacional de Medios de Protección del INSHT)
- *Designación de la talla*
- *Número de la norma específica:* No es necesario marcar con la UNE-EN 340 ya que las normas específicas incluyen el cumplimiento con ésta y nunca se puede usar sola para una certificación.
- *Pictograma específico del riesgo con referencia a la norma y niveles de prestación* (Según los riesgos frente a los que proteja)

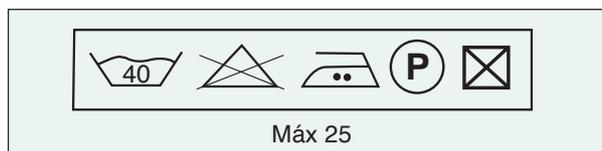
El pictograma se debe utilizar para indicar el tipo de riesgo o de aplicación de acuerdo con lo indicado en los requisitos para el marcado en la norma específica.

Para los requisitos de clasificación, el número indicando el nivel de prestación se debe mostrar al lado o debajo del pictograma. Estos números deben estar siempre en el mismo orden que se indique en la norma específica. Si estos números deben mostrarse al lado del pictograma, se empezará por la derecha del pictograma y se continuará en sentido horario.

- *Pictograma de información que nos indica la necesidad de leer la información dada por el fabricante en el folleto informativo*
- *Marcado de cuidados*



Ejemplo de símbolos de limpieza



El número máximo de ciclos de limpieza recomendados aparecerá junto a los símbolos de limpieza si existe un requisito específico al respecto como, por ejemplo, es el caso de la ropa de señalización de alta visibilidad.

- *La ropa de protección de un solo uso debe marcarse con la frase "No reutilizable"*. Esto debe quedar claro de manera que, bajo ningún concepto, se utilice la

prenda por segunda vez ya que ello pondría al usuario en una situación de riesgo agravada por el hecho de pensar que esta protegido cuando no es el caso. Puede utilizarse, además, el pictograma correspondiente.



BIBLIOGRAFÍA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales (B.O.E. de 10 de noviembre)

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (B.O.E de 12 de junio).

Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, sobre **comercialización y libre circulación de equipos de protección individual** (transposición de la Directiva del Consejo de la Unión Europea 89/686/CEE) (B.O.E. núm. 311, de 28 de diciembre).

Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual (B.O.E. de 8 de marzo).

UNE-EN 340:2004, Ropa de protección - Requisitos generales;

UNE-EN 342:2004, Ropa de protección. Conjuntos y prendas de protección contra el frío;

UNE-EN 343:2004, Ropa de protección contra la lluvia;

UNE-EN 381-5:1995, Ropa de protección para usuarios de sierras de cadena accionadas a mano. Parte 5: Requisitos para los protectores de las piernas;

UNE-EN 381-9:1997, Ropa de protección para usuarios de sierras de cadena accionadas a mano. Parte 9: Requisitos para polainas protectoras contra sierras de cadena;

UNE-EN 381-11:2003, Ropa de protección para usuarios de sierras de cadena accionadas a mano. Parte 11: Requisitos para las chaquetas protectoras;

UNE-EN 510:1994, Especificaciones de ropa de protección contra los riesgos de quedar atrapado por las piezas de las máquinas en movimiento;

UNE-EN 470-1:1995/A1:1998, Ropa de protección utilizada durante el soldeo y las técnicas conexas. Parte 1: Requisitos generales;

UNE-EN 471:2004, Ropa de señalización de alta visibilidad. Métodos de ensayo y requisitos;

UNE-EN 469:2006, Ropa de protección para bomberos. Requisitos de prestaciones y métodos de ensayo para la ropa de protección en la lucha contra incendios;

UNE-EN 531:1996/A1:1998, Ropa de protección para trabajadores expuestos al calor;

UNE-EN 943-1:2003/AC:2006, Ropa de protección contra productos químicos líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Parte 1: Requisitos de prestaciones de los trajes de protección química, ventilados y no ventilados, herméticos a gases (Tipo 1) y no herméticos a gases (Tipo 2);

UNE-EN 943-2:2002, Ropa de protección contra productos químicos líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Parte 2: Requisitos de prestaciones de los trajes de protección química, herméticos a gases (Tipo 1), destinados a equipos de emergencia (ET);

UNE-EN 1073-1:1998, Ropa de protección contra la contaminación radioactiva. Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo de la ropa de protección ventilada contra la contaminación radioactiva bajo forma de partículas;

UNE-EN 1073-2:2003, Ropa de protección contra la contaminación radioactiva. Parte 2: Requisitos y métodos de ensayo para la ropa de protección no ventilada contra la contaminación por partículas radioactivas;

prEN 1149-5:2006 Protective clothing-Electrostatic properties-Part 5: Performance requirements;

UNE-EN 1486:1996, Ropa de protección para bomberos. Métodos de ensayo y requisitos relativos a las ropas reflectantes para trabajos especiales de lucha contra incendios;

UNE-EN 13034:2005, Ropa de protección contra productos químicos líquidos. Requisitos de prestaciones para la ropa de protección química que ofrece protección limitada contra productos químicos líquidos (equipos de tipo 6 y de tipo PB [6]);

UNE-EN ISO 13982-1:2005, Ropa de protección para uso contra partículas sólidas. Parte 1: Requisitos de prestaciones para la ropa de protección química que ofrece protección al cuerpo completo contra partículas sólidas suspendidas en el aire (Ropa de tipo 5);

UNE-EN ISO 13998:2004, Ropa de protección. Mandiles, pantalones y chalecos protectores contra los cortes y pinchazos producidos por cuchillos manuales;

UNE-EN 14058:2004, Ropa de protección. Prendas para protección contra ambientes fríos;

UNE-EN 14126:2004/AC:2006, Ropa de protección. Requisitos y métodos de ensayo para la ropa de protección contra agentes biológicos;

UNE-EN 14404:2005, Equipos de protección individual. Rodilleras para trabajos en posición arrodillada;

UNE-EN 14605:2005, Ropa de protección contra productos químicos líquidos. Requisitos de prestaciones para la ropa con uniones herméticas a los líquidos (Tipo 3) o con uniones herméticas a las pulverizaciones (Tipo 4), incluyendo las prendas que ofrecen protección únicamente a ciertas partes del cuerpo (Tipos PB [3] y PB [4]);

UNE-EN ISO 14877:2004, Ropa de protección para operaciones de proyección de abrasivos utilizando abrasivos granulados;

UNE-EN 23758: 1994, Textiles. Código para etiquetado de conservación por medio de símbolos.

prEN 15614:2007, Protective clothing for firefighters-Laboratory test methods and performance requirements for wildland clothing;

Riesgos radiológicos del uso de electrodos de tungsteno toriados en la soldadura de arco (TIG)

*Radiologys Risk the use in inert gas arc welding and tungsten electrode (TIG)
Risques radiologiques de l'usage des électrodes de tungstène thorié pour le soudage de Arc (TIG)*

Redactores:

Adoración Pascual Benés
Ingeniero Técnico Industrial Químico

Enrique Gadea Carrera
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Carlos Tapia Fernández
Doctor Ingeniero Industrial
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Jaume de Monserrat i Nonó
Licenciado en Medicina y Cirugía

Joaquim Masegú Simon
Ingeniero Técnico Industrial Químico

Lluís Vilaseca Aloy
Licenciado en Farmacia

CENTRE DE SEGURETAT I CONDICIONS
DE SALUT EN EL TREBALL DE GIRONA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El torio es un elemento radiactivo natural que se encuentra presente en pequeñas cantidades en rocas, suelo, agua, plantas y animales, y en concentraciones más elevadas, en explotaciones mineras subterráneas. En la naturaleza se halla en forma de torio-232 que tiene una vida media de 14 billones de años; sus isótopos sufren espontáneamente un proceso de desintegración emitiendo radiaciones ionizantes. (Ver la cadena de desintegración del torio en la figura 1).

Industrialmente tiene diversas aplicaciones: se utiliza para fabricar cerámicas, cubiertas para linternas de gas, en la industria aeroespacial, como combustible para generar energía nuclear y en la fabricación de electrodos de tungsteno toriado utilizados en la soldadura TIG (soldadura de arco con electrodo de tungsteno y con protección de gas inerte). En estos electrodos, el torio es utilizado en forma de óxido y su contenido en dicha forma suele variar entre el 1% y el 4% en peso y se utilizan para soldar aluminio y aceros inoxidable, así como para el corte al plasma. Para alcanzar la máxima estabilidad del arco y conseguir una buena calidad en la soldadura, la punta del electrodo debe afilarse con el fin de conseguir una punta cónica antes de su utilización. Es importante destacar que la idoneidad de los electrodos de torio para la creación del arco de gas no se basa en la naturaleza radiactiva del torio ni en las radiaciones ionizantes emitidas por el mismo, sino en su naturaleza refractaria, ya que no funden y su consumo es mínimo, aunque, debilitados por el bombardeo electrónico del arco, deben ser periódicamente afilados para mantener

la forma cónica, evitándose así la contaminación del electrodo por el metal en fusión. Estos electrodos son importados en España para su comercialización, aplicándoseles la legislación de transporte de materias radiactivas como productos manufacturados con torio natural, aunque son transportados en simples cajas debido a su bajo contenido radiactivo y su pequeña tasa de dosis en la superficie de las mismas. Dichas cajas están señalizadas, llevando indicaciones de acuerdo con la normativa europea o americana de referencia, e incluyendo en su interior documentación relativa a la naturaleza radiactiva del torio, y en algunos casos información sobre la eliminación de los residuos, incluyendo los generados en el afilado.

El Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RD 783/2001), en su Título VII establece que cuando exista un incremento significativo de radiación debido a la exposición a fuentes naturales, la autoridad competente, con el asesoramiento del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), requerirá a los titulares de las actividades laborales, no reguladas en el apartado 1 del artículo 2, en las que existan fuentes naturales de radiación, que realicen los estudios necesarios a fin de determinar si existe incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica. En el mismo título VII, artículo 63, apartado 1, establece que la autoridad competente remitirá al CSN los resultados de los estudios realizados al amparo del artículo 62.

En el momento de redactar la presente NTP, el CSN no se ha definido sobre la protección radiológica en este

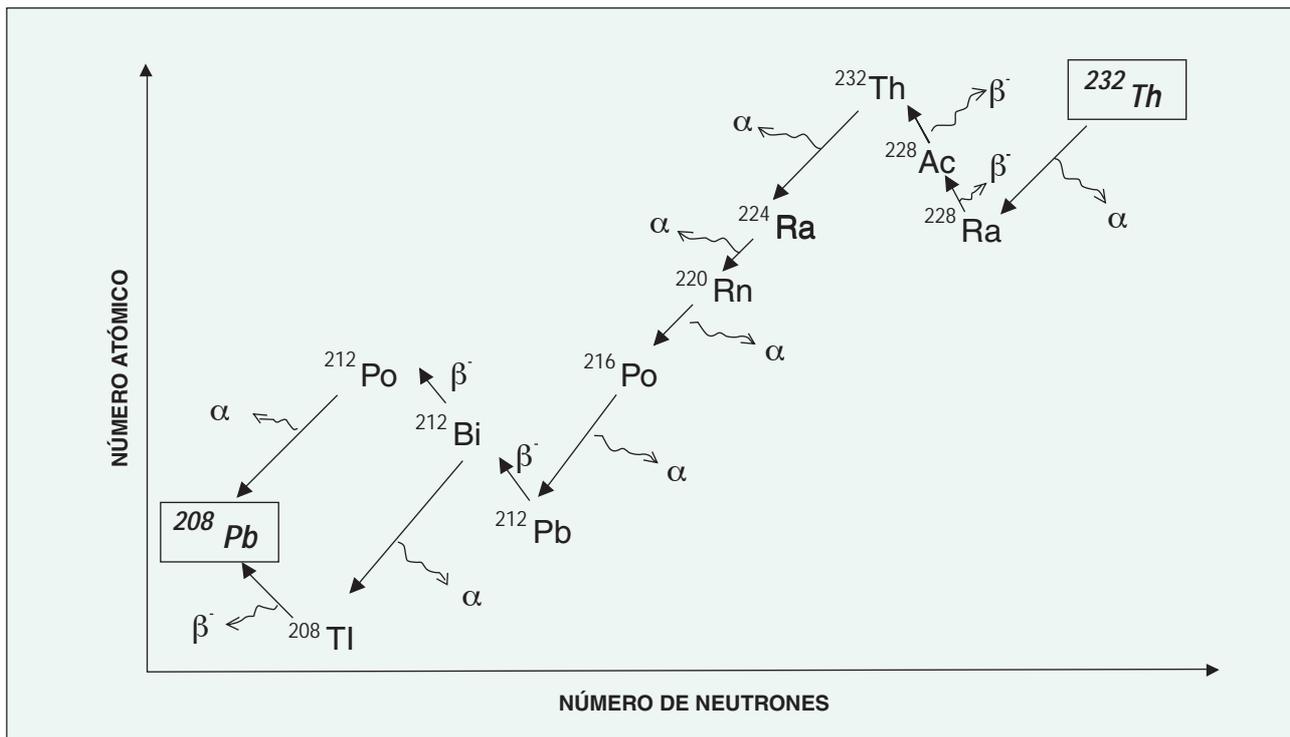


Figura 1. Cadena de desintegración del torio

caso y en ella se indican los aspectos que deben considerarse para establecer los procedimientos de actuación adecuados.

2. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE SOLDADURA

Material utilizado

Como ya se ha comentado, los electrodos de tungsteno (también llamado wolframio) toriado se emplean en la soldadura de arco de gas, denominada TIG AC/DC especialmente indicada para aleaciones de aluminio, magnesio y acero inoxidable, ya que con ellos se aumenta la corriente (emisión termoiónica) y su duración, evita la contaminación de la soldadura, y facilita la formación y estabilidad del arco. En el mercado se encuentran elec-

trodos de tungsteno con cerio, lantano o circonio, que no contienen torio y que presentan ventajas similares, por lo que tienden a sustituir a los de tungsteno con torio, aunque éstos siguen presentando ventajas residuales sobre los de lantano y tierras raras. En las tablas 1 y 2 se indican los códigos, composición y dimensiones de este tipo de electrodos.

Los electrodos de tungsteno toriado más frecuentemente utilizados son los WT 20 rojo, de diámetro 2.0 mm, aunque también se utilizan los 1,6, 2,4 y 3,2 mm de diámetro y 150 mm de longitud. Se comercializan en cajas de plástico de 10 unidades, que normalmente se almacenan en armarios próximos a la nave de soldadura, siendo habitual mantener unas existencias de entre 1 a 10 cajas.

En el trabajo con este tipo de electrodos debe afilarse la punta de los mismos varias veces, ya que después de un periodo de soldadura, aquella se deforma y debe pulirse

Código	Aditivos de óxidos, % peso	Código de color	Norma
WP		Verde	DIN/EN 26 848
WT 10	0,90.. 1,20 ThO ₂	Amarillo	
WT 20	1,80.. 2,20 ThO ₂	Rojo	
WT 30	2,80.. 3,20 ThO ₂	Púrpura	
WT 40	3,80.. 4,20 ThO ₂	Naranja	
WZ 8	0,70.. 0,90 ZrO ₂	Blanco	
WL 10	0,90.. 1,20 LaO ₂	Negro	
WC 20	1,80.. 2,20 CeO ₂	Gris	
WL 15	1,30.. 1,70 LaO ₂	Oro	ANSI/AWS 5.12
WL 20	1,89.. 2,20 La ₂ O ₃	Azul	INDUSTRIA WOLFRAMIO
WS 2	Tierras raras	Turquesa	

Nota: Los electrodos se clasifican también bajo la norma americana ANSI/AWS 5.12, cuyo código de color difiere de la DIN/EN 26 848.

Tabla 1. Códigos y composición de los electrodos de tungsteno

Diámetro en milímetros			Longitud en mm
0,5 ± 0,05	3,0 ± 0,1	6,0 ± 0,1	
1,0 ± 0,05	3,2 ± 0,1	6,4 ± 0,1	50
1,6 ± 0,05	4,0 ± 0,1	8,0 ± 0,1	75
2,0 ± 0,05	4,8 ± 0,1	10,0 ± 0,1	150
2,4 ± 0,05	5,0 ± 0,1	12,0 ± 0,1	175

Tabla 2. Dimensiones de los electrodos

de nuevo para su recuperación. El afilado se realiza mediante muelas (esmoladeras), cuyas características varían según las instalaciones. En general, las más utilizadas son las que llevan una protección para evitar la proyección de las virutas y disponen de un recipiente con agua para enfriar el electrodo (ver fig. 2). El polvo generado en el afilado se deposita normalmente sobre la muela y en sus proximidades. Para evitarlo algunas muelas disponen de un sistema de aspiración localizada de aire, existiendo en el mercado máquinas de afilado, que funcionan en sistema cerrado, quedando el polvo generado almacenado en su interior.



Figura 2. Muela de afilado

La pérdida de material del afilado en las muelas del electrodo tiene un valor medio de 0,1 g por afilado, llegando a un valor máximo de 0,3 g, siendo el consumo medio por electrodo del 68% de su longitud. Las puntas de los electrodos (de entre 20 a 40 mm de longitud) deben considerarse como residuos y gestionarse adecuadamente, evitándose que se acumulen en el suelo de las zonas de afilado o de soldadura, o bien, puedan ser utilizadas como mondadientes por los trabajadores. Sin embargo los restos de electrodos en forma de puntas cilíndricas sólo constituyen el 32% del material inicial ya que el resto del material queda disperso en forma de polvo, de manera que durante la limpieza de las instalaciones se recoge conjuntamente el polvo metálico, las virutas y restos de los electrodos, constituyendo todo ello los residuos de soldadura de la instalación.

Contenido de material radiactivo de los electrodos

El equilibrio secular en la actividad del isótopo Th-232 del Torio (ver la figura 1) puede distorsionarse por efecto de procesos físicos y químicos y, especialmente, por la difusión del gas radón, encontrándose en la tierra formando parte minerales característicos. En la fabricación de estos electrodos se utiliza torio que ha sufrido inicialmente una concentración y purificación y posteriormente un proceso de oxidación, obteniéndose dióxido de torio (ThO₂). Du-

rante la fabricación, si el proceso metalúrgico elimina las trazas de radio, es posible que se rompa de nuevo el equilibrio. Una vez fabricado, el electrodo se almacena y distribuye para su utilización, proceso que puede durar varios años, durante los cuales el Th-232 tiende a alcanzar de nuevo el equilibrio secular, mientras que el Th-228 inicial desaparece, aunque produce su propio equilibrio con sus descendientes. En consecuencia, la actividad total en los electrodos puede variar según la edad del torio, que es el tiempo transcurrido desde su separación o desde la fabricación del electrodo, si esta fabricación produce una nueva purificación de descendientes.

La radiactividad de un electrodo depende de la actividad de la masa de óxido torio y del grado de equilibrio de la cadena de desintegración en el mismo. La masa de dióxido de torio en un electrodo se determina a partir del volumen de electrodo, de la densidad y del contenido de ThO₂ de acuerdo con la siguiente expresión:

$$M_{ThO_2} = w\rho\pi \frac{D^2}{4} L$$

w: fracción de la masa total del electrodo que es ThO₂;

L: longitud del electrodo (cm.);

D: diámetro del electrodo (cm.);

ρ: es la densidad del electrodo, aproximadamente 18,5 g/cm³

La actividad A de un electrodo se puede determinar a partir de la masa de ThO₂ y de los datos de la actividad específica, que viene dada en tablas mediante la expresión siguiente:

$$A \text{ (Bq)} = 0,878 m A_e$$

m: masa de dióxido de torio contenida en un electrodo, expresada en gramos.

A_e: actividad específica del torio, en Bq/g.

A: actividad del electrodo, en Bq.

3. VIAS DE EXPOSICIÓN Y CONTAMINACIÓN RADIATIVA

Los trabajadores que manipulan los electrodos de tungsteno toriado están potencialmente expuestos a radiaciones ionizantes, cuyo nivel de radiación puede valorarse a partir del análisis de las principales vías de exposición, que se describen a continuación:

Inhalación de partículas conteniendo material radiactivo

La inhalación de partículas radioactivas puede producirse especialmente en las operaciones de afilado aunque también, en menor medida, durante la propia soldadura y en el resto de la instalación.

Zona de afilado

El afilado es la operación que produce una mayor cantidad de partículas. Generalmente se realiza en una zona alejada de los puestos de soldadura, es muy corta (segundos), se realiza en la muela y es la causa principal de la pérdida de material del electrodo, depositándose el polvo en el suelo, en las superficies de la propia muela y en cualquier otro objeto que se encuentre en esta zona. La resuspensión del material genera un ambiente de polvo en las zonas cercanas, pudiéndose dispersarse más o menos en función de la ventilación existente y del tránsito de personal.

Zona de soldadura

La producción de partículas en la operación de soldadura es mucho menor que en el afilado, debiéndose tener en cuenta que, además, el soldador trabaja con pantalla protectora, lo que reduce de manera importante el riesgo de inhalación.

Inhalación en el resto de la instalación

Los niveles de polvo residual proveniente de los electrodos en el resto de las zonas son muy inferiores a los existentes en la zona de afilado, aunque pueden presentar localmente niveles elevados de polvo metálico a causa de otras operaciones como el corte o el pulido. También hay que tener en cuenta el polvo de tungsteno toriado que se retira con el resto de materiales, incluidos los restos de puntas de electrodos, en las operaciones de limpieza de la instalación.

Exposición externa por manipulación de los electrodos

Hay varias fases en el proceso de soldadura durante las cuales el soldador manipula el electrodo. Inicialmente coge el electrodo de la caja, procede a un primer afilado, que es el que produce mayor pérdida de material, seguidamente lo coloca en una pinza y lleva a cabo la soldadura. Cuando el electrodo no está en su pinza de agarre, se deposita en la mesa de trabajo. Periódicamente se comprueba si mantiene su punta cónica, procediendo a nuevos afilados hasta que su longitud queda reducida al 30% de la inicial (entre 2 y 4 cm), que es la longitud mínima que permite el agarre del electrodo a la pinza de soldadura, a partir de la cual se desecha. En algunas instalaciones los restos de electrodos se guardan, en otras se tiran al suelo o a la mesa de trabajo eliminándose con el resto de materiales metálicos cuando se procede a la limpieza. La falta de información y formación de los trabajadores hace que en algunos casos puedan llevar en el bolsillo una caja de electrodos, o utilicen los restos de los mismos como mondadientes. Actualmente hay empresas que se dedican exclusivamente al afilado de electrodos, generalmente remitidos por otras que se dedican solo a la soldadura, debiéndose considerar el personal de las mismas como el más expuesto a radiaciones ionizantes por esta causa.

Ingestión secundaria de material radiactivo

Aparte de la posibilidad de utilizar los restos de electrodos como mondadientes, esta vía de exposición comprende la transferencia de material a la boca, a partir de las manos contaminadas, manipulación de alimentos, bebidas, y otros objetos contaminados. Si bien la ingestión debería estar reducida al mínimo, la habitual falta de medidas de higiene personal y la presencia de botellas de agua u otras bebidas en las inmediaciones de las

muelas, facilita esta vía de entrada secundaria de material contaminado.

4. NIVELES DE RADIACIÓN EN LAS INSTALACIONES

De acuerdo con los datos disponibles, en las zonas de afilado los valores de contaminación radiactiva beta-gamma, medidos como Th-232, están comprendidos entre 1,5 y 30 Bq/cm² a nivel del suelo y entre 0 y 13 Bq/cm² en la superficie de las muelas, valores que descienden a niveles comprendidos entre 0 y 3 Bq/cm² a un metro de distancia de las mismas. En las zonas de soldadura no se detecta contaminación radioactiva. Los valores de radiación directa (gamma), expresados como tasa de dosis (mSv/h), en todas las zonas de trabajo corresponden al fondo natural, y por lo tanto no hay incremento alguno de la dosis por irradiación externa debido al material de los electrodos, salvo algunas excepciones como, por ejemplo los lugares donde se almacenan las cajas de los electrodos, en los que la tasa puede llegar hasta 0,22 µSv/h. Las concentraciones de Th²³² en el polvo de las zonas de afilado y en los puestos de soldadura, normalmente son inferiores a 0,06 Bq/m³ y en ocasiones inferiores a 0,02 Bq/m³. En la figura 3 se muestran diferentes equipos y procedimientos de muestreo empleados.

Las dosis de radiación individuales dependen esencialmente del tiempo de exposición de cada soldador, y de los niveles de contaminación de polvo en los puestos de trabajo. La práctica habitual en el trabajo con electrodos de tungsteno toriado supone tiempos anuales de exposición de menos de 25 horas en la zona de afilado y del orden de 500 horas en la zona de soldadura. Para estas condiciones, los niveles de dosis individuales son inferiores a los límites establecidos en el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes para el personal no expuesto. Es decir, que en condiciones normales de trabajo no existe un riesgo radiológico superior al establecido para el público en general. No obstante, ciertos trabajadores pueden estar expuestos a situaciones de riesgo mayores, superando el límite de dosis anual de 1 mSv/año. Ello puede producirse por malas prácticas de trabajo y desconocimiento de los riesgos, fundamentalmente durante la operación de afilado, debido normalmente a la falta de formación e información.

5. RECOMENDACIONES PREVENTIVAS

A continuación se relacionan una serie de medidas preventivas que deberían adoptarse en el trabajo de soldadura con electrodos de tungsteno toriado, en relación con todo lo expuesto anteriormente.

Recomendaciones generales

Sustituir, siempre que sea posible los electrodos de tungsteno toriado por otros electrodos que no contengan materiales con actividad radiactiva en su composición; por ejemplo electrodos de tungsteno con lantano o de tungsteno con cerio.

Garantizar que los trabajadores y sus representantes reciban una formación e información adecuadas sobre los riesgos que se derivan de la utilización de este tipo de electrodos.

Exigir al fabricante o comercializador de los electrodos el correcto etiquetado de los envases que los contienen y la correspondiente ficha de datos de seguridad (FDS). El envase debe llevar la señal de advertencia de mate-



Toma de muestras con filtro



Muestreo ambiental



Mediadas de tasa de beta+gama y alfa

Figura 3. Medición de la radiación

rial radioactivo y la etiqueta debe contener información sobre la composición de dichos electrodos, recomendaciones sobre su utilización y sobre la gestión de las puntas sobrantes de los mismos. Todo ello escrito en un idioma comprensible para los trabajadores.

Disminuir al mínimo posible la generación de polvo en el proceso de afilado de los electrodos, así como reducir el número de trabajadores que realicen esta operación.

Suministrar a los trabajadores ropa de trabajo adecuada y proporcionarles doble taquilla, para guardar separadamente la ropa de trabajo de la ropa de calle.

Garantizar, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el 37.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención, la vigilancia de la salud de los trabajadores que realizan operaciones de soldadura con electrodos de tungsteno toriado y, especialmente, a los que ocupen puestos de trabajo que incluyan su afilado.

En el caso de trabajadores que se dediquen exclusivamente al afilado de electrodos, y que cumplan las condiciones de trabajador expuesto a radiaciones ionizantes, dicha vigilancia de la salud, además, se basará en lo dispuesto en el RD 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

Es recomendable que el almacenamiento de los electrodos de tungsteno toriado se realice en armarios destinados únicamente a este fin convenientemente señalizados. Deberá procurarse no almacenar una gran cantidad de ellos, siendo aconsejable un número inferior a 20 cajas de 10 unidades. Podrán almacenarse cantidades superiores siempre que el armario este situado lo más alejado posible de cualquier puesto de trabajo fijo.

Disponer de un plan de gestión de residuos que incluya la recogida, traslado y almacenamiento en el centro de trabajo hasta su entrega a un gestor externo autorizado. Hay que tener en cuenta que los residuos de soldadura efectuada con electrodos de tungsteno toriado no se consideran residuos radiactivos, ya que su actividad es inferior a la de exención indicada en el anexo I del RD 1836/1999, por lo que deben ser considerados como "residuos de soldadura", incluidos en el Catálogo Europeo de Residuos (CER) con el número 120113, y clasificados como no peligrosos, siendo su vía de valorización el reciclado y la recuperación de metales.

No comer o beber en el área de trabajo.

Lavarse las manos antes de abandonar el área de trabajo.

No sacudir la ropa de trabajo manualmente, ni mediante soplado con aire comprimido para eliminar el polvo de la misma.

Recomendaciones específicas en la zona de afilado

Procurar utilizar una máquina de afilado que funcione en circuito cerrado, recogiendo el polvo generado en un recipiente de pequeñas dimensiones ubicado en la base de la misma. Estos equipos deberían utilizarse obligatoriamente en aquellos centros de trabajo dedicados exclusivamente al afilado o que dispongan de puestos de trabajo exclusivos para tal fin.

Cuando se utilice una muela abrasiva para el afilado de los electrodos deberá reservarse una zona específica, separada físicamente del resto de las zonas de trabajo. En el caso de no ser posible, deberá procurarse que esté lo más alejada posible de cualquier puesto de trabajo permanente.

Utilizar muelas provistas de sistema de aspiración, que las envuelva de la mejor manera posible, y que permitan la recogida todo el polvo generado en el proceso de afilado.

El suelo de la zona donde se realiza el afilado de los electrodos deberá limpiarse frecuentemente, utilizándose un sistema por aspiración.

Recomendaciones específicas en las zonas de soldadura

Manipular los electrodos de uno en uno.

No ponerse en el bolsillo electrodos de tungsteno toriado.

No utilizar los electrodos de tungsteno toriado para otra finalidad distinta de la soldadura.

No tirar al suelo los restos de electrodos y guardarlos para su adecuada gestión como residuos de soldadura.

No utilizar electrodos y restos de los mismos como objetos personales.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY.
Application of Exemption Principles to the Recycle and Reuse of Materials from Nuclear Facilities.
Safety Series No. 111 - P - 1.1. Vienna 1992
- (2) MCELEARNEY, N., IRVINE, D. A
Study of Thorium Exposure during Tungsten Inert Gas Welding in an Airline Engineering Population.
JOM, 1993, 35, (7), 707-711.
- (3) JACQUET, C.
Baguettes de sudre en tungstène thorié et risque radioactif.
Arch. Mal. Prof. 1995, 56, (7), 551-555.
- (4) JANKOVIC, J.T., UNDERWOOD, W.S., GOODWIN, G.M.
Exposures from Thorium Contained in Thoriated Tungsten Welding Electrodes.
American Industrial Hygiene Association Journal. 1999, 60, 384-389.
- (5) COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA.
Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos.
Patrocinada conjuntamente por OIEA y OIT. Guía de seguridad No RS - G - 1.2. IAEA Organismo Internacional de Energía Atómica. Vienna 2004.
- (6) **Directiva 96/29/EURATOM** 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. 29.6.96
- (7) **Real Decreto 783/2001**, de 6 de julio por el que se aprueba el reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (BOE 26/07/2001)
- (8) **Real Decreto 1836/1999**, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. (BOE 31/12/1999).
- (9) **Ley 15/2003**, de 13 de junio, por la que se modifica la Ley 6/1993. de 15 de julio, reguladora de residuos (DOGC Núm. 3915, 1.7.2003).
- (10) **Real Decreto 551/2006**, de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.

Agricultura: prevención de riesgos biológicos

Agriculture: Prévention des risques biologiques
Agriculture: Biological risks prevention

Redactora:

Laura Ruiz Ruiz

Licenciada en Ciencias Biológicas

*CENTRO NACIONAL DE
MEDIOS DE PROTECCIÓN*

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

La agricultura constituye uno de los tres sectores más peligrosos y que más riesgos entraña en todo el mundo, junto con la minería y la construcción, incluso en los países industrializados. De acuerdo con los datos de la Oficina Europea de Estadísticas (EUROSTAT), un 3,2% de los trabajadores agrícolas sufre algún problema de salud de larga duración o una discapacidad provocados por una enfermedad relacionada con su trabajo.

Los riesgos de origen biológico, a los que se ven expuestos los agricultores con ocasión de su trabajo, podrían ser notablemente disminuidos si se adoptaran las oportunas medidas de prevención. El establecimiento de estas medidas preventivas se ven dificultadas debido a:

- La contratación estacional de los trabajadores.
- La diversidad de tareas que realiza un mismo trabajador.
- La falta de concienciación de los agricultores respecto a la necesidad de prevenir los riesgos, derivada de una escasa o nula formación e información. Según EUROSTAT, tan sólo un 30 % de los trabajadores considera estar bien informado sobre los riesgos laborales que existen en la agricultura, el menor porcentaje de todos los sectores.

Esta NTP está dirigida, fundamentalmente, a técnicos y delegados de prevención, empresarios agrícolas y agricultores, así como cualquier persona interesada en la prevención de riesgos en el sector agrícola. Con ella se pretende dar a conocer la situación actual del sector, en particular en relación con los riesgos biológicos a los que están expuestos sus trabajadores en las diferentes tareas durante la jornada laboral, con el objetivo de facilitar la prevención de dichos riesgos a través de una serie de medidas preventivas, tanto generales como específicas para cada tarea.

2. EL SECTOR AGRÍCOLA EN ESPAÑA

Nuestro país aporta como media el 12% de la producción agrícola del conjunto de los Estados miembros de la UE, porcentaje superior al correspondiente a la producción ganadera, que se sitúa en el 9,5%. Del análisis de la participación de los productos agrícolas en la Pro-

ducción Final Agraria (PFA) de los diferentes Estados miembros de la UE, se deduce que dichos productos significan más del 50% de la PFA, en general en todos los países mediterráneos (y desde luego en España); mientras que la actividad agraria en los países del Norte es predominantemente ganadera. A través de estos indicadores se pone de manifiesto, de una manera suficientemente nítida, la caracterización más agrícola que ganadera de la actividad agraria española, en relación con la del conjunto de Estados miembros de la UE.

La agricultura española se caracteriza por su diversidad productiva, consecuencia de las variadas condiciones climáticas y edáficas de las distintas zonas del territorio nacional, donde se cultivan desde especies propias del clima templado hasta especies tropicales, pasando por los cultivos típicos mediterráneos (viñedo, olivar, cítricos, hortalizas, etc.). La producción hortofrutícola supone aproximadamente la mitad de la producción agrícola española, con una gran diversidad de productos, muchos de los cuales cobran gran importancia en la exportación. Asimismo, es necesario destacar como parte fundamental de nuestra agricultura el cultivo del viñedo y el olivar.

Además de la diversidad climática y edáfica, también las razones históricas y de orden demográfico y económico van a influir en la variada distribución de los productos agrícolas a lo largo de las diferentes Comunidades Autónomas, con especializaciones productivas muy señaladas, entre las cuales pueden destacarse las siguientes:

- Cataluña y Madrid tienen sectores agrícolas de notable entidad en vino, aceite, hortalizas y frutas.
- Castilla-La Mancha y La Rioja tienen también clara orientación agrícola, con peso relativo importante del viñedo.
- Castilla y León presenta una elevada especialización cerealista y en cultivos industriales (girasol y remolacha).
- La Comunidad Foral de Navarra y Extremadura presentan producciones agrícolas en las que destacan los cereales y las frutas.
- En Andalucía, Región de Murcia, Canarias, Baleares y la Comunidad Valenciana, la actividad agrícola tiene una fuerte predominancia y está basada, sobre todo, en la hortofruticultura; en Andalucía se asientan, además, el 80% del olivar y más del 90% del algodón españoles.

La tendencia, desde hace unos años, de una mayor especialización en la agricultura, se traduce en un descenso del número de explotaciones y un aumento del tamaño medio por explotación. Castilla y León, Aragón y Extremadura son las Comunidades con mayor superficie agrícola utilizada por explotación; en el extremo opuesto se encuentran Canarias, seguida de la Comunidad Valenciana y Galicia.

En el sector agrario, en general, y en los trabajos agrícolas, en particular, nos encontramos con una situación totalmente diferente a otros sectores productivos, en la que las necesidades de recolección en determinadas temporadas obligan al contrato temporal de trabajadores, en muchos casos inexpertos, sin conocimiento de los procedimientos adecuados de trabajo ni de los riesgos a los que se exponen, y sin pasar el preceptivo reconocimiento médico.

Es un sector con innumerables riesgos relacionados con el ruido y las vibraciones asociados al uso de maquinaria, el uso de contaminantes químicos, el manejo de cargas y las posturas forzadas, el trabajo a la intemperie, el contacto con animales y sus productos y/o desechos, etc. Muchos de los riesgos tienen su origen en la falta de preparación por parte del trabajador, generalmente producida por falta de formación e información, por familiaridad con la tarea, lo que hace que los riesgos no sean percibidos como tales, y, en ocasiones, por descuido y falta de precaución.

Uno de los grandes inconvenientes existentes a la hora de intentar mejorar las condiciones de seguridad y salud en los trabajos agrícolas es la enorme variedad de tareas que debe realizar un agricultor, con diferentes herramientas, máquinas, productos, etc, y la falta de datos sobre los accidentes y alteraciones de la salud producidos como consecuencia de la actividad laboral, así como sus causas. Por ello, es conveniente destacar la necesidad de concienciar a los trabajadores del sector para poder avanzar hacia la mejora de las condiciones laborales en los trabajos agrícolas.

3. RIESGO BIOLÓGICO Y AGRICULTURA

Si, como se ha comentado anteriormente, la prevención de riesgos laborales en las tareas agrícolas es complicada debido, en parte, a la falta de concienciación de los agricultores y, en ocasiones, también del empresario, el establecimiento de medidas preventivas con relación a los riesgos biológicos es, si cabe, aún más complicado, ya que raramente estos agentes son visibles y, por tanto, el riesgo no suele apreciarse.

Además, al contrario que en otras actividades como la producción biotecnológica de alimentos o el análisis en laboratorios microbiológicos, en las que hay conciencia de la manipulación de agentes biológicos y, a menudo, se conoce la naturaleza de los mismos, en agricultura esta información es desconocida, lo que complica la evaluación de los riesgos derivados de dicha exposición y, por ende, el establecimiento de las correspondientes medidas preventivas.

El Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos, señala en su anexo I una lista indicativa de actividades en las que puede existir exposición a agentes biológicos sin que haya intención deliberada de manipulación de los mismos, y entre las que se encuentran en los puntos 2 y 3 respectivamente:

- Trabajos agrícolas.
- Actividades en las que existe contacto con animales y/o con productos de origen animal.

Este Real Decreto define agentes biológicos como “microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad”. Por lo tanto, y según esta definición, sólo tendrá en cuenta los riesgos biológicos producidos por virus, bacterias, protozoos, hongos y helmintos. Sin embargo, en agricultura los riesgos biológicos deben entenderse de manera más amplia, incluyendo aquellos animales y plantas capaces, de diferentes maneras, de producir también lesiones y patologías en los agricultores.

4. TAREAS AGRÍCOLAS

Una de las principales características del sector agrícola es la diversidad de tareas. Hoy en día, muchas de ellas se realizan parcial o totalmente con la ayuda de maquinaria, lo que reduce en gran medida el riesgo debido a factores de origen biológico a la vez que introduce otros nuevos riesgos. No obstante, siguen existiendo tareas en las que el agricultor entra o puede entrar en contacto directo con materia susceptible de originar riesgos biológicos. Entre ellas destacan:

- Siembra y manipulación de la tierra.
- Abonado.
- Riego.
- Recolección, transporte y almacenaje.
- Control biológico de plagas.

Siembra y manipulación de la tierra

Los agentes biológicos forman parte fundamental de las tierras de cultivo y son responsables de procesos esenciales para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, como la descomposición de la materia orgánica, la fijación del nitrógeno y otros minerales, etc. Sin embargo, la tierra puede verse contaminada por la presencia no natural de otros agentes biológicos, consecuencia del contacto con heces u orines infectados o aguas residuales, fundamentalmente. Estos últimos son responsables de algunas de las afecciones que pueden perjudicar la salud de los agricultores.

En las tareas al aire libre en el campo, los trabajadores se exponen además al ataque, mordedura o picadura de ciertos animales silvestres (roedores, serpientes, murciélagos, artrópodos...), peligros frente a los cuales se debe proteger.

Abonado

La manipulación de abonos puede suponer un riesgo para el trabajador si no se realiza correctamente, ya que son irritantes e incluso algunos pueden llegar a ser corrosivos y tóxicos. Si, además, se utilizan abonos orgánicos, el riesgo biológico que esto conlleva aumenta considerablemente.

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica se le da gran importancia a los abonos orgánicos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. Existe una gran diversidad de este tipo de fertilizantes, pero los más extendidos son los estiércoles y purines de diferentes animales y el compost de residuos orgánicos.

El compostaje es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia

rápida­mente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener compost, abono excelente para la agricultura. Esta técnica ha sido utilizada desde siempre por los agricultores como una manera de estabilizar los nutrientes del estiércol y otros residuos para su uso como fertilizante.

La utilización de abonos orgánicos debidamente tratados comporta un mínimo riesgo, mientras que si se utilizan restos orgánicos como estiércol, purines o restos animales o vegetales insuficientemente tratados, unido a la frecuente falta de concienciación de los agricultores sobre el riesgo biológico, éste puede ser más importante.

Riego

El riesgo derivado del riego de las tierras de cultivo suele venir dado por la utilización de aguas residuales o insuficientemente tratadas. Aunque legalmente se prohíba el riego con ellas, la realidad es que hoy en día se siguen utilizando en muchas explotaciones agrícolas, bien para regar bien para el aseo o bebida, muchas veces por el desconocimiento de los riesgos que ello conlleva.

Las aguas residuales suelen transportar bacterias, virus, hongos y parásitos procedentes de reservorios humanos o animales. En general estos microorganismos son de origen fecal y no patógenos y pueden vivir de forma natural en el agua y en el suelo. Sin embargo, cuando además hay presencia de residuos agrícolas o de producción de alimentos, así como cuando hay dilución con aguas pluviales, su contenido puede variar y los microorganismos pueden producir, en caso de infección, problemas gastrointestinales o entéricos y otras enfermedades.

Recolección, transporte y almacenaje

En estas tareas, además de los riesgos típicos de las tareas al aire libre, son frecuentes aquéllos derivados de la exposición a algunos antígenos como el polen, el polvo de grano, el moho o los ácaros de los almacenes, dando lugar, sobretudo, a riesgos de tipo respiratorio y dermatológico.

Control biológico de plagas

Desde hace décadas la lucha contra las plagas se ha basado esencialmente en el uso masivo de plaguicidas químicos sintéticos, los cuales desencadenan efectos nocivos demostrados tanto para el medio ambiente como para la salud de los trabajadores que los manipulan. Pero las plagas también pueden controlarse mediante otros métodos, entre los cuales se encuentra el uso de agentes biológicos.

El control biológico permite llevar a cabo la prevención y eliminación de plagas con otras alternativas diferentes a la lucha química, que es más agresiva, pero a veces menos eficiente debido a la resistencia que las propias plagas son capaces de desarrollar a las materias activas utilizadas por los principales fitosanitarios. El control biológico requiere mucha paciencia y entretenimiento y sus resultados a veces no son tan rápidos como se espera, ya que los enemigos naturales atacan a unos tipos específicos de insectos, contrario a los insecticidas que matan una amplia gama de los mismos.

Uno de los principales problemas que plantea la utilización de Organismos Modificados Genéticamente (OMG) es que éstos se pueden cruzar con organismos naturales y los pueden superar, llevando a la extinción del organismo original y otros efectos ambientales impredecibles.

Sin embargo, y quizás debido a su reciente aplicación, hasta el momento no se conocen alteraciones de la salud derivadas de la utilización del control biológico de plagas, aunque no se descarta que pudieran producirse en un futuro, por lo que se aconseja una observación continua.

5. PRINCIPALES RIESGOS BIOLÓGICOS

Los riesgos biológicos en agricultura se traducen en enfermedades infecciosas y procesos alérgicos o tóxicos con origen bacteriano, vírico, fúngico o vegetal, en su mayoría. Estos contaminantes biológicos pueden entrar en el organismo por vía respiratoria, dérmica, digestiva o parenteral. El conocimiento de la vía de entrada de un contaminante es esencial para poder establecer medidas de tipo preventivo.

En la tabla 1 se expone una relación de las principales alteraciones de la salud que puede sufrir un agricultor en el trabajo con ocasión de contaminantes de origen biológico, según la vía de entrada y la tarea que realice.

6. PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS BIOLÓGICOS

Siempre que se habla de prevenir los riesgos biológicos la primera acción que debe procurarse es la eliminación o sustitución de los agentes biológicos nocivos por otros que no lo sean. Sin embargo, esta medida es de muy difícil aplicación en agricultura, ya que la manipulación de estos agentes no es deliberada, por lo que, en su lugar, deben adoptarse un conjunto de medidas tanto generales como específicas para prevenir dicho riesgo.

Medidas preventivas generales

- Máxima reducción posible del número de trabajadores expuestos.
- Utilización de medidas de protección colectiva y/o medidas de protección individual cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios.
- Establecimiento de formas correctas de trabajo, gestión de residuos y manipulación de materiales susceptibles de estar contaminados (abono, agua de riego...).
- Exposición, en las zonas de trabajo en que sea posible y necesario, de la señal de peligro biológico y otras señales pertinentes, como las de prohibición de comer, beber y fumar.
- Quitarse las ropas de trabajo y los equipos de protección individual que puedan estar contaminados por agentes biológicos al salir de la zona de trabajo.
- Disposición por parte de los trabajadores de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección individual.
- Disposición por parte de los trabajadores, dentro de la jornada laboral, de al menos 10 minutos para su aseo personal antes de la comida y otros 10 minutos antes de abandonar el trabajo.
- Existencia de cuartos de aseo apropiados con retrete y productos para la limpieza ocular, duchas y antisépticos para la piel.
- Buen estado del botiquín de primeros auxilios.
- Establecimiento de un control sanitario previo y continuado de los trabajadores.

VÍA DE ENTRADA	TAREA	ALTERACIÓN	
Respiratoria	Siembra y manipulación de la tierra	Carbunco	
		Histoplasmosis	
		Leptospirosis	
		Psitacosis	
		Síndrome pulmonar por hantavirus	
	Abonado	Fiebre Q	
	Riego	Carbunco	
	Recolección, transporte y almacenaje	Aspergilosis (micotoxinas)	
		Asma profesional	
		Bisinosis (endotoxinas)	
		Blastomicosis	
		Bronquitis crónica	
		Coccidiomicosis	
		Criptococosis	
		Histoplasmosis	
Neumonitis alérgica			
Nocardiosis			
Rinitis alérgica			
Síndrome tóxico por polvo orgánico (micotoxinas)			
Dérmica	Siembra y manipulación de la tierra	Carbunco	
		Dermatitis inducida por artrópodos	
		Hidatidosis	
		Histoplasmosis	
	Tularemia		
	Abonado	Anquilostomiasis	
		Brucelosis	
		Criptosporidosis	
		Fiebre Q	
	Riego	Esquistosomiasis	
		Leptospirosis	
		Melioidosis	
	Recolección, transporte y almacenaje	Adiaspiromicosis	
		Dermatitis alérgica por fotocontacto	
		Dermatitis inducida por artrópodos	
		Dermatosis	
		Dedo de tulipán	
		Envenenamiento de nicotina	
		Histoplasmosis	
		Melioidosis	
Miasis			
Digestiva		Siembra y manipulación de la tierra	Toxocariasis
	Toxoplasmosis		
	Pasteurellosis		
	Abonado	Ascariasis	
		Cisticercosis	
	Riego	Problemas gastrointestinales o entéricos diversos	
		Fasciolopsiasis	
		Hepatitis A	
	Recolección, transporte y almacenaje	Toxocariasis	
		Toxoplasmosis	
	Parenteral	Siembra y manipulación de la tierra	Fiebre por arañazo de gato
			Fiebre por mordedura de rata
			Envenenamiento por artrópodos
Leptospirosis			
Pasteurellosis			
Peste			
Rabia			
Abonado		Tétanos	
		Recolección, transporte y almacenaje	Dirofilariasis
Enfermedad de Lyme			
Envenenamiento por artrópodos			
Erisipeloide			
Fiebre por mordedura de rata			

Tabla 1. Relación Vía de entrada-Tarea-Alteración de la salud

- Formación e información específica a los trabajadores sobre: los riesgos para la salud, la utilización de los equipos de protección y las medidas a adoptar, tanto en las tareas al aire libre como en almacén o invernaderos.
- Conveniente información a los trabajadores sobre el resultado de la evaluación de riesgos, así como de las ventajas e inconvenientes de la vacunación.
- Extremar las precauciones y medidas preventivas adoptadas para todas las tareas en caso de realizarlas en invernaderos, debido a las especiales condiciones de humedad y temperatura, y por ser un ambiente cerrado.
- Adopción de medidas particulares para mujeres gestantes en relación con algún tipo concreto de enfermedad (toxoplasmosis), así como para trabajadores especialmente sensibles.
- Notificación de las Enfermedades de Declaración Obligatoria (EDO) y Enfermedades Profesionales (EP) a la autoridad sanitaria.
- Comunicación a la autoridad laboral de los casos de enfermedad o fallecimiento identificados como resultado de una exposición profesional a agentes biológicos.

Medidas preventivas específicas

Consideraremos como tareas principales las de siembra y manipulación de la tierra, el abonado, el riego, la recolección transporte y almacenaje, y el control biológico de plagas.

Tareas de siembra y manipulación de la tierra

- Controles periódicos de la calidad de la tierra de cultivo.
- Enterramiento de cadáveres y vísceras de animales silvestres que puedan encontrarse en el campo.
- Evitar el contacto con heces y orines de animales silvestres.
- Extremar la higiene individual y el lavado de las ropas de trabajo.
- Desinfección inmediata en caso de lesiones y vendaje de pequeños cortes y abrasiones en la piel.
- Vacunación cuando sea necesario (tétanos, rabia).
- Control de reservorios de ciertas enfermedades (roedores y otros animales): desratización.
- Limitar o evitar el acceso de animales a los campos de cultivo.
- Estudio de los cadáveres de animales silvestres si fuera necesario.
- Precauciones oportunas en zonas endémicas con riesgo de picaduras de garrapata:
 - No aplastarlas sobre la piel
 - Usar bandas ajustadas en tobillos y muñecas con repelente de insectos
- Uso de Equipos de Protección Individual (EPIs) tales como guantes, ropa de trabajo con mangas y botas para evitar mordeduras o contactos indeseados y para la manipulación directa de la tierra, especialmente en caso de presentar algún corte o herida en la piel.
- No beber, comer o fumar durante la manipulación de la tierra y hasta que no se hayan lavado las manos y los brazos con abundante agua.

Abonado de la tierra

- Adecuada gestión del estiércol y purines, en su caso.
- Utilización siempre que sea posible de abonos orgánicos debidamente tratados.
- Leer atentamente las instrucciones que facilita el fabricante acerca del uso, almacenaje y manipulación del abono a emplear.
- En caso de fabricar el abono orgánico, realizar el proceso de acuerdo con un procedimiento apropiadamente establecido y utilizando los medios adecuados.
- Control sobre el abono resultante en caso de fabricación.
- Evitar, en la medida de lo posible, la manipulación o contacto directo del abono. Siempre que se pueda, su aplicación se realizará mediante maquinaria.
- Durante la manipulación de los abonos, se utilizarán botas y guantes de goma, así como ropa que no deje descubiertas partes del cuerpo.
- No fumar, beber o comer mientras se realizan tareas de manipulación o aplicación de abonos.
- Al finalizar, el trabajador debe lavarse, o mejor ducharse, con abundante agua.

Tarea de riego de la tierra

- Evitar en lo posible la utilización de aguas residuales.
- Tratamiento y desinfección de aguas residuales antes de su utilización.
- Controles periódicos del agua de riego y una adecuada evaluación de los riesgos inherentes que se repetirá periódicamente, ya que el tipo de microorganismos cambia constantemente.
- Nunca beber del agua de riego a no ser que se tenga constancia de que es potable.
- Eliminar o reducir la exposición o contacto con aguas residuales mediante la utilización de guantes, botas impermeables y ropa de protección.
- En caso de riego por aspersión con aguas de origen residual, ausentarse de la zona siempre que sea posible hasta que el riego haya finalizado o utilizar mascarillas para evitar infecciones por vía respiratoria.

Tareas de recolección, transporte y almacenaje

- Los locales han de construirse de forma que permitan una limpieza rápida y total, un buen mantenimiento y una adecuada ventilación.
- El almacenamiento se producirá en condiciones relativamente secas para prevenir el enmohecimiento (humedad relativa inferior al 70%) y a una temperatura por debajo de los 5°C.
- Evitar que la humedad del suelo llegue al producto.
- En operaciones de humidificación o rociado, mediante la utilización de humidificadores, sólo se utilizará agua con garantía de calidad microbiológica.
- La instalación de aire acondicionado junto con la planta de humidificación, se mantendrán en perfecto estado de limpieza, evitando que el agua se condense en sus conductos.
- Eliminar y destruir todo residuo infectado que pueda contaminar el producto recién introducido.
- Mediciones del nivel de polvo en los almacenes.
- Control del nivel de endotoxinas y micotoxinas del material almacenado.

- Control de roedores, garrapatas, ácaros e insectos.
- Mantener el grano limpio. Remover y limpiar el grano.
- Apilado de los sacos adecuadamente para facilitar la limpieza del suelo, la inspección del producto y permitir la ventilación de las pilas de sacos.
- Reparación de las grietas de las paredes y orificios de las puertas y techos que puedan ser fuentes de plagas.
- No mezclar el grano nuevo con el viejo y fumigar el material viejo que haya de mantenerse. Realizar la fumigación por personal especializado.
- Limpieza de las estructuras de almacenamiento, eliminando todo indicio de grano derramado, polvo, etc.; eliminar el polvo del equipo y la maquinaria de manipulación y desinfectar los sacos y cestos, mediante soleamiento y tratamiento químico.
- Adopción de medidas generales de control en la generación de polvo. Trabajar en áreas bien ventiladas y usar ventiladores de extracción si es posible.
- Uso de EPIs apropiados durante la recolección: ropa de trabajo que cubra todo el cuerpo, guantes, botas de protección y gorra, para evitar cortes, pinchazos,

picaduras, reacciones alérgicas o contactos indeseados.

- Curar y proteger inmediatamente cualquier herida que pudiera producirse.
- Empleo de mascarilla (autofiltrante P3) por parte de las personas que desarrollen su trabajo en zonas de almacenamiento y trasiego de cereales, así como gafas de protección.
- Mantenimiento de una buena higiene personal, lavándose a menudo las manos.

Control biológico de plagas

- Se llevará a cabo siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante para cada preparado.
- Se extremarán las precauciones adoptadas en caso de aplicación en invernaderos.
- Se evitará la presencia de terceras personas en el momento de la aplicación.
- En caso de observar cualquier anomalía en los cultivos sospechosa de ser consecuencia del control biológico de plagas, se comunicará de inmediato a las autoridades competentes.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.
Madrid, INSHT, 2001
- (2) MARTÍ SOLÉ, M.C. et al.
Micotoxinas (aflatoxinas y tricotecenos) en ambientes laborales
Nota Técnica de Prevención nº 351.
Barcelona, CNCT-INSHT, 1994
- (3) ANA HERNÁNDEZ CALLEJA
Contaminantes biológicos: criterios de valoración
Nota Técnica de Prevención nº 409.
Barcelona, CNCT-INSHT, 1996
- (4) MARTÍ SOLÉ, M.C. et al.
Endotoxinas en ambientes laborales
Nota Técnica de Prevención nº 422.
Barcelona, CNCT-INSHT, 1996
- (5) **Manual de Prevención de Riesgos Laborales: Sector Agrícola**
Colección Seguridad y Salud en mi trabajo
Madrid, Fraternidad Muprespa. 2001

- (6) Portal temático de agricultura de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo:
<http://osha.europa.eu/sector/agriculture>
- (7) Portal temático de agricultura del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación:
www.mapa.es/es/agricultura/agricultura.htm

Legislación relacionada

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269, de 10 de noviembre de 1995).

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 (BOE nº 124, de 24 de mayo de 1997).

Orden de 25 de marzo de 1998, por la que se adapta en función del progreso técnico 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 (BOE nº 76, de 30 de marzo de 1998).

Directiva 2000/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (Séptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391 /CEE).

Ropa de protección contra agentes biológicos

*Protective clothing against biological agents.
Vêtements de protection contre les agents biologiques.*

Redactoras:

Angelina Constans Aubert
Ingeniero Técnico Químico

Eva Cohen Gómez
Licenciada en Químicas

*CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO*

*CENTRO NACIONAL DE
MEDIOS DE PROTECCIÓN*

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En la presente NTP se resumen aquellas consideraciones y normas que deben tenerse en cuenta en la utilización de ropa de protección, tanto para reducir la propagación como para protegerse de los agentes infecciosos.

La definición de ropa de protección según la UNE-EN 340:2004 es: "Ropa, incluyendo protectores, que cubre o reemplaza la ropa personal y que está diseñada para proporcionar protección contra uno o más peligros". En el caso de la ropa de protección frente al riesgo biológico tiene como principal finalidad evitar que los agentes biológicos alcancen la piel y las mucosas. Para proporcionar dicha protección se requiere que la ropa sirva de barrera frente a las distintas formas de exposición, incluyendo el caso en que la piel esté posiblemente dañada.

Según el R. D. 664/1997 se entiende por agentes biológicos: "microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad". El concepto de agente biológico incluye a bacterias, hongos, virus, rickettsias, clamidias, endoparásitos humanos, productos de recombinación, cultivos celulares humanos o de animales, priones (células potencialmente infecciosas) y otros agentes infecciosos. Los microorganismos son un grupo muy heterogéneo de organismos debido a su tamaño, formas, condiciones de vida, dosis infectiva, capacidad de supervivencia y muchos otros parámetros. Sólo su tamaño puede variar desde 30 nm (polivirus) hasta 5 µm y 10 µm (bacterias) e incluso mayor (hongos). En dicho R. D. se encuentra la clasificación de los agentes biológicos en función del riesgo de infección durante el trabajo.

Los agentes biológicos pueden ser transportados por líquidos (fluidos contaminados), por aerosoles y también por partículas sólidas. Las posibles vías de entrada y las situaciones que presentan mayor riesgo son el contacto con líquidos contaminados, el contacto con sólidos empapados con líquidos contaminados, la exposición a aerosoles líquidos y la exposición a partículas sólidas.

Existen dos tipos de actividades en las que intervienen agentes biológicos, aquellas en las que existe intención deliberada de manipular agentes biológicos, como por ejemplo los laboratorios de diagnóstico microbiológico,

el trabajo con animales deliberadamente contaminados y las industrias que utilizan en sus procesos grandes cantidades de estos agentes, y las actividades en las que no existe la intención deliberada de manipular agentes biológicos, pero sí puede existir una exposición en un momento dado debido a la naturaleza del trabajo.

En muchas situaciones laborales el agente biológico puede estar confinado y el riesgo de exposición está limitado a que ocurra un accidente (por ejemplo, laboratorios microbiológicos). En estas situaciones el riesgo y los agentes a los que los trabajadores pueden estar expuestos suelen ser bien conocidos. En otros tipos de trabajos, aunque se haya efectuado una evaluación de riesgos, los agentes biológicos a los que se hallan expuestos los trabajadores no suelen ser conocidos existiendo el peligro de contraer una infección. Ello puede ocurrir en distintas actividades, tales como las de la lista indicativa del Anexo I del R. D. 664/1997:

1. Trabajos en centros de producción de alimentos.
2. Trabajos agrarios.
3. Actividades en las que existe contacto con animales o con productos de origen animal.
4. Trabajos de asistencia sanitaria, comprendidos los desarrollados en servicios de aislamientos y de anatomía patológica.
5. Trabajos en laboratorios clínicos, veterinarios, de diagnóstico y de investigación, con exclusión de los laboratorios de diagnóstico microbiológico.
6. Trabajos en unidades de eliminación de residuos.
7. Trabajos en instalaciones depuradoras de aguas residuales.

2. ROPA DE PROTECCIÓN CONTRA AGENTES BIOLÓGICOS

La ropa de protección contra agentes biológicos designa bien a un traje o a un conjunto de prendas que tienen como fin aislar distintas partes del cuerpo para que la piel no entre en contacto con los agentes biológicos que pudieran estar presentes en el lugar de trabajo. La piel, si está dañada, puede ser vía de entrada de microorganismos o simplemente medio de transporte de los mis-

mos a otras vías de entrada. Esta ropa debe llevarse en combinación con otros equipos de protección para que, cuando la situación de riesgo lo requiera, el cuerpo y todas las posibles vías de entrada queden debidamente protegidas. La ropa de protección contra agentes biológicos es un equipo de protección individual (EPI), cuando el uso al que se destina es el laboral, excluyéndose aquellos fabricados específicamente para el uso de las fuerzas armadas y deberá estar certificado según lo establecido en el Real Decreto 1407/1992.

La ropa de protección contra agentes biológicos no incluye en su definición a los guantes. Estos son considerados como equipos de protección individual distintos, contemplados en la Comisión Europea de Normalización (CEN). Los guantes que ofrecen protección contra microorganismos están considerados en cuanto a sus requisitos en la Nota Técnica de Prevención 747.

Los materiales que forman parte de la ropa de protección contra agentes biológicos así como su diseño, basan su capacidad de aislar o proteger en la barrera que ofrecen al impedir la penetración física de los agentes a través de "huecos" del entramado del material o costuras y uniones de la ropa.

La ropa puede ser reutilizable, es decir su material y diseño permiten un cierto número de ciclos de lavados o limpieza sin que sus prestaciones se vean mermadas. Este tipo de materiales pueden ser telas tejidas, con o sin revestir con plásticos o microfibras o materiales poliméricos. También puede ser de un sólo uso o uso limitado, cuando su diseño y especialmente su material no admita lavados lo que hace a la prenda desechable tras su uso y/o contaminación. Estos materiales suelen ser muy ligeros, denominados "telas no tejidas" dado que sus fibras no se entrelazan formando hilos sino que forman estructuras compactas desordenadas. Pueden igualmente ir revestidos o laminados con otros materiales.

La norma que describe los requisitos y métodos de ensayo para la ropa de protección contra agentes biológicos es la UNE-EN 14126 publicada en el año 2004. Dada la heterogeneidad de los microorganismos en las distintas situaciones laborales, la norma no pretende establecer requisitos de ropa en base a tipos de microorganismos y posibles riesgos asociados a tipos de trabajo, sino que se centra en los medios de transporte de dichos microorganismos.

De este modo, caracteriza a los materiales en base a la resistencia ofrecida a la penetración por contacto con:

- un medio líquido contaminado, dadas ciertas condiciones de presión hidrostática,
- un medio líquido contaminado, dadas ciertas condiciones de presión mecánica (roce),
- un aerosol líquido contaminado,
- un medio pulverulento de partículas sólidas contaminadas.

La norma establece que pueden existir riesgos biológicos y químicos asociados por lo que en este caso han de verificarse también los requisitos de resistencia a productos químicos del material que procedan con la norma UNE-EN 14325:2004 que recoge todos los ensayos aplicables al material de la ropa de protección química. Comenta, también que los requisitos mecánicos y de inflamabilidad del material se verifiquen también de acuerdo a la norma UNE-EN 14325:2004. Igual consideración hace con respecto a los requisitos de costuras, uniones y ensamblajes.

En cuanto al diseño de la ropa, la norma UNE-EN 14126 remite por una parte a unos requisitos generales aplicables a la ropa de protección de forma general, descritos

en la norma UNE-EN 340:2004 y a unos requisitos de diseño equivalentes a los de la ropa de protección contra productos químicos que se clasifica en los siguientes tipos: 1a, 1b, 1c, 2, 3, 4, 5, 6 y ropa de protección parcial del cuerpo.

Tipos de ropa de protección

A continuación se hace una breve descripción de los distintos tipos de ropa de protección contra agentes químicos cuya clasificación ha sido adoptada por la ropa de protección contra agentes biológicos (tabla 1) a la vez que los requisitos en cuanto a su comportamiento como traje completo, a través de los ensayos descritos en las normas correspondientes. La ropa de protección contra agentes biológicos, por analogía con la ropa química, incorpora el sufijo "–B" junto al número que designa el tipo de ropa.

Del texto de la norma sobre ropa de protección contra agentes biológicos se desprende, aunque no está claramente especificado, que el paralelismo entre ropa contra agentes químicos y ropa contra agentes biológicos lleva a deducir que cuando para la primera hay referencia a líquidos, éstos son productos químicos líquidos mientras que para la segunda son líquidos contaminados con agentes biológicos ya sean pulverizados o no. De igual forma cuando para la primera hay referencia a partículas sólidas, se trata de productos químicos en estado sólido, mientras que para la segunda son partículas sólidas contaminadas con agentes biológicos.

Material

El material de la ropa de protección contra agentes biológicos es cualquier material o combinación de materiales usados en una prenda de ropa de protección con el fin de aislar partes del cuerpo del contacto directo con un agente biológico.

La protección ofrecida se evalúa, como se ha dicho anteriormente, por la resistencia a la penetración de agentes biológicos cuando éstos se hallan dispersos en distintos medios. Para ello la norma UNE-EN 14126 se remite a ensayos específicos descritos bien en otras normas o bien en su anexo. Se describen a continuación de forma breve los ensayos referidos para comprender los mecanismos de protección ofrecidos por los materiales.

Resistencia a la penetración de líquidos contaminados bajo presión hidrostática

Este ensayo se realiza por el laboratorio de ensayo en una primera etapa conforme a la norma ISO 16603 que describe un ensayo discriminatorio para comparar materiales por su resistencia a la penetración de sangre sintética. La tensión superficial de esta sangre sintética está ajustada a $(0,042 \pm 0,002)$ N/m, valor menor del rango de tensiones superficiales encontradas en distintos tipos de fluidos corporales (con exclusión de la saliva) y por tanto representando las peores condiciones con respecto a esta propiedad física de influencia en la capacidad de penetrar. La exposición de la probeta de material a la sangre sintética se hace en una celda de ensayo bajo distintas presiones hidrostáticas crecientes. La evaluación de si el ensayo pasa o no pasa se hace por simple inspección visual, de forma que los materiales seleccionados pasan entonces a ensayarse con un método de ensayo más sofisticado descrito en la norma ISO 16604.

La norma ISO 16604 utiliza como líquido de ensayo un medio líquido sintético en el que la tensión superficial sigue ajustándose a $(0,042 \pm 0,002)$ N/m, el pH a $7,3 \pm 0,1$ y ha sido inoculado con el bacteriófago Phi-X174. Este

Ropa contra agentes químicos	Descripción	Ropa contra agentes biológicos
Tipo 1	Herméticos a gases y vapores. Cubren totalmente el cuerpo, poseen costuras y uniones estancas. Incluyendo guantes y botas. Requieren equipo de protección respiratoria para suministrar aire respirable que puede ser autónomo o semiautónomo, lo que conlleva la subclasificación siguiente: Tipo 1 a: Totalmente envolventes, con equipo de respiración autónomo llevado en el interior del traje. Tipo 1 b: Permiten llevar el equipo de respiración autónomo en el exterior del traje. Tipo 1 c: Se combinan con un equipo semiautónomo, de forma que se les suministra aire a presión positiva y por tanto son trajes que trabajan ligeramente presurizados. (UNE-EN 943-1:2003)	Tipo 1-B
Tipo 2	También son trajes de protección frente a gases y vapores. Son equivalentes al tipo 1c, pero las costuras y uniones no son estancas. (UNE-EN 943-1:2003)	Tipo 2-B
Tipo 3	Herméticos a líquidos presurizados, en forma de chorro. (UNE-EN 14605:2005)	Tipo 3-B
Tipo 4	Herméticos a líquidos pulverizados. (UNE-EN 14605:2005)	Tipo 4-B
Tipo 5	Traje con conexiones herméticas frente a partículas sólidas suspendidas en aire. (UNE-EN ISO 13982-1:2005)	Tipo 5-B
Tipo 6	Ofrecen una protección limitada frente a salpicaduras de productos químicos líquidos. (UNE-EN 13034:2005)	Tipo 6-B
Ropa de protección parcial	Son prendas que protegen partes concretas del cuerpo. (UNE-EN 14605:2005)	Ropa de protección parcial

Tabla 1. Ropa contra agentes químicos vs ropa contra agentes biológicos

microorganismo simula al virus de la hepatitis C (VHC) en tamaño y forma, pero también puede servir para simular el virus de la hepatitis B (VHB) y del SIDA (VIH), aunque la extrapolación de los niveles de protección del material a otros agentes biológicos debería estudiarse caso a caso. La presión hidrostática va incrementándose, según una secuencia de presión y tiempo, sobre la probeta (que se halla en una celda de ensayo), en función de los resultados previos obtenidos con sangre sintética. La detección de una posible penetración del agente biológico contenido en el líquido de ensayo a través del material se hace por recuento de las colonias. El material se clasifica en distintas clases según la norma UNE-EN 14126 en base a si se ha detectado o no penetración bajo distintas condiciones de presión. (Tabla 2).

Clase	Presión hidrostática a la que el material pasa el ensayo en kPa
6	20
5	14
4	7
3	3,5
2	1,75
1	0

Tabla 2. Clasificación del material según penetración a distintas presiones

Resistencia a la penetración de agentes biológicos por contacto mecánico (roce) con sustancias que contienen líquidos contaminados

Este ensayo está descrito en el anexo A de la norma EN 14126. Simula el contacto íntimo entre la probeta de ma-

terial a ensayar y un material portador mojado con una suspensión líquida de *Staphylococcus aureus* que representa el material donante. Ambas superficies se ponen además en contacto con una placa de agar y toda la combinación sobre un disco giratorio. Un dedo mecánico se apoya sobre el material donante que ejerce una fuerza de 3 N durante 15 minutos. La detección de una posible penetración del agente biológico contenido en el material donante a través del material a ensayar se hace por recuento de las colonias de *Staphylococcus aureus* sobre la placa.

El material se clasifica en distintas clases según la norma UNE-EN 14126 en base a al tiempo que se tarda en detectar penetración bajo las condiciones de ensayo (Tabla 3).

Clase	Tiempo de paso, t (min)
6	t > 75
5	60 < t ≤ 75
4	45 < t ≤ 60
3	30 < t ≤ 45
2	15 < t ≤ 30
1	≤ 15

Tabla 3. Clasificación del material según razón de penetración de aerosoles líquidos

Resistencia a la penetración por aerosoles líquidos contaminados

Este ensayo está descrito por el proyecto de norma ISO/FDIS 22611. La probeta de material a ensayar se coloca en contacto con un filtro de membrana y la combinación se inserta en una cámara dentro de la que se pulveriza

una suspensión líquida de *Staphylococcus aureus* durante 6 minutos. La detección de una posible penetración del agente biológico contenido en el líquido pulverizado a través del material a ensayar se hace por recuento de las colonias de *Staphylococcus aureus*.

El material se clasifica en 3 clases según la norma UNE-EN 14126 en base a la razón de penetración bajo las condiciones de ensayo (Tabla 4).

Clase	Razón de penetración (log)
3	$\log > 75$
2	$3 < \log \leq 5$
1	$1 < \log \leq 3$

Tabla 4. Clasificación del material según razón de penetración de aerosoles líquidos

Resistencia a la penetración por partículas sólidas contaminadas

Este ensayo está descrito por la norma ISO/FDIS 22612. La probeta de material a ensayar se fija en la boca de un recipiente. 50 gramos de talco (95% < 15 μm) contaminado con esporas de *Bacillus subtilis* se dispersa sobre la probeta. El equipo que soporta el recipiente lo somete a un movimiento vibratorio. El talco que penetra a través de la probeta de material se recoge sobre un plato de sedimentación situado bajo ella. La detección de una posible penetración se hace un recuento de las colonias. El material se clasifica en 3 clases según la norma UNE-EN 14126 en base a la razón de penetración bajo las condiciones de ensayo (Tabla 5).

Clase	Penetración (log ufc)
3	≤ 1
2	$1 < \log \text{ ufc} \leq 2$
1	$2 < \log \text{ ufc} \leq 3$

Tabla 5. Clasificación del material según razón de penetración de aerosoles sólidos

Marcado

Por lo que se refiere al marcado, cada prenda de la ropa de protección debe contener la siguiente información:

Información general

Es la indicada por la norma UNE EN 340 y descrita con detalle en la NTP 769 (Ropa de protección: Requisitos generales) en su apartado 5 referente a marcado.

Marcado CE

Es el marcado CE de conformidad con respecto al que hay que señalar que si la ropa es únicamente de protección biológica, será un EPI de Categoría II y el marcado de conformidad de acuerdo al RD 1407/1992 será:

CE

Si la ropa proporciona además protección química, será un EPI de Categoría III y el marcado de conformidad de acuerdo al RD 1407/1992 será:

CE + número de 4 cifras

El "número de cuatro cifras" identifica al Organismo Notificado responsable del control de la producción.

Información específica

Que será la asociada a la protección contra agentes biológicos incluyendo:

- Número de la norma: UNE-EN 14126:2004 que se colocará junto al pictograma como muestra la figura 1.
- Tipo de ropa de protección (véase tabla 1), que debe incluir el sufijo "-B", ej. Tipo 6-B
- Pictograma específico de «protección contra riesgos biológicos».

La protección contra agentes biológicos y la protección química van frecuentemente asociadas en la misma prenda por lo que será frecuente encontrar ropa contra agentes biológicos que además lleve el pictograma de protección contra productos químicos.

- Pictograma de información (figura 2) que nos indica la necesidad de leer la información dada por el fabricante en el folleto informativo; la lectura y comprensión del folleto informativo es fundamental para saber cómo protege la prenda y cuales son los niveles de prestación ofrecidos, así como usar la prenda de forma adecuada de acuerdo con las pautas establecidas por el fabricante en el mismo.
- La ropa de protección de un sólo uso debe marcarse con la frase "No reutilizable". La ropa desechable es de uso extendido en protección química y biológica por lo que será frecuente encontrar ropa de estas características. Es importante que se respeten las indicaciones del fabricante a este respecto y no se reutilicen prendas que puedan estar contaminadas ya que ello puede ocasionar riesgo tanto para el usuario como para otras personas.



Figura 1. Pictograma y referencia de la norma

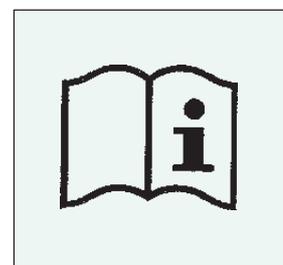


Figura 2. Pictograma de información

Información suministrada por el fabricante

La información que debe suministrar el fabricante obligatoriamente al usuario junto con la ropa de protección debe ser clara y comprensible para una persona formada. Debe estar escrita, al menos, en la lengua o lenguas oficiales del país de venta. Esta información debe acompañar a cada prenda de protección, normalmente en forma de folleto informativo, en formato papel o impreso en el embalaje siempre que éste lo permita.

La información suministrada al usuario de ropa de protección contra agentes biológicos debe ser general y específica.

Información general

Es la descrita en la norma UNE-EN 340, descrito con detalle en la NTP 769 en el apartado 4 referente a "Folleto informativo: información suministrada por el fabricante".

Información específica

Es la indicada por la norma UNE-EN 14126:2004 y debe incluir el número de la norma: UNE-EN 14126:2004, la designación del tipo, por ejemplo, Tipo 3-B y la descripción de los agentes biológicos frente a los que la ropa de protección se ha ensayado y la clasificación obtenida en forma de niveles de prestación cuando proceda. Esta información se plasmará normalmente en forma de tabla. Ver un ejemplo de cómo podría aparecer en la tabla 6.

Se deberá suministrar además toda la información correspondiente a otros niveles de prestación, como:

- Todos los demás ensayos realizados en el material de la ropa como los mecánicos (resistencia a la abrasión, resistencia de las costuras, etc.) y de resistencia a la inflamabilidad. Aparecerán de igual forma referidos los ensayos, las normas de ensayos y los niveles obtenidos. Ver ejemplo en tabla 7
- Ensayos de traje completo para la evaluación de la hermeticidad ofrecida por el diseño según sea el traje tipo 1-B, 2-B, 3-B, etc. Estos ensayos están con-

templados en la norma de ropa de protección química correspondiente. Ver ejemplo para un traje tipo 3-B en la tabla 8.

- Si la ropa ofrece también protección contra agentes químicos, la información correspondiente a los ensayos realizados en el material (permeación o penetración), los productos químicos ensayados y las clases obtenidas.

Se deberá suministrar asimismo la información necesaria para personas entrenadas con referencia a:

- Aplicación y límites de uso: Este apartado se refiere a las aplicaciones que podrían tener el traje como por ejemplo, descontaminación de suelos contaminados, aplicaciones con riesgo de exposición a sangre, etc., así como restricciones (límites de uso) como por ejemplo, «No utilizar en atmósferas inflamables o explosivas».
- Comprobaciones que debe llevar a cabo el usuario antes del uso, como por ejemplo: «Comprobar que no existen desperfectos en la ropa antes de su uso»

Ensayos de resistencia del material a la penetración por agentes biológicos	Norma de ensayo	Resultado	Nivel o clase
Resistencia a la penetración de líquidos contaminados bajo presión hidrostática por: Sangre sintética Virus ¹	ISO 16603 ISO 16604	PASA 18 kPa	CLASE 4 CLASE 5
Resistencia a la penetración de agentes biológicos por vía húmeda. (<i>Staphylococcus aureus</i>)	Anexo A, EN 14126	t = 65 min	CLASE 5
Resistencia a la penetración por aerosoles líquidos contaminados. (<i>Staphylococcus aureus</i>)	ISO 22611	PASA	CLASE 3
Resistencia a la penetración por partículas sólidas contaminadas. (<i>Bacillus subtilis</i>)	ISO 22612	PASA	CLASE 3
Otros ensayos	Norma de ensayo	Resultado	Nivel o clase
...			
¹ El ensayo se realiza con el bacteriófago Phi-X174 (simula al VHC, VHB y VIH)			

Tabla 6. Información específica sobre ensayos

Ensayos de resistencia a productos químicos	Norma de ensayo	Resultado	Nivel o clase
Resistencia a la abrasión	UNE-EN 530, método 2	> 2000 ciclos	CLASE 6
Resistencia al rasgado trapezoidal	UNE-EN ISO 9073-4	45 N	CLASE 3
Resistencia a la inflamabilidad	UNE-EN ISO 13274-4	PASA	—

Tabla 7. Información sobre otros ensayos

Ensayos de traje completo	Norma de ensayo	Resultado	Clase
Resistencia a la penetración de líquidos pulverizados	UNE-EN 468: 1995	PASA	—

Tabla 8. Información sobre ensayos de traje completo

- Colocación y ajustes, como por ejemplo: «Comprobar que la solapa que cubre de la cremallera quede bien adherida»
- Uso propiamente dicho
- Mantenimiento, limpieza y desinfección, como por ejemplo: «Lavar la ropa contaminada separadamente», «Desinfectar con una solución de hipoclorito sódico (lejía) al 0,5%», en caso de trajes desechables: «Desechar tras su uso», etc.
- Almacenamiento y eliminación tras su uso; por ejemplo: «Almacenar en un lugar seco»; «Los trajes contaminados deben ser considerados tras su uso como un residuo peligroso», etc.

3. USO Y MANTENIMIENTO

Para que la ropa de protección sea efectiva contra los agentes biológicos debe usarse correctamente y efectuar un buen mantenimiento. Hay una serie de aspectos a considerar que se comentan brevemente a continuación.

Información

Una vez evaluado el puesto de trabajo y tomadas las medidas de protección colectivas pertinentes, si hubiera que hacer uso de ropa de protección, es necesario para su correcta utilización, además de seguir las instrucciones contenidas en el folleto informativo, establecer un procedimiento normalizado de uso, que informe de manera clara y concreta sobre los siguientes aspectos: instrucciones sobre su correcto uso; limitaciones de uso, en caso de que las hubiera; e instrucciones de almacenamiento.

Inspección

Hay que revisar la ropa de protección antes de su utilización para poder detectar si hay alguna anomalía, como un envejecimiento prematuro o una degradación que pueden manifestarse por un cambio de color o de aspecto (pequeñas grietas, descamación, manchas negras u olores).

La ropa de protección deteriorada pierde sus propiedades de protección; en consecuencia, si está estropeada no protege y además puede presentar contaminación. En conclusión, debe de ser inmediatamente eliminada.

Utilización

Una vez determinado el tipo de ropa de protección a utilizar en cada puesto de trabajo, hay que tener en cuenta que muchas veces puede no ser la adecuada para otro tipo de trabajo, en teoría parecido o equivalente.

Hay que evitar cualquier contacto físico de las distintas partes del cuerpo con la ropa usada que se haya podido contaminar o manchar.

Compartir la ropa de protección podría favorecer la transmisión de infecciones, para lo cual se establece que su uso sea personal.

Limpieza y descontaminación de la ropa de protección reutilizable

Hay que lavar la ropa de protección según las instrucciones del fabricante. La ropa de protección nunca debe lavarse en casa. Se recomienda quitarse la ropa de protección lo antes posible y sin tocar la superficie exterior

ya que se tratará normalmente de la parte contaminada. En la descontaminación de la ropa de protección hay que tener la precaución de que no quede ninguna partícula del agente contaminante retenida antes de volver a utilizarla. La ropa de protección debe descontaminarse respetando las instrucciones del folleto informativo. Un método general recomendado suele ser usar agua y jabón con hipoclorito sódico (lejía comercial) para llegar a formar una solución del 0.5% siendo aproximadamente una parte de lejía y diez de agua.

Eliminación de la ropa usada o contaminada

La ropa de protección usada que, o bien no tiene las prestaciones necesarias para ser utilizada como tal (envejecimiento) o bien está contaminada, se eliminará, debiéndose tratar como un residuo biológico.

4. SELECCIÓN DE LA ROPA DE PROTECCIÓN

La adecuada selección de una prenda de protección contra agentes biológicos previene el contacto directo con el material infectado y así evita de manera efectiva la contaminación. Los aspectos principales que deben seguirse a la hora de seleccionar una ropa de protección, aparte de lo ya mencionado anteriormente son las siguientes: resistencia, calidad, comodidad y aspecto económico.

La *resistencia* es un factor muy importante en la eficacia del material de barrera que se utiliza en la ropa de protección. Las condiciones del puesto de trabajo y la calidad del traje son primordiales para que siga brindando la protección debida durante todo el tiempo que dura la actividad.

La *calidad* no viene marcada solamente por el material con el cual se ha confeccionado la ropa de protección sino que es muy importante la confección. En este caso engloba las costuras, el sistema de cierre (cremallera), la talla y los controles de calidad a que se ha sometido. Se considera que las costuras son una parte sumamente importante dentro del criterio de calidad ya que una prenda sólo ofrece un nivel de protección excelente si la barrera de las costuras es igual a la del material.

La *comodidad* viene marcada por la perfecta adaptación de la ropa de protección al cuerpo del usuario. Pero también por el diseño, el material con el cual está fabricada, la movilidad, el tacto y el peso. Dichas prendas deben ser fáciles de poner y de quitar, siendo este factor especialmente importante cuando se vayan a utilizar en situaciones de emergencia.

El *aspecto económico* no debería ser un factor determinante cuando se vaya a elegir una prenda de protección, aunque debe reconocerse que si se utilizan materiales de calidad y una confección más precisa y de calidad ello se traduce en una prenda más cara. Antes de tomar una decisión en la elección de la ropa de protección hay que hacer un estudio sobre el coste de la prenda y el beneficio total que puede representar la elección de una prenda u otra.

La evaluación del riesgo debe ser un análisis completo realizado por personal cualificado, ya que en un puesto de trabajo suele haber más de un riesgo, como pueden ser los de tipo mecánico, eléctrico, térmico y también los ligados a las distintas radiaciones (ultravioleta, infrarrojas, láser...). En la elección de la ropa de protección hay que tener en cuenta todos estos riesgos.

5. RECOMENDACIONES

La protección proporcionada por la ropa de protección contra agentes biológicos será efectiva y duradera si se siguen unas sencillas reglas o recomendaciones que se describen a continuación.

Es importante que la ropa de protección tenga, durante el tiempo de uso previsto, su posicionamiento correcto y no tenga presente desplazamientos indeseados, teniendo en cuenta los movimientos y posturas que pueden adoptarse durante el trabajo. La ropa de protección debe asegurar que ninguna parte del cuerpo quede al descubierto como consecuencia de los movimientos del usuario. Por ejemplo, que la chaqueta quede siempre superpuesta a los pantalones y que al levantar los brazos o al agacharse no quede ninguna parte del cuerpo al descubierto.

Debe tenerse en cuenta que cuando se usen otros equipos de protección junto con la ropa de protección deben considerarse como un equipo de protección global. Por

ejemplo, guantes y mangas, perneras y zapatos, y capuces y equipos respiratorios.

Debe tenerse en cuenta también que el envejecimiento de la ropa de protección puede alterar sus prestaciones, como la resistencia a la penetración a los agentes biológicos o a los productos químicos, entre otras.

El seguimiento de unas buenas prácticas de trabajo que sean seguras y establecidas de antemano, son primordiales para protegerse a sí mismo y limitar la propagación de la infección.

Las prácticas principales que hay que establecer son:

- Mantener las manos alejadas de la cara.
- Limitar el contacto con superficies.
- Cambiar los guantes si se rompen o están demasiado contaminados.
- Efectuar la higiene de las manos inmediatamente después de quitarse cualquier prenda de protección.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **Real Decreto 1407/1992**, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- (2) **Real Decreto 159/1995**, de 3 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1407/1992, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación de los equipos de protección individual.
- (3) **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.
- (4) **Real Decreto 773/1997**, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- (5) **Directiva 2000/54/CE**, de 18 de septiembre, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, publicada en DOCE el 17.10.2000.
- (6) **UNE-EN 943-2:2002**, Ropa de protección contra productos químicos líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Parte 2: Requisitos de prestaciones de los trajes de protección química, herméticos a gases (Tipo 1), destinados a equipos de emergencia (ET).
- (7) **UNE-EN 340:2004**, Ropas de protección. Requisitos generales.
- (8) **UNE-EN 14325:2004**, Ropa de protección contra productos químicos. Métodos de ensayo y clasificación de las prestaciones de los materiales, costuras, uniones y ensamblajes de la ropa de protección contra productos químicos.
- (9) **UNE-EN 14605:2005**, Ropa de protección contra productos químicos líquidos. Requisitos de prestaciones para la ropa con uniones herméticas a los líquidos (Tipo 3) o con uniones herméticas a las pulverizaciones (Tipo 4), incluyendo las prendas que ofrecen protección únicamente a ciertas partes del cuerpo (Tipos PB [3] y PB [4]).
- (10) **UNE-EN 13034:2005**, Ropa de protección contra productos químicos líquidos. Requisitos de prestaciones para la ropa de protección química que ofrece protección limitada contra productos químicos líquidos (equipos del tipo 6 y de tipo PB(6)).
- (11) **UNE-EN 943-1:2003/AC: 2006**, Ropa de protección contra productos químicos líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Parte 1: Requisitos de prestaciones de los trajes de protección química, ventilados y no ventilados, herméticos a gases (Tipo 1) y no herméticos a gases (Tipo 2).
- (12) **UNE-EN 14126:2004/AC: 2006**, Ropa de protección. Requisitos y métodos de ensayo para la ropa de protección contra agentes biológicos.
- (13) Guidelines on the application of Council Directive 89/686/EEC of 21 December 1989 on the approximation of the laws of the member states relating to personal protective equipment (17 July 2006).

- (14) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Notas Técnicas de Prevención (n° 571, 572, 747, 769).
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- (15) CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC).
Interim recomendations for the selection and use of protective clothing and respirators against biological agents,
2001. <http://www.cdc.gov/niosh/unp-intrecppe.htm>
- (16) CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC)
Guidance for the selection and use of personal protective equipment (PPE) in healthcare settings,
2004. <http://www.cdc.gov/>
- (17) INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITÉ (INRS).
Fiche pratique de sécurité. ED 127
2006. <http://www.inrs.fr/>

Equipos de protección individual de pies y piernas. Calzado. Generalidades

*Personal protective equipment for foot and leg. Footwear. General.
Equipement de protection individuelle pour pied et jambe. Chaussure. General.*

Redactores:

Antonia Hernández Castañeda
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
MEDIOS DE PROTECCIÓN

Esta NTP pretende dar una información general sobre calzado para la protección de pies y piernas. Se hace mención a los diferentes aspectos que participan en la construcción y su repercusión en la función de protección.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Complementada por la NTP 813.

1. INTRODUCCIÓN

Según establece el Real Decreto 1407/92 (transposición de la Directiva Europea 89/686/CEE, referente a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros, relativas a los equipos de protección individual), la protección de los trabajadores hace necesario fijar las condiciones que deben cumplir los equipos de protección individual, desde su diseño y fabricación hasta su comercialización y, paralelamente, establecer las disposiciones mínimas de seguridad y salud para su utilización por los trabajadores en el lugar de trabajo.

El RD 1407/92 es aplicable a todos los equipos de protección individual (en adelante EPI), tanto de uso laboral como no laboral, que respondan a la definición de EPI: *cualquier dispositivo o medio que vaya a llevar o del que vaya a disponer una persona, con el objetivo de que la proteja contra uno o varios riesgos que puedan amenazar su salud y seguridad.*

Por tanto, el calzado utilizado en el desempeño de una actividad laboral, destinado a proteger frente a determinados riesgos, se considera equipo de protección individual según el Real Decreto 1407/1992.

Quedan excluidos del ámbito de aplicación de este Real Decreto los siguientes equipos de protección de pies y piernas:

- Los equipos y sus accesorios (desmontables o no) de uso particular o deportivo, diseñados y fabricados para proteger contra las condiciones atmosféricas.
- Los equipos y sus accesorios (desmontables o no) diseñados y fabricados específicamente para las fuerzas armadas o de orden público, incluidos los equipos de protección biológica o contra las radiaciones ionizantes.
- Cualquier tipo de calzado (en particular deportivo) que vaya equipado con elementos destinados a amortiguar golpes debidos a la marcha, la carrera, etc., o a proporcionar adherencia o estabilidad.

2. RIESGOS CONTRA LOS QUE PROTEGEN LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN DE PIES Y PIERNAS

Los riesgos contra los que protegen los EPI de pies y piernas se podrían clasificar en tres grupos, según el tipo de daño, como se observa en la tabla 1.

Daños sufridos en el pie, causados por acciones exteriores	
Riesgos	Causas y tipos de riesgos
Mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Caídas de objetos sobre: <ul style="list-style-type: none"> - la parte delantera del pie - el metatarso • Caída y golpe sobre el talón • Pisar objetos punzantes o cortantes • Corte
Térmicos	<ul style="list-style-type: none"> • Ambientes o superficies frías o calientes • Proyección de metal fundido
Químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Líquidos o polvos agresivos
Por radiaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Radiación ultravioleta • Sustancias radiactivas
Daños sobre las personas, causados por acción directa sobre el pie	
Riesgos	Causas y tipos de riesgos
Mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Caídas a nivel, deslizamiento
Eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Choque eléctrico • Descargas electrostáticas
Daños causados por el equipo	
Riesgos	Causas y tipos de riesgos
Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Alergias, irritaciones, desarrollo de gérmenes patógenos • Mala transpiración, penetración de humedad
Otros riesgos	<ul style="list-style-type: none"> • Mala adaptación al pie, rigidez, peso • Luxaciones, torceduras

Tabla 1. Riesgos contra los que protegen los equipos de protección de pies y piernas

Tipo de riesgo	Elemento de protección
Riesgos mecánicos <ul style="list-style-type: none"> • Caída de objetos en la puntera • Caídas de objetos en el metatarso • Atrapamiento (aplastamiento) del pie • Caída e impacto sobre el talón • Caída por deslizamiento • Marcha sobre objetos punzantes y cortantes • Corte por sierra 	<ul style="list-style-type: none"> • Tope de seguridad o protección • Protector del metatarso • Tope de seguridad o protección • Tacón absorbedor de energía • Suela antideslizante • Plantilla resistente a la perforación • Empeine resistente al corte
Riesgos eléctricos <ul style="list-style-type: none"> • Contacto eléctrico • Descarga electrostática 	<ul style="list-style-type: none"> • Calzado aislante de la electricidad • Suela conductora, suela antiestática
Riesgos químicos <ul style="list-style-type: none"> • Ácidos, bases, disolventes, hidrocarburos, ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelas y empeines resistentes e impermeables
Riesgos térmicos <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente frío • Ambiente caluroso • Contacto con una superficie caliente • Proyección de metal fundido • Lucha contra el fuego 	<ul style="list-style-type: none"> • Suela aislante del frío • Suela aislante del calor • Suela resistente al calor por contacto • Empeine resistente a proyecciones de metal fundido • Suelas y empeines adaptados a la lucha contra el fuego

Tabla 2. Elementos de protección

3. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

La protección ofrecida por el calzado se debe tanto a las características de los materiales empleados en su fabricación como a la incorporación de ciertos elementos destinados a proteger de riesgos concretos. En la tabla 2 se indican, de forma no exhaustiva, algunos de estos elementos.

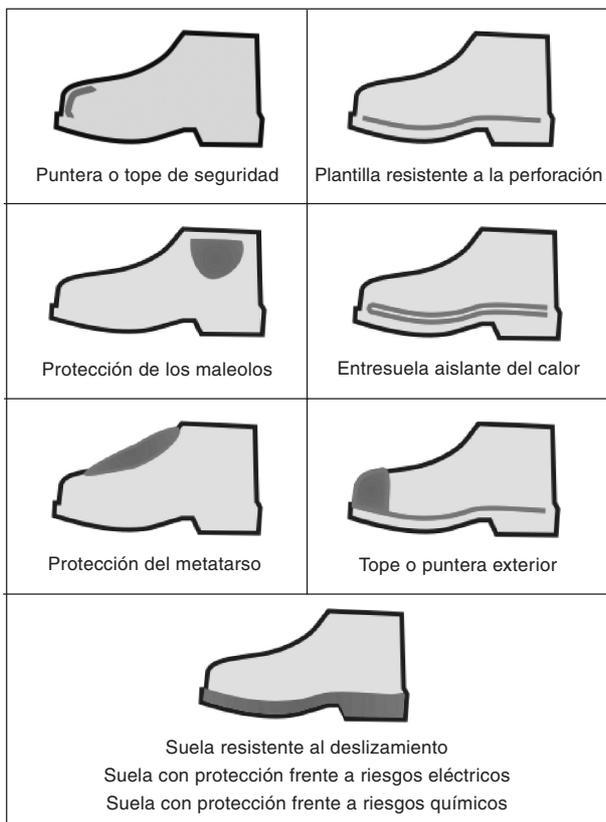


Figura 1. Elementos de protección

En la figura 1 se presentan de forma gráfica algunos de los elementos de protección mencionados anteriormente.

4. DISEÑO

La parte de la pierna que queda protegida por el calzado dependerá de la altura de la caña que éste presente. Así se pueden encontrar (según queda definido en las normas correspondientes) los diseños que se indican en la figura 2.

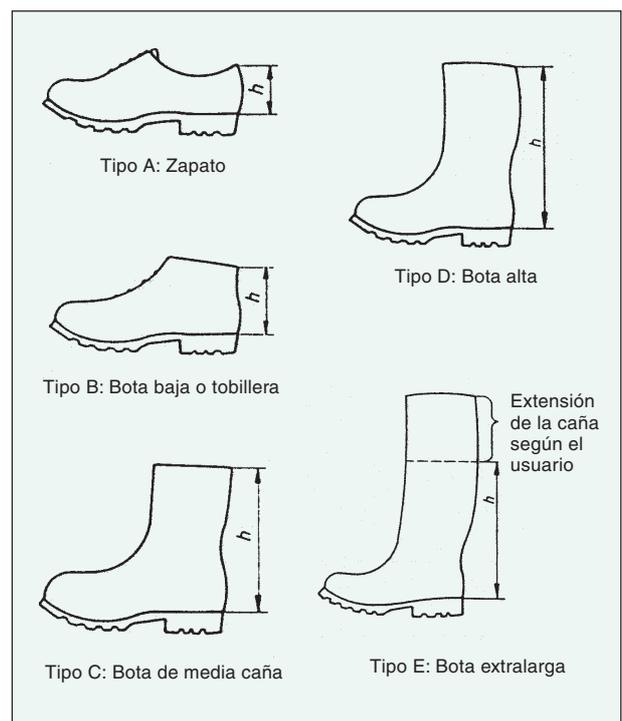


Figura 2. Diseños de calzados

5. TIPOS Y CLASES DE CALZADO

Se distinguen tres tipos de calzados: de seguridad, de protección y de trabajo. Cada uno de ellos puede fabricarse en distintos materiales.

Calzado de seguridad

Calzado que incorpora elementos para proteger al usuario de riesgos que puedan originar accidentes, equipado con tope de seguridad, diseñado para ofrecer protección contra el impacto cuando se ensaya con un nivel de energía de, al menos, 200 J y contra la compresión cuando se ensaya con una carga de al menos 15 kN.

Calzado de protección

Calzado que incorpora elementos para proteger al usuario de riesgos que puedan originar accidentes, equipado con tope de seguridad, diseñado para ofrecer protección contra el impacto cuando se ensaya con un nivel de energía de, al menos, 100 J y contra la compresión cuando se ensaya con una carga de al menos 10 kN.

Calzado de trabajo

Calzado que incorpora elementos para proteger al usuario de riesgos que puedan dar lugar a accidentes. No garantiza protección contra el impacto y la compresión en la parte delantera del pie.

Materiales de fabricación

Dependiendo del material de fabricación, se distinguen dos clasificaciones:

- Clasificación I: calzado fabricado con cuero y otros materiales, excluidos calzados todo de caucho o todo polimérico.
- Clasificación II: calzado todo de caucho (por ejemplo, completamente vulcanizado) o todo polimérico (por ejemplo, completamente moldeado).

Cualquiera de los tres tipos, con las dos clasificaciones posibles, tiene una serie de prestaciones que les permiten ofrecer protección frente a diversos riesgos.

6. CRITERIOS DE SELECCIÓN

La selección del equipo se llevará a cabo una vez que hayan sido definidos los riesgos presentes en el lugar de trabajo.

Se puede tomar como base una lista de control donde, en función de los riesgos, se decidirá el tipo de equipo y el nivel de protección requerido. Posteriormente se estudiarán los equipos certificados existentes en el mercado, que cumplan los requisitos exigidos, para proceder a su selección.

Siempre que fuese posible, se debería probar el equipo en el lugar de trabajo.

Habría que tener en cuenta la morfología de los usuarios,

por lo que será conveniente conocer la diversidad de formas y tallas ofrecidas.

7. RECOMENDACIONES DE USO Y MANTENIMIENTO

Existen determinadas situaciones o condiciones de uso que pueden alterar las prestaciones iniciales del calzado:

- Envejecimiento debido al uso, humedad y temperatura ambientales, etc.;
- Acciones mecánicas, térmicas o químicas;
- Almacenamiento, limpieza y mantenimiento inadecuados;
- Mala elección y utilización.

El usuario debería tener en cuenta, entre otros, los aspectos relativos al plazo de caducidad y vida útil, la reutilización y el mantenimiento del calzado.

Plazo de caducidad y vida útil

El plazo de caducidad es un dato aportado por el fabricante que se refiere al calzado sin utilizar, esto es, en su embalaje original y almacenado en las condiciones que especifica el fabricante. La vida útil depende de las condiciones de trabajo y mantenimiento, por lo que no es un dato que pueda estimarse a priori. Cada ejemplar debe ser examinado regularmente y cuando se observe alguna deficiencia (suela desgastada, deterioro, deformación o caña descosida, etc.) deberá ser reemplazado o arreglado, siempre que el arreglo no modifique el grado de protección ofrecido por el calzado nuevo.

Reutilización del calzado

El calzado de cuero adopta la forma del pie del usuario, por este motivo y por las evidentes razones de higiene, debería prohibirse la utilización del mismo par de calzados de cuero por más de una persona.

El calzado de goma o de materia plástica podría, en casos excepcionales, ser utilizado por más de una persona, siempre que se lleve a cabo una minuciosa limpieza y desinfección del mismo. Cuando el calzado pueda ser usado por más de una persona deberá indicarse claramente la necesidad de la desinfección.

Mantenimiento

El fabricante deberá indicar los productos de limpieza adecuados.

El calzado húmedo debería almacenarse de tal manera que se permita su secado, evitando su colocación cerca de fuentes de calor.

Es imprescindible observar unas mínimas medidas de higiene, lo que debería incluir el cambio de calzado y calcetines. En casos de transpiración considerable puede ocurrir que el sudor absorbido no se elimine durante el tiempo de descanso, por lo que sería aconsejable utilizar alternativamente dos pares de calzados.

BIBLIOGRAFÍA

Real Decreto 1407/92, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. B.O.E. núm. 311, de 28 de diciembre.

Les articles chaussants de protection, edition INRS ED 811, 2^a édition avril 2000. ISBN 2-7389-0416-5.

BGR 191 Benutzung von Fu -und Beinschutz, Juli 2000 (BG Rules. Utilisation of Footwear and Leg Protection, July 2000).

AS/NZS 2210.1:1994 Occupational protective footwear. Part 1: Guide to selection, care and use.

UNE-EN ISO 20345:2005 “Equipos de protección individual – Calzado de seguridad”.

UNE-EN ISO 20346:2005 “Equipos de protección individual – Calzado de protección”.

UNE-EN ISO 20347:2005 “Equipos de protección individual – Calzado de trabajo”

Sistemas anticaídas. Componentes y elementos

Systèmes d'arrêt des chutes. Composants et éléments
Fall arrest systems. Components and elements

Redactor:

Rafael Cano Gordo
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
MEDIOS DE PROTECCIÓN

Esta NTP pretende describir de forma resumida las principales características de diseño, materiales y funcionamiento de los componentes de un sistema anticaídas.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Un sistema anticaídas tiene como objetivo conseguir la parada segura del trabajador que cae. Dicho de forma más concreta el objetivo mencionado implica que, en primer lugar, debe conseguirse que la distancia vertical recorrida por el cuerpo a consecuencia de la caída sea la mínima posible, que a continuación debe producirse el frenado de la caída en las condiciones menos perjudiciales para el trabajador y que, finalmente, debe garantizarse su mantenimiento en suspensión y sin daño hasta la llegada del auxilio.

En relación con los sistemas anticaídas conviene tener presente las siguientes consideraciones de carácter general:

- La existencia de una amplia gama de equipos (clases) diferentes comercializados, provistos de manual de instrucciones, marcados y embalados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que ninguno de estos equipos garantiza, por sí solo, la protección eficaz contra una caída de altura.
- La posibilidad de encontrar una amplia gama de tipos dentro de cada clase. Cada uno de estos tipos está diseñado para proporcionar unas determinadas prestaciones y al mismo tiempo tiene sus correspondientes limitaciones de uso. Las figuras incluidas en el texto de esta nota técnica recogen algunos de estos posibles tipos.
- La necesaria compatibilidad entre equipos derivada de la existencia de diferentes clases de equipos. Sólo está garantizada la parada segura de la caída cuando se utilizan aquellos conjuntos formados por equipos conectados entre sí de forma compatible.
- En la selección del sistema anticaídas adecuado deben considerarse sus características de diseño y de comportamiento en caso de caída, la presencia de obstáculos en las proximidades, la libertad de movimientos requerida por el trabajador para la ejecución de la tarea y la situación del punto de anclaje.

Como consecuencia, un sistema anticaídas adecuado en una situación de riesgo puede ser ineficaz en otra.

2. LOS SISTEMAS ANTICAÍDAS

La tercera consideración general citada en el apartado anterior establece la necesidad de utilizar un conjunto de equipos compatibles entre sí. A dicho conjunto se le denomina sistema anticaídas y cada uno de los equipos que lo forman es un componente de dicho sistema.

Un componente es un equipo que el fabricante comercializa provisto de marcado y embalaje y acompañado de la correspondiente información proporcionada por el fabricante. Como ejemplos de componentes pueden citarse, entre otros, los arneses anticaídas, los dispositivos anticaídas retráctiles y los conectores.

Cada componente está formado, a su vez, por diferentes partes constituyentes a las que se les denomina elementos. Como ejemplos de estos elementos pueden mencionarse, entre otros, los cables, cuerdas y bandas, los elementos de enganche, los elementos de ajuste y cierre, los reguladores de longitud, los lastres y los tensores.

De forma general, puede decirse que un sistema anticaídas está formado por un dispositivo de presión del cuerpo y un subsistema de conexión (figura 1).

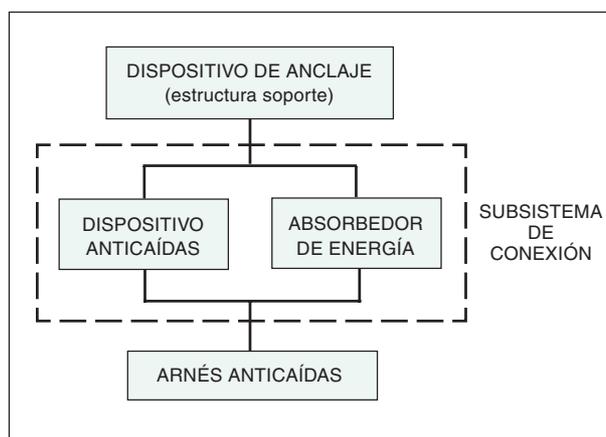


Figura 1. Compatibilidad

El arnés anticaídas es el dispositivo de prensión cuya misión es retener el cuerpo que cae y garantizar la posición correcta de la persona una vez producida la parada de la caída.

El subsistema de conexión permite enganchar el arnés anticaídas al dispositivo de anclaje situado en la estructura soporte. Está formado por un dispositivo de parada y los conectores adecuados situados en cada extremo del subsistema.

El subsistema de conexión es el responsable de conseguir que la distancia vertical recorrida por el cuerpo en la caída sea la mínima posible y la fuerza transmitida al cuerpo durante el frenado de la misma no supere el valor límite capaz de producir lesiones corporales.

Como dispositivo de parada se puede emplear un dispositivo anticaídas o un absorbedor de energía. Los dispositivos anticaídas pueden ser, a su vez, deslizantes (sobre línea de anclaje rígida o flexible) o retráctiles.

El uso de un sistema anticaídas requiere la comprobación previa de la existencia de un espacio libre de cualquier obstáculo, situado por debajo de la posición ocupada por el usuario, que sea suficiente para que en caso de caída dicho usuario no esté expuesto al riesgo de choque.

3. ARNÉS ANTICAÍDAS

Es un dispositivo de prensión del cuerpo formado por bandas textiles situadas sobre los hombros y en la región pelviana de forma que permitan sostener el cuerpo durante la caída y después de producirse ésta (figura 2).



Figura 2. Ejemplo de arnés anticaídas

Las bandas textiles están dispuestas de forma que los esfuerzos generados durante la parada de la caída se apliquen sobre las zonas del cuerpo que presentan resistencia suficiente y que, una vez que la caída ha sido parada, el cuerpo quede con la cabeza hacia arriba y un ángulo de inclinación máximo de 50° respecto de la vertical.

Las bandas textiles pueden estar fabricadas de poliamida, poliéster o cualquier otro material adecuado para el uso previsto.

La unión de las bandas textiles entre sí o con otros elementos constituyentes del arnés anticaídas se efectúa mediante costuras cuyos hilos tienen un color o tono que contrasta con el de las bandas textiles. Esta cualidad de los hilos de las costuras facilita la revisión visual de su estado.

En las partes anterior y posterior del arnés anticaídas pueden encontrarse elementos de enganche que, durante el uso del equipo, deben quedar situados por encima del centro de gravedad del cuerpo. El elemento de enganche dorsal está constituido por una argolla metálica en D. El elemento de enganche pectoral puede consistir en dos gazas textiles o dos argollas metálicas que han de utilizarse conjuntamente con un conector.

Ante la posibilidad de que el arnés anticaídas disponga de varios elementos de enganche debe conocerse con precisión el uso para el que está previsto cada uno de ellos y la forma correcta en la que debe hacerse la conexión con otros equipos. Dicho de otra forma, el usuario debe distinguir con claridad los elementos de enganche previstos para formar parte de un sistema anticaídas de aquéllos que están diseñados para otros usos.

El arnés anticaídas debe colocarse, fijarse y ajustarse correctamente sobre el cuerpo. Su colocación requiere que el usuario sea previamente adiestrado. Su fijación se consigue mediante unos elementos de ajuste y cierre diseñados de forma que las bandas del arnés no se aflojen por sí solas. Para su ajuste correcto, las bandas no deben quedar ni demasiado sueltas ni demasiado apretadas.

4. DISPOSITIVO ANTICAÍDAS DESLIZANTE SOBRE LÍNEA DE ANCLAJE RÍGIDA O FLEXIBLE

Es un subsistema de conexión formado por un dispositivo anticaídas deslizante, una línea de anclaje rígida o flexible y un conector o un elemento de amarre terminado en un conector (figuras 3 y 4).

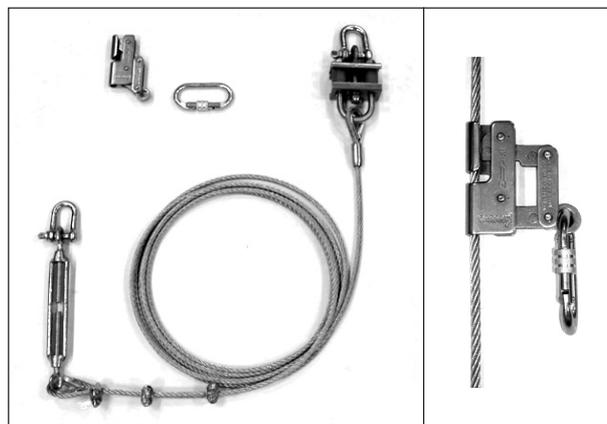


Figura 3. Ejemplo de dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje rígida

El dispositivo anticaídas deslizante es un elemento que dispone de una función de bloqueo automático y de un mecanismo de guía. Dicho dispositivo anticaídas se desliza a lo largo de su línea de anclaje, acompañando al usuario sin requerir su intervención manual, durante los cambios de posición hacia arriba o hacia abajo y se bloquea automáticamente sobre la línea de anclaje cuando se produce una caída dando lugar a la correspondiente disipación de energía. Esta disipación se produce por la acción conjunta del dispositivo anticaídas deslizante y la línea de anclaje, o bien, mediante ciertos elementos incorporados en la línea de anclaje o en el elemento de amarre.

Los dispositivos anticaídas deslizantes pueden estar dotados de un mecanismo para su apertura que además cumple la condición de que sólo puede abrirse o cerrarse.

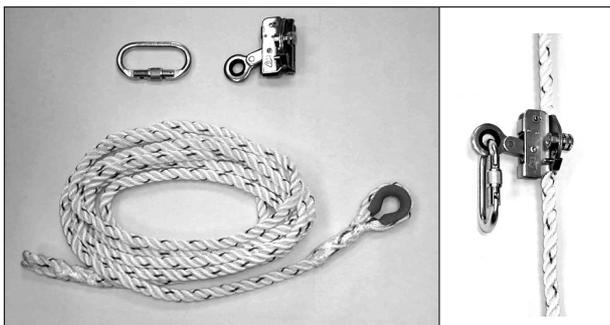


Figura 4. Ejemplo de dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible

se mediante dos acciones manuales consecutivas y voluntarias.

Estos dispositivos anticaídas pueden estar diseñados para engancharse directamente al arnés anticaídas utilizando un conector que puede estar unido de modo permanente o ser separable del dispositivo anticaídas.

En otros casos la conexión con el arnés anticaídas se efectúa mediante un elemento de amarre solidario por uno de sus extremos con el dispositivo anticaídas mientras que el otro extremo se engancha al arnés anticaídas mediante un conector solidario o separable.

El elemento de amarre puede estar fabricado con cuerda o banda de fibras sintéticas, cable metálico o cadena.

La línea de anclaje rígida puede estar constituida por un riel o por un cable metálico y está prevista para ser fijada a una estructura de forma que sus movimientos laterales estén limitados. Si la línea de anclaje rígida está formada por un cable, debe estar firmemente asegurada y tensa sobre una estructura.

La línea de anclaje flexible puede estar constituida por una cuerda de fibras sintéticas o por un cable metálico.

En su caso, el extremo superior de la línea de anclaje está provisto de una terminación adecuada (por ejemplo, una gaza injerida o anudada en el caso de cuerdas o un casquillo embutido en el caso de cables) para que dicha línea pueda ser fijada a un dispositivo de anclaje situado en la estructura soporte.

El extremo inferior de la línea de anclaje flexible puede llevar un lastre para mantener tensa la línea.

El dispositivo anticaídas deslizante sólo puede ser empleado en la línea de anclaje rígida o flexible para la que ha sido previsto.

5. DISPOSITIVO ANTICAÍDAS RETRÁCTIL

Es un dispositivo anticaídas que dispone de una función de bloqueo automático y de un mecanismo automático de tensión y retroceso del elemento de amarre de forma que se consigue un elemento de amarre retráctil (fig. 5). El propio dispositivo puede integrar un medio de disipación de energía o bien incorporar un elemento de absorción de energía en el elemento de amarre retráctil.

Está constituido por un tambor sobre el que se enrolla y desenrolla un elemento de amarre y está pro-



Figura 5. Ejemplo de dispositivo anticaídas retráctil

visto de un mecanismo capaz de mantener tenso dicho elemento. Como consecuencia de la caída, la velocidad de desenrollamiento alcanzará un valor umbral para el cual entra en acción un mecanismo de frenado que se opone a dicho desenrollamiento.

Estos dispositivos permiten al usuario efectuar desplazamientos laterales, siempre que el ángulo de alejamiento, medido respecto de la vertical que pasa por el punto de anclaje del dispositivo, no supere el valor máximo de diseño para el cual está asegurado el correcto funcionamiento de sus mecanismos.

El elemento de amarre puede ser un cable metálico, una banda o una cuerda de fibras sintéticas y presentar diferentes longitudes. En su extremo libre está situado un conector pivotante para su enganche al arnés anticaídas.

6. ABSORBEDOR DE ENERGÍA CON ELEMENTO DE AMARRE INCORPORADO

Es un equipo constituido por un elemento de amarre que lleva incorporado un elemento de absorción de energía (en el caso más general se trata de dos cintas textiles imbricadas o cosidas constituyendo una única pieza que se presenta plegada sobre sí misma y enfundada en un material plástico). La disipación de energía se consigue mediante la rotura de los hilos. La longitud total del referido conjunto no es superior a dos metros, incluyendo los conectores situados en cada extremo (figura 6).

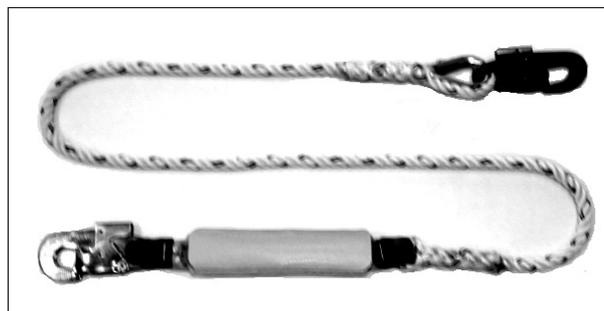


Figura 6. Ejemplo de absorbedor de energía con elemento de amarre incorporado

El elemento de amarre puede ser un cable metálico, una banda o una cuerda de fibras sintéticas y su longitud puede ser fija o regulable. Es posible además disponer de absorbedores de energía con dos elementos de amarre incorporados. La conexión con el dispositivo de anclaje y con el arnés anticaídas se efectúa mediante los correspondientes conectores, que pueden ser separables o solidarios.

7. CONECTOR

Es un equipo metálico provisto de apertura que se utiliza para enganchar entre sí los diferentes componentes del sistema anticaídas y para su conexión al dispositivo de anclaje situado en la estructura soporte (figura 7).

Es posible disponer de conectores con diferentes aberturas para que pueda realizarse una conexión segura a la estructura soporte.

Un conector puede adquirirse como componente independiente o suministrarse integrado en el dispositivo de parada.

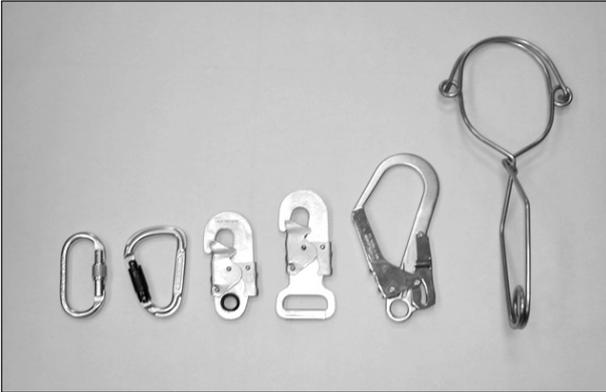


Figura 7. Ejemplos de conector

Los conectores pueden ser de cierre automático o de cierre de rosca. Un cierre es automático cuando es capaz de volver por sí mismo a la posición de conector cerrado cuando el usuario lo libera desde cualquier posición de apertura. Por el contrario un cierre de rosca requiere la acción manual del usuario para desplazar la tuerca a su posición de conector cerrado (en esta posición las roscas no son visibles).

Los conectores de cierre automático disponen de un mecanismo para el bloqueo del cierre que puede actuar automáticamente o mediante la acción manual del usuario. Para realizar una conexión segura es imprescindible que una vez cerrado el conector se proceda a su bloqueo. Para abrir los conectores de cierre automático el usuario debe efectuar dos acciones manuales deliberadas y diferentes, como mínimo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) UNE-EN 353-1:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura. Parte 1: Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje rígida
- (2) UNE-EN 353-2:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura. Parte 2: Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje flexible
- (3) UNE-EN 355:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura. Absorbedores de energía
- (4) UNE-EN 360:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas retráctiles
- (5) UNE-EN 361:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura. Arnéses anticaídas
- (6) UNE-EN 362:2005
Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores
- (7) UNE-EN 363:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura. Sistemas anticaídas

Riesgos higiénicos de los trabajadores de estaciones de servicio

Risques hygiéniques des travailleurs des stations de service
Hygienic risks of the service stations' workers

Redactoras:

M^a Gracia Rosell Farrás
Ingeniero Técnico Químico

Núria Jiménez Simón
Licenciada en Farmacia

Susana Torrado del Rey
Licenciada en Ciencias Químicas

SERVICIO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES DE CEDIPSA (CEPSA)

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La gasolina es una mezcla compleja de compuestos, principalmente parafinas, olefinas, naftenos e hidrocarburos aromáticos, con un número de átomos de carbono que va de 4 a 12 y un punto de ebullición en el intervalo de 25 a 210 °C, mientras que el gasóleo es una mezcla de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, aromáticos, policíclicos aromáticos y nafténicos con un número de átomos de carbono comprendido entre 9 y 20 y un punto de ebullición en el intervalo de 150 a 380 °C. Su composición puede variar dependiendo del origen del crudo y del proceso de refinado.

El estudio de la exposición laboral de los trabajadores de estaciones de servicio a compuestos orgánicos volátiles (COVs) se basa principalmente en el control de la exposición a vapores de gasolina, que por sus características y composición son los que están presentes en concentraciones más elevadas en el ambiente, y más concretamente se centra en la determinación de hidrocarburos alifáticos (nº de carbonos C₅ a C₇, especialmente el n-hexano) y de benceno, tolueno y xilenos (BTX). Otros compuestos de interés de la gasolina, desde el punto de vista toxicológico, son el metil ter-butil éter (MTBE) y el etil ter-butil éter (ETBE) utilizados como aditivos a unos niveles de concentración entre el 2 y 11% con el objetivo de reemplazar el plomo orgánico y el benceno como anti-detonantes y así poder reducir la concentración en hidrocarburos aromáticos.

En las tiendas de las estaciones de servicio, además, se puede detectar la presencia de productos de limpieza, principalmente isopropanol, etanol, limoneno y otras sustancias utilizadas como ambientadores. Teniendo en cuenta que en la mayoría de estaciones de servicio el suministro es auto servicio por parte del cliente y que los trabajadores pasan gran parte de la jornada laboral en el interior de las tiendas, hay que considerar también la calidad del aire en éstas.

Los niveles de exposición de los trabajadores a vapores de gasolina han ido disminuyendo a lo largo de estos últimos años, acercándose a los niveles de la población general, que está expuesta a las mismas sustancias provenientes en gran parte de la actividad industrial, el tráfico y el tabaco. Las causas principales de esta disminución son:

- la transformación de las estaciones de servicio a la modalidad de auto servicio.
- la limitación, por parte de la legislación europea, del contenido máximo de benceno en las gasolinas.
- la obligatoriedad de adoptar medidas para limitar la emisión de vapores de gasolina en la descarga de cisternas y en el suministro de vehículos.

Los resultados obtenidos en estudios realizados por el INSHT para determinar el nivel de contaminación de fondo de estos contaminantes en aire interior y exterior y así poder establecer un nivel a partir del cual la contaminación se pueda atribuir a la exposición laboral están descritos en la tabla 1.

Compuestos	Exterior		Interior	
	nº muestras	Valores max /min en µg/m ³	nº muestras	Valores max /min en µg/m ³
Benceno	218	< 1 – 12,4	235	< 1 - 21
Tolueno	217	< 1 – 173,9	234	1.1 – 261,2
Xilenos	213	< 1 – 95,5	232	< 1 – 175,7

Tabla 1. Valores de BTX en ambientes exteriores e interiores

2. TOXICIDAD

Teniendo en cuenta la documentación de la “American Conference Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)” en la que se exponen los aspectos toxicológicos de la gasolina (n° CAS 86290-81-5) para establecer los valores límite ambientales TLV-TWA descritos en la “Documentation of Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices” y publicados en el 2002 se deduce que:

- El riesgo intrínseco de la gasolina para la salud humana es alto debido a su gran volatilidad. La vía de entrada inhalatoria es la más importante en la exposición laboral, aunque también lo es la vía dérmica.
- A concentraciones elevadas la gasolina se comporta como un anestésico e irritante de las mucosas pudiendo provocar dolor de cabeza, mareos, visión borrosa y náuseas. Se han descrito en la bibliografía irritación de ojos a unos niveles de concentración entre 160 y 270 ppm durante 8 horas; e irritación de ojos, nariz y garganta y mareos por exposición durante 1 hora a unos niveles de concentración entre 500 y 900 ppm.
- A pesar de que no se ha podido establecer, hasta el momento, una relación causa efecto entre exposición laboral y cáncer de riñón u otros tipos de cáncer y a la luz de una clara evidencia entre la relación causa-efecto en la aparición de cáncer en roedores expuestos a vapores de gasolina, la ACGIH clasifica la gasolina como un cancerígeno A3 (Sospechoso de carcinogenicidad en animales) con un valor límite ambiental TLV-TWA de 300 ppm con el fin de evitar la irritación de mucosas y vías respiratorias y un valor de corta exposición TLV-STEL de 500 ppm.
- No se ha podido demostrar una respuesta mutagénica significativa en ensayos con animales.
- Hay publicaciones que describen el efecto de la neuritis tóxica después de la exposición a gasolina. La aportación a este efecto que pueda tener el n-hexano no está muy clara, ya que la concentración en la gasolina es baja (<2%) y el efecto puede estar potenciado por los demás hidrocarburos.
- Otro de los compuestos de interés que contiene la gasolina y que merece especial atención por su clasificación como cancerígeno humano de categoría 1 es el benceno. Amplia información sobre su toxicidad, así como sobre la determinación de las concentraciones ambientales y biológicas, está descrita en la NTP 486: “Evaluación de la exposición a benceno: control ambiental y biológico”.
- En cuanto a la toxicidad de otros componentes, como tolueno y xilenos, la ACGIH considera que a altas

concentraciones (>200 ppm) pueden causar encefalopatías, dolores de cabeza y otros efectos adversos para el feto en mujeres embarazadas. En exposiciones crónicas a tolueno (de 50 ppm a 1500 ppm durante tres semanas) se han descrito efectos tóxicos relacionados con el SNC y el sistema renal.

La “International Agency for Research on Cancer (IARC)” dispone de una monografía sobre la gasolina en la que la clasifica como cancerígeno 2B (posible carcinógeno para los humanos) dado que no hay una evidencia de carcinogenicidad en humanos y evidencia limitada en animales. Sin embargo, se describen casos de una mayor incidencia de diferentes tipos de cáncer (leucemia, páncreas) entre los trabajadores de las estaciones de servicio en varios países europeos.

3. VALORES LÍMITE AMBIENTALES

Los valores límite ambientales propuestos para la gasolina por diferentes países y organismos se describen en la tabla 2.

La DFG no está de acuerdo en asignar un valor MAK a las gasolinas porque este término describe un número de mezclas muy diversas, tales como gasolinas para motor, gasolinas de punto de ebullición especial, white spirits y gasolinas de pirólisis cuya composición es diferente y su toxicidad depende principalmente de su contenido en hidrocarburos aromáticos BTX, la proporción de los cuales varía notablemente según el método de producción. Tampoco acepta los procedimientos que establecen el valor límite de la gasolina mediante la suma de los componentes de la mezcla evaluados por separado, ya que estos cálculos no dan información de la concentración que hay en realidad en el ambiente del lugar de trabajo y, además, los valores MAK son para sustancias puras.

Por otro lado, debido a la amplia variación de los pesos moleculares de los diferentes componentes de la gasolina la conversión de ppm a mg/m^3 a través del peso molecular y el volumen molar es aproximada. La ACGIH ha calculado un peso molecular medio, a partir del de sus componentes y los porcentajes de cada uno de ellos, de 72.5 g/mol, de tal manera que, a 25 °C y 101,3 kPa 300 ppm de gasolina corresponden a 890 mg/m^3 .

Por todo lo comentado anteriormente, en la práctica se recomienda determinar los diferentes componentes de la gasolina por separado y aplicar los valores límite correspondiente a cada uno de ellos, teniendo en cuenta, evidentemente, lo establecido respecto a las mezclas. Los valores límite ambientales asignados para los principales compuestos se presentan en la tabla 3.

Valores de referencia	N° CAS#	Gasolina			
		8 horas		15 minutos	
		ppm	mg/m^3	ppm	mg/m^3
MAK ^a	--	--	--	--	--
TLV-TWA ^b	86290-81-5	300 A3	890	500	1480
VLA-ED ^c	86290-81-5	300 C2		--	

^{a)} La Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) no propone valor límite para la gasolina

^{b)} ACGIH. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. 2006

^{c)} INSHT. Límites de Exposición Profesional 2007

Tabla 2. Valores límite de exposición laboral a gasolina

Valores de referencia	Benceno		Tolueno		Xileno		n-Hexano	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
MAK ^{a)}			50	190	100	440	50	180
TLV-TWA ^{b)}	0.5 A1 ^{e)}	1,60	50 (20)	191	100	442	50	176
VL ^{c)}	1 C1 ^{f)}	3,25		50	221			
VLA-ED ^{d)}	1 C1M2 ^{f)}	3,25	50	191	50	221	20	72

^{a)} La DFG no asigna valores límite a las sustancias cancerígenas como es el caso del benceno.
^{b)} ACGIH. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. 2006
^{c)} Real Decreto 1124/2000 y Directiva Europea 2000/39/CE
^{d)} INSHT Límites de Exposición Profesional 2007. () Propuesta de cambio
^{e)} Cancerígeno categoría A1 por la ACGIH
^{f)} Cancerígeno C1 Mutágeno M2

Tabla 3. Valores límite de exposición laboral para BTX y n-hexano

4. VALORES LÍMITE BIOLÓGICOS

Dado que para BTX y el n-hexano la vía dérmica puede ser significativa, para un control total de la exposición laboral está indicado el control biológico. Los límites biológicos (VLB) para el benceno, tolueno, xilenos y n-hexano están detallados en las tablas 4, 5 y 6.

5. PERSONAL EXPUESTO

Puestos de trabajo

En las estaciones de servicio existen principalmente dos puestos de trabajo: el expendedor-vendedor o expendedor y el responsable de la estación de servicio. En la Tabla 7 se describen las tareas asignadas a cada puesto de trabajo.

Los puntos de máxima exposición laboral a compuestos orgánicos volátiles son los siguientes:

- Al atender la descarga de cisternas de carburantes donde el trabajador de la estación de servicio tiene que estar presente para el control de la operación.
- Al varillar tanques para determinar el volumen de los mismos o comprobar el correcto funcionamiento de la sonda de medición automática en los casos en que se disponga.
- En la operación de comprobación de medidas de aparatos surtidores, con el matraz de 10 litros.
- En el suministro de carburante a demanda del cliente (en estaciones de servicio atendidas dicha operación se realiza de forma continua, con lo que habrá mayor exposición).

Agente químico	Indicador biológico	VLB	Momento del muestreo	Valores en revisión 2007
Benceno	Ácido S-fenilmercaptúrico en orina	120 µg/g creatinina	Final de jornada laboral	0,045 mg/g creatinina
	Ácido t,t-mucónico en orina	4,5 mg/g creatinina	Final de jornada laboral.	2 mg/l 5 µg/l
	Benceno total en sangre	--	Final de jornada laboral.	
Tolueno	o-Cresol en orina	0,5 mg/l	Final de la jornada laboral	
	Ácido hipúrico en orina	1,6 g/g creatinina	Final de la jornada laboral	
	Tolueno en sangre	0,05 mg/l	Principio de la última jornada de la semana laboral	
Xilenos	Ácidos metilhipúricos en orina	1,5 g/g creatinina	Final de la jornada laboral	
n-Hexano	2,5-hexanodiona en orina	0,4 mg/l	Final de la semana laboral	

Tabla 4. Lista de valores límite biológicos (VLA) LEP 2007

Agente químico	Indicador biológico	VLB	Momento del muestreo
Benceno	Ácido S- fenilmercaptúrico en	25 µg /g creatinina	Final de jornada laboral
	Ácido t,t mucónico en orina	500 µg /g creatinina	Final de jornada laboral
Tolueno	o-Cresol en orina	0,5 mg/l	Final de jornada laboral
	Ácido hipúrico en orina	1,6 g/g creatinina	Final de jornada laboral
	Tolueno en sangre	0,05 mg/l	Principio de la última jornada de la semana laboral
Xilenos	Ácidos metilhipúricos en orina	1,5 g/g creatinina	Final de jornada laboral
n-Hexano	2,5 Hexanodiona en orina	0,4 mg/l	Final semana laboral

Tabla 5. Lista de valores límite biológico ACGIH 2006

Agente químico	Indicador biológico	VLB	Momento del muestreo
Benceno			
Tolueno	o-Cresol en orina	3,0 mg/l	Final de jornada laboral
	Tolueno en sangre	1,0 mg/l	Final de jornada o después de varias jornadas
Xilenos	Ácidos metilhipúricos en orina	2000 mg/g creatinina	Final de jornada laboral
	Xilenos en sangre	1,5 mg/l	Final de jornada laboral
n-Hexano	2,5 Hexanodiona en orina más 4,5-dihidroxi.2-hexanona	5 mg/l	Final de jornada laboral

Tabla 6. Lista de valores límite biológico MAK 2005

Puesto de trabajo	Operaciones
Expendedor vendedor	<ul style="list-style-type: none"> • Atender a clientes, trato con el público. • Limpieza de pista en la estación, servicios, tienda (uso de productos desengrasantes multiusos, detergentes y desinfectantes, así como productos antical, derivados alcohólicos...). • Recogida de bolsas de papeleras y traslado a los contenedores municipales (bolsas de 6 Kg. aproximadamente). • Ordenar y reponer almacén y tienda. • Uso y manejo de equipos informáticos. • Atender a la descarga de cisternas de carburantes. Dicha operación la realiza directamente el conductor de la cisterna que pertenece generalmente a empresas externas, aunque el personal de la estación de servicio debe controlar y verificar que se cumplan las condiciones de seguridad en dicha operación, por tanto también está expuesto. La frecuencia de dicha operación depende del centro de trabajo pudiendo llegar a ser diaria. Ver la figura 1 • Cambio de precios en monolito. • Manejar equipos extintores. • Varillar tanques para determinar el volumen de los mismos y detectar la cantidad de carburante a solicitar a las empresas distribuidoras. Frecuencia diaria en los centros que no disponen de sonda de medición automática. Cuando se produce la descarga de cisternas la frecuencia del varillado suele ser antes y después de la descarga. Ver la figura 2 • Dispensación de gasolina, en ocasiones en régimen autoservicio y de forma continuada en las gasolineras asistidas.
Responsable estación	<ul style="list-style-type: none"> • Gestiones comerciales. • Dirección y gestión del equipo humano a su cargo. • Desplazamientos "in labore" con su vehículo para realizar gestiones. • Uso y manejo de equipos informáticos. • Comprobación de medidas de aparatos surtidores. Dicha operación consiste en vaciar en un matraz homologado 10 litros de carburante de cada aparato surtidor para detectar posibles errores en suministro. Ver la figura 3. La frecuencia es quincenal o mensual. Los equipos de trabajo son el aparato surtidor y matraz de 10 litros. Esta operación frecuentemente se puede delegar al expendedor-vendedor. • Tareas propias del expendedor-vendedor.

Tabla 7. Puestos de trabajo y tareas asignadas

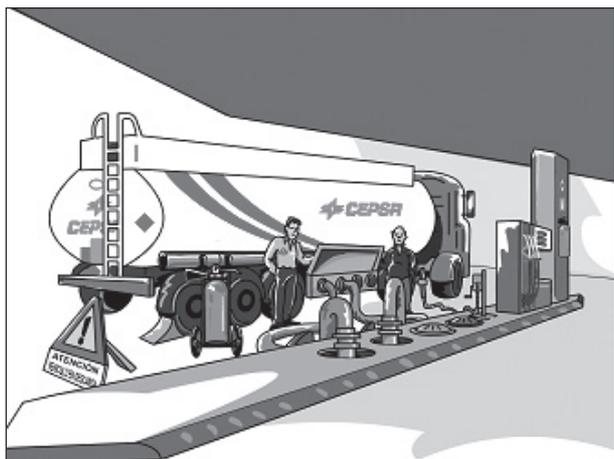


Figura 1. Descarga



Figura 2. Varillado



Figura 3. Metrología

6. CONTROL AMBIENTAL Y BIOLÓGICO DE LA EXPOSICIÓN

Por lo comentado anteriormente, es recomendable evaluar la exposición mediante la determinación de cada

uno de sus componentes más peligrosos por separado: BTX y el n-hexano.

Toma de muestras y análisis ambiental

La utilización de monitores pasivos es el sistema ideal cuando los tiempos de exposición son largos y las operaciones realizadas dentro de la jornada laboral variadas ya que el resultado es el valor medio de la concentración a que han estado expuestos los trabajadores durante todo el tiempo que se ha llevado a cabo la toma de muestras. En cambio, los monitores pasivos no son suficientemente sensibles para medir exposiciones puntuales a concentraciones elevadas, como es el caso de operaciones como la descarga de cisternas, varillado y la comprobación de las medidas de los aparatos surtidores. En estos casos las muestras deben tomarse mediante captación activa (tubo adsorbente más bomba personal calibrada). En la tabla 8 se indican los métodos analíticos propuestos en función del tipo de toma de muestras.

Toma de muestras y análisis biológico

La toma de muestras se lleva a cabo siguiendo las pautas indicadas en los VLB. En la tabla 9 se indican como realizar la toma de muestra y los métodos analíticos.

Operación	Toma de muestras	Tiempo de muestreo	Métodos analíticos
Tareas de tipo general	Monitores pasivos	Toda la jornada laboral	MTA/MA-015/R88
Varillado Control de medidas aparatos surtidores Descarga de cisternas de carburantes	Tubos de carbón activo	Tiempo que dure la operación	MTA/MA-030/A92

Tabla 8. Métodos analíticos para el control ambiental de la exposición

Agente químico	Indicador biológico	Espécimen	Toma de muestras	Métodos analíticos
Tolueno Xilenos	Ácido hipúrico Ácidos para y metil hipúricos	Orina	Final de la jornada laboral	MTA/MB-022/A95
Benceno	Ácido trans,trans-mucónico	Orina	Final de la jornada laboral	MTA/MB-026/A06
n- Hexano	2,5-Hexanodiona	Orina	Final de la semana laboral	INSHT ITB 103.93 J. Angerer K.H. Schaller

Tabla 9. Métodos analíticos para el control biológico de la exposición

7. NIVELES DE EXPOSICIÓN LABORAL A BTX Y N-HEXANO DETERMINADOS EN ESTACIONES DE SERVICIO

Control ambiental

Se llevó a cabo mediante la determinación de BTX y n-hexano, tomando las muestras con monitores pasivos ORSA o RADIELLO, colocados en la zona respiratoria del trabajador durante el turno de trabajo. Los resultados se muestran en la tabla 10.

Compuestos	Benceno	Tolueno	Xilenos	n-Hexano
	mg /m ³			
Promedio	0,05	0,52	0,35	4,12
Valores mín.	<LD	LD	LD	0,08
Valores máx	0,56	5,28	6,19	73,70
Mediana	0,03	0,33	0,10	1,15
VLA –ED 2007	3,25	191	221	72

Tabla 10. Límite de detección <0,001 mg/m³

Aspectos que podrían influir en los resultados obtenidos:

- Factores ambientales: La climatología (régimen de vientos, velocidad y dirección; temperatura ambiental)
- Tipo de suministro: Si la estación de servicio suministra mayoritariamente gasolina o gasóleos, así como si el tipo de suministro es autoservicio (lo realiza el cliente) o asistida (lo realiza el propio trabajador).
- Ubicación: Si el centro está ubicado en zonas urbanas (donde a la contaminación ambiental propia del centro se le suma la del lugar donde está situada y que puede estar influida además por aspectos como la presencia de semáforos en las vías, el volumen del tráfico...)
- Características individuales: personal fumador o no (y el número de cigarrillos diarios), patologías que puedan influir en el posterior control biológico, sexo, edad, antigüedad en el puesto.

Control biológico

Se llevó a cabo mediante la determinación de t,t-mucónico en orina como indicador de la exposición a benceno y 2,5-hexanodiona en orina como indicador biológico de la exposición a n-hexano. Los resultados se muestran en la ta-

bla 11. No se ha podido establecer una correlación directa entre las concentraciones ambientales y las concentraciones en orina debido a que las primeras eran del orden de 100 veces por debajo del VLA-ED. Ver la Tabla 11. Las concentraciones más elevadas de ácido t,t-mucónico se han detectado en personas fumadoras observándose una diferencia significativa respecto a las no fumadoras. Ver la nota técnica 486 sobre Evaluación de la exposición laboral a benceno: control ambiental y biológico.

Compuestos	t,t-Mucónico (mg/g creatinina)	2,5-Hexanodiona (mg/g creatinina)
Promedio	0,37	0,30
Valores mínimos	0,01	0
Valores máximos	3	2,76
Mediana	0,24	0,15
VLB 2007	4,5	5

Tabla 11. Resultados obtenidos en el control biológico

8. MEDIDAS PREVENTIVAS

Las medidas preventivas para reducir al máximo la exposición de los trabajadores de estaciones de servicio a vapores orgánicos son las siguientes:

- Realización de procedimientos de trabajo en los que se describan los riesgos, medidas preventivas y medios de protección a aplicar en las diferentes operaciones que se realizan, como son la descarga, el varillado, la comprobación de la calibración de los aparatos surtidores y el suministro.
- Recuperación de vapores orgánicos en la descarga de cisternas.
- Eliminación de la medición manual en los depósitos mediante la implantación de sondas de nivel electrónicas para controlar el volumen de hidrocarburos en los depósitos.
- Instalación de la recuperación de vapores orgánicos en el suministro de vehículos en las estaciones de servicio.
- Cambio progresivo de la concentración de aromáticos en los hidrocarburos para conseguir una reducción de emisión de COVs a la atmósfera siguiendo las normativas europeas.
- Información y formación de los trabajadores.
- Protocolos de actuación en caso de derrames o salpicaduras

BIBLIOGRAFÍA

- (1) INSHT (2007). **Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España.** Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid.
- (2) ACGIH (2006). **Threshold limit values for chemicals substances and physical agents and biological exposure indices.** American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Cincinnati, OH.

- (3) DFG (2005).
List of MAK and BAT values 2005: maximum concentrations and biological tolerance values at the work place. Deutsche Forschungsgemeinschaft, editor. Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemicals Compounds in the Work Area.
Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH.
- (4) E. ILGEN, K. LEVSEN, J. ANGERER, P. SCHNEIDER, J. HEINRICH, H.-E. WICHMANN (2001).
Aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment. Part III: personal monitoring.
Atmos. Environ. 35:1265-1279.
- (5) WAN-KUEN JO, KI-BERM SONG (2001).
Exposure to volatile organic compounds associated with potential exposure to motor vehicle exhaust and/or gasoline vapour emissions.
The Sci. Total Environ. 269: 25-37.
- (6) J. F. PERIAGO AND C. PRADO. (2005).
Evolution of Occupational Exposure to Environmental Levels of Aromatic Hydrocarbons in Service Stations.
Ann. Occup. Hyg. 49 (3): 233-240.
- (7) INSHT. (1992)
Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno, 1,2,4-trimetilbenceno) en aire - Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de Gases.
MTA/MA-030/A92 (http://www.mtas.es/insht/mta/MA_030_A92.htm).
- (8) INSHT. (1988)
Determinación de disolventes de adhesivos de calzado (n-hexano y tolueno) en aire - Método de muestreadores pasivos por difusión / Cromatografía de gases.
MTA/MA-015/R88 (http://www.mtas.es/insht/mta/MA_015_R88.htm).
- (9) NIOSH (2003)
Manual of Analytical Methods 4th edition, n° 1500 Hydrocarbons, BP 36-126°C.
(<http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/1500.pdf>)
- (10) EU ECB. (2002)
Risk Assessment Report. Tert-Butyl Methyl Ether.
Vol. 19 (http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/mtbereport313.pdf).
- (11) IARC (1989)
Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans
vol. 45 p. 159 (<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol45/45-03.html>).
- (12) INSHT. (1995)
Determinación de los ácidos fenilgloxílico, mandélico, hipúrico, y orto- y para-metilhipúrico en orina - Método de fase reversa con detección de ultravioleta / Cromatografía líquida de alta resolución.
MTA/MB-022/A95 (http://www.mtas.es/insht/mta/MB_022_A95.htm).
- (13) INSHT. (2006)
Determinación de ácido trans,trans-mucónico en orina - Método de extracción en fase sólida y detección ultravioleta / Cromatografía líquida de alta resolución.
MTA/MB-026/A06 (http://www.mtas.es/insht/mta/MB_026_A06.htm).
- (14) INSHT. (1993)
ITB 103.93 Determinación de 2,5 hexanodiona en orina
- (15) J. ANGERER AND K.H. SCHALLER. (1994)
Analyses of Hazardous Substances in Biological Materials.
Vol. 4. 147-164.

Promoción organizacional desleal: trepismo

*Une promotion organizationale déloyale
Disloyal organizational promotion*

Redactores:

Daya H. Rolsma Tehusijarana
*Licenciada en Psicología industrial y clínica
Licenciada en Ciencias Biológicas*

Pepe García Romero
Licenciado en Psicología industrial y clínica

Jaume Llacuna Morera
Doctor en Filosofía y Letras
CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Entendemos por “trepismo” cierto sistema de promoción laboral basado en que, consciente o inconscientemente, se “ahoga” al compañero. Definimos las conductas de los “trepas” y la manera de actuar, tanto desde la organización como desde la intervención personal, para que su actuación no se convierta en un problema para los restantes elementos del grupo.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua, deslealtad es la falta de cumplimiento de lo que exigen las leyes de la fidelidad y las del honor y hombría de bien.

Son diversos los tipos de comportamientos de deslealtad que se dan tanto en la vida ordinaria como en el ámbito organizacional. En esta Nota Técnica abordaremos uno de los que posiblemente viole con más intensidad los principios éticos a que hace referencia la definición referida y al que coloquialmente se le denomina trepismo.

Si bien el trepismo es un fenómeno que suele darse con frecuencia en las organizaciones, sin embargo, como fenómeno interaccional o social complejo todavía no ha sido suficientemente referido en la literatura científica. Creemos que esto responde a varias razones.

La principal es que buena parte de las alteraciones o psicopatologías laborales más frecuentes en la actualidad (*burn out*, acoso laboral, adicción al trabajo, tecnofobia, tecnoestrés, etc.) se han venido estudiando en las dos últimas décadas. Posiblemente, al trepismo todavía no le haya llegado su turno. Otra razón es que el trepismo es difícil de detectar mientras se produce, lo cual dificulta su observación sistemática.

El trepismo debilita los cimientos éticos sobre los cuales debe desarrollarse una organización y provoca sentimientos de injusticia e indefensión y desmotiva a aquellos trabajadores que lo sufren.

Por ello, consideramos que el personal con responsabilidad de las organizaciones debiera estar familiarizado con las características de este fenómeno para prevenirlo y controlarlo.

Antes de entrar en el estudio del trepismo en las organizaciones, describiremos someramente el proceso homónimo que se da en el mundo vegetal.

2. MODELO DE LA NATURALEZA: LAS PLANTAS TREPADORAS

Según un diccionario de botánica, trepador es un término que se aplica a las plantas que no pudiéndose valer de sí mismas para mantenerse enhiestas, se encaraman a un soporte como otra planta, muro, peñasco, etc., por medio de zarcillos, uncinos, raíces adventicias, etc. o bien enroscándose a un sustentáculo rollizo, si la planta es voluble.

Como en el bosque hay escasez de luz a nivel de suelo al estar obstaculizado su paso por las ramas y hojas de los árboles, esto ha hecho que algunas plantas evolucionen para lograr mayor cantidad de luz mediante diferentes maneras de trepar.

La mayor parte de las trepadoras son inofensivas, aunque si crecen de una manera desmesurada pueden hacer que lo que las sustenta caiga por el peso de las mismas. En algunos casos, acaban compitiendo con su soporte, por la luz y nutrientes.

Basándonos en estos símiles del mundo vegetal, estudiaremos el trepismo en el mundo laboral. Al igual que la luz es un recurso escaso dentro del bosque, también lo es un puesto o posición privilegiada en la empresa u organización.

A la manera de las trepadoras, cierto tipo de personas escoge esta forma de promoción organizacional como medio de acceder a puestos de nivel superior. La persona que utiliza las tácticas del trepismo, al igual que las plantas trepadoras, convive con la persona a la cual trepa, sin perjudicarle aparentemente, aunque hay casos que puede acabar ahogándole poco a poco y otros en el cual un trabajador trepa sin tener la intencionalidad inicial de ello.

En el mundo vegetal es infrecuente que la trepadora mate a su hospedante. El trepa tampoco suele hacer daño inmediato y cuando lo hace, es para estrangular

poco a poco a la persona sobre la cual trepa. Pero a diferencia de las plantas, el trepado puede quitarse de encima al trepa. Solo en los casos extremos en que no se consiga detectar y neutralizar al trepa, el huésped puede resultar asfixiado y ser reemplazado por el otro.

3. CARACTERÍSTICAS DEL TREPISMO

Para que se de el trepismo en las organizaciones son necesarias ciertas condiciones. En general, tienen una especial incidencia, las siguientes:

- Determinados **valores, cultura, tipo de liderazgo u organización** del trabajo favorecen la aparición del fenómeno, bien incentivándolo, ignorándolo o permitiéndolo.
- Pero aun siendo lo anterior una condición necesaria, no es suficiente. Para ello tiene que haber **una persona que** —consciente o inconscientemente— **emita conductas de trepismo**.
Recíprocamente, debe existir la **persona trepada**.
- Por último, deben existir unos **recursos escasos**, es decir, pocos puestos para poder ascender a ellos.

Son posibles las siguientes posibilidades:

- a) Un subordinado que trepa por encima de su superior.
- b) Un compañero que trepa sobre otro compañero.
- c) Un jefe que trepa a costa del trabajo de un subordinado.

La última es, probablemente, la más difícil de todas ya que el trepado tiene pocas posibilidades de defenderse. El caso extremo es cuando el trepa es el máximo responsable de la organización.

Por lo que se refiere a las maneras de trepar:

- a) La mayoría de las veces, la persona que utiliza las tácticas trepadoras, **no lo hace** inicialmente **con** esa **intencionalidad**, aunque cuando llega a ser consciente de ello, no cambia su conducta.
- b) Otras veces ocurre que un trabajador se encuentra trepando **sin pretenderlo** porque se ha convertido en el beneficiario de unas circunstancias organizacionales (favoritismo) o porque se le atribuye la autoría de un trabajo que no ha hecho sin que esto se aclare.
- c) Por último, están los casos en los que el trabajador tiene **plena consciencia** de que está trepando a costa de otro para conseguir sus objetivos, con estrategias claras y definidas.

En cuanto a la evolución, hay casos en el que el trepa acaba *“parasitando”* en el otro, tanto si este lo consiente como si no. En casos extremos, puede acabar eliminando al que le ayudó, igual que sucede en algunas especies de plantas trepadoras.

Dado el carácter insidioso y sutil del trepismo, cuando se está trabajando en equipo, es realmente difícil saber hasta que punto hay que compartir información y enseñar al otro y hasta qué punto no hacerlo, porque esta persona la pueda utilizar en su propio provecho o adjudicarse una autoría que no le corresponde.

Como no se desconfiaba del trepa, es difícil darse cuenta de los primeros indicios. El trepismo se detecta por sus resultados, una vez se han presentado. Y lo peor de todo, es que muchas veces es difícil distinguir quién tiene la razón porque está la palabra del uno contra la del otro.

Desgraciadamente, la única manera de saber que nos encontramos ante un trepa es cuando ya ha trepado. A

partir de ese punto, se puede reaccionar a nivel organizacional, -la situación ideal-, como personal, -por parte del trabajador trepado-. Así, se podría dar una oportunidad al trepa no intencional para modificar su conducta.

Cuando la persona que ha trepado pierde el sentido de los límites y capacidad de auto rectificación, el trepismo se convierte en un fenómeno destructivo. En este caso, la organización debiera ejercer su potestad para resolver esta situación.

En el caso que la organización no intervenga directamente, el trepado también puede actuar para detener al trepa, en la medida que pueda y siempre que la organización le apoye ya que el trepa puede acabar estrangulándolo, olvidando favores prestados, acosándole o descalificándolo para poder llegar al objetivo que se ha marcado a costa de lo que sea.

4. COMPORTAMIENTOS DE TREPISMO

Los trepas, intencionales o no, suelen llevar a cabo algunas de las siguientes conductas:

- a) No comparten la información que poseen sobre la materia, sacando lo máximo del otro.
- b) Para ello, utilizan la táctica de pegarse como una lapa a la persona de la cual se puede sacar algún provecho, pero no sueltan un ápice cuando ésta le pide algo o para no quedar descubiertos en su estratagema, dan la información justa que consideran no les pueda perjudicar.
- c) Cuando dan ayuda, lo hacen a cuentagotas y en la medida en que creen pueden sacar beneficio del otro.
- d) Con el tiempo, acaban sintiéndose superior a la persona sobre la que trepan.
- e) No reconocen el esfuerzo o el valor de la persona de quien han aprendido y a la que han trepado, para así justificar su actuación.
- f) Como consecuencia, acaban adjudicándose como propios los méritos del trabajo del equipo o del otro.
- g) Al final del proceso, de repente cambian de táctica y no se comunican con el otro.
- h) En la mayoría de los casos, dejan que el otro haga todo el trabajo, pero cuando sale adelante, hacen como si hubiesen sido el promotor, los que más ideas ha dado o los que más han trabajado en el proyecto.
- i) Como se puede comprender, utilizan a los demás para su propio beneficio, no para el beneficio común del equipo, de la organización.
- j) En ciertos casos, pueden llegar a utilizar la descalificación y desvalorización del trepado para no tener que reconocer su manera de proceder, lo cual puede convertirse fácilmente en una situación de acoso laboral.

Los trepas, igual que las plantas trepadoras, tienen habilidades como ser flexibles, adaptarse a las circunstancias cambiantes, querer llegar a la cúspide, resolver problemas, capacidad de aprender del otro, saber aprovechar oportunidades, etc. pero lo que hace que todo ello sea conducta censurable es que su finalidad es conseguir colocarse por encima de otro a costa de lo que sea.

Un trepa puede incluso ser un buen profesional y tener una gran capacidad de trabajo hasta que se encarama a una persona que está en el momento adecuado en el sitio oportuno que le sirve para lograr sus propósitos. No sería pues una estrategia “personal” de trepar a un determinado trabajador, sino que trepa a ese trabajador por ocupar el puesto en ese momento temporal.

5. EL MODELO DEL JUEGO DE BENEFICIOS Y PÉRDIDAS

Otro modelo tentativo para explicar el trepismo es el juego de beneficios y pérdidas, formulado por Paul Watzlawick. Este queda representado por una matriz con cuatro situaciones que resultan de alternativas de comportamiento entre dos personas en interacción:

		Trabajador B (Trepia)	
		Cooperación	Engaño
Trabajador A	Engaño	Ganan ambos I	Gana B a costa de A II
	Cooperación	Gana A a costa de B III	Pierden ambos IV

Dentro de la matriz están las ganancias/pérdidas resultantes de las diferentes alternativas. En este juego, el resultado de la elección de una persona está determinado por la de la otra, pero ninguna de las dos, en el momento de tomar una determinada opción, sabe realmente cuál es la que escogerá la otra. Uno puede elegir dar toda la información a un compañero, sin saber lo que hará éste; solamente se sabrá *a posteriori* (como sucede en el trepismo). Al contrario, el otro puede pensar que su compañero le dará toda la información y él reservar la que sepa.

Sin embargo, cada uno sí que sabrá el efecto producido por lo que uno mismo y el otro hayan elegido. Por tanto, básicamente una persona puede escoger ganar más o ganar menos, pero para ello debe de tener en consideración, a la vez, lo que pueda decidir el otro, porque de esto dependerá el resultado que se obtenga.

Como se puede comprobar, el juego está basado en la **confianza mutua** y, además, en que los jugadores tengan que **adivinar o suponer cuál será el pensamiento del otro**.

Por ello, no hay que centrarse en cómo a uno le gustaría que reaccionase o en lo que desea que elija el otro. Aplicado al trepismo, uno no debe de pensar en cómo debería reaccionar el otro, ni como le gustaría a uno que reaccionase, **sino observar con detenimiento como una cámara neutral**, para no implicarse emocionalmente y poder adquirir objetividad, cuál es la reacción del otro a lo largo del tiempo.

Se observa que en todas las posibilidades, excepto la de la casilla I, ambos jugadores salen perdiendo, de una u otra manera. Podríamos decir que la casilla II es la típica situación de trepismo, cuando un trabajador ha confiado en el otro y éste se ha reservado la información para su provecho.

La consecuencia que se desprende de este juego es que una decisión interdependiente **no debe ni puede estar basada en las preferencias de índole personal**, en lo que se piensa que es más conveniente para uno, sino que debe estar basada **en un cuidadoso análisis de lo que la otra persona considera que será la mejor solución**. O sea, la decisión, —la metadecisión—, deberá estar determinada por lo que la otra persona considera que *el otro considera que es la mejor solución*.

6. DIFERENCIAS ENTRE TREPISMO Y ACOSO

La principal diferencia entre acoso y trepismo es que en el primero existe un maltrato mientras que la persona a la que se trepa no se la maltrata directamente, sino que se le hace daño a través de la apropiación de su trabajo.

El trepismo, a diferencia del acoso, es difícil de detectar en sus inicios y puede acabar en algunos casos en acoso laboral. El fenómeno inverso es más difícil.

A diferencia del acosador, el trepa dispone de una serie de habilidades, como poseer empatía en algún grado, saber mostrar aprecio y reconocimiento a la persona a la cual trepará, tener habilidades sociales, control interno, saber delimitar, reconocer problemas y encontrar soluciones, no manifestar conductas de maltrato como la humillación o la manipulación y poseer una gran capacidad de aprendizaje.

Cuando se conoce el fenómeno, el acoso es más fácil de detectar que el trepismo, sobre todo porque, en un principio, el trepa se muestra como un verdadero amigo, un buen colaborador, un buen jefe o ayudando en lo que se necesita.

Generalmente se cree que el trepismo afecta menos que el acoso porque no utiliza estrategias de descalificación, pero una vez consumado, puede ser tan devastador como el acoso porque ha pillado al otro totalmente desprevenido, indefenso ante una estrategia que no ha podido detectar con antelación y porque ha confiado totalmente en el trepa.

Por todo lo anterior no se le debe quitar importancia. Cada caso tiene sus dificultades y cada persona lo vive de manera diferente. No es nada fácil estar trabajando con un trepa. Esto no deja de ser un tipo de acoso.

El paso del trepismo al acoso o el límite entre el acoso y el trepismo, es el mismo que puede haber entre el amor al odio o entre estrés y *burn-out*.

Especialmente serios son los casos de trepismo en los que está implicado una mujer, sobre todo cuando ha dejado su trabajo temporalmente por nacimiento de un hijo.

Cuando la cultura empresarial no es sensible hacia el período de maternidad, es probable que la organización permita el trepismo de un varón o de una mujer soltera hacia otra que acaba de tener un hijo.

7. CÓMO ACTUAR ANTE EL TREPISMO

El trepismo se puede abordar desde dos niveles de intervención: el organizacional y el personal. El primero es el más efectivo ya que si la organizacional previene y actúa probablemente no harán falta las estrategias personales, aunque éstas nunca estarán de más.

Actuando sobre las condiciones que facilitan el trepismo se lo estará previniendo. Para ello es importante una tarea de autoanálisis de los máximos responsables para determinar qué aspectos de la propia cultura organizacional, valores, estilo de liderazgo y organización del trabajo pueden ser proclives a favorecer la manifestación del trepismo.

La evaluación de la situación actual se puede conseguir mediante entrevistas tipo feedback 360°, aunque este trabajo conviene que lo lleve a cabo una consultora externa para que no se vea imbuida por la cultura empresarial y así lograr una observación neutral.

En dicha evaluación debieran incluirse el clima laboral, los aspectos temporales del trabajo, la estructura organizacional formal e informal, la formación, la comunicación y los mecanismos de gestión de conflictos, entre otros aspectos.

Es importante también que la dirección preste importancia a analizar y definir las características de los puestos de trabajo, como base para las futuras selecciones.

En las organizaciones las relaciones interpersonales debieran desarrollarse partiendo de la confianza mutua, del compañerismo y del trabajo en equipo. Pero si algún trabajador descubre que esto no es así, debiera prepararse y protegerse para impedir que otra persona pueda apropiarse de su trabajo. *“Dejarse engañar una vez es malo, dos es necedad, y tres vergüenza”* decía Cicerón

Por ello, la persona que siente que está siendo objeto de una apropiación indebida de su trabajo y/o posición puede poner en práctica alguna de las estrategias de afrontamiento que se relacionan:

- Para poder detectar el problema, es necesario seguir un método de observación. Considerar que uno es una *cámara neutral* que observa lo que está ocurriendo, con perspectiva y distanciado emocionalmente, suele ser una técnica bastante efectiva.
- Si uno sospecha de la intencionalidad del otro, se puede proteger el propio trabajo, registrándolo, haciendo un histórico de su desarrollo, anotando cómo se ha llegado a la idea o a las conclusiones, registrar las informaciones que se pasan al compañero, las que él nos da, pasar copias ocultas a diferentes personas sobre el progreso del trabajo, dejar información relevante fuera para poder presentarla al final, etc.
- Hay que permitirse un tiempo para pensar en estrategias que uno puede emplear para controlar la ansiedad que le genera todo ello, en valorar qué hacer para recuperar aquello que se le está quitando, o para considerar en qué medida se cuenta con el apoyo de los altos responsables de la organización.
- Para esto último, se deberá observar qué ocurre cuando se explica a los jefes lo que está ocurriendo o las sospechas de lo que está ocurriendo. Así, en función de sus reacciones, uno se podrá hacer una idea de lo que conviene hacer.
- Pero antes de llevar adelante cualquier estrategia, habrá que valorar las posibilidades, capacidades y poder que uno tiene para resolver el conflicto y utilizar aquellas que sirvan para resolver esta situación. Sobre todo midiendo las consecuencias de las decisiones que se tomen y que se lleven adelante.
- En general, hay que tener claro que una buena definición el problema es la condición previa para buscar

las soluciones adecuadas y que de nada sirve lamentarse o culpabilizarse porque ya nada se puede hacer para evitar la situación que se ha generado. Siempre mirar desde el presente hacia adelante.

- En principio, es mejor no confrontar la situación presentada con la persona que le ha estado trepando, ya que es una estrategia que suele ser poco efectiva, por lo enumerado en las características de una persona que trepa, aunque puede existir alguna posibilidad con aquellos trabajadores que no son conscientes que están trepando. En el primer caso, el trepa no reconocerá sus actitudes y, por ello, no servirá el dialogo. Habrá que pasar a la acción y centrarse en todo aquello que se puede hacer.
- Pero, ante todo, hay que tener en cuenta que el valor como persona no tiene nada que ver con el rendimiento en el trabajo ni si el superior sepa valorar o no el trabajo realizado.
- Ciertas prácticas ayudan a reducir la ansiedad y la frustración generada, como las técnicas de respiración y relajación, técnicas cognitivas y de visualización, el ejercicio físico, la realización de actividades extralaborales, el dedicar tiempo a la familia, los amigos o uno mismo o rodearse de personas con los que uno se siente a gusto.
- Si se decide luchar, es conveniente reflexionar sobre qué es lo que se está dispuesto a hacer, hasta qué extremo uno está dispuesto a llegar para mantenerse en el puesto, hasta qué punto merece la pena esta lucha o esfuerzo, en qué medida se cuenta con un buen apoyo económico y, especialmente, familiar y sobre todo, qué pruebas se tienen.
- Todo esto sin dejar de observar qué conductas de las que se están siguiendo sirven para conseguir aquello que se quiere y cuáles no y continuar con todo aquello que funciona y dejar correr lo que no.
- Por último, hacer algo cualitativamente diferente y que nos haga sentir mejor y para obtener el resultado deseado.
- En el caso que se trate de trepismo extremo y que no se reciba el apoyo de la empresa, valorar hasta qué punto uno está dispuesto a llevar la lucha hasta las últimas consecuencias o si compensa más buscar otro empleo o pedir el traslado a otro departamento.
- Si no se logra salir por sí mismo de la situación y no sienta que se está recuperando, acudir a un profesional de la psicología y/o de la abogacía.

BIBLIOGRAFÍA

- | | | |
|---|--|--|
| <p>(1) ESOPO
Fábulas
<i>Alianza Editorial, Barcelona, 1998</i></p> | <p>(4) LA FONTAINE, Jean
Fábulas escogidas
<i>Edimat Libros, Barcelona, 1998</i></p> | <p>(7) SCHOPENHAUER, Arthur
Aforismos sobre el arte de saber vivir
Valdemar, Madrid, 1998</p> |
| <p>(2) GARCÍA, Pepe; ROLSMA, Daya;
FUENTES, Sonsoles
Trabajando con el enemigo. Estrategias para combatir los conflictos en el lugar de trabajo
<i>Debolsillo, Barcelona, 2003</i></p> | <p>(5) MCDERMOTT, Ian; O'CONNOR, Joseph
Programación Neurolingüística para Directivos
La tecnología del éxito aplicada a la empresa
Editorial Urano, Barcelona, 1999</p> | <p>(8) SUN-TZU
El arte de la guerra
<i>Bibliotex, Madrid, 1993</i></p> |
| <p>(3) GREENE, Robert
Las 48 Leyes del Poder
<i>Espasa Calpe, Madrid, 1999</i></p> | <p>(6) PUCHOL, Luis
Dirección y Gestión de Recursos Humanos
<i>Editorial Diaz de Santos, Buenos Aires, 2005</i></p> | <p>(9) VICENS, Jesús
Tiempo y Cambio Social
<i>Editorial Germania, Alzira (Valencia), 2004</i></p> |
| | | <p>(10) WATZALAWICK, P y otros
Cambio. Formación y Solución de los problemas humanos
<i>Editorial Herder, Barcelona, 1989</i></p> |

Bombas de muestreo personal para agentes químicos (I): recomendaciones para su selección y uso

Pompes d'échantillonnage personnel pour agents chimiques: recommandations pour sa sélection et utilisation
Pumps of personal sampling for chemical agents: recommendations for its selection and use

Redactoras:

Begoña Uribe Ortega
Lda. en Ciencias Químicas

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso incluye la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda (Real Decreto 374/2001).

Existe una gran diversidad de métodos que se emplean para determinar o estimar la concentración de los agentes químicos en las atmósferas de los lugares de trabajo, pero cuando el objetivo de la medición es la evaluación de la exposición, los métodos a utilizar son los métodos con etapas separadas de toma de muestra y análisis. En la mayor parte de estos métodos la captación de la muestra se realiza mediante el uso de una bomba de muestreo personal que aspira el aire a través del elemento de retención (tubo adsorbente, borboteador o impinger, filtro, etc), quedando los agentes químicos retenidos en el mismo.

El volumen del aire aspirado por la bomba durante el período de muestreo es uno de los datos cuantitativos que, junto con la masa analizada, entran en el cálculo de la concentración de los agentes químicos. Es esencial que el volumen de aire muestreado se determine de forma fiable y para ello es necesario que la bomba funcione correctamente. Esto requiere que sea adecuada a las características del agente químico y a las condiciones de muestreo, que se sigan las recomendaciones del fabricante y del método a utilizar y que esté calibrada correctamente.

En este documento se aporta información sobre las características y requisitos básicos que deben reunir las bombas que operan a caudal constante que se utilizan para las tomas de muestra personales de agentes químicos y los criterios a tener en cuenta a la hora de seleccionar la bomba más adecuada para cada caso y se dan recomendaciones para una utilización y mantenimiento correctos que permitan la obtención de muestras válidas para la evaluación de la exposición laboral.

2. BOMBAS DE MUESTREO PERSONAL PARA AGENTES QUÍMICOS

Tipos de bombas

Las bombas utilizadas habitualmente para la obtención de muestras en higiene industrial son bombas de las Ila-

madas de diafragma ó de pistón, accionadas por un motor y alimentadas por baterías.

Para clasificar las bombas, se pueden utilizar diferentes características de su funcionamiento, pero desde el punto de vista práctico, la clasificación más útil es con relación a los caudales a los que pueden operar.

Las bombas que operan a caudales ≤ 5 l/min son las que habitualmente se emplean para las tomas de muestra personales, en la zona respiratoria del trabajador, y se las conoce como bombas de muestro personal. En la mayoría de los métodos validados para la medición de gases y vapores en aire, los caudales recomendados no superan los 0,5 l/min, mientras que para la materia particulada o aerosoles los caudales recomendados se encuentran habitualmente entre 1 l/min y 5 l/min. De acuerdo a estos intervalos de caudal las bombas de muestreo personal se denominan:

- Bombas de bajo caudal, las que operan a caudales hasta 0,3 l/min. Se utilizan habitualmente para el muestreo de gases y vapores.
- Bombas de alto caudal, las que operan a caudales hasta 5 l/min. Se utilizan habitualmente para el muestreo de materia particulada.
- Bombas polivalentes, las que pueden actuar como de alto y bajo caudal.

La norma UNE-EN 1232, que se aplica a las bombas cuyo caudal volumétrico está comprendido en el intervalo de 5 ml/min a 5 l/min, clasifica las bombas según su utilización prevista en:

- Tipo P: Para el muestreo personal de materia particulada a caudales entre 1 l/min y 5 l/min y pérdidas de carga entre 0,1 kPa y 6,25 kPa.
- Tipo G: Para el muestreo personal de gases y vapores a caudales entre 5 ml/min y 300 ml/min y pérdidas de carga entre 0,01 kPa y 10 kPa.

Las bombas Tipo G y Tipo P se corresponden con las bombas de muestreo personal de bajo y alto caudal respectivamente.

Las bombas que operan a caudales > 5 l/min se emplean habitualmente para tomas de muestra en lugares fijos o muestras estáticas aunque, dependiendo de sus características, se pueden utilizar también para tomas de muestra personales. En cualquier caso su uso está limitado a las tomas de muestra de aerosoles. Estas bombas constituyen el campo de aplicación de la norma UNE-EN 12919.

Requisitos de las bombas de muestreo personal de caudal constante

Los métodos de medición que se utilicen para la evaluación de riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberían cumplir la normativa específica que sea de aplicación que incluye la relativa a los requisitos exigibles a los instrumentos de medida (Real Decreto 374/2001). Para las bombas de muestreo, los documentos específicos a considerar son:

- La norma UNE-EN 482 que establece los requisitos generales para los métodos de medición.
- Las normas UNE-EN 1232 y UNE EN 12919 que contienen los requisitos para las bombas de muestreo de caudal ≤ 5 l/min y > 5 l/min.
- Las especificaciones contenidas en los métodos de medición que se apliquen en cada caso.

La norma UNE-EN 1232 está dedicada específicamente a las bombas de muestreo personal, tanto a las que funcionan a caudal constante como a las que funcionan a emboladas de volumen constante. En la Tabla 1 se recogen los requisitos más importantes. La diferencia fundamental en los requisitos de las bombas Tipo P y Tipo G son los intervalos de pérdida de carga para los que el caudal debe mantenerse constante. En la NTP 778 se trata este aspecto con más detalle.

La demostración del cumplimiento de los requisitos se realiza sometiendo la bomba a los ensayos descritos en la norma UNE-EN 1232. Estos ensayos deben ser realizados por el fabricante y las aplicaciones y los intervalos de operación que declara para la bomba se deben fundamentar en los resultados obtenidos. Algunos de los ensayos marcados con un asterisco en la tabla 1, pueden ser de utilidad para que el usuario de las bombas verifique periódicamente su funcionamiento.

Como se puede observar en la tabla 1, los requisitos funcionales, *estabilidad del caudal con el aumento de la pérdida de carga, autonomía de funcionamiento y dependencia con la temperatura*, están orientados a ase-

gurar que el caudal se mantenga constante y a conocer con exactitud el volumen de aire muestreado.

3. SELECCIÓN Y USO DE LAS BOMBAS DE MUESTREO PERSONAL

Las bombas de muestreo personal, al igual que el resto de los equipos que se utilizan para la toma de muestras y el análisis de agentes químicos, se seleccionarán teniendo en cuenta las especificaciones que se indiquen en los métodos de medición y la experiencia y conocimientos del usuario. Además las bombas, estarán adecuadamente calibradas y mantenidas para asegurar que, siempre que se utilicen, su funcionamiento sea correcto.

A continuación se exponen los aspectos a considerar en las distintas etapas de la vida de la bomba.

Adquisición

Las bombas de muestreo personal deben adquirirse entre las que cumplan los requisitos indicados en la norma UNE-EN 1232, resumidos en la tabla 1. Estos requisitos se deberían utilizar para definir las características técnicas en el momento de su adquisición. No es frecuente que se utilicen las denominaciones de Tipo P y Tipo G en los que la norma clasifica las bombas. Habitualmente se las define utilizando el intervalo de caudales en el que el fabricante declara que pueden operar o haciendo referencia a su uso para la toma de muestra de gases y vapores o de aerosoles.

En la Tabla 2 se recoge un ejemplo del tipo de información suministrada por el fabricante para una bomba Tipo G y otra Tipo P. Como se puede observar, en los dos casos los intervalos de caudal son menores que los indicados en la norma para cada tipo de bombas. Esto no quiere decir que las bombas no cumplan la norma únicamente por este hecho. Cumplir la norma no quiere decir que, necesariamente, la bomba pueda operar en todo el in-

PARÁMETRO	REQUISITO
Masa	$\leq 1,2$ kg
Resistencia mecánica	Desviación del caudal ≤ 5 %
Seguridad del diseño	Ni ángulos vivos ni partes salientes molestas
Estabilidad del caudal con el aumento de pérdida de carga	Desviación del caudal ≤ 5 % del caudal inicial para en todo el intervalo de caudales (*)
Autonomía de funcionamiento	2 h mínimo y preferiblemente 8 h (*)
Estabilidad del caudal con el tiempo	Desviación del caudal ≤ 5 % del caudal inicial a dos temperaturas, ambiente y 5 °C (*)
Interrupción del flujo de aire	Parada ó activación del indicador de funcionamiento defectuoso (*)
Dependencia de la temperatura	Desviación del caudal ≤ 5 % del valor a 20 °C en el intervalo de 5 °C a 40 °C (*)
Orientación	Desviación del caudal ≤ 5 % del valor en posición horizontal
Exactitud del cronómetro	Desviación < 5 minutos en 8 horas (solo para bombas con reloj incorporado) (*)
Compatibilidad electromagnética	Conforme a UNE EN 50081-1 y UNE EN 50082-1.
Riesgo de explosión	Conforme a UNE EN 50014
Instrucciones de uso	Deben existir

Tabla 1. Resumen de los requisitos más importantes para las bombas de muestreo personal.

(*) Requisitos a verificar total o parcialmente por el usuario (véase NTP 778)

	Bomba Tipo G	Bomba Tipo P
Intervalo de caudal	5 a 200 ml/min	0,75 a 3 l/min
Exactitud entre la lectura y el ajuste	—	± 3 %
Masa	350 g	624 g
Estabilidad del caudal con el aumento de pérdida de carga (en pulgadas de H ₂ O)	± 5% a 25" H ₂ O	750 ml/min a 40" H ₂ O 2 l/min a 30" H ₂ O 2,5 l/min a 20" H ₂ O 3 l/min a 15" H ₂ O
Autonomía de funcionamiento	8 h a 25" H ₂ O	10 h (30" H ₂ O - 3 l/min)
Interrupción del flujo de aire	Indicador de fallo y parada	Se para y mantiene los datos. Intenta auto-empezar cada 5 min hasta 10 veces
Intervalo de T ^a	- 20 °C a 45 °C	0 °C a 45 °C
Exactitud del cronómetro	—	1 min/mes
Riesgo de explosión	Certificado : intrínsecamente segura	Certificado : intrínsecamente segura

Tabla 2. Ejemplo de información suministrada por el fabricante para bombas que corresponderían a Tipo G y Tipo P.

tervalo de caudales sino que en el intervalo de caudales para el que el fabricante declara que opera, se cumplan los requisitos y que esta información esté fundamentada en los resultados de los ensayos a los que se debe haber sometido a la bomba.

A veces la información suministrada por el fabricante puede resultar insuficiente. Por ejemplo, uno de los casos más críticos puede darse con algunas bombas, entre las que se podrían clasificar como tipo P, para las que se indica que también pueden funcionar como tipo G utilizando un reductor de flujo, pero sin proporcionar información adicional sobre su funcionamiento en estas condiciones. El fabricante debe proporcionar esta información o indicar claramente las limitaciones de su uso como tipo G. La indicación de que una bomba es polivalente o, lo que es lo mismo, que puede funcionar como tipo G y P debe estar fundamentada en los resultados obtenidos al ensayar la bomba conforme a las condiciones de ensayo correspondientes tanto al Tipo P como al Tipo G.

Utilización

Durante la vida útil de la bomba es muy importante tener en cuenta:

- La variación en las prestaciones de la bomba con el uso.
- Los factores que influyen en la estabilidad del caudal.
- La selección de la bomba adecuada a la toma de muestra.
- La calibración del caudal de la bomba.

Variación de las prestaciones de la bomba con el uso

Aunque se hayan adquirido bombas para las que el fabricante declare que cumplen la UNE-EN 1232 y especifique una desviación máxima del caudal del 5 %, esto no se puede considerar garantizado durante toda la vida de la bomba. Las especificaciones de fábrica sólo son válidas para bombas recientemente fabricadas. Además hay que tener en cuenta que son ensayos de tipo realizados en condiciones de laboratorio. Las bombas más antiguas serán normalmente menos fiables y es probable que no cumplan las especificaciones del fabricante, especialmente cuando se han utilizado bajo condiciones extremas.

Los elementos de muestreo, utilizados conjuntamente con la bomba, presentan resistencias al flujo que provocan pérdidas de carga que, con el uso, afectan al funcionamiento de la bomba y por tanto al caudal limitando los intervalos de operación.

Las características de funcionamiento que se pueden afectar en mayor medida son el intervalo de pérdida de carga y el tiempo para los que la bomba es capaz de mantener el caudal constante. Por ello, es muy conveniente establecer un plan de mantenimiento que incluya la verificación de las características de funcionamiento de la bomba.

Factores que influyen en la estabilidad del caudal

Entre los factores que influyen en la estabilidad del caudal de la bomba, la temperatura es, probablemente, el más importante y se debe tener en cuenta en circunstancias diferentes. El caudal se puede ver afectado por:

- Diferencias de temperatura entre la calibración y la toma de muestra. Es necesario siempre tener en cuenta esta circunstancia.
- Utilización de la bomba fuera de o en condiciones próximas a los límites de los intervalos declarados por el fabricante.
- Variaciones importantes de temperatura para muestreos consecutivos, por ejemplo una toma de muestra en condiciones normales seguida de otra en condiciones extremas.

La realización periódica por parte del usuario de los ensayos indicados en la Tabla 1 y detallados en NTP 778 permite conocer y minimizar la influencia de la temperatura y garantizar y verificar el buen funcionamiento de la bomba.

Otros factores que influyen en la estabilidad del caudal de la bomba:

- Variación de la caída de presión durante el muestreo (debido por ejemplo a la saturación del elemento de retención).
- Duración del acondicionamiento de la bomba.
- Calidad de la batería y de los componentes de la bomba.
- Disposición o no de control de flujo electrónico.

Selección de la bomba a utilizar en la toma de muestra

Las bombas se seleccionarán teniendo en cuenta el uso al que se van a destinar, de acuerdo con las especificaciones que se indiquen en los métodos de medición y la experiencia y conocimientos del usuario.

Cuando se va a realizar una toma de muestra, se seleccionará la bomba teniendo en cuenta:

- El tipo de muestreo, es decir, si se trata de un muestreo personal ó en un lugar fijo (estático). Normalmente la bomba se colocará sujeta a la persona pero, según las circunstancias y condiciones del lugar de trabajo, esto puede no ser posible o puede considerarse más conveniente el muestreo en un lugar fijo que simule una muestra personal.
- Los agentes químicos que están presentes en el aire del lugar de trabajo.
- Los valores límite y su periodo de referencia.
- En el caso de aerosoles, cuál es la fracción a muestrear. Por ejemplo, la inhalable o la respirable.
- Las características de los agentes químicos en el aire, es decir, si están presentes como gases ó vapores, como aerosoles o si se trata de mezclas de aerosoles y vapores de un único agente químico o de varios.
- El elemento de retención o captación a utilizar, por ejemplo, tubo adsorbente, filtro, impinger, tubo adsorbente y filtro, etc.
- Los caudales y tiempos de toma de muestra recomendados en el método de medición.

La información sobre los cuatro últimos puntos se puede y debe obtener del método de medición correspondiente que sea de aplicación a la determinación de la exposición a realizar. El primer punto se decidirá en cada caso considerando los condicionantes del lugar de trabajo a evaluar. La información sobre los valores límite se obtendrá del documento "Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España", vigente en el momento de realizar la evaluación.

Calibración del caudal

La calibración de la bomba comprende dos pasos:

- Ajuste del caudal que se requiera utilizando el dispositivo del que la bomba debe venir provista para tal fin y
- Medición del caudal utilizando un medidor de volumen ó de caudal calibrado, preferentemente primario.

Desde el punto de vista de la frecuencia de calibración, las bombas pertenecen al grupo de equipos que se clasificarían en "calibrar antes de usar". Con el fin de minimizar la influencia de los factores indicados anteriormente, es recomendable seguir el procedimiento de calibración que se detalla a continuación.

El procedimiento consiste básicamente en realizar una calibración antes y otra después del periodo de toma de muestra, en el mismo lugar de trabajo en el que se van a tomar las muestras. Así, la calibración y la toma de muestra se realizan a la misma temperatura.

Si la calibración se realiza únicamente en el laboratorio, la diferencia entre las temperaturas de calibración y de toma de muestra puede dar lugar a diferencias superiores a $\pm 10\%$ entre el caudal medido en el laboratorio y el caudal de toma de muestra, respecto del caudal medido en el laboratorio.

El procedimiento recomendado para la calibración del caudal exige actuaciones antes, durante y después de la toma de muestra.

Antes de la toma de muestra:

- Se pone en marcha la bomba y se espera aproximadamente 5 minutos para su estabilización.
- Se conecta la salida de la bomba a un elemento de muestreo (tubo adsorbente, borboteador, selector de partículas, etc.) y la salida de éste a un calibrador. El calibrador debe ser un medidor de volumen o de caudal calibrado cuyo intervalo de medida sea lo más próximo posible al caudal que se desea.
- Se ajusta el caudal de la bomba dentro del $\pm 5\%$ del caudal recomendado por el método de toma de muestra y análisis a utilizar, y se mide el caudal. Si la lectura del caudal es mayor o menor del 5% del caudal deseado, se ajusta de nuevo la bomba hasta alcanzar el valor del caudal requerido.

Por ejemplo, si se desea llevar a cabo una toma de muestra a 200 ml/min con un tubo estándar de carbón activo, el caudal se debería ajustar entre 190 ml/min y 210 ml/min utilizando un tubo de carbón activo del mismo lote que el que se va utilizar en la toma de muestra.

- Se realizan, al menos, tres mediciones del caudal. Se toma como caudal inicial de muestreo la media aritmética de los resultados obtenidos en las tres mediciones.
- Se retira el calibrador y el elemento de retención utilizado en la calibración, dejando la bomba en funcionamiento.

Durante el periodo de toma de muestra:

- Se conecta un elemento de retención diferente al utilizado en la calibración (por ejemplo, otro tubo estándar de carbón activo), justo antes de comenzar la toma de muestra y se anota el tiempo de inicio de la toma de muestra.
- Durante la toma de muestra se verifica visualmente que la bomba funciona correctamente observando, por ejemplo, el rotámetro u otros indicadores y anotando las incidencias que puedan tener lugar (por ejemplo, cambios de ruido, parada, etc).
- Se anota la temperatura y la presión barométrica.
- Se anota el tiempo de finalización de la toma de muestra.

Después de la toma de muestra:

- Sin parar la bomba, se retira el elemento de muestreo utilizado en la toma de muestra, se cierra y se etiqueta convenientemente.
- Se conecta el conjunto, calibrador y elemento de retención, utilizado en la calibración previa a la toma de muestra.
- Se realizan, al menos, tres mediciones del caudal y se para la bomba. Se toma como caudal final la media aritmética de las tres mediciones.

Cálculo del caudal y volumen de toma de muestra

Generalmente, para el cálculo del volumen de toma de muestra se utiliza la media aritmética de las determinaciones del caudal realizadas antes y después de la toma de muestra.

Si se hace una medición intermedia del caudal y se reajusta durante la toma de muestra, se tendrán en cuenta los caudales intermedios para el cálculo del volumen de toma de muestra. En este caso, el periodo completo de toma de muestra se divide en dos subperiodos, el primero desde el inicio (de la toma de muestra) hasta la medición intermedia del caudal y reajuste y el segundo desde este momento hasta el final de la toma de muestra. Para

cada subperíodo, el caudal se calcula como la media aritmética de los caudales al inicio y al final del subperíodo. El volumen de toma de muestra se calcula como la suma de los volúmenes calculados independientemente para cada subperíodo teniendo en cuenta el tiempo que corresponde a cada uno de ellos.

Programa de mantenimiento y verificación de las bombas

El objetivo de un Programa de mantenimiento y verificación es que las bombas se encuentren siempre en perfecto estado de uso. Un programa de este tipo adecuadamente establecido y llevado a la práctica, permite tener un conocimiento continuado del estado de las características de las bombas y por tanto posibilita la selección de la bomba más adecuada a cada situación.

Verificación de las características de las bombas

En el apartado de utilización de la bomba se han expuesto los factores que pueden afectar al funcionamiento de la bomba y producir modificaciones de los parámetros operativos a lo largo de su vida útil. Por esta razón es muy recomendable comprobar de qué forma van cambiando dichas características en condiciones de laboratorio y para ello establecer un plan de verificación periódica de las bombas.

Es conveniente que el plan incluya la verificación de las características de funcionamiento más relevantes, es decir de las que afectan a la estabilidad del caudal. En NTP Bombas II se proporciona información detallada de los ensayos con algunos ejemplos de aplicación.

La verificación puede ser:

- Interna cuando el propio usuario realiza los ensayos en su laboratorio.
- Externa cuando se encarga a un laboratorio externo ó al propio fabricante. Se pedirá que emitan un informe de verificación de la bomba que incluya los ensayos llevados a cabo y los resultados obtenidos y se debería hacer referencia a la norma UNE EN 1232.

Mantenimiento de las bombas

Desde el punto de vista del mantenimiento de las bombas, la parte más crítica son las baterías. El programa de mantenimiento se establecerá siguiendo las instrucciones de mantenimiento detalladas por el fabricante, como por ejemplo si las baterías deben mantenerse cargadas ó descargadas. Las operaciones de mantenimiento incluidas en el programa, así como su frecuencia deberían formar parte del "Manual de uso de la bomba" que, a su vez, debería formar parte del Manual de Calidad. Es conveniente que se incluya también una descripción resumida de las operaciones a realizar para la utilización de la bomba.

En cuanto al programa de verificación y mantenimiento, el usuario establecerá la periodicidad con que se deben realizar los ensayos teniendo en cuenta el uso de las bombas y los resultados obtenidos en verificaciones anteriores.

Es conveniente disponer de una hoja de control de bombas, en la cual se debería de indicar, al menos:

- La fecha de adquisición de la bomba.
- Una referencia que la identifique, definida por el laboratorio.
- Los resultados de los ensayos de verificación (por ejemplo, desviación del caudal en % durante el ensa-

yo de la autonomía de funcionamiento, exactitud del cronómetro, intervalo de pérdida de carga en el que funciona correctamente, etc).

- La fecha de la última vez que fue utilizada (condiciones ambientales de calibración, resultados obtenidos, caudal y duración de la toma de muestra, condiciones ambientales del lugar de trabajo, etc).
- Información sobre el medidor de caudal utilizado en la calibración de la bomba (por ejemplo, de volumen, caudal, de área variable etc).
- La fecha de cambio de la batería.
- Cualquier otra indicación que pueda ser de utilidad.

4. SELECCIÓN Y USO DE LOS MEDIDORES DE VOLUMEN O CAUDAL

Los medidores de volumen o caudal utilizados para la calibración de la bomba se seleccionarán de forma que su campo de medida sea adecuado al caudal que se va a medir, es decir, al caudal al que se debe ajustar la bomba. Así, por ejemplo, para una bomba Tipo G, un valor adecuado para el límite superior del campo de medida del medidor de caudal sería 500 ml/min y para una de Tipo P el campo de medida debería ser como mínimo de 500 ml/min a 5 l/min.

Los medidores de volumen o caudal son equipos imprescindibles para la calibración de las bombas. Desde el punto de vista de sus prestaciones metrológicas pueden ser primarios o secundarios.

Medidores primarios

En los medidores primarios, la medición del caudal se fundamenta en la determinación directa de volúmenes y tiempos. Como las determinaciones de ambas magnitudes se realizan simultáneamente, la determinación del caudal es, a efectos prácticos, independiente de la temperatura y de la presión, cuando todos los elementos se encuentran en las mismas condiciones. Entre Los medidores primarios más utilizados están los siguientes:

- Medidores húmedos de burbuja de jabón. En estos medidores el caudal se determina midiendo el tiempo que tarda una burbuja de jabón en atravesar un volumen conocido. El caudal, en ml/min, se calcula dividiendo el volumen atravesado por la burbuja en ml por el tiempo empleado en atravesarlo, en min. Pueden ser:
 - Manuales, como la denominada bureta invertida.
 - Electrónicos. Disponen de un sensor de flujo electrónico, llamado "ojo electrónico", que mide automáticamente el tiempo que tarda la burbuja en atravesar un volumen fijo. Pueden mejorar la exactitud de la medida del tiempo respecto de los manuales y realizan el cálculo del caudal automáticamente.
- Medidores secos de pistón. Miden electrónicamente el tiempo que tarda un pistón de baja resistencia al flujo en atravesar un volumen determinado y a partir de ello calculan el caudal.

Medidores secundarios

Los medidores secundarios son menos exactos que los primarios y deben ser calibrados frente a estos. Los rotámetros, con los que las bombas de muestreo suelen estar equipadas, pertenecen a este grupo de medidores.

Otros medidores secundarios son los orificios medidores, orificios críticos, etc.

Los rotámetros son medidores de caudal de área variable a los que afectan los cambios de temperatura y presión atmosférica. Por ello, sólo se utilizarán como indicadores de caudal y se deben calibrar frente a un medidor primario bajo las mismas condiciones de presión y temperatura en las que se van a utilizar. Si se calibran en condiciones diferentes a las que se van a utilizar, puede ser necesario realizar una corrección matemática del caudal.

Mantenimiento y calibración de los medidores de caudal

El funcionamiento correcto de los medidores de caudal es un factor crítico para asegurar la fiabilidad de la determinación del volumen de aire muestreado. Por ello, es importante establecer para estos equipos programas de mantenimiento y calibración adecuados que deberían formar parte de los correspondientes documentos del Manual de Calidad.

El programa de mantenimiento, detallando las operaciones a realizar y su frecuencia, se establecerá teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante y la experiencia y necesidades del usuario.

La calibración puede ser realizada por el propio laboratorio ó por un servicio de calibración externo.

Si la calibración se lleva a cabo por un servicio de calibración externo, el usuario decidirá el intervalo y las condiciones de calibración. Como mínimo, pedirá:

- que el equipo se calibre, al menos, en tres puntos que cubran su intervalo de medida óptimo y

- que el certificado de calibración se entregue con el equipo e indique las condiciones ambientales de presión y temperatura a las que se ha efectuado la calibración, la incertidumbre obtenida y el factor de cobertura utilizado en su cálculo.

Si la calibración se lleva a cabo por el usuario en su laboratorio, deberá disponer, al menos, de un medidor calibrado por un organismo acreditado, que le sirva como patrón de referencia para calibrar el resto de medidores. El patrón de referencia se almacenará siempre en las mismas condiciones de temperatura y humedad. El usuario dispondrá también de un procedimiento de calibración interno escrito que describa con todo detalle las operaciones a seguir para realizar la calibración de los medidores y como utilizar los resultados obtenidos.

Es conveniente que todos los detalles referidos al mantenimiento y la calibración de los medidores queden reflejados en una hoja de control, que debería contener, al menos, la información siguiente:

- Una referencia que identifique inequívocamente cada equipo.
- El tipo de calibración, externa ó interna.
- La fecha de la última calibración.
- Los resultados obtenidos en la calibración.
- Cualquier otra indicación que pueda ser de interés. Por ejemplo, si la calibración es interna, se deberá incluir la información del certificado del medidor utilizado como patrón.

La periodicidad de la calibración de los medidores de caudal y el tipo de calibración, externa o interna, será establecida por el usuario, basándose en su experiencia y en los requisitos de calidad del laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- | | | |
|--|---|---|
| <p>1) ARRIANDIAGA M.V, SALCEDO R.M.
El caudal en las bombas de muestreo personal.
<i>Ibermutua, nº 12, 17-23, 1997.</i></p> <p>2) ARRIANDIAGA M.V, SALCEDO R.M.
La comprobación de la estabilidad del caudal en las bombas de muestreo personal.
<i>Poster presentado en el XIV Congreso Mundial sobre Seguridad y Salud en el Trabajo. Madrid, 1996.</i></p> <p>3) DFG.
Sampling and determining aerosols and their chemical components.
<i>The MAK-Collection Part III: Air Monitoring methods, Vol.9, 2005.</i></p> <p>4) FRÉVILLE L., P. MARTIN.
Réalisation d'un banc d'essais automatisés pour les pompes individuelles de prélèvement.
<i>Cahiers de notes documentaires. ND 2107-175-99. INRS, 1999.</i></p> | <p>5) GRAVEL R.
Evaluation de pompes personnelles d'échantillonnage. Guide technique.
<i>Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST). Québec, 1993.</i></p> <p>6) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Límites de exposición profesional para agentes químicos en España.
<i>INSHT 2007.</i></p> <p>7) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Métodos de Toma de Muestra y Análisis.
<i>INSHT. Colección 1987 - 2007.</i></p> <p>8) INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL
Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milie de travail. Guide technique.
<i>IRSST. Québec, 2005.</i></p> | <p>9) Real Decreto 374/2001 de 6.4 (Ministerio de la Presidencia, BOE 1.5.2001). Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.</p> <p>10) UNE EN 1232:1997. Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.</p> <p>11) UNE EN 12919:1999. Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo de los agentes químicos con un caudal volumétrico superior a 5 l/min. Requisitos y métodos de ensayo.</p> <p>12) UNE EN 482:1994. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos.</p> <p>13) URIBE B; QUINTANA M.J.
Bombas de muestreo personal para agentes químicos. Criterios y recomendaciones.
<i>CR-01/2005. INSHT</i></p> |
|--|---|---|

Bombas de muestreo personal para agentes químicos (II): verificación de las características técnicas

Pompes d'échantillonnage personnel pour agents chimiques: vérification des caractéristiques techniques
Personal sampling pumps for chemical agents: verification of the technical characteristics

Redactoras:

Begoña Uribe Ortega
Lda. en Ciencias Químicas

M^a José Quintana San José
Dra. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

En esta NTP, continuación de la 777, se describen los ensayos destinados a la verificación de las bombas de muestreo personal como son el de la estabilidad del caudal con la pérdida de carga y el tiempo de funcionamiento y el de la dependencia de la temperatura. También se presenta un programa de desarrollo de dichos ensayos y el montaje más adecuado para llevarlos a cabo.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El funcionamiento de las bombas se ve afectado por múltiples factores y sus características se van modificando con el uso. En general, las bombas más antiguas serán normalmente menos fiables y es probable que no cumplan las especificaciones del fabricante, especialmente cuando se han utilizado bajo condiciones extremas.

La característica fundamental a controlar para asegurar la fiabilidad de la medición es el caudal. El caudal de la bomba no se debería desviar más de $\pm 5\%$ en las condiciones en las que se realice la toma de muestra. Por esta razón es muy recomendable comprobar de qué forma van cambiando las características de funcionamiento de las bombas desde su fecha de adquisición y, en especial, conocer los intervalos de pérdida de carga, tiempo y temperatura, en los que el caudal de la bomba permanece constante.

Para asegurar que las bombas se encuentran siempre en perfecto estado de uso y que su funcionamiento sea correcto, es recomendable establecer un programa de verificación que incluya las principales características técnicas funcionales. Un programa de este tipo adecuadamente establecido y llevado a la práctica, permite tener un conocimiento continuado del estado de las características de las bombas y por tanto posibilita la selección de la bomba más adecuada a cada situación.

Un programa de verificación de bombas de muestreo para agentes químicos debería incluir, como mínimo los ensayos siguientes:

1. Estabilidad del caudal con el aumento de la pérdida de carga (ΔP)
2. Estabilidad del caudal con el tiempo (t) y
3. Dependencia con la temperatura (T).

Los ensayos que se describen en este documento están basados en la norma UNE-EN 1232. Para cada ensayo se describe el procedimiento a seguir para su realización y se proporcionan ejemplos de los resultados del ensayo obtenidos para una bomba Tipo G y otra Tipo P, así como las conclusiones respecto a su estado y posibilidades o limitaciones de uso.

2. CONDICIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE VERIFICACIÓN

En el Apéndice A se describe el montaje y la instrumentación necesaria para llevar a cabo los ensayos. El montaje que se requiere es sencillo y puede ser realizado en cualquier laboratorio. Para su realización es necesario disponer de resistencias de flujo (o reductores de flujo) que proporcionen pérdidas de carga diferentes, de un medidor de presión diferencial y de otra instrumentación habitual como medidores de caudal, conexiones de vidrio y tubo de silicona.

Para los ejemplos se ha utilizado una bomba Tipo G y otra tipo P con una antigüedad de 6 años y 3 años respectivamente. En la tabla 2 de la NTP 777 se recogen las características declaradas por el fabricante para estas bombas.

Los medidores de caudal utilizados en los ensayos de verificación, han sido:

- Para la bomba Tipo G: medidor primario electrónico de burbuja de jabón, que mide automáticamente el tiempo que tarda una burbuja en atravesar un volumen fijo.
- Para la bomba Tipo P: medidor primario seco de pistón, que mide electrónicamente el tiempo que tarda un pistón de baja resistencia al flujo en atravesar un volumen determinado y a partir de ello calculan el caudal.

3. ENSAYO DE ESTABILIDAD DEL CAUDAL CON EL AUMENTO DE LA PÉRDIDA DE CARGA

El objetivo de este ensayo es establecer el intervalo de pérdida de carga (curva presión - caudal) en el cual las bombas funcionan adecuadamente.

De acuerdo con la norma UNE-EN 1232, el caudal no se debería desviar más de $\pm 5\%$ del valor ajustado inicialmente para las pérdidas de carga que se pueden presentar durante la toma de muestra. En la tabla 1 se

recogen, para cada caudal, los intervalos de pérdida de carga (ΔP) en los que el caudal debe mantenerse constante, según se trate de una bomba Tipo P o G.

Los valores superiores e inferiores del intervalo de pérdida de carga que se requiere para las bombas del tipo P son característicos de un filtro no cargado y de un filtro muy cargado. Los valores para las bombas del tipo G son característicos de un solo tubo adsorbente de baja resistencia al flujo y hasta dos tubos adsorbentes en línea.

Bombas tipo P		Bombas tipo G	
Caudal (l/min)	ΔP (kPa)	Caudal (ml/min)	ΔP (kPa)
1	0,1 a 4,0	5	0,01 a 0,1
2	0,3 a 4,0	10	0,02 a 0,2
3	0,4 a 4,0	50	0,1 a 1,2
4	0,6 a 5,0	100	0,2 a 2,6
5	0,7 a 6,25	300	1,0 a 10

Tabla 1. Intervalos de pérdida de carga (ΔP) para cada caudal

Procedimiento

El procedimiento a seguir para realizar el ensayo a temperaturas entre 20 °C y 25 °C es el siguiente:

- 1) Se ajusta la bomba a uno de los caudales y condiciones indicados en la tabla 2.
- 2) Se reemplaza el reductor por uno ajustable al flujo, como por ejemplo una válvula de aguja totalmente abierta.

Bomba	Reductor de flujo	ΔP generada (kPa)	Caudal
Tipo P	RA	0,5 \pm 10% (2 l/min)	Caudal nominal máximo y mínimo
Tipo G	RC	0,5 \pm 10% (50 ml/min) 5,0 \pm 10% (300 ml/min)	Caudal nominal máximo y mínimo

Tabla 2. Condiciones para el ensayo de estabilidad con el aumento de la pérdida de carga para bombas Tipo P y Tipo G.

- 3) Sin cambiar el ajuste de la bomba, se va aumentando gradualmente la resistencia al flujo, pasando del valor más bajo al valor más alto de la tabla 2 hasta que la bomba se pare de manera automática o el caudal se desvíe más de \pm 5% del caudal ajustado al inicio. Para obtener la curva presión-caudal, se efectúan, para cada valor de la resistencia de flujo, al menos 3 mediciones del caudal y de la pérdida de carga.

Resultados del ensayo para la bomba Tipo G

Según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), la bomba mantiene el caudal dentro de \pm 5 % en todo el intervalo de caudales hasta una pérdida de carga de 25" H₂O.

Los resultados obtenidos para caudales de 20 ml/min y 200 ml/min a una temperatura de (21 \pm 2) °C, se muestran en la tabla 3 y en la figura 1.

Los resultados obtenidos indican que la bomba sigue cumpliendo las indicaciones del fabricante de mantener el caudal dentro de \pm 5 % hasta una pérdida de carga de 25" H₂O (\approx 5,6 kPa) a un caudal de 200 ml/min, pero que a 20 ml/min solo se cumple hasta una pérdida de carga de 15" H₂O (\approx 3,5 kPa).

(ΔP) (kPa)	Q (ml/min)	CV (%)	(ΔP) (kPa)	Q (ml/min)	CV (%)
0,5	200,4	0,28	0,4	20,1	0,48
1,5	199,9	0,09	1,0	20,0	1,08
2,5	198,1	0,18	1,5	19,8	0,16
3,5	198,0	0,16	2,2	19,8	0,19
4,5	195,4	0,24	3,1	19,2	0,13
5,5	195,2	0,06	3,7	19,0	0,26
6,5	193,1	0,18	4,5	18,6	0,14
7,5	193,8	0,15	5,1	18,4	0,23
10,5	191,0	0,08	6,2	18,2	0,10
12,5	189,4	0,09	7,8	17,8	0,18
17,5	183,3	0,12			

Tabla 3. Resultados del ensayo de estabilidad del caudal con el aumento de pérdida de carga (ΔP) para la bomba Tipo G. CV: Coeficiente de variación.

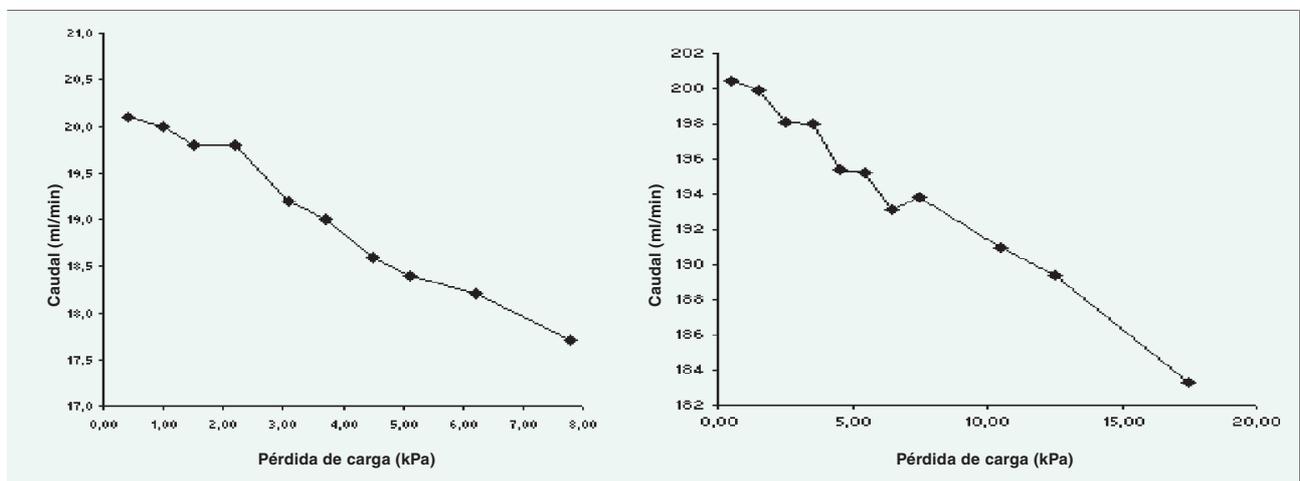


Figura 1. Representación gráfica del caudal (Q) frente a la pérdida de carga (ΔP) para la bomba Tipo G. a) 200 ml/min (°) b) 20 ml/min (◊).

Resultados del ensayo para la bomba Tipo P

Según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), la bomba mantiene el caudal dentro de $\pm 3\%$ para el intervalo de caudal de 750 ml/min (40 «H₂O») a 3 l/min (15" H₂O)

Los resultados obtenidos para caudales de 1 l/min y 3 l/min a una temperatura de $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$, se muestran en la tabla 4 y en la figura 2.

(ΔP) (kPa)	Q (ml/min)	CV (%)	(ΔP) (kPa)	Q (ml/min)	CV (%)
0,6	1,044	0,31	2,8	2,936	0,23
1,4	1,038	0,72	3,4	2,916	0,14
2,2	1,032	0,46	3,9	2,900	0,00
3,0	1,026	0,17	4,4	2,888	0,08
3,4	1,025	0,10	4,9	2,908	0,00
3,8	1,020	0,26	5,4	2,884	0,21
4,0	1,021	0,15	5,9	2,845	0,08
5,2	1,019	0,46	6,4	2,809	0,14
7,4	1,012	0,26			

Tabla 4. Resultados del ensayo de estabilidad del caudal (Q) con el aumento de pérdida de carga (ΔP) para la bomba Tipo P. CV: Coeficiente de variación.

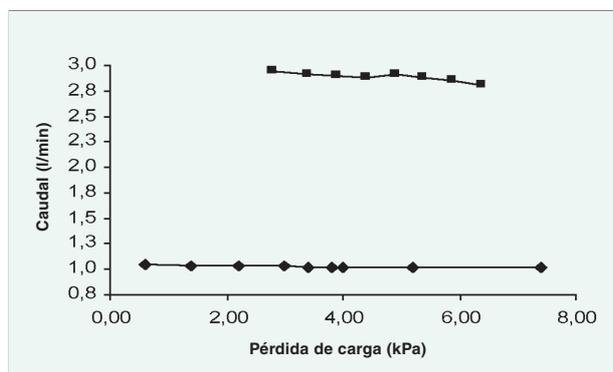


Figura 2. Representación gráfica del caudal (Q) frente a la pérdida de carga (ΔP) a 1 l/min (\triangle) y a 3 l/min (\square) para la bomba Tipo P.

Los resultados obtenidos indican que a 1 l/min, la bomba mantiene el caudal con una desviación inferior al 3 % respecto del caudal ajustado al inicio del ensayo, hasta una pérdida de carga de 8 kPa ($\approx 32''$ H₂O), y a 3 l/min hasta una pérdida de carga de 4 kPa ($\approx 16''$ H₂O), es decir, que la bomba sigue cumpliendo las características indicadas por el fabricante.

4. ENSAYO DE LA ESTABILIDAD DEL CAUDAL CON EL TIEMPO

El objetivo de este ensayo es comprobar el periodo durante el cual la bomba puede funcionar a un caudal constante y a una pérdida de carga determinada sin recargar ó reemplazar la batería.

De acuerdo con la norma UNE-EN 1232, las bombas deberían tener una autonomía de funcionamiento de al menos 2 h y preferiblemente 8 h. Durante el periodo de funcionamiento, el caudal no se debería desviar más del

5 % del valor medido al inicio del ensayo. Este requisito se debería cumplir en todo el intervalo de caudal para una determinada pérdida de carga y a dos temperaturas, ambiente (20°C a 25°C) y 5°C .

Si habitualmente no se realizan tomas de muestra a bajas temperaturas puede omitirse el ensayo a 5°C o realizarlo a otra temperatura dependiendo de las condiciones en las que se espera utilizar la bomba.

Procedimiento

El procedimiento a seguir para el ensayo a temperatura ambiente es el siguiente:

- 1) Antes de comenzar el ensayo se mantiene la bomba a 20°C y se carga la batería.
- 2) Al comienzo del ensayo se ajusta la bomba a uno de los caudales y condiciones indicados en la tabla 5 y se mide el caudal.
- 3) Se realizan mediciones cada 5 min durante los primeros 30 minutos que siguen a la puesta en marcha de la bomba. Se realizan medidas adicionales a 45 min y 60 min a partir del comienzo y, después, a intervalos de 30 min hasta que se registra un funcionamiento defectuoso o la bomba se para de manera automática.

Bomba	Reductor de flujo	ΔP generada (kPa)	Caudal
Tipo P	RB	$1,6 \pm 10\%$ (2 l/min)	2 l/min y al caudal nominal máx.
Tipo G	RD	$1,0 \pm 10\%$ (50 ml/min) $10,0 \pm 10\%$ (300 ml/min)	(50 ml/min ó 300 ml/min) y al caudal nominal máx.

Tabla 5. Condiciones para el ensayo de estabilidad del caudal con el tiempo para las bombas Tipo P y Tipo G.

Resultados del ensayo para la bomba tipo G

La bomba, según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), mantiene el caudal dentro de $\pm 5\%$ durante 8 horas a una pérdida de carga de $25''$ H₂O.

Al inicio del ensayo el caudal se ajusta y se mide, realizándose tres mediciones. Los resultados obtenidos para caudales de 20 ml/min y 200 ml/min a una temperatura de $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$, se muestran en la tabla 6 y en la figura 3.

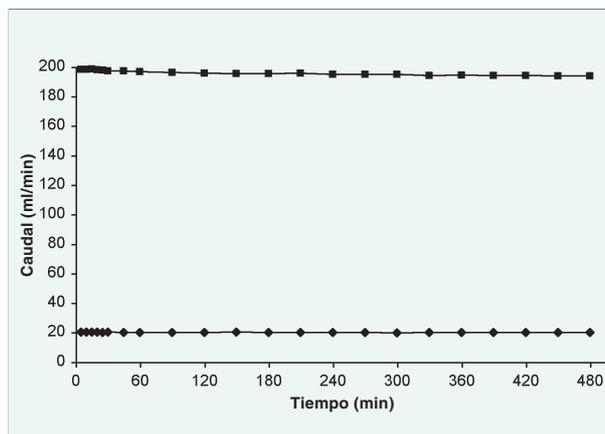


Figura 3. Representación gráfica del caudal frente al tiempo para la bomba Tipo G a 200 ml/min (\square) y a 20 ml/min (\triangle).

t (minutos)	Q inicial = 198,3 ml/min (n=3, CV (%) = 0,16)		Q inicial = 20,0 ml/min (n=3, CV (%) = 0,08)	
	Q (ml/min)	CV (%)	Q (ml/min)	CV (%)
5	198,1	0,06	20,0	0,28
10	198,3	0,11	20,0	0,13
15	198,5	0,21	19,9	0,10
20	197,9	0,06	19,9	0,17
25	197,6	0,21	19,8	0,18
30	197,2	0,00	19,9	0,07
45	197,1	0,12	19,8	0,05
60	196,6	0,06	19,8	0,11
90	196,1	0,10	19,8	0,17
120	195,5	0,15	19,8	0,26
150	195,4	0,11	19,9	0,25
180	195,4	0,08	19,7	0,11
210	195,5	0,10	19,7	0,11
240	194,9	0,18	19,7	0,14
270	194,7	0,00	19,6	0,08
300	194,8	0,08	19,5	0,02
330	194,1	0,06	19,6	0,06
360	194,2	0,10	19,7	0,13
390	194,0	0,12	19,6	0,11
420	194,1	0,09	19,7	0,19
450	193,9	0,06	19,7	0,08
480	193,7	0,15	19,6	0,12

Tabla 6. Resultados del ensayo de estabilidad del caudal (Q) con del tiempo (t) para la bomba Tipo G. CV: Coeficiente de variación, n: número de mediciones.

Los resultados obtenidos indican que la bomba mantiene el caudal constante con una desviación inferior a 5 % respecto del caudal de ajuste, como mínimo, durante 8 horas.

Resultados del ensayo para la bomba tipo P

La bomba Tipo P, según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), mantiene el caudal dentro de ± 3 % durante 8 horas a una pérdida de carga de 30" H₂O.

Al inicio del ensayo el caudal se ajusta y se mide, realizándose tres mediciones. Los resultados obtenidos

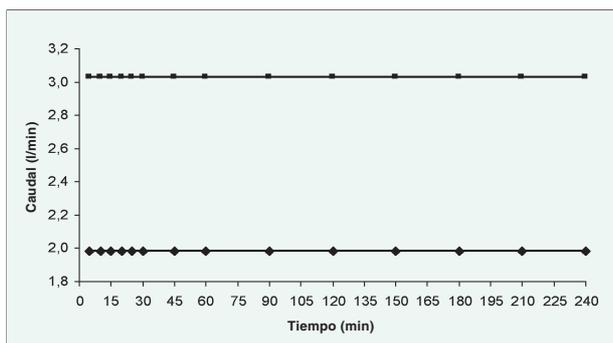


Figura 4. Representación gráfica del caudal frente al tiempo para la bomba Tipo P a 2 l/min (◇) y a 3 l/min (°).

para caudales de 2 l/min y 3 l/min a una temperatura de (21 ± 2) °C, se muestran en la tabla 7 y en la figura 4.

t (minutos)	Q inicial = 2,00 l/min (n=3, CV (%) = 0,03)		Q inicial = 3,04 l/min (n=3, CV (%) = 0,36)	
	Q (ml/min)	CV (%)	Q (ml/min)	CV (%)
5	1,985	0,12	3,028	0,06
10	1,984	0,00	3,010	0,06
15	1,980	0,08	3,010	0,12
20	1,980	0,29	2,996	0,12
25	1,975	0,13	2,999	0,15
30	1,977	0,08	2,995	0,21
45	1,975	0,13	3,000	0,20
60	1,975	0,08	3,005	0,13
90	1,972	0,06	2,993	0,39
60	1,970	0,21	3,011	0,32
120	1,972	0,12	3,006	0,17
150	1,976	0,13	2,998	0,21
210	1,973	0,17	2,994	0,17
240	1,975	0,15	3,001	0,15

Tabla 7. Resultados del ensayo de estabilidad del caudal (Q) con del tiempo (t) para la bomba Tipo P. CV: Coeficiente de variación, n: número de mediciones.

Los resultados obtenidos indican que la bomba mantiene el caudal constante con una desviación inferior al 3 %, con relación al caudal ajustado al inicio, como mínimo, durante 4 horas. El ensayo se puede continuar hasta cubrir las indicaciones del fabricante.

4. ENSAYO DE DEPENDENCIA DE LA TEMPERATURA

Este ensayo permite establecer el intervalo de temperatura para el cual el caudal no se desvía más de un 5 % del caudal a 20 °C.

De acuerdo con la norma UNE-EN 1232, el caudal en las condiciones de funcionamiento no se debería desviar más de 5 % del caudal medido a 20 °C, en el intervalo de temperatura de 5 °C a 40 °C.

Para llevar a cabo este ensayo, sería necesario disponer de una cámara climática en la que se introduce el montaje descrito en el apéndice A. Si no se dispone de una cámara climática, se pueden utilizar diferentes opciones (frigorífico, estufa, etc).

Conviene que el usuario lleve a cabo el ensayo en el intervalo de temperatura en el que realice habitualmente las tomas de muestra.

Procedimiento

El procedimiento a seguir para realizar el ensayo en todo el intervalo de temperatura es el siguiente:

- 1) Antes de comenzar el ensayo se mantiene la bomba a 20 °C y se carga la batería.
- 2) Se pone en marcha la bomba y se ajusta a uno de los caudales indicados en la tabla 8.
- 3) Se somete el montaje completo para el ensayo a una temperatura de 5 °C durante 2 horas, mientras la

Bomba	Reductor de fñulo	Caudal
Tipo P	RA	2 l/min)
Tipo G	RC	50 ml/min ó 300 ml/min

Tabla 8. Condiciones para el ensayo de dependencia de la temperatura para bombas Tipo P y Tipo G.

bomba está en funcionamiento. Al final del periodo se mide el caudal.

- 4) A continuación, se somete el montaje para el ensayo a las temperaturas de 10 °C, 20 °C, 30 °C y 40 °C durante periodos de 1 h para cada temperatura. Al final de cada periodo se mide el caudal. No es necesario que la bomba esté en funcionamiento durante los periodos completos de una hora a cada temperatura. Es suficiente con que se ponga en marcha 15 min antes de la medición del caudal y se pare de nuevo después de haber terminado la medición.

Resultados del ensayo para las bombas Tipo G y Tipo P

Según las indicaciones del fabricante (tabla 2 de NTP 777), el intervalo de temperatura de operación es de 0 °C a 45 °C para la bomba Tipo P y de -20 °C a 45 °C para la bomba Tipo G.

El ensayo se ha llevado en un intervalo de temperatura de 5 °C a 30 °C utilizando, como alternativa a la cámara climática, un refrigerador para las temperaturas de 5 °C y 10 °C, un local climatizado para la temperatura de 20 °C y una estufa de laboratorio para la temperatura de 30 °C.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 9 y en la figura 5.

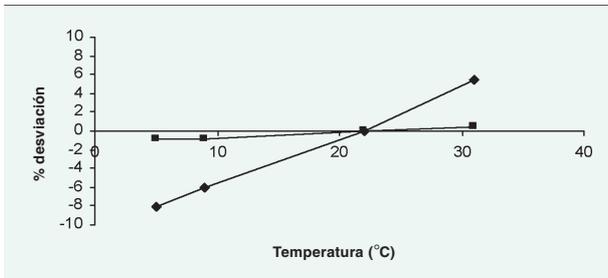


Figura 5. Representación gráfica del porcentaje de desviación del caudal frente a la temperatura para las bombas Tipo P (□) y G (△).

Los resultados indican que mientras la bomba Tipo P mantiene el caudal constante para todo el intervalo de temperatura, el caudal de la bomba Tipo G únicamente se mantiene dentro de ± 5 % entre 15 °C a 25 °C aproximadamente.

5. PROGRAMA DE VERIFICACIÓN DE LAS BOMBAS

El programa de verificación, detallando los ensayos y su frecuencia debería ser establecido por el usuario teniendo en cuenta el uso de las bombas y los resultados obtenidos en verificaciones anteriores.

Es conveniente disponer de una hoja de control de bombas, en la cual se debería indicar, al menos:

- La fecha de adquisición de la bomba.
- Una referencia que la identifique, definida por el laboratorio.
- Los resultados de los ensayos de verificación (por ejemplo, desviación del caudal en % durante el ensayo de la autonomía de funcionamiento, exactitud del cronómetro, intervalo de pérdida de carga en el que funciona correctamente, etc).
- La fecha de la última vez que fue utilizada, (condiciones ambientales de calibración, resultados obtenidos, caudal y duración de la toma de muestra, condiciones ambientales del lugar de trabajo, etc).
- Información sobre el medidor de caudal utilizado en la calibración de la bomba (por ejemplo, de volumen, caudal, de área variable etc).
- La fecha de cambio de la batería.
- Cualquier otra indicación que pueda ser de utilidad.

APÉNDICE A

MONTAJE PARA LOS ENSAYOS DE VERIFICACIÓN

Los ensayos descritos en esta nota técnica de prevención se realizan utilizando un montaje como el de la Figura 1. La bomba objeto de ensayo se conecta en serie a una resistencia de flujo y a un medidor de volumen ó caudal. Entre la bomba y la resistencia se conecta un medidor de presión diferencial. Todas las conexiones deberán ser estancas y la longitud total de los tubos utilizados tan corta como sea posible, con una longitud máxima de alrededor de 80 cm y un diámetro interno de alrededor de 6 mm.

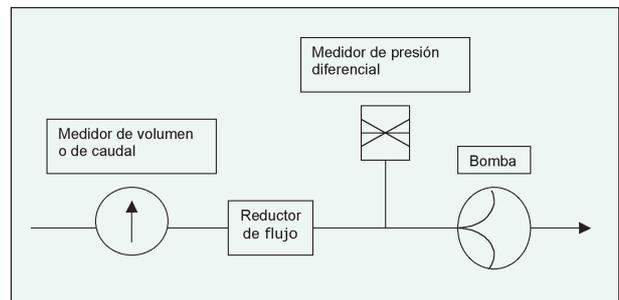


Figura 1. Montaje para los ensayos de verificación

Bomba G				Bomba P			
T (°C)	Caudal (ml/min)	Desviación (%)	CV(%)	T (°C)	Caudal (ml/min)	Desviación (%)	CV(%)
5	185,2	- 8,00	0,03	5	2,013	-1,47	0,12
10	189,2	- 6,06	0,03	10	2,014	-1,42	0,20
20	201,4	0,00	0,15	20	2,031	-0,59	0,15
30	212,3	+5,41	0,10	30	2,040	-0,15	0,06

Tabla 9. Resultados del ensayo de dependencia de la temperatura (T) para las bombas Tipo P y G. CV: Coeficiente de variación.

Los ensayos deberían llevarse a cabo con las baterías completamente cargadas y a una temperatura de 20 °C a 25 °C, salvo mención contraria en la descripción de las condiciones de ensayo. La temperatura se medirá y se anotará con los resultados del ensayo.

Listado de la instrumentación a utilizar en los ensayos:

- Medidores de volumen (por ejemplo, medidor de burbuja de jabón) ó caudal (por ejemplo, medidor de caudal de área variable).
- Resistencias o reductores de flujo que proporcionen las pérdidas de carga siguientes:
 - Reductor de flujo RA, que genere una pérdida de carga de 0,5 kPa \pm 10 % a un caudal de 2 l/min,
 - Reductor de flujo RB, que genere una pérdida de carga de 1,6 kPa \pm 10 % a un caudal de 2 l/min,

- Reductor de flujo RC, que genere una pérdida de carga de 0,5 kPa \pm 10 % a un caudal de 50 ml/min y una pérdida de carga de 5 kPa \pm 10 % a un caudal de 300 ml/min
- Reductor de flujo RD, que genere una pérdida de carga de 1,0 kPa \pm 10 % a un caudal de 50 ml/min y una pérdida de carga de 10 kPa \pm 10 % a un caudal de 300 ml/min.

- Si no se dispone de estos reductores se pueden utilizar en su lugar válvulas de aguja.
- Medidor de presión diferencial, con un campo de medida que incluya el intervalo de presiones de interés.
- Termómetro de vidrio ó electrónico.
- Medidor de tiempo (por ejemplo, cronómetro).
- Medidor de presión de aire (por ejemplo, barómetro).
- Tubos y accesorios de conexión.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) ARRIANDIAGA M.V, SALCEDO R.M.
El caudal en las bombas de muestreo personal.
Ibermutua, nº 12, 17-23, 1997.
- 2) Arriandiaga M.V, Salcedo R.M.
La comprobación de la estabilidad del caudal en las bombas de muestreo personal.
Poster presentado en el XIV Congreso Mundial sobre Seguridad y Salud en el Trabajo. Madrid, 1996.
- 3) DFG.
Sampling and determining aerosols and their chemical components.
The MAK-Collection Part III: Air Monitoring methods, Vol.9, 2005.
- 4) FRÉVILLE L., P. MARTIN.
Réalisation d'un banc d'essais automatisés pour les pompes individuelles de prélèvement.
Cahiers de notes documentaires. ND 2107-175-99. INRS, 1999.
- 5) GRAVEL R.
Evaluation de pompes personnelles d'échantillonnage. Guide technique.
Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST). Québec, 1993.
- 6) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Límites de exposición profesional para agentes químicos en España.
INSHT 2007.
- 7) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Métodos de Toma de Muestra y Análisis.
INSHT. Colección 1987 - 2007.
- 8) INSTITUT DE RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL
Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milie de travail. Guide technique.
IRSST. Quebec, 2005.
- 9) **Real Decreto 374/2001 de 6.4 (Ministerio de la Presidencia, BOE 1.5.2001).** Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- 10) **UNE EN 1232:1997.** Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.
- 11) **UNE EN 12919:1999.** Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo de los agentes químicos con un caudal volumétrico superior a 5 l/min. Requisitos y métodos de ensayo.
- 12) **UNE EN 482:2007.** Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos.
- 13) URIBE B; QUINTANA M.J.
Bombas de muestreo personal para agentes químicos. Criterios y recomendaciones. CR-01/2005.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables

Confort thermique. Critères de dessin par ambiances thermiques confortables.
Thermal comfort. Desing criteria for comfortable thermal environment.

Redactora:

Ana Hernández Calleja
Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El ambiente interior comprende el ambiente térmico, la calidad del aire y el ambiente acústico. La calidad del ambiente interior puede ser expresada como el grado en el que se cumplen las exigencias humanas. Debido a las diferencias entre las personas, estas exigencias pueden variar de unos individuos a otros. Algunas personas son más sensitivas frente a un determinado ambiente y pueden ser difíciles de satisfacer, mientras que otras lo son en menor medida siendo, en consecuencia, más fáciles de satisfacer. Para hacer frente a estas diferencias individuales, la cuantificación de la "calidad" se expresa en forma de porcentaje de personas que encontrarían, en este caso, el ambiente inaceptable.

La metodología de valoración del ambiente térmico se basa en la respuesta humana a las diferentes situaciones provocadas por la combinación de las seis variables que definen el ambiente térmico, cuatro ambientales y dos ligadas al individuo, y que son las siguientes: la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la humedad relativa, la velocidad del aire, la actividad metabólica y el aislamiento del vestido.

La valoración final se expresa a través de dos índices: el índice PMV (del inglés *Predicted Mean Vote*) y el índice PPD (del inglés *Predicted Percentage of Dissatisfied*). El índice PMV daría la estimación de la sensación térmica, mientras que el PPD proporcionaría información sobre el grado de incomodidad.

Estos índices pueden ser utilizados para el diseño de ambientes térmicos confortables o para la evaluación de ambientes térmicos existentes. La norma UNE-EN-ISO 7730/2006 establece tres clases o categorías de calidad basadas en el equilibrio entre las posibilidades económicas y tecnológicas y el menor número de personas insatisfechas usuarias de dichos ambientes. Es en el mo-

mento del diseño de la instalación cuando se escoge una determinada categoría de ambiente térmico, pero es a lo largo de la vida útil de la misma cuando la metodología de valoración permite comprobar que los requisitos establecidos en la fase de diseño se mantienen en el tiempo.

2. ÍNDICES PMV Y PPD

Cualquier actividad que realice el cuerpo humano requiere el aporte de energía. De la energía que se moviliza solo una pequeña parte es invertida en la realización del trabajo, en tanto que el resto se transforma en calor. Una mínima fracción del calor generado se utiliza para mantener la temperatura interna del cuerpo en un valor constante (37 °C), mientras que el resto debe ser disipado al ambiente, sin olvidar que el flujo de transferencia de calor viene determinado por las características térmicas del mismo y que el calor fluye de las zonas más cálidas a las más frías.

Se denomina "Balance térmico" al equilibrio que se establece entre el organismo y el ambiente en el que el calor generado internamente y/o ganado del ambiente es igual a la cantidad de calor cedido al ambiente. Los mecanismos fisiológicos que propician los intercambios de calor están regidos por el sistema de termorregulación del cuerpo humano. En ambientes térmicos moderados, el trabajo de termorregulación es mínimo y es suficiente modificar la temperatura de la piel y la secreción del sudor para mantener el equilibrio térmico.

El índice PMV refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala psicofísica de siete niveles al ser sometidos a diferentes ambientes térmicos. El índice se obtiene de la ecuación del balance térmico y de los datos estadísticos de pruebas experimentales.

Vestimenta Clo ⁽¹⁾	Temperatura operativa ⁽²⁾ °C	Velocidad relativa del aire m/s								
		< 0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,0	
0,5	18	-2,01	-2,01	-2,17	-2,38	-2,70				
	20	-1,41	-1,41	-1,58	-1,76	-2,04	-2,25	-2,42		
	22	-0,79	-0,79	-0,97	-1,13	-1,36	-1,54	-1,69	-2,17	
	24	-0,17	-0,20	-0,36	-0,48	-0,68	-0,83	-0,95	-1,35	
	26	0,44	0,39	0,26	0,16	-0,01	-0,11	-0,21	-0,52	
	28	1,05	0,98	0,88	0,81	0,70	0,61	0,54	-0,31	
	30	1,64	1,57	1,51	1,46	1,39	1,33	1,29	1,14	
1,0	32	2,25	2,20	2,17	2,15	2,11	2,09	2,07	1,99	
	16	-1,18	-1,18	-1,31	-1,43	-1,59	-1,72	-1,82	-2,12	
	18	-0,75	-0,75	-0,88	-0,98	-1,13	-1,24	-1,33	-1,59	
	20	-0,32	-0,33	-0,45	-0,54	-0,67	-0,76	-0,83	-1,07	
	22	0,13	0,10	0,00	-0,07	-0,18	-0,26	-0,32	-0,52	
	24	0,58	0,54	0,46	0,40	0,31	0,24	0,19	0,02	
	26	1,03	0,98	0,91	0,86	0,79	0,74	0,70	0,58	
28	1,47	1,42	1,37	1,34	1,28	1,24	1,21	1,12		
30	1,91	1,86	1,83	1,81	1,78	1,75	1,73	1,67		

(1) clo: resistencia térmica del vestido. (1 clo= 0,155 m²ΣK/W)

(2) Temperatura operativa: temperatura uniforme de un recinto negro imaginario en el que un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente real no uniforme. A efectos prácticos se puede calcular como el valor medio entre la temperatura radiante media y la temperatura del aire.

(3) Velocidad relativa del aire: velocidad del aire relativa al ocupante incluyendo los movimientos del cuerpo.
 $[v_{ar} = 0,3 \sum (M - 1), M \text{ expresado en met, siendo } 1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2]$

Tabla 1. Nivel de actividad 69,6 W/m² (1,2 met – 108,7 Kcal/hora)

El índice PMV se puede obtener mediante la utilización de un equipo de medida directa, utilizando el programa informático proporcionado en la norma UNE o bien de las tablas, incluidas en la norma, que proporcionan valores de PMV para diferentes combinaciones de actividad, vestimenta, temperatura operativa y velocidad relativa del aire. En la tabla 1 se muestran, a título de ejemplo, los valores de PMV correspondientes a una actividad sedentaria, para la indumentaria típica de verano y de invierno y para diferentes valores de temperatura operativa y velocidad relativa del aire.

Como se ha mencionado anteriormente, el índice PMV permite predecir el valor promedio de la sensación térmica que produciría un determinado ambiente en un grupo numeroso de personas. El análisis del voto individual permitiría comprobar la dispersión de los votos emitidos alrededor del valor medio. El número de votos más alejados del valor medio serían una indicación del grado de insatisfacción frente al ambiente térmico, es decir, indicarían cuantas personas estarían insatisfechas por sentir demasiado calor o demasiado frío.

El índice PPD permite predecir de forma cuantitativa el porcentaje de insatisfechos. En la figura 1 se muestra la gráfica que relaciona los índices PMV y PPD.

Los índices PMV y PPD expresan la sensación térmica y el grado de insatisfacción para el conjunto del cuerpo. Sin embargo, la insatisfacción puede, asimismo, ser debida al calentamiento o enfriamiento no deseado de una zona del cuerpo. Este tipo de incomodidad suele ser debida a la existencia de corrientes de aire, sobre todo aquellas que inciden en nuca y tobillos, a suelos dema-

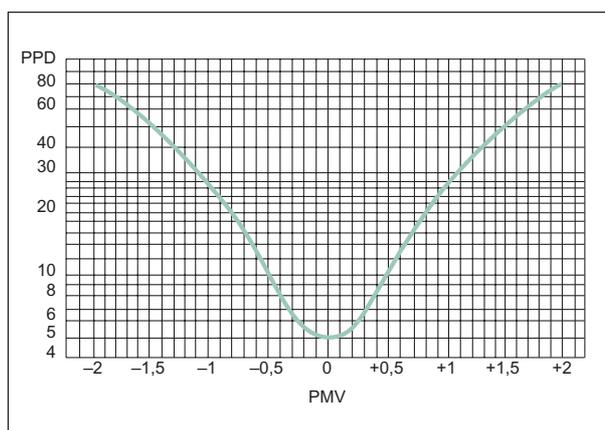


Figura 1. PPD en función del PMV

siado calientes o fríos, a asimetrías de temperatura radiante elevadas entre planos opuestos o a diferencias de temperatura entre tobillos y cabeza excesivas. El grado de incomodidad que producen estas situaciones se expresa como porcentaje de insatisfechos (PPD, del inglés *Percentage of Dissatisfied*). En la nota técnica 501 "Ambiente térmico e incomfort térmico local", se desarrollan más ampliamente los conceptos que explican estos aspectos, asimismo contiene los valores recomendados por la UNE-EN-ISO 7730/1996 para obtener determinados porcentajes de insatisfechos. La nueva norma propone tres categorías de calidad también para los cuatro factores que inciden en la incomodidad térmica local.

3. CATEGORÍAS DE AMBIENTE TÉRMICO

El establecimiento de categorías de calidad de ambiente térmico pretende dar respuesta a las distintas necesidades que pueden tener los países en cuanto a desarrollo técnico, prioridades nacionales o, incluso, a diferencias climáticas, de forma que los índices PMV, PPD y PD permitan establecer diferentes rangos de parámetros ambientales que faciliten el diseño de las instalaciones, así como la evaluación del bienestar térmico. En la tabla 2 se muestran las tres categorías de calidad de ambiente térmico correspondientes a los índices PMV y PPD relativos a la sensación térmica del conjunto del cuerpo y el grado de insatisfacción que la situación térmica provocaría en los ocupantes.

CATEGORÍA	ESTADO TÉRMICO DEL CUERPO EN SU CONJUNTO	
	PMV	PPD (%)
A	-0,2 < PMV < +0,2	< 6
B	-0,5 < PMV < +0,5	< 10
C	-0,7 < PMV < +0,7	< 15

Tabla 2. Categorías de ambiente térmico. Índices PMV y PPD

En la tabla 3 se recogen las categorías de ambiente térmico que corresponden a los porcentajes de insatisfechos debidos a los diferentes factores de malestar térmico localizado considerados.

4. CRITERIOS DE DISEÑO

Un ambiente interior viene definido fundamentalmente por la calidad del aire que se proporciona a los ocupantes de un espacio, por el clima que se crea en ese espacio, por el ambiente lumínico y acústico y por el entorno visual en el que se desarrollará la actividad. Buena parte de esos aspectos está directamente relacionado con el sistema de ventilación y de acondicionamiento del aire que se suministra a los locales. Ello hace que sea una de las instalaciones más importantes de un edificio. De su correcto diseño, montaje y funcionamiento dependerá que se obtengan ambientes interiores que puedan ser calificadas por los ocupantes como de calidad. De las fases antes indicadas es la del diseño de la instalación la que mayor importancia reviste. Es en esta fase en la que se deben fijar las condiciones y asumir los supuestos en los que se basará el diseño de la instalación y que permitirán alcanzar los criterios de calidad escogidos.

A título de ejemplo, a continuación se indican algunos de los aspectos más directamente relacionados con el am-

biente térmico que se deben tomar en consideración en la fase de diseño del sistema del que dependerá, en buena parte, la calidad del ambiente interior:

- Uso al que está destinado el espacio.
- Especificación de la zona ocupada.
- Número de ocupantes (trabajadores y máxima ocupación previsible si hay atención al público).
- Datos sobre el clima exterior (valores máximos y mínimos correspondientes a un determinado porcentaje de un año normal).
- Área de la superficie acristalada.
- La carga térmica originada por las personas, equipos, iluminación, radiación solar, etc.
- El posible uso de elementos de apantallamiento solar.
- La incorporación de ventanas practicables.

Tanto los propietarios como los usuarios deben ser conscientes de que los cambios en aspectos tales como la carga térmica o el número de ocupantes que se puedan producir con el tiempo significan una desviación del diseño original del sistema y, en consecuencia, es posible que ya no se cumplan los criterios de bienestar inicialmente especificados.

Intervalo de temperatura operativa

Para un espacio dado en el que se desarrolla una cierta actividad física y se viste una ropa determinada existe una temperatura operativa óptima que corresponde a la sensación térmica neutra, es decir, a un índice PMV igual a cero. Los límites de bienestar térmico alrededor de la temperatura operativa se establecen a partir del PMV fijado en el diseño. En las figuras 2, 3 y 4 se muestran dichos límites para cada una de las categorías de calidad de ambiente térmico.

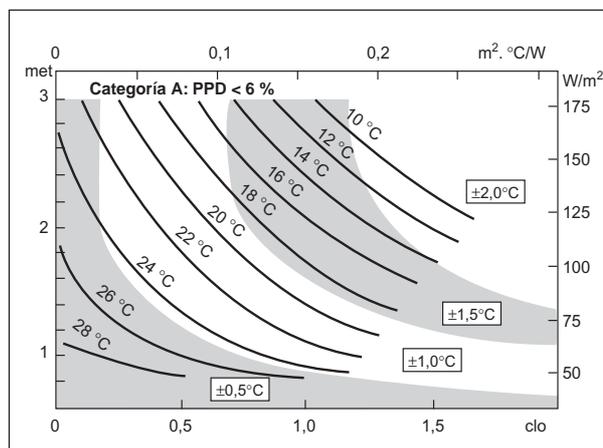


Figura 2. Límites de bienestar térmico: categoría A: PPD < 6%

CATEGORÍA	INCOMODIDAD TÉRMICA LOCAL			
	PD (%)			
	Corrientes de aire (DR)*	Diferencia vertical de la temperatura del aire	Suelos calientes y fríos	Asimetría de temperatura radiante
A	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 30	< 10	< 15	< 10

DR*: del inglés Draught rate

Tabla 3. Categorías de ambiente térmico. PD debidos a incomodidad térmica local

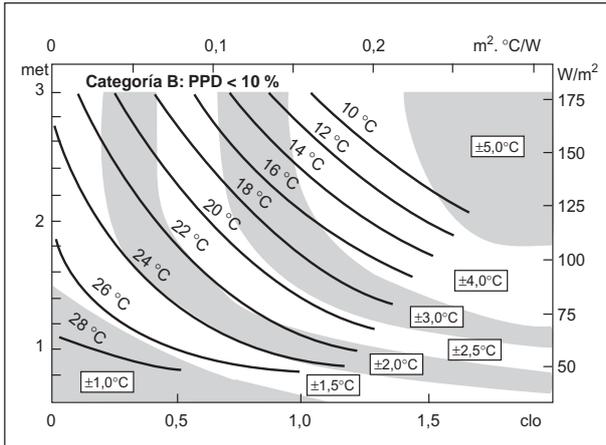


Figura 3. Límites de bienestar térmico: categoría B: PPD < 10%

Las curvas muestran la temperatura operativa óptima, por lo tanto son las mismas en las tres gráficas, mientras que los límites varían en función de la tolerancia que establece cada categoría.

Las áreas sombreadas indican los intervalos de temperatura alrededor de la óptima dentro de los cuales se cumple el valor del PMV establecido en cada categoría.

En el cálculo de los límites de bienestar se consideró una humedad relativa del 50% y una velocidad del aire inferior a 0,1 m/s.

Corrientes de aire

Una corriente de aire se puede definir como un enfriamiento no deseado de una parte del cuerpo debido al movimiento del aire y a la temperatura. En la NTP 501 se describen más ampliamente los conceptos básicos de este factor de incomodidad.

En la tabla 3 se establecen los porcentajes de insatisfechos para las tres categorías de calidad de ambiente térmico ligadas a la incomodidad térmica local y entre ellas la debida a la presencia de corrientes de aire. La figura 5 muestra las gráficas de las que se puede deducir la máxima velocidad media del aire en función de la temperatura y de la intensidad de la turbulencia para cada una de las categorías establecidas.

La intensidad de la turbulencia se exprese en tanto por ciento y corresponde a la relación entre la desviación

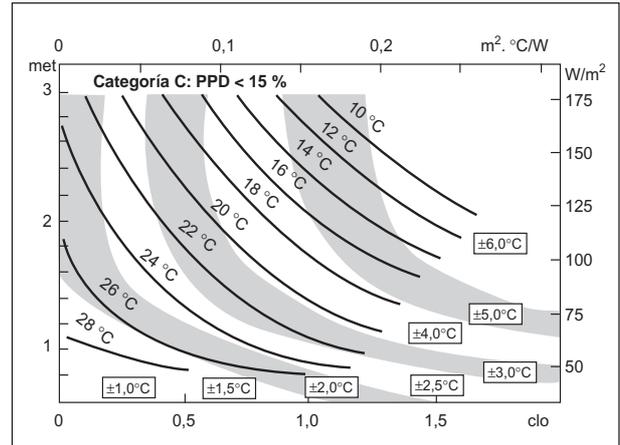


Figura 4. Límites de bienestar térmico: categoría C: PPD < 15%

estándar de la velocidad instantánea del aire y la velocidad media del aire. El valor de la intensidad de turbulencia puede variar entre el 30% y el 60% en espacios en los que la ventilación es por mezcla. En esos casos el objetivo es que el aire de impulsión se mezcle con el aire del interior del local alcanzando todos los puntos del mismo y, en especial, la zona respiratoria.

En los casos en que la ventilación es por desplazamiento del aire, el objetivo es que el aire de impulsión se mezcle lo menos posible con el aire del local. El aire tratado va desplazando el aire interior hacia la extracción. En esa situación la intensidad de turbulencia puede ser menor.

Otros factores de incomodidad térmica local

En este apartado se incluyen los valores de los parámetros físicos que definen los demás factores considerados como susceptibles de causar incomodidad térmica local. Dichos parámetros corresponden a: la temperatura del aire que permite verificar la cuantía de la diferencia vertical de temperaturas, la temperatura del suelo que permite determinar la incomodidad por suelos demasiado fríos o calientes y la temperatura de planos radiantes que permite calcular la asimetría de temperatura radiante. En la tabla 4 se resumen los valores permitidos de estos parámetros para cada una de las categorías de calidad establecidas.

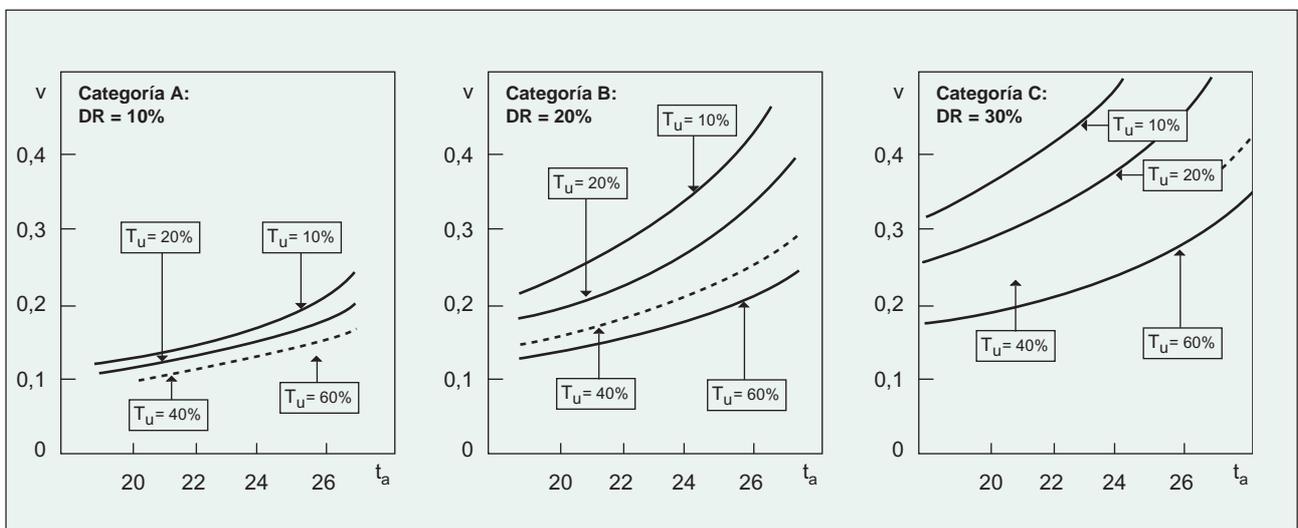


Figura 5. Velocidad media del aire permisible en función de la temperatura del aire y de la intensidad de la turbulencia.

	Diferencia vertical de temperatura	Temperatura del suelo	Asimetría de temperatura radiante			
			Techo caliente	Pared fría	Techo frío	Pared caliente
A	PD: < 3%	PD: < 10%	PD: < 5%			
	< 2°C	19 a 29 °C	< 5°C	< 10°C	< 14°C	< 23°C
B	PD: < 5%	PD: < 10%	PD: < 5%			
	< 3°C	19 a 29 °C	< 5°C	< 10°C	< 14°C	< 23°C
C	PD: < 10%	PD: < 15%	PD: < 10%			
	< 4°C	17 a 31 °C	< 7°C	< 13°C	< 18°C	< 35°C

Tabla 4. Otros factores de incomodidad térmica local

Criterios de diseño para diferentes espacios en distintos edificios

En la tabla 5 se indican los criterios de diseño para algunos espacios y para los que se han asumido ciertas hipótesis. Para el ambiente térmico, los valores de temperatura operativa están basados en los niveles de actividad típicos para la tarea que se desarrolla en dichos es-

pacios y que normalmente se corresponde con una actividad sedentaria teniendo en cuenta una indumentaria de 0,5 clo durante el verano (período de funcionamiento de la refrigeración) temperatura y de 1 clo durante el invierno (período de funcionamiento de la calefacción).

Los valores de velocidad media del aire son válidos para una intensidad de turbulencia de aproximadamente el 40%.

Tipo de edificio/espacio	Actividad metabólica W/m ²	Categoría de calidad	Temperatura operativa °C		Máxima velocidad media del aire ⁽¹⁾ m/s	
			Verano	Invierno	Verano	Invierno
Despacho individual Oficina diáfana Sala de conferencias Sala de actos Cafetería/restaurante Aula	70	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,12	0,10
B		24,5±1,5	22,0±2,0	0,19	0,16	
C		24,5±2,5	22,0±3,0	0,24	0,21 ⁽²⁾	

(1) La máxima velocidad media del aire está basada en una intensidad de turbulencia del 40% y la temperatura del aire es igual a la temperatura operativa. La humedad relativa considerada es del 60% en verano y del 40% en invierno. Para determinar la máxima velocidad media del aire se toma la temperatura más baja del rango.

(2) Cuando la temperatura es inferior a 20 °C, la máxima velocidad media del aire se determina de la figura 5

Tabla 5. Criterios de diseño para diferentes espacios

BIBLIOGRAFÍA

- (1) MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES.
Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, (BOE de 23 de abril de 1997) por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- (2) MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES.
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- (3) MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA.
Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, (BOE de 5 de agosto de 1998), por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).
- (4) AENOR
Norma Española UNE-EN-ISO 7730, de octubre de 2006. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.

- (5) P.O.FANGER
Thermal Comfort.
Mc Graw Hill, New York, 1972.
- (6) CASTEJÓN, E.
NTP nº 74. Confort térmico. Método Fanger para su evaluación.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 1983.
- (7) HERNÁNDEZ, A.
NTP nº 501. Ambiente térmico e inconfort térmico local.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 1998.

El programa de ayuda al empleado (EAP): intervención individual en la prevención de riesgos psicosociales

*Le programme d'assistance à l'employé: intervention individuelle pour la prévention des risques psychosociaux.
Employee assistance programme: an individual intervention for preventing psychosocial risks.*

Redactoras:

M^a Dolores Solé
Especialista en Medicina del trabajo
CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Maite Balduque Alonso
Licenciada en Psicología
ATRA COUNSELING, S.L.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En la primera conferencia internacional sobre promoción de la salud (PS) que tuvo lugar el año 1986 en Ottawa, la PS se definió como “el proceso que permite a las personas aumentar su control sobre los determinantes de salud y, en consecuencia, mejorarla”

En el año 1997, tomando esta definición como punto de partida, los 15 países integrantes en aquel momento de la Red Europea de Promoción de la Salud en el Trabajo (<http://www.enwhp.org>) consensuaron la siguiente definición de PS aplicada a salud laboral:

“La promoción de la salud en el trabajo (PST) es aunar los esfuerzos de empresarios, trabajadores y sociedad para mejorar la salud y el bienestar de las personas en el lugar de trabajo. Esto se puede conseguir combinando actividades dirigidas a mejorar la organización y las condiciones de trabajo, a promover la participación activa y a fomentar el desarrollo individual.”

Esta definición considera la PST como un elemento más de la prevención de riesgos laborales añadiendo a la preceptiva obligación del empresario de conseguir entornos seguros y saludables la necesidad de intervenciones sobre la persona y la organización basadas en la

participación y en el compromiso de todos los agentes implicados y buscando un equilibrio entre las necesidades de la empresa y las de sus trabajadores.

En el campo de la salud mental, la promoción de la salud tiene como objetivos principales la protección, apoyo y mantenimiento del bienestar emocional y social y la creación de condiciones individuales, sociales y ambientales que permitan un desarrollo psicológico óptimo y la mejora de la salud mental.

Es en este contexto que esta nota técnica describe el Programa de Ayuda al Empleado (Employee Assistance Programme - EAP) entendido como una herramienta de protección y promoción de la salud de los trabajadores de aplicación individual y complementaria de otras actuaciones colectivas destinadas a la creación de entornos seguros y saludables.

La salud mental de las personas es el resultado de la intervención de múltiples factores que incluyen esferas tan diversas como la biológica (ej.: factores genéticos, sexo), la individual (ej.: experiencias personales), las familiares y sociales (ej.: apoyo social, género) e incluso las económicas y ambientales (ej.: status social y condiciones de vida y de trabajo).

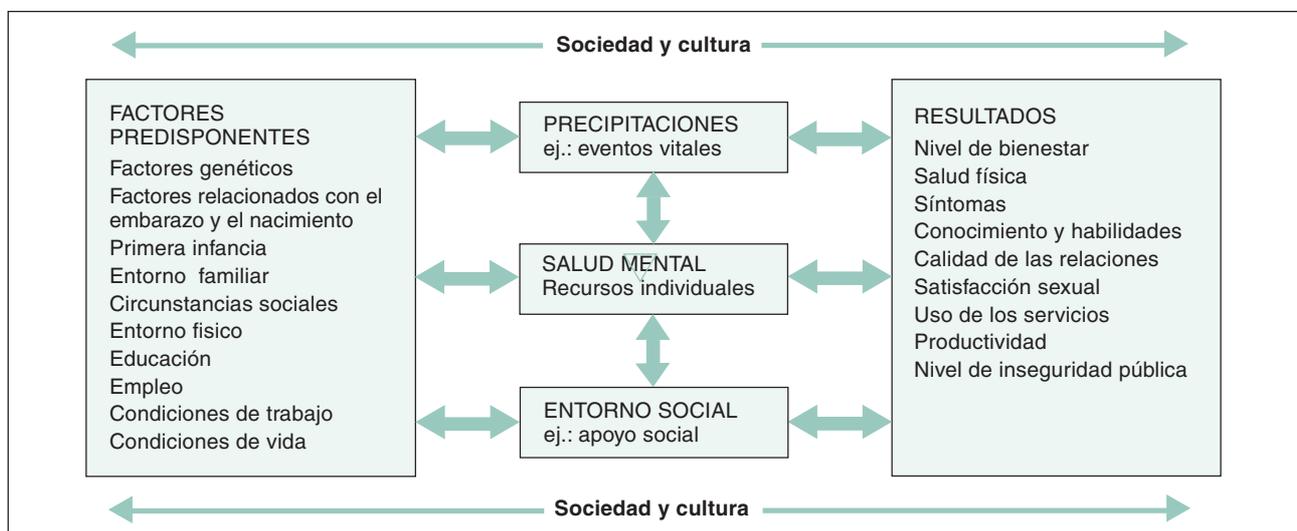


Figura 1. Modelo funcional de salud mental - Fuente: Adaptado de Lahtinen, E (1999)

El aumento de exigencias del contexto laboral, las reestructuraciones y cambios, las dificultades para adaptarse a situaciones dinámicas, la falta de apoyo social, la inseguridad en el empleo, la conciliación de la vida personal con la laboral etc., son todos ellos factores laborales que explican muchas reacciones de ansiedad que pueden manifestarse como estrés, agotamiento, irritabilidad o depresión.

La naturaleza y gravedad del daño dependerá principalmente del tipo de factor de riesgo, de su intensidad, duración, frecuencia, predictibilidad o controlabilidad así como del significado que tiene para la persona en cuestión así como de sus recursos para afrontar la situación, pudiendo dar lugar desde reacciones emocionales agudas y temporales hasta patología mental como ansiedad y depresión, sobre todo si el factor de riesgo persiste de forma crónica o a comportamientos reactivos como fumar, ingerir alcohol u otras drogas, agresividad...

Disponer de habilidades de afrontamiento adecuadas que permitan a la persona disminuir el poder deletéreo de los factores estresantes puede ayudar a mejorar la efectividad de las actuaciones colectivas disminuyendo las consecuencias de los mismos sobre el individuo. Así pues, si a la actuación preceptiva sobre el entorno de trabajo se le suman actividades que busquen mejorar y reforzar la capacidad del trabajador para hacer frente a esos factores laborales, tomar decisiones y ejercer control sobre su vida personal, el impacto de las medidas preventivas será mayor.

El Programa de Ayuda al Empleado tiene una doble vertiente: 1) reactiva: que consiste precisamente en intervenciones ante situaciones de malestar psicossomático e incluso de crisis actuando terapéuticamente sobre la persona y conduciéndola hacia una participación activa en su cambio y crecimiento personal; 2) proactiva: que guía e informa al trabajador sobre los recursos disponibles tanto en la comunidad como en la propia empresa para solucionar ciertos problemas extralaborales o que orienta a la Dirección en la gestión de los recursos humanos y en la identificación de las posibles causas laborales del malestar o daño de origen psicossocial.

2. PROGRAMA DE AYUDA AL EMPLEADO Y CALIDAD DE VIDA EN EL TRABAJO

Los Programas de Ayuda al Empleado (EAPs) tienen su origen en los EEUU, con una larga trayectoria y prestigio en ese país. Posteriormente, desde los años 80, se han ido extendiendo y consolidando en muchos países europeos (Francia, Inglaterra, Alemania, Dinamarca, etc.).

En nuestro país, la introducción de la adaptación del modelo estándar americano, ha sido más tardía siendo muy incipiente su utilización en el ámbito de la prevención de riesgos laborales.

La aproximación al concepto de calidad de vida laboral desde una perspectiva psicossocial requiere de un análisis desde la experiencia subjetiva de las personas que están inmersas en el trabajo sin perder de vista que dichas experiencias se construyen en un entorno social y en interacción con los otros.

Si además tenemos en cuenta las definiciones que ponen el énfasis en la calidad de vida laboral tal y como es vivida por el trabajador, vemos que abundan los conceptos como sentimientos, motivación, satisfacción, etc., lo que de acuerdo con Elizur y Shye (1990) se define como Calidad de Vida Laboral Psicossológica. Este criterio pone de manifiesto la necesidad de atender tanto a las condiciones objetivas del lugar de trabajo, como a las percepciones de los individuos de tal situación y los comporta-

mientos sintomáticos (absentismo, conflictos, etc.) que puedan aparecer.

Hablar de calidad de vida en el trabajo lleva además a un cambio de paradigma en la percepción de la persona en el trabajo, ya que ese concepto supone considerar a la misma como una fuente de desarrollo, un activo de la empresa.

Mejorar la calidad de vida laboral es uno de los objetivos del EAP. Las intervenciones implican atender y ocuparse de la interacción entre la persona y el ambiente laboral en el que ésta se desenvuelve. Cuestiones como la motivación, las percepciones, los sentimientos que se generan, la comunicación, facilitar cambios de actitud con el objetivo de mejorar las relaciones interpersonales y el clima laboral en las empresas, son objeto del EAP que pretende proporcionar un ajuste entre lo individual y lo organizacional, entre la productividad y los resultados psicossológicos del trabajo.

En concreto, el EAP consiste en dar un adecuado asesoramiento psicossológico, apoyo emocional, valoración, y acompañamiento a los trabajadores para afrontar y prevenir malestares psicossomáticos cuya causa radica en situaciones laborales y/o personales o familiares. Puede llegar a ser también una herramienta importante en la recuperación y rehabilitación de trabajadores en situación de baja laboral por estrés.

El EAP tiene un consistente efecto protector en la salud mental y en el absentismo causado por enfermedad de origen psicossomático. Disponer de un soporte profesional que va a ofrecer apoyo emocional y el aprendizaje de estrategias de afrontamiento, mejora la salud, reduce el absentismo por enfermedad y, por tanto, conduce a un aumento general del rendimiento individual o de un equipo de trabajo y de la productividad.

Aunque con menor frecuencia, el EAP es utilizado también como una herramienta de gestión para identificar el origen del estrés y las áreas de intervención o para hacer frente a situaciones conflictivas o difíciles.

En esta nota técnica nos centraremos principalmente en la vertiente individual del EAP como herramienta para identificar y resolver o minimizar los efectos de los factores tanto laborales como extralaborales. No se debe olvidar sin embargo que el EAP puede jugar también un papel en la prevención primaria de los riesgos psicossociales como fuente de información para evitar las situaciones que han llevado al trabajador a expresar su malestar y requerir del apoyo individual.

3. MARCO TEÓRICO DEL PROGRAMA DE AYUDA AL EMPLEADO (EAP)

Un modo saludable de enfrentarse al cambio y tomar decisiones en momentos difíciles es disponer de recursos personales que ayuden a afrontar con más seguridad y menor coste emocional la situación.

Enfrentarse al estrés y la depresión que pueden acompañar a los cambios es una labor difícil. Hay que saber comprender lo que está sucediendo y desarrollar estrategias personales que faciliten la resolución del problema. El objetivo principal del EAP consiste en la detección precoz y/o resolución de aquellos problemas personales o laborales que pueden afectar el rendimiento y satisfacción del empleado ayudando al trabajador a adoptar una actitud constructiva en situaciones conflictivas, aumentando la autoconfianza, la autoestima y el equilibrio emocional.

El Counselling, también conocido por asesoramiento psicossológico breve, se está utilizando con gran éxito como

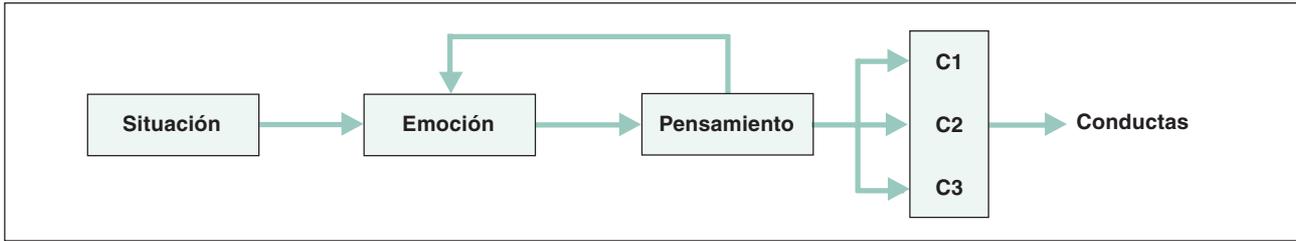


Figura 2. Modelo de referencia del counselling

técnica de intervención para resolver conflictos humanos en las empresas. El Programa de Ayuda al Empleado utiliza las técnicas del counselling para reconducir las situaciones que generan malestar.

Cualquier persona que se sienta inmersa en alguna problemática, personal o profesional, es susceptible de recibir counselling. No necesariamente tiene que existir una patología específica; basta que sea una situación que la persona identifique como problema y tenga dificultades para afrontarla.

El counselling utiliza un enfoque y un método de cambio personal. Es una intervención a nivel individual que se sitúa entre una intervención psicosocial y una terapia breve. Se fundamenta en el desarrollo de estrategias cognitivo-conductuales, basadas en el presupuesto de que la emoción y el pensamiento humano no son dos procesos dispares o diferentes, sino que son interdependientes. El counselling se apoya en el axioma que afirma que “el origen de los comportamientos está en la forma en que se conciben los sucesos”.

El counselling se enfoca desde una premisa de escucha activa. Eso hace que la persona se siente escuchada y comprendida. Se le ayuda a comprender lo que le está sucediendo desde otra perspectiva; se le facilita el desarrollo de nuevas estrategias que van a ayudarlo a enfrentarse a los problemas profesionales y/o personales que están causando malestar psicosomático. A modo de ejemplo se exponen en la Tabla 1 algunos de los síntomas que puede presentar el trabajador sometido a factores estresantes. Para una mayor información, se puede consultar la NTP355 “Fisiología del estrés”.

Algunos síntomas comunes
<ul style="list-style-type: none"> • Alteraciones del sueño. • Frustración fácil. • Aumento en la ingesta de alcohol u otras drogas. • Capacidad de atención disminuida. • Disminución del rendimiento de trabajo. • Dificultades para mantener el equilibrio entre su vida laboral y personal. • Sensación de tristeza, de infelicidad. • Llanto fácil. • Cambios de humor • Cortejo de síntomas indefinidos y de preferencia en varios aparatos.

Tabla 1.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE AYUDA AL EMPLEADO (EAP)

El asesoramiento, ayuda y soporte en momentos difíciles es valorado muy positivamente por la mayoría de personas. Situaciones muy diversas, generadas dentro de la empresa y/o a nivel personal/familiar pueden provocar se-

rios malestares y, muchas veces, llegar a enfermar al individuo, sobre todo cuando las dificultades para enfrentarse a ellos sobrepasa el umbral de resistencia o la efectividad de las defensas que cada persona ha desarrollado.

Los EAP consisten en poner a disposición de todos los trabajadores una línea telefónica gratuita, abierta las 24h y 365 días, donde las consultas se atienden por un profesional del counselling que a través de una escucha activa, le ayudará en su decisión, proporcionándole asesoramiento y apoyo emocional para afrontar la situación-conflicto de tipo laboral y/o de índole personal/familiar. Dicha atención se realiza a lo largo de varias consultas telefónicas para clarificar la naturaleza del problema y consensuar un plan de acción finalizando la intervención con una llamada de control para evaluar la satisfacción del trabajador. Dependiendo de las necesidades de la empresa y de sus recursos, los EAP proporcionan también sesiones individuales o grupales, e información y guía sobre los recursos de la comunidad donde está implantada la empresa.

La confidencialidad es un punto crucial para la aceptación y efectividad del programa. En este contexto, la empresa bajo ningún concepto, conocerá la identidad de los empleados que han utilizado el programa. La única excepción, se da cuando el usuario firma una autorización específica que permita compartir información con terceras partes, como por ejemplo con el personal sanitario del servicio de prevención de la empresa. En la Tabla 2 se relacionan las características básicas del Programa.

Características del EAP
<ul style="list-style-type: none"> • Línea telefónica, 24h/365 días. • Atención a todos los empleados y los familiares que conviven en el mismo domicilio. • Sesiones de counselling, en modalidad telefónica o presencial. • Confidencialidad absoluta. • Atención prestada por profesionales en counselling, externos a la empresa. • Acceso libre y gratuito para el empleado.

Tabla 2.

El Programa de Ayuda al Empleado atiende a una serie de problemáticas surgidas en el entorno laboral y/o personal. Las situaciones más frecuentes en las que interviene el EAP están vinculadas tanto a aspectos laborales como personales/familiares. En la tabla 3 se dan algunos ejemplos.

El EAP es también una buena herramienta para dar apoyo y ayudar a superar la repercusión sobre los trabajadores de incidentes ligados a accidentes de trabajo (tanto si los sufre el trabajador como si los presencia), agresiones, atracos,...o incluso para acompañarlos en los periodos de

Situaciones en las que interviene el EAP	
Vinculadas a aspectos laborales	Vinculadas a la vida personal/familiar
<ul style="list-style-type: none"> • Reestructuraciones, re-conversiones, fusiones empresariales. • Afrontar cambios en la empresa. • Estrés laboral. • Desmotivación. • Falta de apoyo social. • Deterioro en las relaciones interpersonales (compañeros, superiores, etc.). • Acoso psicológico (mobbing). • Violencia en el trabajo. • Accidente laboral grave. • Conciliación vida profesional/personal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Separaciones. • Conflictos de pareja. • Maltratos. • Conflictos relaciones padres-hijos. • Pérdidas, proceso de duelo. • Crisis personales. • Abusos en consumo de alcohol u otras drogas y ludopatías. • Baja autoestima. • Falta de autoconfianza.

Tabla 3.

transición (entrada en el mundo del trabajo, jubilación, vuelta al trabajo después de una baja por enfermedad, maternidad, desempleo...)

5. RESULTADOS DE LOS EAP

En el periodo 2001-2003 el proyecto europeo "Mental health promotion and prevention strategies for coping with anxiety, depression and stress related disorders in Europe" recogió modelos de buenas prácticas (MBP) entre los cuales se hallaban algunos que incluían dentro de una acción más global programas de ayuda al empleado. El impacto de dichas actuaciones se evidenció tanto a nivel individual como de la organización (Tabla 4)

De forma general, los resultados de la implementación del Programa de Ayuda al Empleado, en términos cuantitativos y cualitativos, inciden de manera positiva en el empleado y en la organización. Indicadores medibles como la reducción del absentismo y las bajas de larga duración (generalmente causadas por problemas como el estrés y la depresión) mejoran sustancialmente.

Es obvio señalar que se hace difícil demostrar cuantitativamente, por ejemplo, variables como la mejora en los cambios de comportamiento, la disminución de conflictos relacionales o la mejora de la atención a los clientes. En cambio, nadie duda de la importancia de los factores vinculados a estas variables: los factores actitudinales de las personas que integran una organización. Saber gestionar adecuadamente los problemas y las actitudes que van a determinar finalmente los comportamientos de las personas es aportar un importante valor añadido, ya que los empleados son el principal capital de las empresas.

El EAP dispone además de una evaluación continua de los resultados y de los profesionales que dan el servicio.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BERKELS, H.; HENDERSON, J.; HENKE, N. et al
Mental health promotion and prevention strategies for coping with anxiety, depression and stress related disorders in Europe (2001-2003)
http://www.baua.de/nn_33068/en/Publications/Research-reports/2004/Fb1011,xv=vt.pdf [último acceso 26/06/07]

Ejemplos de impacto y resultados de los EAP combinados con actuaciones colectivas	
Mejora	Disminuye
<ul style="list-style-type: none"> • Salud de los trabajadores. • Clima laboral. • Implicación y motivación del trabajador. • Rendimiento y productividad. • Efectividad del trabajo en grupo. • Relaciones interpersonales. • Satisfacción de los clientes y de los trabajadores. • Calidad del producto o del servicio. • Imagen corporativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Absentismo laboral. • Conflictos laborales • Rotación de los trabajadores. • Errores y distracciones. • Hábitos de vida inadecuados. • Faltas de puntualidad.

Tabla 4.

Mediante un control estadístico y de forma periódica, se procesan los datos (siempre anónimos) de los usuarios atendidos para elaborar informes estadísticos con información relevante para la empresa. Dichos informes muestran los conflictos que provocan más consultas, por ejemplo, la percepción de sufrir estrés, un cuadro de ansiedad, la desmotivación, el malestar con los compañeros, superiores, o incluso una baja laboral. Con ello, la empresa dispone de una información especialmente útil que contribuye a introducir mejoras en la gestión de sus recursos humanos.

6. CONCLUSIÓN

El EAP es un servicio de asistencia que la empresa/organización puede ofrecer a sus empleados con la finalidad de dar soporte y asesoramiento a todos sus trabajadores en la resolución de sus problemas tanto personales como laborales reduciendo el impacto de los mismos sobre su salud y su rendimiento laboral. No hay que olvidar sin embargo que estas actuaciones de capacitación y empoderamiento individuales se diluyen considerablemente si no se actúa sobre los factores estresantes y que, en ningún caso, la implantación de este servicio debe suplantar la creación de entornos saludables y seguros mediante la aplicación de medidas preventivas colectivas.

En resumen, para que una estrategia tenga éxito no debe centrarse en la persona, sino considerar la relación entre ella, su función y las condiciones y organización del trabajo haciendo prevalecer la prevención sobre la curación.

Se agradece a la empresa Atra Counseling, S.L. la aportación de su experiencia en el campo de los EAP para la redacción de esta NTP.

- (2) BIMBELA, J.L.
Cuidando al cuidador. Counselling para médicos y otros profesionales de la salud.
EASP, 3ªEd., 1996
- (3) CUENCA, R.
Concepto de riesgos psicosociales
Estudios/Investigación del INSHT, 2002
- (4) ELIZUR, D.; SHYE, S.
Quality of Work Life and its Relationship to Quality of Life.
Applied Psychology: An International Review, 39, (3) pp. 275-291, 1990.
- (5) ELLIS, A.
Razón y Emoción en psicoterapia
Ed. Desclee de Brouwer, 1998
- (6) EUROPEAN NETWORK FOR WORKPLACE HEALTH PROMOTION
Employee assistance programme
http://www.enwhp.de/toolbox2/pdf/Spain1_Employee_Assistant_Program.pdf [último acceso 26/06/07]
- (7) FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE TRABAJO DE LAS INDUSTRIAS METALÚRGICAS
Estrés y agotamiento: un creciente problema para los trabajadores no manuales
http://www.imfmetal.org/main/files/stress_spanish.pdf [último acceso 26/06/07]
- (8) GRAY, P.
Mental Health in the Workplace: Tackling the Effects of Stress.
The Mental Health Foundation (1999)
<http://www.mentalhealth.org.uk/publications/?EntryId=38718&char=M> [último acceso 26/06/07]
- (9) ILO
Mental Health in the Workplace
<http://www.ilo.org/public/english/employment/skills/disability/papers/index.htm> [último acceso 26/06/07]
- (10) LAHTINEN, E.; LEHTINEN, V.; RIIKONEN, E.; AHONEN, J.
Framework for promoting mental health in Europe
Stakes, 1999
- (11) MARTIN, F. y PEREZ, J.
Factores psicosociales: metodología de evaluación
Nota Técnica de Prevención, 443. INSHT, 1997
- (12) NOGAREDA, S.
Fisiología del estrés
Nota Técnica de Prevención, 355. INSHT, 1994
- (13) OHER, J.M.
The Employee Assistance Handbook
John Wiley & Sons, Inc, 1999
- (14) PEIRO, JOSE M^a. y PRIETO, F.
Tratado de Psicología del Trabajo (Volumen II)
Síntesis Psicología, 1996
- (15) PEIRO, JOSE M^a. y BRAVO, M^a J.
Factores psicosociales de la prevención de riesgos laborales
Revista de Psicología del trabajo y de las organizaciones, 1999
- (16) WHO
Prevention of mental disorders. Effective interventions and policy options, summary report.
Geneva, 2004

Gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos. Riesgos laborales en vertederos

*Gestion et traitement de déchets ménagers. Risques du travail dans des déversoirs.
Management and treatment of domestic wastes. Work risks in garbage dumps.*

Redactores:

Enrique Gadea Carrera
Licenciado en Ciencias Químicas

Alfonso Mansilla Ordóñez
Licenciado en Ciencias Biológicas

Xavier Solans Lampurlanés
Licenciado en Ciencias Biológicas

DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN GRUPO CESPA
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS DE FERROVIAL

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La estrategia comunitaria de gestión de residuos establece una jerarquización de opciones para su gestión en la que la eliminación en vertedero es la última, tras la prevención, la reutilización, el reciclado y la valorización energética. El RD 1481/2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero establece las líneas básicas de su regulación, la clasificación de los vertederos en tres categorías, la definición de los tipos de residuos aceptables en cada una de ellas, los requisitos técnicos exigibles a las instalaciones, así como la obligación de gestionar los vertederos después de su clausura. Asimismo establece una nueva estructura e imputación de los costes de vertido de residuos, que iguale el coste de este procedimiento de gestión al de otras técnicas más respetuosas con el medio ambiente como la reutilización o la valorización mediante reciclado, compostaje, biometanización o valorización energética, dejando el procedimiento de depósito en vertedero solamente para aquellos residuos para los que actualmente no existe tratamiento o para los rechazos de las citadas alternativas prioritarias de gestión.

Las tres categorías en que se clasifican los vertederos, también denominados depósitos controlados, son: para residuos peligrosos, para residuos no peligrosos y para residuos inertes. En la presente Nota Técnica de Prevención se indican las operaciones más frecuentes en un vertedero para residuos no peligrosos y los riesgos asociados, recomendándose algunas medidas preventivas con carácter general, considerando que pueden variar ligeramente, en función de las características de cada instalación. Es necesario remarcar que no se han tenido en cuenta, y por tanto no se han valorado, los aspectos correspondientes a las fases de construcción y clausura del vaso de los mismos.

2. DESCRIPCIÓN DE UN VERTEDERO DE RESIDUOS NO PELIGROSOS

Un vertedero, de acuerdo con la definición del RD 1481/2001, es una instalación de eliminación de residuos me-

dante su depósito en subterráneo o en la superficie, por períodos de tiempo superiores a los de almacenamiento que, para residuos no peligrosos es inferior a 1 año cuando su destino final es la eliminación, y 2 años si su destino final es la valorización. En el caso de los residuos peligrosos el período máximo de almacenamiento es de 6 meses.

Los vertederos para residuos no peligrosos pueden recibir:

- Residuos urbanos.
- Residuos no peligrosos de cualquier otro origen, siempre que cumplan con los criterios de admisión (anexo II, RD 1481/2001).
- Residuos peligrosos no reactivos, estables o provenientes de un proceso de estabilización, cuyo comportamiento de lixiviación sea equivalente al de los residuos no peligrosos mencionados en el párrafo anterior.

Las instalaciones de depósito o vertido de residuos deben estar convenientemente acondicionadas para permitir la recogida y posterior depuración de los lixiviados, así como el aprovechamiento energético del biogás, pudiendo realizarse en vasos excavados en el terreno o en terraplenes (pequeñas vaguadas o valles).

El proceso de este tipo de instalaciones consiste, a grandes rasgos, en la recepción del camión, pesada en la báscula de acceso, descarga de los residuos en las zonas indicadas, compactación y cobertura de los mismos. Tienen asociadas una serie de instalaciones que contribuyen a la correcta gestión de los residuos, permitiendo el reciclado o reutilización de los subproductos que se puedan generar así como la valorización energética (cogeneración de energía). En la tabla 1 se relacionan las áreas o zonas más características de estas instalaciones y las operaciones que en ellas se realizan. También hay que considerar aquellas áreas no específicas como la de recepción y administración, control de accesos, control de documentación y pesada de vehículos. Asimismo hay operaciones que son comunes al conjunto del vertedero, como la limpieza y riego de viales, la limpieza general de las instalaciones y el mantenimiento y limpieza de vehículos y de equipos de trabajo.

ÁREAS	OPERACIONES
Plataforma de descarga	Conducción de vehículos. Vertido o descarga de residuos (ver figura 1).
Compactación	Compactación de los residuos (ver figura 2).
Laboratorio	Toma de muestras. Análisis y caracterización de residuos, aguas y lixiviados.
Tratamiento de lixiviados	Control de procesos. Toma de muestras. Descarga y adición de reactivos. Mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Tratamiento de biogás	Control de procesos. Mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Conjunto de la instalación	Inespecíficos.

Tabla 1. Distribución por áreas y operaciones que se realizan en ellas



Figura 1. Descarga



Figura 2. Compactación

3. RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

En la tabla 2 se relacionan los riesgos más frecuentes asociados a las distintas operaciones específicas de un vertedero, no haciéndose referencia a los riesgos derivados de actividades no exclusivas de estas instalaciones (oficinas, laboratorio, taller) u operaciones concretas de mantenimiento (soldadura), en cuyo caso los riesgos son los propios de estas actividades añadiéndose los inespecíficos del conjunto de la instalación. En las tablas 3 a 21 se describen las causas más probables de los riesgos, que pueden variar con las características y el diseño de la

instalación, las áreas en que se presentan, así como las medidas preventivas que pueden adoptarse. Es importante destacar que muchas de las causas son propias de los equipos de trabajo o de la maquinaria utilizada, aconsejándose la consulta de la documentación relativa a los requisitos de seguridad y protección que deben cumplir los diferentes equipos, máquinas e instalaciones existentes. Una característica de los vertederos es la presencia muy relevante y continua de trabajadores de empresas externas que circulan (conductores de camiones) o realizan actividades concretas, por lo que hay que hacer especial hincapié en la coordinación de actividades empresariales.

OPERACIONES	RIESGOS
Conducción de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos • Atropellos o golpes con vehículos
Vertido o descarga de residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas a distinto nivel • Caída de personas al mismo nivel • Caída de objetos desprendidos • Pisadas sobre objetos • Golpes/cortes por objetos o herramientas • Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos • Sobreesfuerzos • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Atropellos o golpes con vehículos • Exposición a agentes químicos (polvo) • Exposición a agentes biológicos

Tabla 2. Operaciones y riesgos asociados (continúa en la página siguiente)

OPERACIONES	RIESGOS	
Compactación de residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas a distinto nivel • Caída de personas al mismo nivel • Pisadas sobre objetos • Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Exposición a ruido • Exposición a agentes químicos • Exposición a agentes biológicos
Toma de muestras	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas a distinto nivel • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a agentes químicos
Análisis y caracterización de residuos, aguas y lixiviados	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a agentes químicos
Control de procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas a distinto nivel • Caída de personas al mismo nivel • Contactos eléctricos • Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Explosiones • Exposición a agentes químicos • Exposición a ruido
Descarga y adición de reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a agentes químicos
Mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas a distinto nivel • Caída de personas al mismo nivel • Pisadas sobre objetos • Choques contra objetos inmóviles • Golpes/cortes por objetos o herramientas • Proyección de fragmentos o partículas • Atrapamiento por o entre objetos • Sobreesfuerzos 	<ul style="list-style-type: none"> • Contactos eléctricos • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas • Explosiones • Exposición a agentes químicos • Exposición a agentes biológicos
Inespecíficas	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas al mismo nivel • Atropellos o golpes con vehículos 	<ul style="list-style-type: none"> • Accidentes causados por seres vivos

Tabla 2. Operaciones y riesgos asociados

CAÍDA DE PERSONAS AL MISMO NIVEL	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos, control de procesos y desplazamientos en el conjunto de la instalación (inespecíficos).
Áreas	Plataforma de descarga, compactación, laboratorio, tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Tropiezos y resbalones por falta de orden y limpieza y por inestabilidad del firme (zonas no asfaltadas, plaza de descarga, humedad en el firme, etc).
Medidas preventivas	
<p>Establecimiento de vías específicas para la circulación de peatones, debiendo mantenerse limpias y libres de obstáculos.</p> <p>Prohibición de caminar directamente sobre los residuos.</p> <p>Obligación de utilizar calzado de seguridad con suela antideslizante.</p> <p>Obligación de recoger y almacenar adecuadamente los equipos de trabajo y las herramientas siempre que no se estén utilizando.</p> <p>Señalización de los trabajos que supongan la ocupación de áreas de paso.</p> <p>Prestar atención a los desplazamientos entre los distintos puntos donde realiza sus tareas, especialmente cuando las superficies estén húmedas o sean inestables.</p> <p>Realizar una inspección ocular de la zona antes de iniciar un trabajo para detectar la posible existencia de objetos o cualquier elemento que pueda ser origen de un tropiezo.</p> <p>Obligación de recoger los derrames o pérdidas de productos procediéndose inmediatamente a su limpieza.</p>	

Tabla 3.

CAÍDA DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos, toma de muestras, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos y control de procesos.
Áreas	Plataforma de descarga, compactación, laboratorio y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Acceso a vehículos, medios de acceso y aseguramiento para trabajos en altura en plantas.
Medidas preventivas	
Vehículos	Subir o bajar del vehículo siempre de cara a la cabina, evitando saltos y movimientos bruscos, prohibiéndose el acceso encaramándose a través de ruedas, cubiertas, cadenas o guardabarros. Prohibición de acceso cuando los vehículos se encuentren en movimiento. Prohibición de acceso a puntos elevados encaramándose a horquillas o cucharas. Obligación de utilizar calzado de seguridad con suela antideslizante.
Retirada del toldo (camiones)	Disponibilidad de una zona específica en la instalación para la retirada de toldos. Disponibilidad de plataformas dotadas con barandillas para facilitar la retirada de los toldos. Prohibición de retirar los toldos con las cajas o contenedores sobre los vehículos (obligación de retirar el toldo con caja en el suelo). Prohibición de subir a la caja de los camiones y caminar sobre los residuos para retirar el toldo.
Operaciones de mantenimiento y limpieza	Establecimiento de procedimientos específicos para aquellas operaciones que impliquen la realización de trabajos en altura. Dotación de protecciones colectivas a todas las plataformas de trabajo elevadas existentes en la instalación. Obligación de utilizar arnés o cinturón de seguridad anclado en un punto seguro, siempre que se realicen trabajos a alturas superiores a 3,5 m. Formación de los trabajadores sobre trabajos en altura. Disponibilidad de medios de acceso adecuados y homologados para cada una de las operaciones a realizar. Balizamiento y señalización de todos los desniveles existentes (taludes, arquetas, etc).

Tabla 4.

CAÍDA DE OBJETOS DESPRENDIDOS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos.
Áreas	Plataforma de descarga.
Causas	Caída de objetos desde la caja de los vehículos, en operaciones de retirada de toldos.
Medidas preventivas	
<p>Obligación de utilizar casco de seguridad en todas las instalaciones del vertedero (señalización).</p> <p>Prohibición de aproximación a vehículos que estén realizando operaciones de descarga o retirada de toldos.</p> <p>Establecimiento de distancias de seguridad respecto a los vehículos que estén realizando operaciones de descarga o de retirada de toldos.</p> <p>Prohibición de efectuar operaciones de descarga (vertido) en el vaso o terraplén cuando se están realizando operaciones de mantenimiento y limpieza.</p> <p>Obligación de que los camiones circulen en todo momento con el toldo puesto.</p> <p>Señalización y balizamiento de los trabajos en altura.</p>	

Tabla 5.

PISADAS SOBRE OBJETOS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos y mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Plataforma de descarga, compactación y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Presencia de residuos cortantes y punzantes en la plataforma de descarga, en la zona de compactación y las plan-
Medidas preventivas	
<p>Obligación de utilizar calzado de seguridad con plantilla antiperforación y reforzado a nivel de tobillos.</p> <p>Mantenimiento, dentro de las posibilidades, de la plaza de descarga limpia de residuos.</p> <p>Prohibición de caminar sobre o entre los residuos.</p> <p>Prohibición de descender de los vehículos salvo que sea estrictamente necesario.</p>	

Tabla 6.

CHOQUES CONTRA OBJETOS INMÓVILES	
Operaciones	Mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Golpes o choques con estructuras de las plantas al trabajar frecuentemente en espacios reducidos.
Medidas preventivas	
<p>Señalización y protección de todos los salientes y esquinas que estén a una altura inferior a 2,5 m.</p> <p>Señalización de las vías de paso y balización adecuada de las zonas a las que no es necesario acceder.</p> <p>Habilitación de zonas de paso para los operarios y prohibición de paso entre las estructuras salvo que sea imprescindible.</p> <p>Obligación de utilizar casco de seguridad en las instalaciones de las plantas de tratamiento de lixiviados y biogás.</p> <p>Diseño de oficina y básculas con unas dimensiones suficientemente amplias en pasillos, zonas de paso y acceso al puesto de trabajo, espacios bajo mesas, etc.</p> <p>Prohibición del almacenamiento de objetos junto a las mesas de trabajo.</p>	

Tabla 7.

GOLPES/CORTES POR OBJETOS O HERRAMIENTAS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Plataforma de descarga y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	No respetar las distancias de seguridad respecto a otros vehículos, utilización incorrecta de herramientas o equipos y manipulación de objetos y/o residuos.
Medidas preventivas	
<p>Limpieza de las zonas de trabajo y de los vehículos antes de realizar labores de mantenimiento y limpieza.</p> <p>Obligación de establecer distancias de seguridad que impidan la aproximación a vehículos en movimiento cuando están realizando operaciones aproximación al vaso y descarga (señalización).</p> <p>Formación de los trabajadores en la correcta manipulación de residuos.</p> <p>Prohibición de efectuar operaciones de recuperación de residuos en las instalaciones.</p> <p>Utilización obligatoria de guantes anticorte y antiperforación en la manipulación de cualquier residuo.</p> <p>Prohibición a los conductores de alejamiento de sus vehículos y circulación libre por la plaza de descarga.</p> <p>Prohibición de descenso del vehículo salvo que sea estrictamente necesario.</p> <p>Realización las operaciones de mantenimiento en compactadoras fuera de la zona de compactación.</p> <p>Obligación de proveer a los operarios de herramientas de corte adecuadas para realizar operaciones de mantenimiento</p>	

Tabla 8.

PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS O PARTÍCULAS	
Operaciones	Mantenimiento y limpieza en instalaciones y equipos.
Áreas	Tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Proyecciones en operaciones de limpieza y mantenimiento en plantas de tratamiento de lixiviados y biogás.
Medidas preventivas	
<p>Obligación de utilizar de gafas de seguridad (señalización de esta obligación), siempre que se realicen operaciones en las plantas de tratamiento.</p> <p>Instalación de fuentes lavaojos y duchas de emergencia en las zonas de riesgo.</p> <p>Establecimiento de procedimientos específicos para las operaciones de limpieza, mantenimiento o reparación en las plantas de tratamiento.</p> <p>Formación específica para la realización de cualquier operación de mantenimiento y de manipulación de productos químicos.</p>	

Tabla 9.

ATRAPAMIENTO POR O ENTRE OBJETOS	
Operaciones	Mantenimiento en plantas de tratamiento de lixiviados.
Áreas	Tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Puesta en marcha accidental de equipos
Medidas preventivas	
<p>Establecimiento de procedimientos de trabajo seguros en los equipos instalados en las plantas de tratamiento.</p>	

Tabla 10.

ATRAPAMIENTO POR VUELCO DE MÁQUINAS O VEHÍCULOS	
Operaciones	Conducción de vehículos vertido o descarga de residuos y compactación de residuos.
Áreas	Plataforma de descarga y compactación.
Causas	Firme inestable, circulación con cajas o puertas de vehículos elevados, aceleraciones y frenadas bruscas, circulación junto a taludes o desniveles.
Medidas preventivas	
<p>Prohibición de circular con cajas o puertas elevadas, así como la prohibición de acelerar y frenar bruscamente (señalización).</p> <p>Existencia de un sistema de control periódico del estado de los vehículos (cajas, contenedores y compactadores) que acceden a las instalaciones del vertedero.</p> <p>Establecimiento de un sistema de gestión de tráfico y de acceso a las áreas de descarga.</p> <p>Protección y señalización de los desniveles existentes en las instalaciones del vertedero.</p> <p>Prohibición para los conductores de alejarse del vehículo, ni de acercarse a otros vehículos que realicen operaciones de descarga.</p> <p>Establecimiento de distancias de seguridad entre vehículos.</p> <p>Disponibilidad de plataformas seguras y estables para realizar las operaciones de vertido o descarga.</p> <p>Establecimiento de un sistema de vigilancia y control de las acciones de los conductores por las zonas de descarga y compactación.</p>	

Tabla 11.

SOBRESFUERZOS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos y mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Plataforma de descarga y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Manipulación incorrecta de residuos en la zona de descarga y adopción de posturas incorrectas en la conducción de útiles y equipos de trabajo en operaciones de mantenimiento y limpieza.
Medidas preventivas	
<p>Dotación de equipos para la manipulación de cargas automatizada.</p> <p>Utilización de fajas de sujeción lumbar.</p> <p>Formación de los trabajadores en la correcta manipulación de cargas y en la adopción de posturas de trabajo adecuadas.</p>	

Tabla 12.

CONTACTOS ELÉCTRICOS	
Operaciones	Mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos y control de procesos.
Áreas	Tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Manipulación de cuadros eléctricos, contactos accidentales con cuadros o instalación eléctrica, instalación eléctrica en mal estado o trabajar con herramientas eléctricas en mal estado, contacto directo con transformadores de corriente al realizar operaciones de limpieza húmeda en las instalaciones y en el caso de operaciones de mantenimiento por manipulación de equipos, máquinas o cuadros sin haber desconectado previamente la corriente eléctrica.
Medidas preventivas	
<p>La instalación eléctrica de la planta y de los equipos debe cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), realizándose las revisiones periódicas correspondientes.</p> <p>Autorización de los operarios sólo para poner en marcha o parar los equipos, no para manipular la instalación o los cuadros eléctricos.</p> <p>Las operaciones de mantenimiento o reparación que supongan la manipulación de la instalación o de cuadros eléctricos deben ser realizadas exclusivamente por personal cualificado y acreditado.</p> <p>Obligación de comunicar a los responsables de la planta la detección de toda anomalía.</p> <p>Las partes activas de las instalaciones deben estar recubiertas con materiales aislantes y los cables canalizados de forma protegida frente a posibles deterioros y contactos de personas.</p> <p>Elaboración e implantación de procedimientos de consignación y desconexión de la red durante las operaciones de mantenimiento y limpieza de las instalaciones, estando prohibida de realización de cualquier manipulación de la instalación eléctrica o de los equipos de trabajo si no se ha desconectado previamente la corriente eléctrica.</p> <p>Los cuadros eléctricos deben estar claramente señalizados y permanecer cerrados con llave, que solamente puede ser utilizada por personal autorizado.</p> <p>Prohibición de acceso y manipulación a las instalaciones de transformación de energía en corriente eléctrica (señalización).</p> <p>Prohibición de proyectar agua sobre los cuadros eléctricos o de control de los equipos de trabajo.</p> <p>Formación específica para realizar estas operaciones de forma segura.</p>	

Tabla 13.

EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS NOCIVAS O TÓXICAS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos, toma de muestras, análisis y caracterización de residuos, aguas y lixiviados, mantenimiento y limpieza de equipos e instalaciones y descarga y adición de reactivos.
Áreas	Plataforma de descarga , compactación, laboratorio y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Ausencia o incumplimiento de procedimientos de trabajo en las operaciones de descarga de vehículos, no respetar distancias de seguridad en operaciones de descarga de residuos, presencia de residuos que por sus características puedan generar o desprender vapores o gases tóxicos o nocivos. Incumplimiento o inexistencia de procedimientos de trabajo en espacios confinados o para la realización de operaciones de mantenimiento en pozos de vertedero. Incorrecta señalización de las instalaciones, riesgos, y equipos de protección a utilizar o la no utilización de EPI específicos para cada ocasión. Carencia o formación deficiente de los operarios.
Medidas preventivas	
<p>Establecimiento de procedimientos específicos para la descarga de residuos susceptibles de desprender gases peligrosos, prohibiéndose permanecer a menos de 20 m de distancia de un vehículo que esté realizando una descarga de residuos con estas características.</p> <p>Obligación de que las cabinas de las palas cargadoras y de las compactadoras cierren herméticamente, dispongan de sistema de filtración de aire, de máscaras de escape y de detectores portátiles de SH₂.</p> <p>Realización de controles periódicos de los residuos depositados para detectar, controlar y eliminar posibles vertidos incontrolados.</p> <p>Inclusión en el plan de emergencia de la instalación la posible entrada de un residuo incontrolado.</p> <p>Procedimientos específicos para el trabajo en pozos, estaciones de bombeo y espacios confinados, incluyendo instrucciones detalladas, permisos de trabajo y de acceso, actuación en caso de emergencia, EPI necesarios, necesidad de presencia de recursos preventivos y la formación adecuada para estas operaciones. En estas operaciones debe ser obligatoria la utilización de equipos autónomos o semiautónomos de respiración o máscara de protección de vías respiratorias con filtro polivalente y protección ocular, así como estar provisto de un detector portátil multicanal (H₂S, CO, O₂ y CH₄).</p> <p>Formación específica para los trabajadores que pueden tener contacto con productos químicos sobre sistemas de información y comunicación de la peligrosidad de los mismos (etiquetado y fichas datos de seguridad).</p> <p>Prohibición de trabajar con maquinas o vehículos que generen humos de escape en espacios mal ventilados, y si ello es necesario, debe garantizarse que el intercambio de aire sea suficiente.</p>	

Tabla 14.

CONTACTO CON SUSTANCIAS CÁUSTICAS O CORROSIVAS	
Operaciones	Análisis y caracterización de residuos, aguas y lixiviados, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos, control de procesos y descarga y adición de reactivos.
Áreas	Laboratorio, tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Manipulación incorrecta de productos químicos, rotura de depósitos, tuberías o juntas, ausencia de procedimientos específicos para la realización de operaciones de mantenimiento o de limpieza en plantas de tratamiento de lixiviados.
Medidas preventivas	
<p>Obligación de utilizar EPI (gafas, guantes, pantallas, etc.) siempre que se manipulen productos químicos.</p> <p>Formación específica en operaciones de manipulación de reactivos y productos químicos y disponibilidad de las fichas de datos de seguridad (FDS) de los productos existentes.</p> <p>Procedimientos de trabajos seguros para cada una de las operaciones (mantenimiento, carga y descarga de productos químicos) que se realicen en la planta.</p> <p>Existencia de procedimientos de acceso a los cubetos, que deberá incluir permiso de trabajo debidamente cumplimentado y firmado por el responsable de la planta (señalización).</p> <p>Todos los depósitos de productos, así como las canalizaciones (tuberías) deben estar claramente identificados y señalizados.</p>	

Tabla 15.

EXPLOSIONES	
Operaciones	Control de procesos y mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Generación de gases inflamables (CH ₄ , CO) por descomposición de la materia orgánica
Medidas preventivas	
Aplicación del Real Decreto 68/2003, de 12.6 (M. Pres, BOE 18.6.2003) sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (ATEX).	

Tabla 16.

ACCIDENTES CAUSADOS POR SERES VIVOS	
Operaciones	Inespecíficas en el conjunto de la instalación.
Áreas	Todo el vertedero.
Causas	Posible presencia de roedores o insectos derivada de la presencia de residuos.
Medidas preventivas	
Realización de campañas de prevención encaminadas a evitar la aparición de plagas de roedores o insectos. Limpieza periódica de las instalaciones del vertedero. Comunicación del riesgo debido a la posible presencia de roedores.	

Tabla 17.

ATROPELLOS O GOLPES CON VEHÍCULOS	
Operaciones	Conducción de vehículos, vertido o descarga de residuos y desplazamientos por el conjunto de la instalación (inespecíficas).
Áreas	Plataforma de descarga y vías de circulación del vertedero.
Causas	Circulación constante de camiones y maquinaria pesada por el conjunto del vertedero.
Medidas preventivas	
Prohibición (señalización) de circular a pie a personas no autorizadas por zona de descarga y por los viales del vertedero. Obligatoriedad por parte de los trabajadores de utilizar en todo momento ropa de alta visibilidad y de estar permanentemente atentos a las circunstancias del tráfico en la planta. Prohibición de acercarse a los vehículos durante las operaciones de aproximación o descarga. Prohibición de que los conductores de los vehículos desciendan de los mismos salvo que sea totalmente imprescindible, en cuyo caso deben permanecer en todo momento próximos a los mismos.	

Tabla 18.

EXPOSICIÓN A RUIDO	
Operaciones	Compactación de residuos y control de procesos.
Áreas	Compactación y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Circulación de vehículos (camiones y maquinaria pesada) y vibraciones en equipos de trabajo de las instalaciones
Medidas preventivas	
Realización de la evaluación específica del riesgo de exposición a ruido en los equipos de trabajo de la instalación, y en función de los resultados obtenidos, establecer las medidas de prevención y protección necesarias de acuerdo con el RD 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Obligación de mantener cerradas, en todo momento, las cabinas de las palas cargadoras y de las compactadoras.	

Tabla 19.

EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos, toma de muestras, análisis y caracterización de residuos, aguas y lixiviados, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos, control de procesos y descarga y adición de reactivos.
Áreas	Plataforma de descarga, compactación, laboratorio y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Generación de polvo en operaciones de descarga y de compactación, manipulación de productos químicos y presencia de agentes químicos (COV, SH ₂ , CH ₄ , etc.) debido a la descomposición de la materia orgánica.
Medidas preventivas	
<p>Formación específica para los trabajadores que pueden tener contacto con productos químicos sobre sistemas de información y comunicación de la peligrosidad de los mismos.</p> <p>Existencia de instrucciones para el control de la exposición a los humos y gases generados en trabajos de soldadura (operaciones de mantenimiento).</p> <p>Rociado periódico con agua de los viales y zonas sin asfaltar.</p> <p>Disponibilidad de las fichas de datos de seguridad (FDS) de todos los productos que se utilizan en la instalación.</p> <p>Realización de una evaluación específica del riesgo de exposición a agentes químicos en toda la instalación, y de acuerdo con los resultados, establecer las medidas de prevención y protección según el RD 374/2001, relativo a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.</p> <p>Prohibición de trabajar con equipos de trabajo (vehículos o máquinas) que generen humos de escape en espacios mal ventilados, y si ello fuese necesario, debe garantizarse un intercambio de aire suficiente.</p> <p>Obligación de utilización de EPI en todas aquellas operaciones en las que utilicen productos peligrosos.</p> <p>Realización de controles periódicos de los residuos depositados para detectar, controlar y eliminar posibles vertidos incontrolados.</p> <p>Dotación de sistemas de ventilación y de renovación de aire en las cabinas de las palas cargadoras y de las compactadoras y obligación de mantenerlas herméticamente cerradas.</p>	

Tabla 20.

EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos y mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Plataforma de descarga, compactación y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Presencia de residuos con materia orgánica en distintas fases de descomposición.
Medidas preventivas	
<p>Realización de la evaluación específica del riesgo de exposición a agentes biológicos, y en función de los resultados obtenidos, establecer las medidas de prevención y protección necesarias según el RD 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.</p> <p>Obligación de que las cabinas de las palas cargadoras y compactadoras puedan cerrarse herméticamente y dispongan de un sistema de ventilación autónomo dotado de filtros adecuados y prohibición de llevar las ventanillas abiertas.</p> <p>Procedimiento de mantenimiento periódico preventivo de los sistemas de ventilación las cabinas de las palas cargadoras y compactadoras.</p> <p>Utilización de mascarilla con filtro FFP3, gafas de seguridad, traje, calzado y guantes impermeables durante las operaciones de limpieza con agua a presión.</p> <p>Limpieza de las instalaciones, equipos o máquinas previa a su mantenimiento o reparación.</p>	

Tabla 21.

REFERENCIAS LEGALES Y BIBLIOGRAFIA

- (1) Ley 31/1995 de 8.11. (Jef. Est., BOE 10.11.1995). Ley de prevención de riesgos laborales.
- (2) Real Decreto 664/1997 de 12.5. (M. Presid., BOE 24.5.1997). Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- (3) Real Decreto 952/1997 de 5.7. (M. M. Amb., BOE 5.7.1997), por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de junio.

- (4) Ley 11/1997 de 24.4 (Jef. Est., BOE 25.4.1997). Ley de envases y residuos de envases.
- (5) Ley 10/1998 de 21.4. (Jef. Est., BOE 22.4.1998). Ley de residuos.
- (6) Real Decreto 374/2001 de 6.4. (M. Presid., BBOOE 1.5, rect. 30.5 y 22.6.2001). Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- (7) Real Decreto 1481/2001 de 27.12 (M. M. Amb., BOE 29.1.2002). Regula la eliminación de residuos mediante depósitos en vertedero.
- (8) Orden MAM/304/2002 de 8.2. (BBOOE 19.2, rect. 12.3.2002) por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- (9) Real Decreto 681/2003, de 12.6 (M. Presid., BOE 18.6.2003) sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- (10) 226/12/CE. Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, relativa a los residuos. DOUE, L 114, 27.4.2006, 9-20.
- (11) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Notas Técnicas de Prevención (NTP).
Barcelona. INSHT.
- (12) POULSEN, O.M ET AL.
Collection of domestic waste. Review of occupational health problems and their posibles causes.
The Sci. Total Environ, 1995, 170, 1-19.
- (13) GARCÍA RAMOS.
Gestión integral de los RSU.
Residuos, 1998, 41, 21-24 (1998).
- (14) PÉREZ, H.R., FRANK, A.L., ZIMMERMAN, N.J.
Health effects associated with organic dust exposure during the handling of municipal solid waste.
Indoor Built Environ, 2006, 15, (3), 207-212.

Grúas torre. Recomendaciones de seguridad en el montaje, desmontaje y mantenimiento (I)

*Grue à tour. Recommedations de sécurité dans leur montage, desmontage et manutention
Tower crane. Safety recommendations in assembly, disassembling and maintenance*

Redactores:

José M^a Tamborero del Pino
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

José Manuel Monje Melero
Ingeniero Europeo (EUR ING) n° 2.620
Ingeniero Técnico de Minas
Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales

Esta NTP complementa la NTP 701 relativa a las recomendaciones de seguridad en la manipulación de Grúas-torre. En esta NTP se definen las tareas de montaje, desmontaje y mantenimiento de grúas torre y se describen los riesgos asociados a las citadas operaciones, así como las medidas preventivas para el control de algunos de los riesgos. En la NTP 783 se completan las medidas preventivas

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. OBJETIVO

La presente NTP tiene como objetivo principal el sensibilizar sobre los principales riesgos y las medidas preventivas a adoptar en el montaje, desmontaje y mantenimiento o conservación de las grúas torre para obra u otras aplicaciones, para que sean tenidas en cuenta por los montadores y operarios cualificados de las empresas Instaladoras y Conservadoras respectivamente.

La inclusión en una misma NTP de las dos actividades se debe a que las empresas cuando se acreditan en cada comunidad autónoma, en aplicación de los arts. 6 y 9, de la MIE-AEM 2 respectivamente, lo hacen simultáneamente como Instaladoras y Conservadoras utilizando a los operarios para ambas tareas según las necesidades.

2. DEFINICIÓN. TIPOS DE TAREAS

Definición

La grúa torre es una máquina empleada para la elevación de cargas, por medio de un gancho suspendido de un cable, y su transporte en un radio de varios metros, a todos los niveles y en todas direcciones. Los modelos más habituales son la grúa torre y la grúa torre autodesplegable. Están constituidas esencialmente por una torre metálica con corona de giro, un brazo giratorio horizontal o abatible y los mecanismos de orientación, elevación y distribución, pudiendo además disponer de mecanismo de traslación, generalmente sobre carriles. La grúa torre puede instalarse empotrada, inmovilizada o desplazable.

Tipos de tareas

En la Tabla 1 se recogen las tareas habituales a realizar en las operaciones de montaje y desmontaje de grúa torre y en la Tabla 2 las tareas a realizar en las operaciones de conservación de la grúa torre.

OPERACIÓN	TIPOS DE TAREAS
Carga y descarga de las partes de la grúa con medios auxiliares, bien en el parque de maquinaria o en la obra	<ul style="list-style-type: none"> • Enganchado de cargas. • Seguimiento y señalización de maniobras. • Apilado y colocación de las cargas. • Desenganchado de cargas.
Montaje y desmontaje de grúa torre	<ul style="list-style-type: none"> • Enganchado y desenganchado de cargas. • Seguimiento y señalización de maniobras. • Ensamblaje de estructura sobre el terreno. • Colocación de bulones. • Apriete de tornillería. • Montaje estructural de la grúa. • Conexión eléctrico. • Colocación de cables de trabajo. • Comprobaciones finales de instalación. • Anotación en el libro de la grúa.
Montaje y desmontaje de autodesplegable	<ul style="list-style-type: none"> • Enganchado y desenganchado de la grúa. • Seguimiento y señalización de maniobras. • Nivelación de la grúa. • Plegado y desplegado de la grúa. • Comprobaciones finales de instalación. • Anotación en el libro de la grúa.

Tabla 1. Tipos de tareas a realizar en las operaciones de montaje y desmontaje de grúas torre u otras aplicaciones

OPERACIÓN	TIPOS DE TAREAS
Revisión periódica de grúa torre	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de carga. • Comprobar instalación eléctrica. • Estado de la cabina y medios de acceso. • Estado de las protecciones. • Funcionamiento de los mecanismos. • Comprobar dispositivos de seguridad. • Estado de indicadores y placas. • Estado de la estructura y sus uniones. • Anotación en el libro de la grúa.
Reparación de avería de la grúa torre.	<ul style="list-style-type: none"> • Carga y descarga de partes a sustituir. • Reparación estructural. • Reparación mecánica. • Reparación eléctrica. • Anotación en el libro de la grúa.

TABLA 2. Tipos de tareas a realizar en las operaciones de conservación de grúas torre u otras aplicaciones

3. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

En la Tabla 3 se muestran los riesgos en las operaciones de montaje, desmontaje o conservación detallando en cada caso sus factores de riesgo.

4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Las medidas de prevención y protección se concretan en función del riesgo y consisten básicamente en recomendaciones para los montadores y operarios cualificados, en sus tareas de montaje y desmontaje de la grúa, así como en las de conservación de la misma.

Vuelco o caída de la grúa

El vuelco o caída de la grúa puede ser originado por problemas en la fundación de la grúa, por un procedimiento de montaje, desmontaje o conservación inadecuado, por un golpe en la estructura de la grúa, por rotura o fatiga del material y por errores humanos.

Problemas en la fundación de la grúa

- Controlar antes del montaje que la fundación se ajusta a la diseñada en el proyecto de instalación y comprobar la nivelación de la misma. Ver Fig.1



Figura 1. Fundación de la grúa según proyecto y nivelada

RIESGOS	FACTORES DE RIESGO
Vuelco o caída de la grúa	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas en la fundación de la grúa. • Procedimiento de montaje, desmontaje o conservación inadecuado. • Golpe en la estructura de la grúa con camiones, autogrúas, excavadoras, etc. • Rotura o fatiga del material. • Errores humanos.
Caída de la carga	<ul style="list-style-type: none"> • Mal enganchado o colocación de la carga. • Falta o mal estado del pestillo de seguridad del gancho. • Rotura del cable de elevación de la carga. • Rotura o fallo de los accesorios de la carga. • Errores humanos.
Atrapamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Entre las partes de la grúa y elementos fijos. • Entre partes de la grúa.
Caídas al mismo nivel	<ul style="list-style-type: none"> • Por falta de orden y limpieza en zonas de trabajo y/o tránsito.
Caídas a distinto nivel	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso y/o puesto de trabajo desprotegido.
Caída de objetos	<ul style="list-style-type: none"> • Objetos de la propia obra. • Objetos propios de la tarea.
Golpes y cortes	<ul style="list-style-type: none"> • Con objetos. • Con herramientas de máquinas portátiles. • Con herramientas manuales.
Pisadas sobre objetos punzantes	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de orden y limpieza en la zona de trabajo.
Sobreesfuerzos	<ul style="list-style-type: none"> • Posturales. • Manejo de cargas inadecuado.
Contactos eléctricos directos	<ul style="list-style-type: none"> • Proximidad a líneas eléctricas en tensión.
Contactos eléctricos indirectos	<ul style="list-style-type: none"> • Defectos diversos en la instalación eléctrica de la grúa o general de la obra.
Estrés térmico	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a temperaturas extremas.
Trauma acústico	<ul style="list-style-type: none"> • Ruido ambiental o de la tarea excesivo.
Radiaciones, proyecciones de partículas, quemaduras, exposición a sustancias peligrosas, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición en trabajos de soldadura.
Contacto con sustancias peligrosas	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición y/o contacto con sustancias peligrosas como aceites, grasas, decapantes, disolventes, etc.
Atropellos	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos y maquinaria de obra circulando en las proximidades de la zona de montaje.
Diversos	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiente iluminación del lugar de trabajo.

TABLA 3. Riesgos y factores de riesgo en operaciones de montaje, desmontaje o conservación de grúas torre

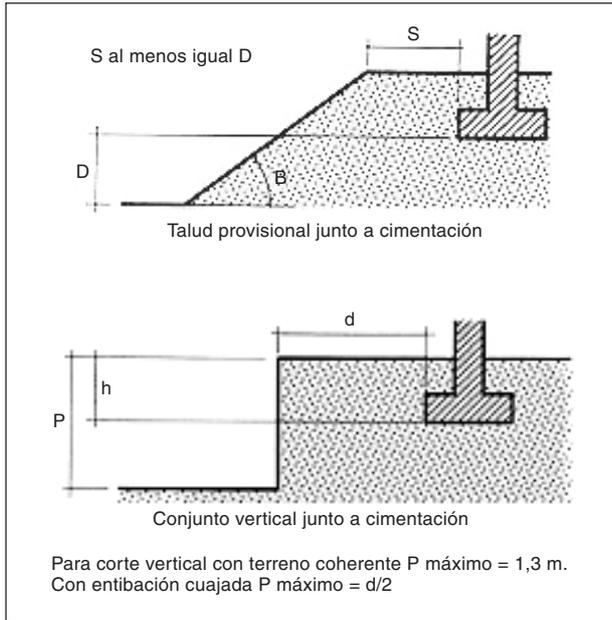


Figura 2. Distancias de seguridad a terraplenes

- Controlar si existen excavaciones o terraplenes próximos a la fundación de la grúa. Las distancias a respetar son las indicadas en las Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-CCT/1977 Cimentaciones: Contenciones: Taludes y la NTE-ADZ/1976 Desmontes: Zanjas y pozos que se resumen en la Fig. 2.
- Si la fundación dispone de vías para la traslación:
 - a) Comprobar que los topes de las vías están bien instalados a 1 m. del final de la vía y son amortiguados así como que la base esta dotada de mordazas de apriete a la vía. Ver Fig. 3.
 - b) Comprobar la nivelación de la vía (< 1/1.000 ancho de vía), la distancia entre ejes de los carriles (< 5 mm.), el desnivel entre juntas (< 2 mm.), la separación entre juntas (< 5 mm.), la nivelación transversal del pie de cada carril (< 3/1.000 respecto a un plano horizontal), la unión de los raíles (< 2 mm.) y su correcto alineado.
- Comprobar en las verificaciones periódicas que se cumplen las condiciones de nivelación y seguridad de la fundación, antes de empezar a realizar las operaciones propias de conservación.

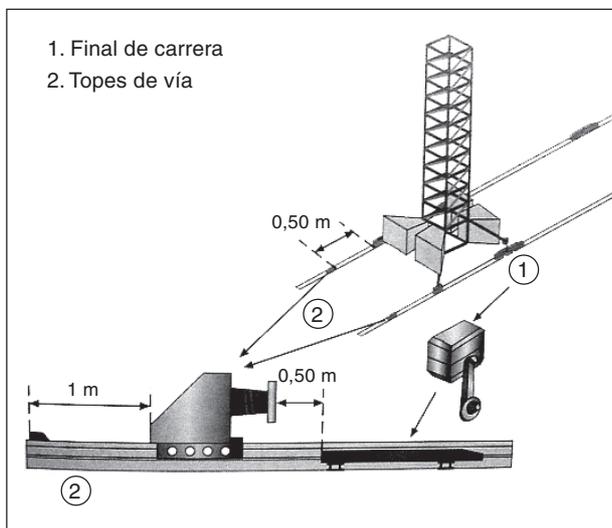


Figura 3. Topes de las vías a 1 m del final de las vías

Procedimiento de montaje, desmontaje y conservación inadecuado

- Realizar las tareas de montaje, desmontaje y conservación siempre según las indicaciones del fabricante, para cada tipo de grúa. Ver Fig. 4 y 5

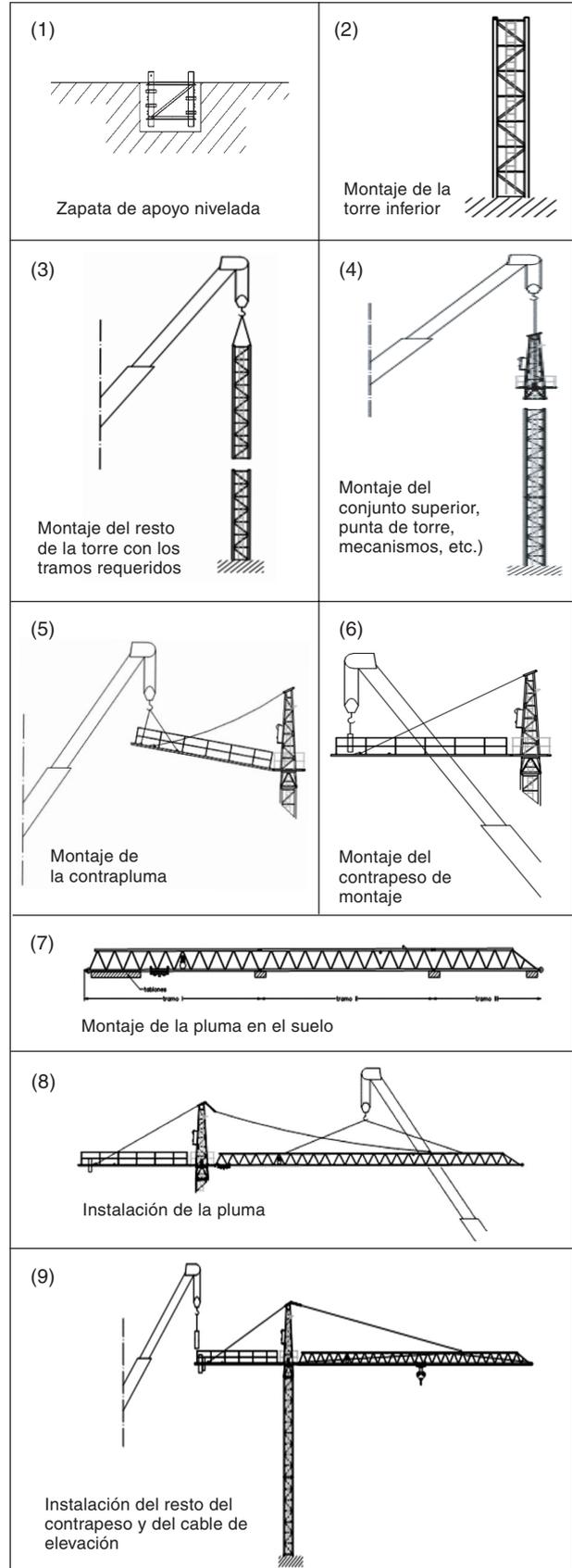


Figura 4. Secuencia de las fases de montaje de una grúa torre

- Los trabajos de montaje se realizarán siempre bajo la supervisión del técnico titulado encargado de planificar los trabajos de acuerdo con el art. 5.3.b de la MIE-AEM-2.
- Se debe prestar especial atención en la secuencia de colocación de los contrapesos necesarios antes y después de colocar la pluma en las grúas torre, para no desequilibrar la grúa y provocar su caída, así como en las grúas autodesplegables con la colocación del carro y de los tirantes para que se encuentren en la situación requerida para el correcto plegado y desplegado de la misma.
- En las tareas de conservación, no realizar maniobras extrañas o prohibidas que pongan en peligro la estabilidad de la misma y siempre realizadas por el gruista autorizado al efecto.

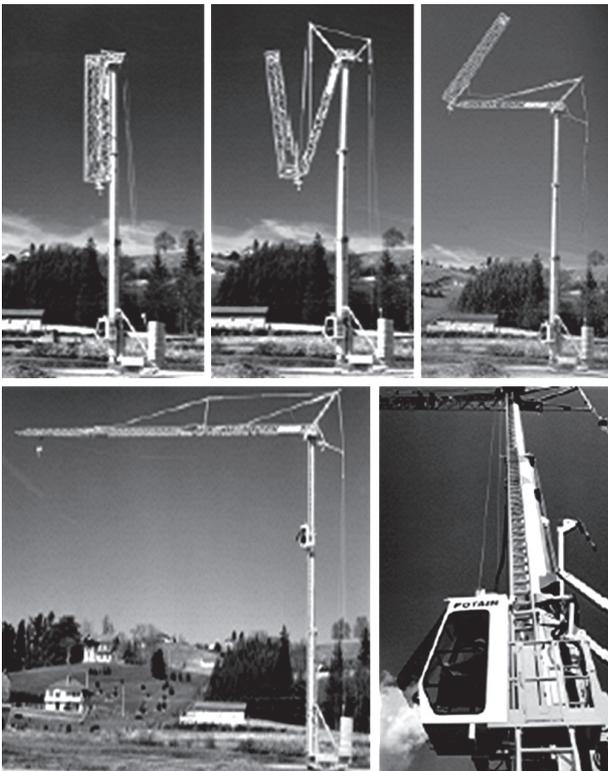


Figura 5. Secuencia de las fases de montaje de una grúa torre autodesplegable

Golpe en la estructura de la grúa

- Comprobar que la estructura y el entorno de la grúa esta protegido de posibles golpes o colisiones de otras máquinas o vehículos, mientras se procede al montaje o desmontaje.
- En las tareas donde intervenga una grúa autopulsada debe existir una correcta comunicación de los montadores con el operador de la grúa a través de los ademanes de la norma UNE-58000-2003 y/o los recogidos en el R.D.485/1997 sobre señalización.
- En las tareas de conservación o reparación que requieran algún medio auxiliar, tener la precaución de que no pueda chocar en sus movimientos con la estructura de la grúa.

Rotura o fatiga del material

- Antes de proceder al montaje, comprobar el informe de que la grúa ha superado favorablemente la Ins-

pección con la grúa desmontada exigida por el anexo III de la ITC-MIE-AEM-2 Apartado A.

- En el caso de las grúas autodesplegables monobloc, cuyo momento nominal se encuentre comprendido entre 15 kN.m y 170 kN.m, que no requieren inspección antes del montaje, se verificará con mayor detalle el estado de la estructura y partes de la grúa por los montadores, con el fin de evitar imprevistos por mal estado de la misma.
- En las tareas de conservación comprobar en primer lugar el estado de la estructura y las partes vitales de la estabilidad de la grúa, antes de realizar el resto de operaciones programadas.
- En el almacenamiento de la grúa mientras no está montada se debe tener la precaución de que su conservación sea la adecuada, evitando el contacto directo con el suelo para proteger de la humedad la estructura de la grúa, así como la protección de sus partes eléctricas. Ver Fig. 6

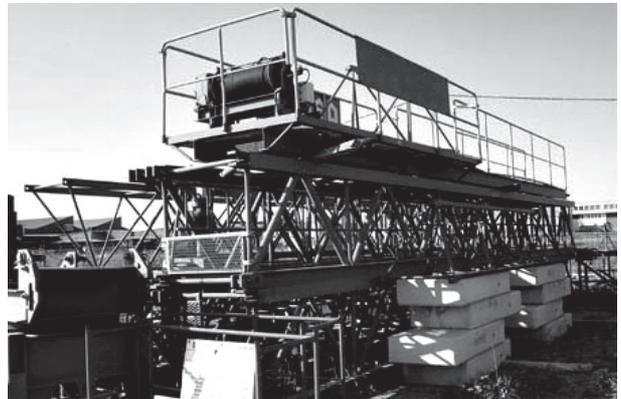


Figura 6. Almacenamiento correcto de grúa desmontada

Errores humanos

- Las operaciones de montaje y desmontaje solo serán realizadas por montadores cualificados, necesariamente mecánicos o eléctricos, según el artículo 6 de la ITC-MIE-AEM-2, siendo de probada capacidad, reconocida explícitamente por el fabricante para cada tipo de grúa, según el punto 6.1 de la norma UNE-58-101-92/Parte II y dependerán de un técnico titulado, quien deberá planificar y responsabilizarse del trabajo que se ejecute.
- En aplicación del punto 3 del art. 5 de la MIE-AEM-2 no se realizarán operaciones de montaje fuera de las establecidas en la orden de trabajo, sin autorización del titulado del que dependen.
En este sentido el punto 6.2 de la Norma UNE-58-101-92 Parte II (Ejecución del montaje) indica que el montador dispondrá de una orden de trabajo, en la que figurarán como mínimo los datos siguientes:
 - Marca, tipo y número de fabricación de la grúa.
 - Alturas de montaje inicial y final.
 - Longitudes de pluma y contrapluma.
 - Características del contrapeso.
 - Características de los lastres inicial y final, si procede.
 - Cargas y distancias admisibles y tipo de reenvío de elevación.
 - Tensión de alimentación.
 - Datos definitorios de arriostamiento, si procede.

- Estar en condiciones óptimas, tanto físicas como mentales, para trabajar en altura.
- Las operaciones de montaje, desmontaje o conservación, se realizarán con luz diurna como establece el punto 6.1 de la norma UNE-58-101-92/Parte II, en caso de fuerza mayor se tomarán medidas para obtener un nivel de iluminación adecuado, extremando las medidas de seguridad.
- Las revisiones por verificaciones serán realizadas según el punto 8 de la ITC-MIE-AEM-2, cumpliendo los criterios establecidos en la norma UNE-58-101-92/Parte II, que en su punto 10.5 determina que se harán con personal competente reconocido explícitamente por el fabricante para cada tipo de grúa.

Caída de carga

Las riesgos de caída de carga están presentes en las tareas de carga y descarga de la grúa, bien en el parque de maquinaria o en la obra, en las operaciones propias de montaje, desmontaje y de reparación, elevadas por la propia grúa o con la ayuda de grúas autopropulsadas. Puede ocurrir por mal enganchado o colocación de la carga, por falta o mal estado del pestillo de seguridad del gancho, por rotura del cable de elevación, por rotura o fallo de los accesorios de la carga, por rotura o fallo del mecanismo de elevación y por errores humanos.

Mal enganchado o colocación de la carga

- Los encargados de enganchar las cargas estarán formados y designados por los montadores o conservadores.
- El montador o conservador como señalista tomará las medidas necesarias para evitar los peligros que resulten del transporte de la carga y de su caída eventual. Dirigirá y será responsable del amarre, de la elevación, distribución, posado y desatado correcto de las cargas.



Figura 7. Eslingado correcto de componentes alargados

- Los componentes alargados se sujetarán con eslingas dobles, para evitar el deslizamiento. Ver Fig. 7.
- No colocar los ramales de las eslingas formando grandes ángulos puesto que el esfuerzo de cada ramal crece al aumentar el ángulo que forman. Ver Fig. 8.
- El tipo de amarre debe ser tenido en cuenta, respetando los datos del fabricante de la eslinga, puesto que según se coloque la eslinga su capacidad de carga varía.
- Amarrar las cargas bien equilibradas de forma que dos eslingas distintas nunca se crucen, es decir, no deben montar unas sobre otras en el gancho de elevación y además estar perfectamente niveladas. Ver Fig. 9.

Falta o mal estado del pestillo de seguridad del gancho

- El operario comprobará el estado del pestillo de seguridad del gancho y de las eslingas a utilizar y si no

están en las debidas condiciones desistirá de enganchar la carga. Ver Fig. 10

Rotura del cable de elevación de la carga

- Trabajar solo con grúas auxiliares que estén en buen estado y que hayan realizado todas las inspecciones y revisiones pertinentes.
- Si se detecta que el cable de elevación presenta deformación, estrangulamiento o varios hilos rotos, el operario desistirá de proceder al enganche.
- No elevar cargas superiores a las indicadas por el fabricante. Ver Fig. 11

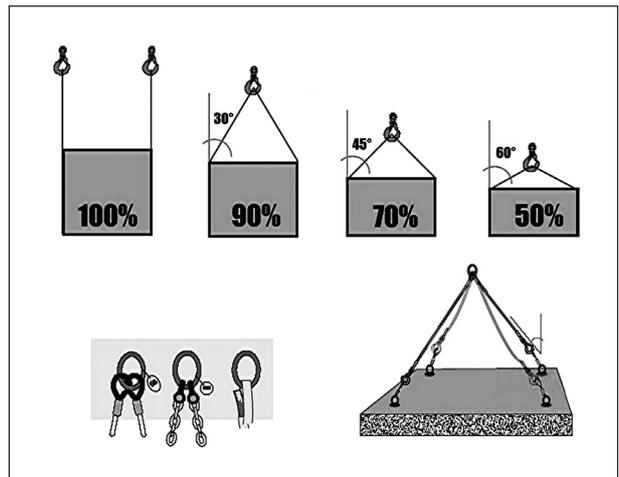


Figura 8. Capacidad de carga en función del ángulo de los ramales

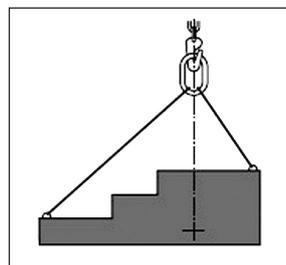


Figura 9. Eslingado correcto de una carga



Figura 11. Respetar la carga máxima del cable según el fabricante

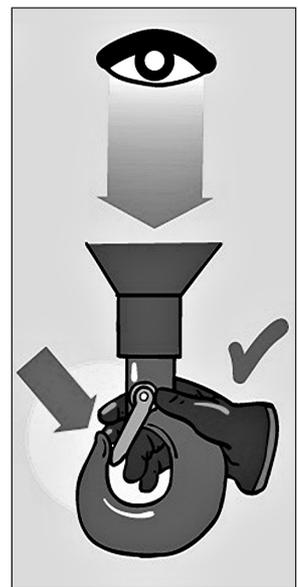


Figura 10. Comprobación del estado del pestillo de seguridad

Rotura o fallo de los accesorios de la carga

- Los estrobos, eslingas, cadenas, etc., se revisarán para detectar posibles deterioros en los mismos y proceder en consecuencia antes de su utilización. Ver Fig. 12.
- Se comprobará que todos los accesorios a utilizar tienen marcado CE.

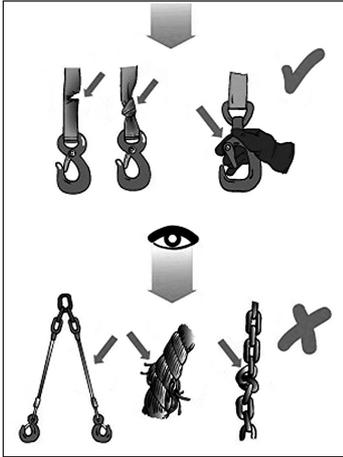


Figura 12. Utilizar accesorios de carga en perfecto estado de uso

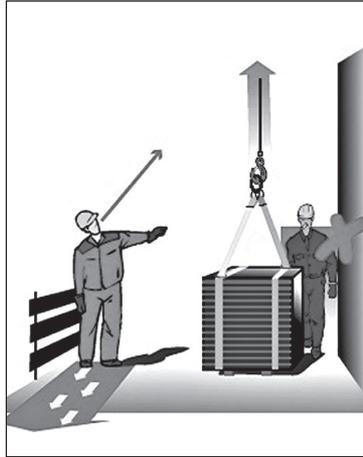


Figura 13. Operario situado en zona incorrecta respecto a la carga



Figura 14. Guiado de la carga

Errores humanos

- Garantizar la correcta comunicación entre el operador de la grúa auxiliar y los montadores o conservadores que realicen la tarea de señalista, para que el guiado de las cargas sea seguro, para ello se utilizarán los ademanes de mando de la norma UNE-58000-2003 y/o los recogidos en el R.D.485/1997 sobre señalización; además se recomienda que se disponga de un radio transmisor para facilitar la comunicación entre los diferentes operarios y el técnico titulado que planifica los trabajos.

Atrapamientos

Los atrapamientos de los operarios de montaje, desmontaje o conservación pueden tener lugar entre las partes de la grúa y elementos fijos, o entre las diferentes partes de la grúa.

Entre las partes de la grúa y elementos fijos

- El espacio libre mínimo para el paso de personal, entre las partes salientes de la grúa y cualquier obstáculo, debe ser de 0,6 m de ancho por 2,50 m de alto. En caso de imposibilidad, se prohibirá el acceso a dicha zona, excepto para operaciones en tareas de montaje y mantenimiento, en cuyo caso, la preceptiva evaluación de riesgos determinará las medidas preventivas a tomar.
- En el montaje y desmontaje de las diferentes partes de la grúa durante la instalación o reparación de la misma, nunca situarse en zonas encajonadas donde se pueda quedar atrapado por la pieza que se está manipulando. Ver Fig. 13
- Si fuese preciso dirigir la carga, se debe atar una cuerda en el enganchado para luego guiarla, estando siempre la persona que guía, fuera del alcance de la carga. Ver Fig. 14
- La zona de trabajo debe estar debidamente señalizada y el personal informado del riesgo.
- No colocarse debajo de la carga para recepcionarla.
- No tratar de empujar las cargas a lugares donde no llega la grúa mediante balanceo.
- En el almacenamiento de las partes de la grúa cuando no está montada, tener la precaución de que al apilar unas partes encima de otras, estas no sean inestables o inseguras. Ver Fig. 15

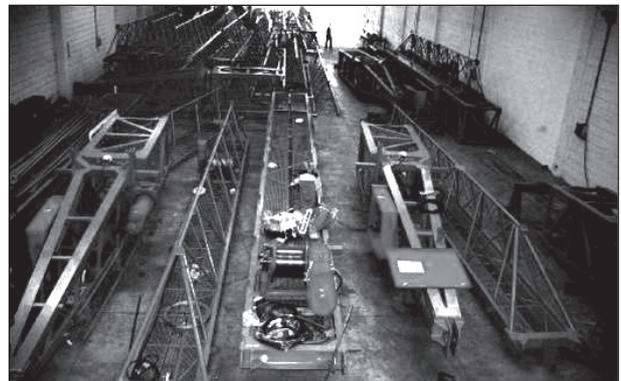


Figura 15. Almacenamiento seguro de una grúa desmontada

Entre partes de la grúa

- Utilizar ropa de trabajo ajustada al cuerpo y evitar llevar anillos, medallas, etc.
- En las operaciones de montaje, colocarse en los lugares adecuados para recibir las partes de la grúa a ensamblar, para no verse atrapado por las mismas.
- Las operaciones de conservación se realizarán siempre con la grúa consignada. Sin embargo, cuando para ello sea absolutamente necesario poner la grúa en movimiento o bajo tensión, se debe hacer por una persona cualificada y siempre que deba hacerse en esas condiciones y en aplicación del R.D.1435/1992 para grúas con marcado CE y del R.D. 1215/1997 para grúas sin marcado CE, se dispondrá de un selector de modo de accionamiento enclavable para cada uno de los modos de funcionamiento, con órganos de accionamiento sensitivos, que solo autorice el funcionamiento de los órganos móviles peligrosos en condiciones de menor riesgo (velocidad lenta, marcha a impulsos,..).
- Se tendrá especial cuidado con la manipulación de poleas, tambores y engranajes teniendo éstas siempre las protecciones adecuadas.
- Extremar la precaución en la manipulación de los cables de elevación y carro en el paso por las poleas y en el enrollado de los mismos en el cabrestante.
- No manipular o soltar elementos de la grúa apalancándolos.



Figura 16. Plataforma protegida



Figura 17. Escala de acceso protegida



Figura 18. Plataformas de trabajo

Caídas al mismo nivel

- Mantener siempre el orden y la limpieza en las zonas de trabajo, no dejando piezas, repuestos o herramientas por el suelo.
- Atender mientras se camina, a los posibles obstáculos que pudieran existir en la zona de tránsito.
- El personal de montaje, desmontaje o conservación, debe usar calzado antideslizante.
- Las zonas de riesgo estarán debidamente señalizadas.

Caídas a distinto nivel

- El acceso a la zona de trabajo estará siempre debidamente iluminada.
- Todas las plataformas o pasarelas con riesgo de caída donde deban situarse los montadores o conservadores, deben estar provistas de barandillas de materiales rígidos de una altura mínima de 90 cm, barra intermedia y rodapiés que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas. Ver Fig. 16
- Las escalas instaladas en la grúa estarán protegidas con anillos de seguridad, que según R.D.486/1997 (Anexo I-A.8.4) se debe instalar como mínimo a partir de los cuatro metros desde el suelo, aunque lo recomendable desde el punto de vista técnico preventivo es instalarla a partir de los dos metros de altura; además dispondrá de descansos cada 9 m y cambio de vertical en cada tramo. Por otro lado es muy recomendable la instalación de una línea de anclaje vertical fija interior donde anclar el arnés de seguridad tanto a la subida como a la bajada. Ver Fig. 17
- El piso de las diferentes plataformas de trabajo deberán ser de material antideslizante, resistente y difícilmente inflamable. Ver Fig. 18
- En las tareas de montaje, desmontaje y conservación se debe disponer a lo largo de la pluma y de la contrapluma de una línea de anclaje horizontal a la que se pueda sujetar el mosquetón del arnés de seguridad y caminar libremente por ellas, sin tener que desatarse. Ver Fig. 19, 20

- Para la recepción de las diferentes partes de la grúa o de sus mecanismos, los montadores o conservadores estarán colocados en lugares seguros y convenientemente atados. Ver Fig. 21
- Todo el personal de montaje, desmontaje o conservación, usará arnés de seguridad y estará atado a lugar seguro mientras se encuentre en altura.
- No improvisar superficies de trabajo, trabajar siempre desde las destinadas a tal efecto.
- Las zonas de riesgo estarán debidamente señalizadas y los operarios bien informados del riesgo.



Figura 21. Montadores sujetos con EPI a la estructura

Caída de objetos

La caída de objetos que puede afectar a los operarios de montaje, desmontaje o mantenimiento así como a terceros, pueden ser de la propia obra o los empleados en las tareas a realizar.

Objetos propios de la obra

- Al desarrollar generalmente el trabajo en las obras de construcción, hay que tener presente el riesgo de caída de objetos relacionados con la obra, por lo cual se debe utilizar siempre casco de seguridad.
- No trabajar debajo de zonas que presenten este riesgo y no estén protegidas con redes.

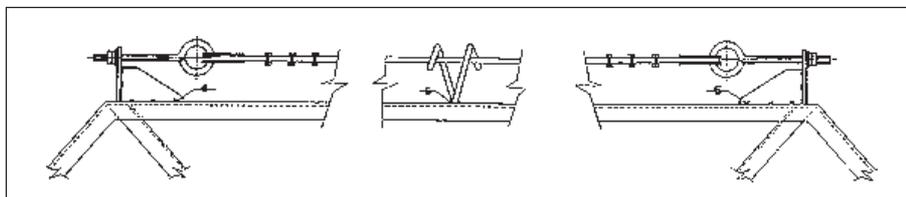


Figura 19. Línea de anclaje horizontal

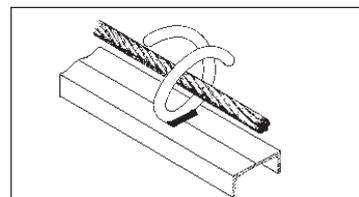


Figura 20. Detalle de la línea

Objetos propios de la tarea

- La zona de trabajo debe delimitarse para evitar la presencia de personas debajo del tajo.
- Las herramientas de trabajo se deben llevar en cinturones sujetos al cuerpo, adecuados para ello. Ver Fig. 22
- Si se llevan piezas o herramientas fuera del cinturón, se meterán en bolsas resistentes e irán sujetas a otra línea independiente del arnés de seguridad.
- Utilizar siempre cuerdas debidamente certificadas y en buen estado para subir y bajar herramientas, piezas o material de la grúa.

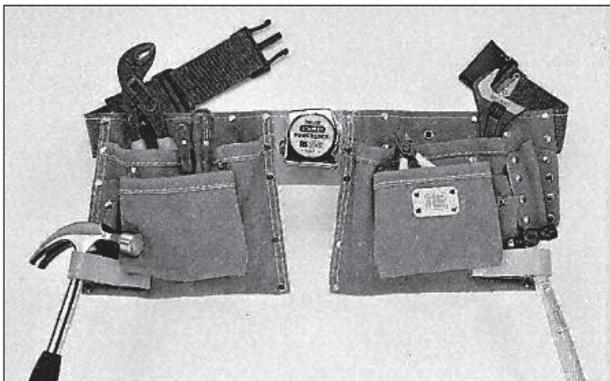


Figura 22. Cinturón de transporte de herramientas

- Nunca tirar herramientas o material desechado desde lo alto de la grúa.
- No situarse en la vertical de otro compañero que esté trabajando. Ver Fig. 23
- Trabajar siempre con el casco de seguridad, aunque se encuentre en lo alto de la grúa.
- Señalizar el riesgo de caída de objetos.



Figura 23. No trabajar en la vertical de otro compañero

Grúas torre. Recomendaciones de seguridad en el montaje, desmontaje y mantenimiento (II)

*Grue à tour. Recommedations de sécurité dans leur montage, desmontage et manutention
Tower crane. Safety recommendations in assembly, disassembling and maintenance*

Redactores:

José M^a Tamborero del Pino
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

José Manuel Monje Melero
Ingeniero Europeo (EUR ING) n° 2.620
Ingeniero Técnico de Minas
Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales

Esta NTP completa la NTP 782 complementando las medidas preventivas iniciadas en la NTP 701, haciendo especial mención del uso de EPI, de la señalización y de la lista de comprobaciones a efectuar periódicamente.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN (Continuación)

A partir de los riesgos identificados en la Tabla 3 de la NTP 782 se siguen desarrollando las medidas de prevención y protección no contempladas en la misma.

Golpes y cortes

Los golpes y cortes son un riesgo constante en los trabajos de montaje, desmontaje y conservación de las grúas, puesto que la mayoría de las operaciones que se realizan son manuales y por lo tanto, están expuestos el cuerpo y las extremidades del operario.

Con objetos

- Mantener orden y limpieza en el área de trabajo.
- No acumular piezas y herramientas en el lugar de la tarea.
- Mantener la atención cuando se mueven o desplazan objetos para no golpearse en manos y pies. Ver Fig. 24

- Trabajar siempre con guantes y calzado de seguridad certificado.

Con herramientas de accionamiento eléctrico y herramientas manuales

- Utilizar la herramienta adecuada para cada trabajo.
- Todas las herramientas de accionamiento eléctrico (máquinas portátiles) como radiales, taladros, atornilladores, etc., deberán disponer del marcado CE si han sido comercializadas con posterioridad a 1995 o, de no ser así, haber sido adecuadas a las exigencias del RD. 1215/97.
- Los martillos y mazas deben ser revisados diariamente, estando el mango limpio y bien encajado.
- Los cortafíos o cinceles deben tener bien el filo y no presentar deformaciones en la cabeza.
- No sujetar directamente los bulones con la mano para que otro compañero los golpee, utilizar siempre una tenaza especial a tal efecto, para evitar tener la mano cerca del lugar del impacto. Ver Fig. 25
- No utilizar herramientas para las cuales no se está adiestrado.



Figura 24. Atención a los movimientos de los componentes de la grúa

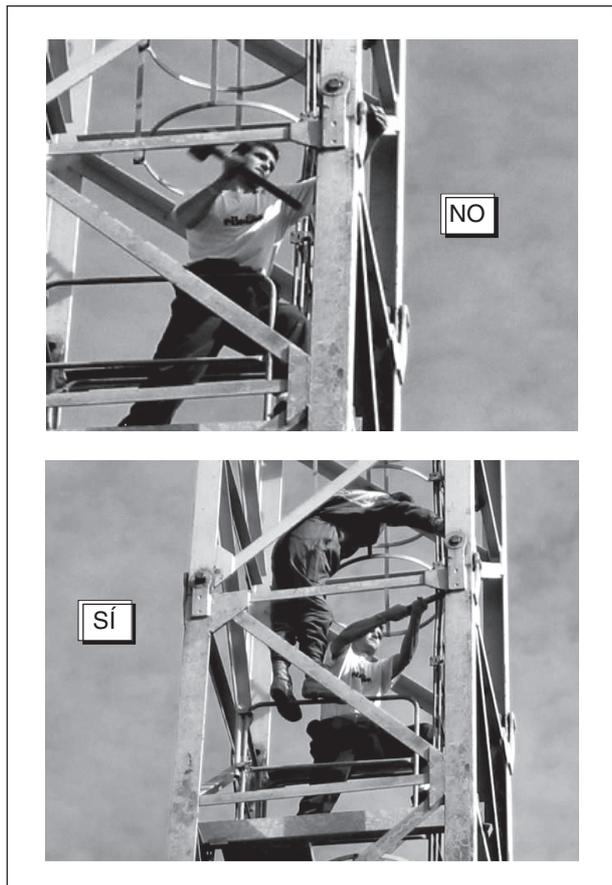


Figura 25. Utilizar tenazas para sujetar los bulones

Pisadas sobre objetos punzantes

- Mantener el orden y la limpieza en las zonas de tránsito.
- Recoger debidamente las herramientas cortantes y punzantes.
- Se debe utilizar en todo momento botas de seguridad.

Sobreesfuerzos

Los trabajos de montaje, desmontaje y conservación de las grúas exigen un esfuerzo físico considerable, puesto que la mayoría de las operaciones que se realizan son manuales y aportando bastante fuerza, otras en cambio son de menor esfuerzo pero con posturas forzadas.

Posturales

- En la medida de lo posible, variar frecuentemente la postura durante el trabajo.
- Realizar descansos o rotaciones en las tareas.
- Utilizar las herramientas adecuadas a cada operación para disminuir el tiempo de trabajo.

Manejo de cargas

- Formar a los trabajadores en las técnicas de manipulación de cargas.
- Planificar el levantamiento de los diferentes mecanismos, herramientas, piezas, etc., y valorar la necesidad de medios auxiliares.
- Utilizar los músculos de las piernas y no los de la espalda.

- Colocar los pies separados, para aumentar la estabilidad, uno más adelantado que el otro, en dirección al movimiento.
- Doblar las piernas con la espalda recta.
- Agarrar firmemente la carga y levantarla.
- Evitar los giros de tronco, por lo tanto girar moviendo los pies.
- Transportar la carga pegada al cuerpo.
- Depositar las cargas, evitando los levantamientos por encima de los hombros y la cabeza.

Contactos eléctricos

Los trabajos de montaje, desmontaje y conservación de las grúas conllevan tareas relacionadas con la electricidad, estas operaciones solo serán realizadas por montadores cualificados eléctricos según establece el artículo 6 de la ITC-MIE-AEM-2 y teniendo en cuenta el art. 4 del R.D.614/2001.

Contactos eléctricos directos

- Realizar las tareas de montaje, desmontaje o conservación con la grúa consignada. Complementariamente se colgará un letrero con la leyenda "No conectar, operarios trabajando en la grúa".
- Cuando sea absolutamente necesario trabajar con tensión, la zona de trabajo estará debidamente señalizada y el personal informado del riesgo.
- Se tomarán las medidas necesarias, para que en ningún momento cualquier parte de la grúa torre, o de la grúa autopropulsada, así como las cargas a manipular, puedan entrar en contacto con líneas eléctricas. Si existiese una línea de alta tensión en el lugar de trabajo, se extremarán las precauciones, garantizando siempre un espacio de seguridad mínimo de 5 m, medido en su proyección horizontal.
- Se utilizarán protecciones o apantallamientos sólidos y robustos para preservar las líneas eléctricas que se encuentren en el área de influencia de trabajo.

Ver NTP-72.1983 y la Guía Técnica del R.D.614/2001.

- Nunca manejar los mecanismos de la grúa desde el cuadro eléctrico, hacerlo siempre desde los mandos y por persona cualificada para el manejo de la misma.
- Comprobar periódicamente que los cables y enchufes de las herramientas eléctricas a utilizar disponen del aislamiento adecuado y esta en buen estado.
- Evitar sobre una misma base de enchufe conexiones múltiples.

Contactos eléctricos indirectos

- Comprobar antes de conectar la grúa a la instalación general de la obra, que está realizada con el preceptivo proyecto eléctrico y posterior dirección técnica de un Ingeniero Técnico competente, necesario para la conexión de un aparato elevador como es la grúa torre, según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus ITC's BT-04 y BT-32.
- La puesta a tierra de la grúa debe ser verificada con un telurómetro y sus valores ser los exigidos por la normativa vigente.

- Verificar la continuidad del cable de tierra, desde los diferentes receptores al cuadro general, así como la correcta continuidad entre el cuadro de la grúa y la pica a tierra.
- El interruptor diferencial será de 300 mA de sensibilidad mínima, y se comprobará siempre antes de realizar trabajos con la grúa en tensión.

Estrés térmico

Los trabajos de montaje, desmontaje o conservación de las grúas, en la mayoría de los casos se realizan a la intemperie, con la consiguiente exposición a los diferentes agentes climáticos de la época, siendo más significativos los periodos de invierno y verano.

Exposición a temperaturas extremas

- Utilizar un EPI acorde a la estación del año para combatir las inclemencias de la climatología y rigores climáticos, en invierno ropa de abrigo e impermeable, en verano ropa ligera pero sin rebajar el nivel de protección de las prendas.
- Hacer las paradas o descansos necesarios para evitar exposiciones prolongadas.
- Programar las operaciones a realizar en las mejores horas del día, según la estación del año.

Trauma acústico

Los trabajos de montaje, desmontaje o conservación de las grúas, presentan riesgo de estrés acústico en las operaciones propias de golpeo al ensamblar o al reparar, igualmente al encontrarse en obra pueden verse afectados por el ruido ambiental.

De forma general en lo que respecta a la protección de la audición se tendrá en cuenta lo dispuesto en el Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Ambiental

- De ser posible, para realizar las tareas, se evitarán las zonas donde el ruido existente pueda dar lugar a que el nivel equivalente diario de los trabajadores supere 80 dB(A) o el nivel de pico supere 135 dB(C). De no ser así, y en cumplimiento de la disposición legal mencionada se pondrán a disposición de los trabajadores protectores auditivos que ofrezcan la atenuación adecuada, de acuerdo con el R.D. 773/1997 sobre equipos de protección individual.
- La comprobación de los niveles de ruido se deberá hacer con los medios técnicos adecuados.

Propio de la tarea

- En trabajos continuados con maquinaria auxiliar, como taladros, sierras radiales, atornilladores, etc., el nivel equivalente diario suele alcanzar valores elevados. Los trabajos que exigen golpear con martillo o maza generan niveles de pico que, dependiendo de los materiales, pueden superar 135 o incluso 140 dB(A). En estos casos es obligatorio que los operarios que intervengan en la tarea se protejan con tapones, orejeras, etc., de acuerdo con el R.D. 773/1997 sobre equipos de protección individual.
- El uso de dichos protectores auditivos es obligatorio

si el nivel equivalente diario supera 85 dB(A) o el nivel de pico es mayor de 135 dB(C).

Radiaciones

La exposición a radiaciones se origina cuando se tienen que realizar trabajos de soldadura, principalmente en trabajos de mantenimiento.

Exposición en trabajos de soldadura

- Aislar convenientemente los equipos y realizar las comprobaciones periódicas exigidas.
- Trabajar siempre con protección adecuada al tipo de radiación emitida.

Contacto con sustancias peligrosas

Los trabajos que pueden presentar este riesgo son los de cambios de aceite, engrasado, limpieza con desengrasantes, pintado, etc.

Exposición y/o contacto con sustancias peligrosas

- Seguir las instrucciones de uso y seguridad indicadas por el fabricante en su etiquetado.
- Evitar el contacto de manos, pies o cualquier parte del cuerpo con las sustancias peligrosas.
- Prever ventilación suficiente cuando se trabaje con las mismas.
- Utilizar los equipos de protección individual adecuados, guantes, mascarillas, etc.
- Establecer prácticas de higiene personal y cambio de ropa al acabar la jornada y antes de las comidas.

Atropellos

Los operarios presentan riesgo de atropello en diferentes momentos, en la carga y descarga con los vehículos que intervienen en la misma y en las tareas en las obras con la maquinaria que trabaja en las mismas, utilizarán en estos trabajos chalecos reflectantes, para ser mejor vistos.

Vehículos y maquinaria de obra

- Evitar colocarse en lugares de tránsito de vehículos, durante el trabajo.
- Señalizar la zona de trabajo para evitar que sea invadida por vehículos.
- Colocarse fuera del área de influencia de la maquinaria auxiliar, que interviene en los trabajos.
- No transitar por otras zonas de la obra, sin la debida autorización y aviso de los riesgos.

Riesgos diversos por iluminación insuficiente

Iluminación del lugar de trabajo

- Las tareas se realizarán con luz diurna. En casos de fuerza mayor que obliguen a efectuarlos en horas nocturnas, se tomarán las medidas necesarias para obtener un nivel de iluminación adecuado, extremando en todo momento las medidas de seguridad, según establece la norma UNE-58-101-92, parte II.
- Adecuar la intensidad de la iluminación a las exigencias visuales de las tareas. (Ver lo que indica la Guía del R.D.486/1997 sobre niveles de iluminación)
- Eliminar o apantallar las fuentes de luz deslumbrantes.

5. OTRAS RECOMENDACIONES

Con independencia de las medidas de prevención y protección descritas hay otros aspectos importantes a tener en cuenta para que el trabajo se realice de forma segura y que afectan a la carga de trabajo y las conductas personales de los operarios que afectan a sus actitudes y a las actuaciones erróneas.

Carga de trabajo

Condiciones físicas y psíquicas

- Rotar a los operarios en las diferentes tareas para las que están capacitados, evitando en lo posible la monotonía del trabajo, el alto ritmo de trabajo, el trabajo continuado en altura y favoreciendo los descansos para evitar el estrés.
- Realizar anualmente un reconocimiento médico específico, con atención a las condiciones físicas y psíquicas, que garantice las buenas condiciones músculo esqueléticas y la capacidad de realizar trabajos peligrosos en altura.

Conductas personales

Actitud ante la seguridad en el trabajo

- Instruir a los trabajadores en todas las situaciones de riesgo ante las que se pueden encontrar.
- Planificar periódicamente reuniones con instrucciones de seguridad.
- Promover la concienciación de responsabilidad por la seguridad del compañero de trabajo.
- Informar sobre los posibles daños a consecuencia de no utilizar los equipos de protección.
- Promover la aceptación de las medidas de seguridad.

Actuaciones erróneas

- Promover la participación de los trabajadores en la elaboración del procedimiento a seguir que contribuya a mejorar las condiciones de seguridad de los trabajos.
- Proporcionar por parte del director técnico los procedimientos de trabajo específico de cada tarea.
- Instruir a los trabajadores sobre como actuar en caso de emergencia.
- Formar a los trabajadores sobre primeros auxilios.

6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los distintos equipos de protección individual a utilizar por los operarios, en las diferentes tareas relacionadas con el montaje, desmontaje o conservación de las grúas torre son:

- Casco de protección.
- Protectores de ojos y de cara.
- Protectores de oído.
- Protectores de las vías respiratorias.
- Guantes de protección.
- Botas de seguridad.
- Ropa de protección.

FICHA DE CONTROL

Condiciones de seguridad

Operario _____ N° DNI _____

Empresa _____ Fecha _____

Cuestionario

SI NO

1. Están los equipos e instalaciones donde se desarrolla el trabajo provisto de señalización
2. Existe espacio necesario y suficiente para desarrollar las tareas encomendadas
3. Se vigilan y realizan adecuadamente las operaciones de enganche y sujeción de carga
4. Están suficientemente protegidas las zonas de trabajo mediante barandillas o rejillas
5. Se observan situaciones peligrosas en las operaciones de montaje o conservación
6. Se mantienen limpias las zonas de paso y los suelos
7. Están convenientemente señalizadas las zonas de paso, carga y maniobra
8. Están los equipos, instalaciones, enchufes, cables, etc... en buen estado eléctrico
9. Tienen los equipos eléctricos utilizados, protección contra contactos directos e indirectos
10. Se está expuesto frecuentemente a niveles elevados de ruido
11. Se toman precauciones para evitar contacto o inhalación con productos peligrosos
12. Se toman medidas para evitar la concentración de sustancias inflamables
13. Se tienen medios manuales como poleas, pescantes, etc... para aminorar esfuerzos
14. Se utilizan medios auxiliares de carga para las tareas de mantenimiento de cargas
15. Se toman medidas para proteger de las condiciones ambientales adversas
16. Se trabaja siempre, con la debida iluminación para cada tarea a realizar
17. Se está informado de los riesgos propios de los trabajos a realizar
18. Se utilizan los medios y procedimientos adecuados a cada tarea
19. Se utilizan siempre y correctamente los diferentes equipos de protección individual
20. Se realiza formación continua en seguridad y sobre movimiento manual de cargas
21. Existen instrucciones para las situaciones de emergencia

- Chalecos reflectantes.
- Arnéses de seguridad contra caídas de altura.

Se recomienda la consulta de las diferentes guías orientativas para la correcta selección y utilización de los diferentes EPI editadas por el I.N.S.H.T.

Estado y utilización

- Seleccionar los equipos de protección individual correctos, con marcado CE y en buen estado.
- Estar correctamente instruido sobre el uso y mantenimiento de los EPI's a utilizar.
- Revisar a diario y personalmente el estado de los equipos de protección.

7. SEÑALIZACIÓN

En las zonas de peligro, se colocarán señales en forma de panel relacionadas con la actividad a realizar por parte de los operarios, según lo indicado en el Anexo III del R.D.485/1997 sobre señalización.

Por otra parte las señales gestuales a utilizar para realizar las distintas operaciones con los medios auxiliares de transporte de cargas, seguirán como mínimo lo indicado en el Anexo VI del R.D.485/1997 sobre Señalización. Estas señales gestuales, pueden en caso necesario, ampliarse por los ademanes contemplados en la norma UNE-58000-2003 que es más específica para las operaciones de elevación y transporte de cargas. Respecto a estas últimas hay que indicar que no todas las señales gestuales contempladas por el R.D. 485/1997 figuran en la norma UNE 58000, y que algunas de ellas son distintas a las publicadas por el mismo, por lo que en caso de contradicción prevalecerán las señales de la norma legal.

8. COMPROBACIONES

Se recomienda que los operarios comprueben periódicamente las condiciones de seguridad en las que desarrollan su trabajo y para ello se adjunta un modelo de ficha de control.

NORMATIVA RELACIONADA

Disposiciones legales

- (1) **R.D. 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- (2) **R.D. 486/1997**, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- (3) **R.D. 487/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- (4) **R.D. 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- (5) **R.D. 614/2001**, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- (6) **R.D.773/1997**, de 30 de mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- (7) **R.D. 1215/1997**, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- (8) **R.D. 1435/1992**, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- (9) **R.D. 56/1995**, de 20 de enero, por el que se modifica el R.D. 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas.

- (10) **R.D. 2291/1985**, de 8 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención. (En su parte vigente)
- (11) **R.D. 836/2003**, de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria MIE-AEM-2 del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúa torre para obras u otras aplicaciones.
- (12) **Orden** de 23 de mayo de 1983, del Mº de Obras Públicas, modificada por **Orden** de 4 de julio de 1983, por la que se aprueban las Normas Tecnológicas de la Edificación.
- (13) **R.D. 286/2006**, de 10 de marzo, sobre la protección de la seguridad y salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Normas UNE

- (14) **UNE-58-110-1990**. Aparatos de elevación. Grúas torre. Vocabulario.
- (15) **UNE-58-104-1987**. Aparatos de elevación. Vocabulario.
 - Parte 1. Tipos de aparatos de elevación
 - Parte 3. Conceptos generales
 - Parte 4. Componentes
 - Parte 5. Limitadores e indicadores
- (16) **UNE-58-101-1992**. Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte 1. Condiciones de diseño y fabricación
- (17) **UNE-58-101-1992**. Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte 2. Condiciones de instalación y utilización

- (18) **UNE-58-101-1992.** Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte 3. Documentación
- (19) **UNE-58-101-1992.** Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte 4. Vida de la grúa
- (20) **UNE-58-132-1991.** Aparatos de elevación. Reglas de cálculo. Parte 6: Reglas de seguridad
- (21) **UNE-58-143-1995.** Aparatos de elevación. Cabinas. Parte 3: Grúas torre
- (22) **UNE-58000-2003.** Manejo de grúas y artefactos para elevación y transporte de pesos. Ademanes de mando normalizados
- (23) **UNE-EN-1492-4:2005.** Eslingas textiles. Seguridad. Parte 4: Eslingas de elevación fabricadas con cuerdas de fibras naturales y químicas para uso general

Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento

Evaluation of human comfort, perception and motion sickness exposure to whole body vibration
Évaluation des vibrations globales du corps sur le confort, perception et cinétose

Redactora:

María Gómez-Cano Alfaro
Doctora en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS
TECNOLOGÍAS

Se presenta una metodología sencilla y práctica para la evaluación de los efectos de las vibraciones de cuerpo completo sobre el trabajador desde el punto de vista ergonómico.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La exposición a vibraciones se produce cuando se transmite al cuerpo el movimiento oscilante de una estructura, ya sea el suelo, o un asiento. La respuesta humana a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero es muy variable, depende de las características físicas de la vibración (frecuencia, dirección, intensidad, duración), de la parte de cuerpo en contacto con la superficie vibrante, también de las características del individuo (edad, sexo, historia clínica, costumbres,...), realización de la tarea (postura, fuerza, movimientos repetitivos,...), ambiente físico (temperatura, humedad, ruido,...), etc. Son tantos los factores implicados que es difícil establecer la relación causa-efecto.

Las vibraciones pueden causar efectos muy diversos que van desde la simple molestia hasta alteraciones graves de la salud, pasando por la interferencia en la actividad humana (en la ejecución de ciertas tareas como la lectura, en la pérdida de precisión al ejecutar movimientos, pérdida de rendimiento debido a la fatiga, etc.). (tabla 1)

El Real Decreto 1311/2005 tiene como objeto la protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la ex-

posición a vibraciones mecánicas, en particular lumbalgias y lesiones de la columna vertebral. En concordancia con la definición dada por la OMS de salud (es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no sólo la ausencia de enfermedad o dolencia), el RD establece que el empresario, al evaluar los riesgos, concederá particular atención a varios aspectos entre ellos a todos los efectos que guarden relación con la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles, expuestos al riesgo (artículo 4, 4.c) y a todos los efectos indirectos para la seguridad y salud de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo de trabajo" (artículo 4, 4.d).

Para la evaluación del nivel de exposición a las vibraciones el RD hace referencia a la norma ISO 2631-1 (1997) que define métodos de cuantificación de vibraciones de cuerpo entero en relación con los efectos de las vibraciones sobre la salud, pero no hace ninguna indicación desde el punto de vista ergonómico (aunque la norma ISO en uno de sus apartados incluye el confort, percepción y nauseas producidas por el movimiento).

En este documento se describe una metodología sencilla y práctica para evaluar los efectos de las vibraciones sobre el trabajador desde el punto de vista ergonómico.

2. EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LAS VIBRACIONES: CONFORT, PERCEPCIÓN Y MAREO PRODUCIDO POR EL MOVIMIENTO

No existe unanimidad en la adopción de una sola metodología para la evaluación de la exposición a las vibraciones desde el punto de vista ergonómico. Se utilizan diferentes métodos objetivos y subjetivos, relacionados entre sí. Entre los métodos objetivos destacan: fisiológicos (EMGs, etc.); físicos (medición de la aceleración de las vibraciones, impedancia, transmisibilidad, etc); biomecánicos (análisis postural, etc.).

Complementariamente, se utilizan métodos subjetivos como por ejemplo; observación, cuestionarios, escalas de valoración, encuestas, etc., que pueden ser utilizados para valorar la falta de confort.

Efectos para la salud	Otros efectos
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema músculo-esquelético particularmente trastornos a nivel de la columna vertebral • Alteraciones de las funciones fisiológicas • Alteraciones neuromusculares • Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas • Alteraciones ginecológicas y riesgo de aborto • Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central 	<ul style="list-style-type: none"> • Malestar (<i>discomfort</i>) • Interferencia con la actividad • Percepción- • Mareo inducido por el movimiento

Tabla 1. Efectos de las vibraciones

Como resultado de muchas investigaciones se han desarrollado diferentes normas técnicas, entre las que destaca la internacional ISO 2631-1 (1997) y la británica BS 6841. Pero ninguna de las normas existentes proporciona un criterio óptimo para la predicción del malestar por la exposición a vibraciones.

Para la evaluación de la exposición del cuerpo completo a las vibraciones se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Recogida de datos relacionados con:
 - a) Características de la tarea (tipo, duración, atención requerida, posturas, etc.).
 - b) Condiciones ambientales (ruido, condiciones termohigrométricas, etc).
 - c) Características del individuo (edad, sexo, hábitos, etc.).
2. Aplicar los criterios para la evaluación de las vibraciones globales descritos en la norma ISO 2631 parte 1: requerimientos generales y parte 2: vibraciones en edificios (1 Hz a 80 Hz). La norma describe diferentes métodos de medición de las vibraciones, métodos de evaluación de los efectos sobre la salud, confort, percepción y mareo debido al movimiento. En concreto, el anexo C de la norma (Guía de los efectos de las vibraciones sobre la percepción y el confort) proporciona un método conveniente y uniforme de indicar la importancia subjetiva de la vibración aunque no presenta valores límites de exposición.

3. MEDICIÓN DE VIBRACIONES

Las vibraciones se miden con vibrómetros cuyo componente principal es un transductor o acelerómetro en contacto con la superficie vibrante que convierte las vibraciones mecánicas en una señal eléctrica. Esta señal se trata adecuadamente en los circuitos del equipo de medida obteniendo los niveles de la aceleración expresados en m/s^2 o rad/s^2 .

El cuerpo humano no es simétrico en su respuesta a las vibraciones. Por este motivo se medirán según un sistema de coordenadas (sistema basicéntrico) originado en un punto por el que las vibraciones entran en el cuerpo (ver figura 1). Por ejemplo, en individuos sentados la mayor sensibilidad a las vibraciones se da: en la dirección del eje z en el intervalo de frecuencia de 3-12 Hz, en la dirección del eje x en 0.5-2 Hz, y en la dirección del eje y en 0.5-1 Hz.

Al igual que ocurre en la exposición al ruido donde el oído presenta respuestas diferentes según las características del sonido, el cuerpo humano reacciona de diferente manera según sea la vibración a la que se expone. Para valorar los riesgos derivados de la exposición a la vibración en las personas, la medida de la aceleración debe reflejar la forma en que el trabajador percibe la vibración. Para ello, se utilizan diferentes filtros de ponderación de frecuencia de la vibración cuya función es atenuar los niveles de aceleración en diferentes frecuencias.

En la norma ISO 2631 se definen los factores de ponderación frecuencial para la medida de las vibraciones de cuerpo completo recogidos en la tabla 2. Estas ponderaciones se aplican según cada caso en particular (según se evalúe salud, confort, percepción o mal del movimiento) junto con los factores de multiplicación correspondientes.

Los factores de multiplicación tendrán distintos valores según la persona esté sentada, recostada o de pie. Se

realizarán mediciones en todas las direcciones relevantes tanto traslacionales como rotacionales.

Dado que la postura corporal y la dirección de la vibración tiene especial relevancia, la norma ISO 2631-1:1997 tiene muy en cuenta estos factores. Se valoran las vibraciones que se transmiten al conjunto del cuerpo por todo tipo de superficie de apoyo, que puede ser bien a través de los pies de un individuo que está de pie; a través de los glúteos, espalda y pies de una persona que está sentada o a través del área de apoyo de un individuo recostado.

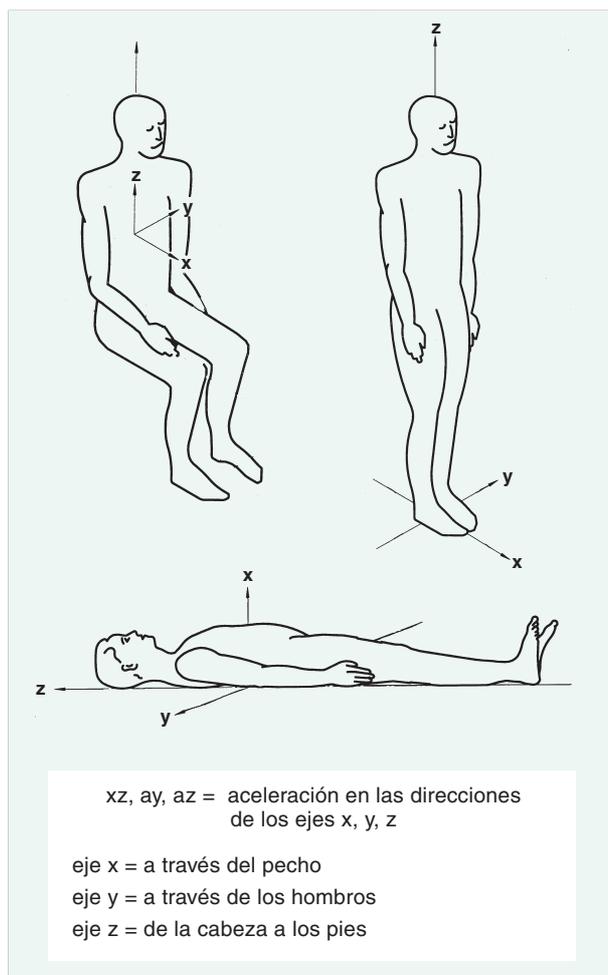


Figura 1. Ejes basicéntricos

Las vibraciones deben medirse colocando el transductor entre el cuerpo y la superficie vibrátil:

- Para personas sentadas se utilizan 3 áreas: soporte de la superficie del asiento (medido bajo las tuberosidades isquiáticas), respaldo del asiento (medido en la zona de apoyo principal del cuerpo) y pies (medido donde se apoyan con más frecuencia).
- Para personas reclinadas la medida debe ser realizada bajo la pelvis, espalda y cabeza.

La norma ISO 2631 también define cómo deben colocarse los transductores para realizar las medidas. Los transductores se colocarán alineados con los ejes basicéntricos con una desviación máxima de 15° . Debe tenerse en cuenta la orientación de los ejes basicéntricos respecto al campo gravitacional. Los transductores localizados en un punto de medida deben posicionarse ortogonalmente. Los acelerómetros traslacionales orientados en diferentes ejes deben posicionarse lo más juntos posible.

Siempre se anotará la localización de las medidas y se tendrá en cuenta el material del que está compuesta la superficie vibrátil.

La selección del número de medidas y de la duración de la medición debe ser estadísticamente significativa. Normalmente el periodo de medición es de 5 a 20 min para que sea representativo.

Para la evaluación de las vibraciones se utilizará el método básico usando la aceleración en valor eficaz o valor de la aceleración ponderada en frecuencia *rms*.

$$a_w(rms) = [1/T \int_0^T a_w^2(t) dt]^{1/2}$$

donde:

$a_w(t)$ es el valor de la aceleración ponderada en frecuencia

T es la duración de la medida, en segundos

Para la evaluación de las vibraciones se tendrá en cuenta la figura 2 donde se describe una zona de riesgo para la salud definida por las ecuaciones (1) y (2) asumiendo que las respuestas a dos diferentes exposiciones a vibraciones diarias son equivalentes energéticamente cuando se cumple:

$$a_{w1} T_1^{1/2} = a_{w2} T_2^{1/2} \quad (1)$$

ó

$$a_{w1} T_1^{1/4} = a_{w2} T_2^{1/4} \quad (2)$$

donde:

a_w son los valores de aceleraciones *rms* ponderadas. Los subíndices indican el número de exposiciones

T es la duración de la exposición

Se valorarán las exposiciones diarias de 8 horas $A(8)$ expresada como la aceleración continua equivalente para un periodo de 8 horas

$$A(8) = a_w (T/8)^{1/2}$$

siendo:

a_w es la aceleración ponderada en frecuencia según los tres ejes x, y, z

T es el periodo de duración de la exposición

Según la figura 2 para un periodo de 8 horas se estima que si la aceleración a_w está:

- a) por debajo de 0.5 m/s²; los efectos sobre la salud no han sido claramente documentados y/o observados objetivamente.
- b) en la zona entre 0,5 m/s² y 0,8 m/s²; la precaución con respecto a los riesgos de salud potenciales está indicada.

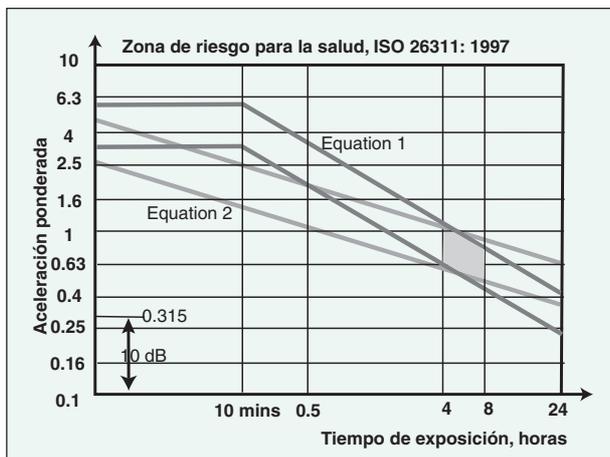


Figura 2. Zona de precaución definida en el anexo B de la Norma ISO 2631-1: 1997

c) valores superiores a 0,8 m/s²; los riesgos para la salud son probables.

Nota: Se recuerda que, desde el punto de vista legal, el RD en su art. 3 define el valor límite de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas en 1,15 m/s² y el valor de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en 0,5 m/s².

4. CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL CONFORT

ISO 2631:1-1997 estudia el efecto de las vibraciones sobre el confort y la percepción de las personas sanas que están expuestas a vibraciones periódicas, aleatorias o pasajeras viajando, en el trabajo o realizando actividades de ocio. El rango de frecuencias analizado es de 0,5 Hz a 80 Hz.

La definición de confort es compleja puesto que contiene variables físicas, psicológicas y fisiológicas. El problema surge a la hora de elaborar un modelo predictivo de la respuesta subjetiva del individuo a las vibraciones que tenga en consideración todos estos factores.

Se conoce que el grado de malestar está relacionado con la frecuencia de la vibración y que es proporcional a la intensidad de la misma. A bajas frecuencias 1-2 Hz el mismo movimiento se transmite a lo largo del cuerpo, a frecuencias un poco más altas aparecen resonancias en varias partes de cuerpo y aumenta el malestar y si las frecuencias son mayores, el cuerpo atenúa las vibraciones y disminuye el malestar. Por ejemplo, las vibraciones monótonas de bajas frecuencias parecen producir cansancio mientras que las vibraciones transitorias activan al individuo y pueden producir estrés, etc.

En cuanto a la intensidad de las vibraciones, aquellas que exceden el límite de la percepción activan los sentidos (por ejemplo, los receptores de la visión y del equilibrio), y el cerebro recibe información adicional que necesita interpretar y manejar.

A pesar de que no existen suficientes datos científicos para relacionar de manera cuantitativa la exposición a las vibraciones y los efectos sobre la salud, se ha observado que el incremento del tiempo de exposición (dentro del trabajo diario o diariamente a lo largo de muchos años) y el aumento de la intensidad de las vibraciones significa un incremento de la dosis de la vibración y a su vez del riesgo, mientras que los periodos de descanso parecen reducir el riesgo.

Para la evaluación de las vibraciones sobre el confort se recomienda el uso del valor total de la aceleración ponderada de la vibración de un periodo de tiempo representativo.

$$a_w = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2}$$

siendo:

k_x, k_y y k_z los factores de multiplicación que dependen de la frecuencia ponderada seleccionada, su valor suele ser la unidad y

a_w son las aceleraciones *rms* ponderadas con respecto a los ejes ortogonales x, y, z (translacionales o de rotación) respectivamente sobre la superficie que soporta a la persona.

Las frecuencias ponderadas usadas para la predicción de los efectos de la vibración sobre el confort son W_c, W_d, W_e, W_j y W_k (ver tabla 2).

Para la valoración desde el punto de vista ergonómico se tendrán en cuenta los valores de la aceleración ponderada de la vibración de un periodo de tiempo representativo establecidos en ISO 2631 descritos en la tabla 3.

POSICIÓN (Lugar de medición)		PONDERACIÓN (eje)	K	Estimación (según ISO 2631-1:1997)	
CONFORT (0,5 a 80 Hz)^{1,2}					
	Traslación (asiento)	$W_d(x)$ $W_d(y)$ $W_k(z)$ $W_b(\text{trenes})$	1 1 1	$a_w = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2}$	
Sentado	(asiento)	$W_e(rx)$ $W_e(ry)$ $W_e(rz)$	0,63 m/rad 0,4 m/rad 0,2 m/rad		
	Rotación (respaldo)	$W_c(x)$ $W_d(y)$ $W_d(z)$	0,8 0,5 0,4		
		(pies)	$W_k(x)$ $W_k(y)$ $W_k(z)$		0,25 0,25 0,4
De pie (suelo)		$W_d(x)$ $W_d(y)$ $W_k(z)$	1 1 1		
Tumbado (bajo pelvis)		$W_d(\text{horizontal})$ $W_k(\text{vertical})$	1 1		
Tumbado (bajo cabeza) cuando no hay almohada blanda		$W_j(\text{vertical})$	1		
PERCEPCIÓN (0,5 a 80 Hz)³					
Sentado (asiento)		$W_d(x)$ $W_d(y)$ $W_k(z)$	1 1 1		$a_w = a_{wx,y,z} \text{ máximo}$
De pie (suelo)		$W_d(x)$ $W_d(y)$ $W_k(z)$	1 1 1		
Tumbado (superficie de apoyo excepto cabeza)		$W_d(x)$ $W_d(y)$ $W_k(z)$	1 1 1		
Tumbado (bajo cabeza) cuando no hay almohada blanda		$W_j(\text{vertical})$	1		
MAREO PRODUCIDO POR EL MOVIMIENTO (0,1 a 0,5 Hz)					
Sentado o de pie		$W_f(z)$			
<p>1 Si el valor ponderado determinado en cualquier eje es menor del 25% del valor máximo determinado en el mismo punto pero en otros ejes puede ser excluido.</p> <p>2 La vibración horizontal en los respaldos de los vehículos puede afectar mucho al confort. Si por razones técnicas no es posible su medición se tomarán las medidas en la superficie del asiento en los ejes x e y, y el factor de multiplicación en lugar de 1 será 1,4.</p> <p>3 La evaluación de la percepción de las vibraciones será hecha con relación a a_w más alta determinada en cualquiera de los ejes, de los puntos de contacto y tiempo.</p>					

Tabla 2. Recomendaciones de la norma ISO 2631-1:1997 para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento

En algunos ambientes donde existen choques ocasionales y cuyo factor de cresta (cociente entre el mayor valor de la aceleración durante la medida (valor pico máximo) y el valor eficaz) es superior a 9 no es posible aplicar este método y se utilizará el método *rms* móvil ó el valor de la dosis de vibración a la cuarta potencia.

La norma no define valores límite en relación con el confort debido a la complejidad de factores involucrados que varían en cada situación. Sin embargo, propone unas indicaciones de reacciones de confort en ambientes con vibraciones (tabla 3).

5. CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS VIBRACIONES SOBRE LA PERCEPCIÓN

Para la evaluación de los efectos de las vibraciones sobre la percepción se determinará el valor eficaz de la aceleración ponderada *rms* en el rango de 0,5 Hz a 80 Hz para cada eje, sobre la principal superficie que soporta el cuerpo en cualquier punto de contacto y se seleccionará el mayor valor de los obtenidos para los tres ejes. La frecuencia ponderada y los factores de multipli-

Evaluación de los efectos debidos a la exposición a vibraciones	Valores de a_w (según ISO 2631-1:1997)
Confort (0,5 a 80 Hz)	$a_w < 0,315 \text{ m/s}^2$ no molesto $0,315 < a_w < 0,63 \text{ m/s}^2$ ligeramente molesto $0,5 < a_w < 1 \text{ m/s}^2$ bastante molesto $0,8 < a_w < 1,6 \text{ m/s}^2$ molesto $1,25 < a_w < 2,5 \text{ m/s}^2$ muy molesto $a_w > 2,5 \text{ m/s}^2$ extremadamente molesto
Percepción (0,5 a 80 Hz)	0.015 m/s^2 $(0,01 - 0,02) \text{ m/s}^2$
Mareo producido por el movimiento (0,1 a 0,5 Hz)	0,5 m/s

Tabla 3. Criterios para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento (ISO 2631-1:1997)

cación utilizados para estudiar la percepción de la vibración son W_d , W_k , W_j , (se recogen en la tabla 2).

De datos experimentales se conoce que el valor umbral medio de percepción en el eje vertical es de $0,015 \text{ m/s}^2$, el rango de respuesta puede extenderse de $0,01$ a $0,02 \text{ m/s}^2$.

Para valores por encima del valor umbral de percepción, a medida que aumenta el tiempo de exposición a la vibración, la sensación producida por la misma irá en aumento. En cuanto al nivel de molestia de los ocupantes por las vibraciones de los edificios, es probable que se quejen si las magnitudes de vibración están sólo ligeramente por encima del nivel de percepción. (ISO 2631-2).

6. CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL MAREO PRODUCIDO POR EL MOVIMIENTO

Los movimientos ondulatorios de las vibraciones en el rango de frecuencias por debajo de $0,5 \text{ Hz}$ pueden producir mareos o náuseas, además de malestar e interferencia en la actividad. Sobre todo se ha tenido en cuenta el efecto en posturas de pie y sentado. En personas tumbadas se ha observado menor incidencia de este efecto

de mareo posiblemente debido a que se produce menor movimiento de cabeza o a que el movimiento vertical ocurre en el eje x del cuerpo.

La probabilidad de que aparezcan síntomas de mareo por el movimiento se incrementa con el tiempo de exposición (hasta varias horas). Para periodos más largos (días) se produce la adaptación al movimiento. Para evaluar el mal producido por el movimiento se puede optar por la medición o cálculo de:

- el Valor eficaz de la aceleración ponderada rms en el rango de $0,1 \text{ Hz}$ a $0,5 \text{ Hz}$ para el eje z, sobre la principal superficie que soporta al cuerpo. Se recomienda la utilización de la frecuencia ponderada W_f o
- el Valor Dosis de Mal de Movimiento (MSDVz: *motion sickness dose value*). MSDVz se expresa en $\text{m/s}^{1,5}$. Para su cálculo existen dos métodos alternativos:

- Para la determinación del mal del movimiento producido durante el periodo total de exposición.

$$\text{MSDV}_z = \left\{ \int_0^T [a_w(t)] dt \right\}^{1/2}$$

Siendo

$a_w(t)$ aceleración ponderada en la dirección del eje z
 T tiempo (sg) total de duración del movimiento

- Si el movimiento es continuo y de magnitud constante, se puede realizar un muestreo durante un tiempo corto (ya que éste se considera representativo de todo el tiempo de exposición), que será, como mínimo, de 240 s :

$$\text{MSDV}_z = a_w T^{1/2}$$

Existen grandes diferencias en la susceptibilidad de los individuos a los efectos de oscilación de baja frecuencia. Se ha encontrado que las mujeres son más propensas a las náuseas producidas por movimiento que los hombres y que la prevalencia de los síntomas disminuye con el aumento de la edad. Para predecir el porcentaje de personas que pueden sufrir vómitos se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de personas con vómitos} = k_m \cdot \text{MSDV}_z$$

k_m es una constante que varía según la población expuesta (edad, sexo, experiencia, etc) Ej: $k_m = 1/3$ para una población de hombres y mujeres adultos que no han sido expuestos previamente a la vibración.

Cuando a_w supera $0,5 \text{ m/s}^2$, es probable que más del 70% de personas puedan sufrir vómitos.

Es recomendable recoger la información adicional sobre condiciones de movimiento. Esto incluiría la composición de frecuencia, duración y direcciones del movimiento. Hay evidencia de que los movimientos que tienen frecuencias y aceleraciones eficaces similares pero formas de ondas diferentes pueden tener efectos diferentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Griffin, M. J. *Handbook of Human Vibration*. London: Academic Press; ISBN 0-12-303040-4. 1990.
- ISO 2631-1:1997 Vibraciones y choques mecánicos. Guía para la estimación de la exposición de los individuos a vibraciones globales del cuerpo. Parte 1: Requerimientos generales.
- ISO 2631-2:2002 Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole body vibration. Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz).
- ISO 2631-4:2001 Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guide way transport system.

- (5) **ISO 8041:2005** Human response to vibration Measuring instrumentation.
- (6) Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- (7) **UNE-EN 14253 (2004)** Vibraciones mecánicas. Medidas y cálculos de la exposición laboral a las vibraciones de cuerpo completo con referencia a la salud. Guía práctica.

Ergomater: método para la evaluación de riesgos ergonómicos en trabajadoras embarazadas

ErgoMater: A method for ergonomic risk assessment in pregnant workers
ErgoMater: Une méthode pour l'évaluation des risques ergonomiques des travailleuses enceintes

Redactores:

Silvia Nogareda

Lda. en Medicina y Cirugía

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Lourdes Tortosa

Lda. en Medicina y Cirugía

Carlos García

Ingeniero Industrial

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La protección de la maternidad frente a los posibles riesgos laborales es una preocupación y un objetivo claro en la mayoría de países desarrollados. A medida que aumenta el porcentaje de mujeres que trabaja, esta necesidad se ha hecho más evidente y queda reflejada en la legislación y en diferentes disposiciones de ámbito nacional e internacional.

En relación con el embarazo, el interés por la prevención de riesgos laborales a menudo se ha centrado en los problemas derivados de diversos agentes físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, ciertos aspectos ergonómicos como la carga física, la postura de trabajo y otras condiciones del entorno y la organización del trabajo, que han sido ampliamente estudiados y suponen un problema muy extendido para la población trabajadora en general, no han recibido suficiente atención en cuanto a sus posibles efectos adversos durante el embarazo.

En este contexto, se plantea la necesidad de una herramienta sencilla que permita evaluar y detectar factores de riesgo ergonómico en el caso de trabajadoras en periodo de gestación, y obtener recomendaciones para adaptar la tarea al estado de la trabajadora gestante con el fin de reducir los riesgos.

Actualmente, el único método en nuestro país que cumple con estos requisitos es el método ErgoMater desarrollado por un grupo de trabajo multidisciplinar coordinado por el Instituto Biomecánico de Valencia. Dicho grupo estaba integrado por ergónomos, técnicos de seguridad e higiene en el trabajo, médicos de empresa y ginecólogos.

2. ERGONOMÍA Y EMBARAZO

En la exhaustiva revisión bibliográfica centrada en la Ergonomía en relación con el embarazo llevada a cabo por el grupo de expertos se ha puesto especial énfasis en analizar, por una parte, la influencia del embarazo en la capacidad funcional de la trabajadora y, por otra parte,

la influencia de las características ergonómicas del trabajo en la salud de la madre y/o del feto llegando a las conclusiones que se detallan a continuación.

La gestación impone una serie de cambios en la mujer cuyo objetivo es asegurar la supervivencia y el adecuado desarrollo del feto. Aunque se trata de un proceso fisiológico, lo cierto es que algunos de estos cambios pueden limitar la capacidad funcional de la trabajadora embarazada y su tolerancia a determinadas condiciones del entorno laboral. En este sentido, los cambios más relevantes de la mujer gestante se manifiestan en cambios circulatorios, el peso corporal, la postura y el equilibrio, la laxitud de ligamentos, las extremidades superiores y la frecuencia urinaria.

Cambios circulatorios

Disminuye la capacidad del corazón para adaptarse al esfuerzo físico, debido a los cambios que se producen en el gasto cardíaco (cantidad de sangre que bombea el corazón por unidad de tiempo), la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno.

Aumenta la presión en las venas de las piernas, originando edemas y venas varicosas que limitan la tolerancia a la postura de pie o sentada de manera prolongada.

Los cambios circulatorios también contribuyen a la aparición de mareos y desmayos durante el embarazo.

Peso corporal

La ganancia de peso sobrecarga de manera creciente los músculos y las articulaciones corporales de la madre.

Esta carga extra más la carga de trabajo habitual puede aumentar la sensación de fatiga.

Postura y equilibrio

Se exagera progresivamente la curvatura de la parte inferior de la lordosis lumbar, contribuyendo a la aparición de dolores de espalda.

Se produce un desplazamiento del centro de gravedad corporal hacia delante debido a la distribución del peso corporal; este hecho, junto con el aumento de la lordosis lumbar, alteran el equilibrio de la mujer gestante.

La menor agilidad, la fatiga, la tendencia a perder el equilibrio y los mareos aumentan la susceptibilidad a las caídas durante el embarazo.

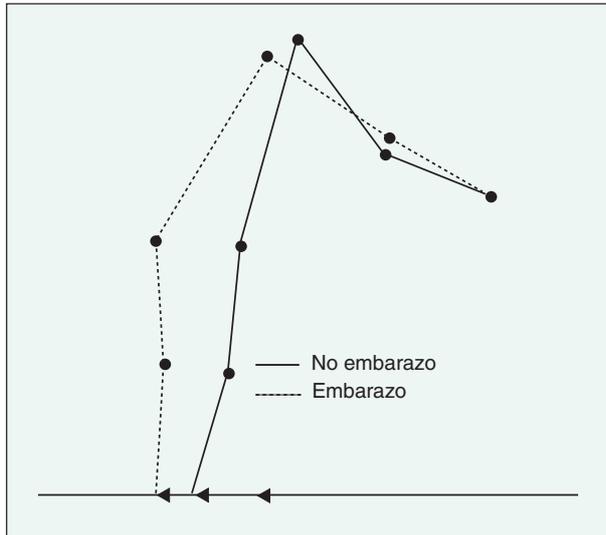


Figura 1. Postura y embarazo

Laxitud de ligamentos

Determinados cambios hormonales disminuyen la rigidez de los ligamentos en las articulaciones corporales, con objeto de acomodar el tamaño creciente del feto.

Las articulaciones se vuelven menos estables y más susceptibles a las lesiones, por lo que disminuye la capacidad del sistema musculoesquelético para tolerar la carga.

La menor estabilidad articular se ha de compensar mediante una contracción constante de los músculos alrededor de las articulaciones, con la consecuente fatiga.

Extremidades superiores

La prominencia del abdomen reduce el alcance frontal efectivo de los brazos y obliga a manejar los objetos cada vez más lejos del cuerpo, originando una sobrecarga en los brazos, los hombros y la zona lumbar de la espalda.

La retención de líquidos puede comprimir el nervio mediano en la muñeca produciendo síntomas molestos en brazos y manos asociados al síndrome del túnel carpiano; esto disminuye la tolerancia a los movimientos repetitivos de la muñeca durante el embarazo.

Frecuencia urinaria

El feto puede originar una presión en la base de la vejiga urinaria que determina un aumento de la frecuencia urinaria.

Las tareas con ritmo impuesto que no permiten abandonar la tarea con la frecuencia deseada y sin tiempo de aviso, suponen un problema.

3. IMPACTO DEL TRABAJO EN EL EMBARAZO

La mujer embarazada puede ser más sensible a varios factores de riesgo laboral que sus compañeros varones o mujeres no gestantes. Centrémonos en los factores

ergonómicos, los aspectos de la carga física que se identifican generalmente como problemáticos incluyen la manipulación manual de cargas, la postura de pie prolongada, permanecer sentada durante largos periodos sin posibilidad de levantarse o cambiar de postura, las posturas inclinadas o en cuclillas y la exposición a tareas muy repetitivas de los miembros superiores.

Entre las posibles consecuencias adversas para la madre y/o el feto asociadas a factores de riesgo ergonómicos destacan el parto prematuro, el bajo peso del recién nacido, la muerte fetal, los defectos congénitos y la hipertensión arterial gestacional.

Parto prematuro (< 37 semanas)

Existe una relación significativa entre el acortamiento de la edad gestacional y el trabajo con carga física elevada. También se ha asociado el parto prematuro con la postura de pie prolongada, la semana laboral prolongada y el trabajo a turnos.

Bajo peso del recién nacido

Se incluye en esta definición los niños de peso < 2.500 g o los niños pequeños-para-la-edad-gestacional (peso al nacer < percentil 10). Este efecto se ha relacionado con el esfuerzo físico pesado en el trabajo, la permanencia en cuclillas durante largo tiempo, la postura de pie prolongada, la semana laboral prolongada y el trabajo a turnos.

Muerte fetal

El riesgo de aborto espontáneo (< 28 semanas) o de mortinato (\geq 28 semanas) aumenta en las mujeres expuestas a demandas físicas importantes, posturas de pie prolongadas, cambios de turno y semanas laborales prolongadas.

Defectos congénitos

Algunos autores han detectado asociaciones inesperadas entre la carga física del trabajo y ciertas malformaciones como los defectos del sistema nervioso central. Las semanas laborales prolongadas también pueden asociarse a los defectos congénitos.

Hipertensión arterial gestacional

La hipertensión materna inducida por el embarazo puede estar relacionada con las demandas físicas importantes, y la postura de pie prolongada.

4. CONTENIDO DEL MÉTODO ERGOMATER

De acuerdo con las distintas fuentes de información recopilada se ha elaborado un sencillo cuestionario o lista de comprobación para evaluar la tarea. Este cuestionario es aplicable exclusivamente a mujeres sanas que presentan embarazos sin complicaciones médicas ni obstétricas. Obviamente, las patologías o complicaciones del embarazo requieren evaluaciones y actuaciones que quedan fuera del alcance de este procedimiento.

Factores de riesgo analizados

Los factores de riesgo analizados en este método se distribuyen en cuatro apartados:

- a) Posturas y movimientos: Incluyen aspectos relacionados con la postura de pie, la posición del tronco, la postura de rodillas o en cuclillas, el uso de las extremidades superiores y la postura sentada.
- b) Manipulación manual de cargas: Se refieren al peso manejado y a las fuerzas de empuje o arrastre que se realizan.
- c) Entorno: Incluye el trabajo en superficies elevadas, el desplazamiento en superficies inestables, y la posibilidad de golpes o compresión del abdomen.
- d) Organización: Se refiere al horario de trabajo, los turnos y el ritmo de trabajo impuesto por la tarea.

El correspondiente cuestionario de chequeo permite detectar factores de riesgo ergonómico para la trabaja-

dora embarazada o para su descendencia. Al evaluar estos factores de riesgo se considera la situación más habitual y/o más desfavorable durante el trabajo.

Se ha considerado que sea aplicable a mujeres sanas, que presentan embarazos sin complicaciones médicas ni obstétricas. Algunas condiciones de la mujer pueden requerir una evaluación más detallada de la situación y la aplicación de cambios o restricciones adicionales en la actividad laboral. Tales condiciones deben ser determinadas de forma personalizada por el profesional médico.

Se recomienda evitar los factores de riesgo desde el inicio del embarazo, aunque es especialmente importante su control a partir de la semana 20 de la gestación.

Contiene 19 ítems relacionados con las demandas físicas de las tareas, condiciones del entorno y de la organización del trabajo que pueden implicar riesgos para la madre y/o el feto. En la tabla 1 se recogen los aspectos analizados por el cuestionario.

Criterios y ejemplos

Cada variable se acompaña de un criterio que expone las consecuencias adversas que puede implicar para la madre y/o el feto la presencia de dicho factor de riesgo en el puesto de trabajo, por ejemplo, para el ítem 7, "Se requiere estar sentada >2 horas seguidas", el criterio anotado es que la postura sedente prolongada, sin posibilidad de levantarse o de cambiar de posición, puede aumentar algunos síntomas comunes del embarazo como son el dolor de espalda y el edema o hinchazón de las piernas.

Además, se muestran algunos ejemplos de trabajos que podrían presentar el factor de riesgo en cuestión con las imágenes correspondientes.

MÉTODO ERGOMATER. ASPECTOS A ANALIZAR	
Posturas y movimientos	
1)	Se requiere estar de pie >1 hora seguida en una posición fija, sin desplazarse.
2)	Se requiere estar de pie >4 horas/día, en una posición fija o combinada con desplazamientos.
3)	Se requiere flexión >20°, inclinación hacia un lado o giro pronunciado del tronco, de manera sostenida (>1 minuto seguido) o repetida (>2 veces/minuto).
4)	Se requiere flexión del tronco >60°, con una frecuencia >10 veces/hora.
5)	Se requiere estar de rodillas o en cuclillas.
6)	Se requieren posiciones pronunciadas de flexión, extensión, desviación lateral y/o giro de la/s muñeca/s, de manera sostenida (>1 minuto seguido), repetida (>2 veces/minuto) y/o con aplicación de fuerza.
7)	Se requiere estar sentada >2 horas seguidas.
8)	Estando sentada, las piernas cuelgan del asiento y los pies no tienen apoyo.
9)	Estando sentada, no existe un apoyo adecuado del tronco en un respaldo.
10)	Estando sentada, no hay suficiente espacio para mover cómodamente las piernas debajo de la superficie de trabajo.
Manipulación manual de cargas	
11)	Se requiere manejar pesos mayores que el peso aceptable.
12)	Se requiere realizar fuerzas de empuje o arrastre >10 kg.
13)	Estando sentada, se requiere manejar pesos >3 kg o aplicar una fuerza considerable.
Entorno	
14)	Se requiere trabajar en superficies elevadas (escalera de mano, plataforma, etc).
15)	Se requiere desplazarse sobre superficies inestables, irregulares o resbaladizas (suelos con obstáculos, aberturas, deslizantes, etc).
16)	Existe la posibilidad de golpes o compresión del abdomen (espacios muy reducidos, objetos o máquinas en movimiento, arneses de seguridad constrictivos, arranques y paradas súbitas de vehículos, etc.).
Organización	
17)	Se requiere trabajar >40 horas/semana.
18)	Se requiere trabajo nocturno, de manera habitual o rotatoria.
19)	Se requiere trabajar con un ritmo impuesto, sin posibilidad de realizar pausas autoseleccionadas.

Tabla 1.



Figura 2. Ejemplos de trabajos que pueden presentar un determinado factor de riesgo

Peso aceptable

Para evaluar la manipulación manual de cargas se requiere conocer cuál es el peso aceptable para la tarea actual de la trabajadora embarazada. El cálculo del peso aceptable está basado en el procedimiento descrito en la Guía Técnica relativa a la manipulación manual de cargas del INSHT, habiéndose modificado el valor del peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación a partir de la información obtenida en la revisión bibliográfica. El peso aceptable se compara después con el peso real que se está manejando en ese puesto. En condiciones óptimas de manipulación el peso máximo aceptable es de 10 kilos.

Los factores de riesgo asociados a la manipulación manual de cargas son la zona de manipulación, el desplazamiento vertical, el giro del tronco, el tipo de agarre y la duración y frecuencia de la tarea.

Zona de manipulación

Se tiene en cuenta la zona donde se manipula la carga (el alejamiento de la carga en altura y profundidad respecto al cuerpo). Cuando se manipulan cargas en más de una zona hay que considerar la más desfavorable, para mayor seguridad.

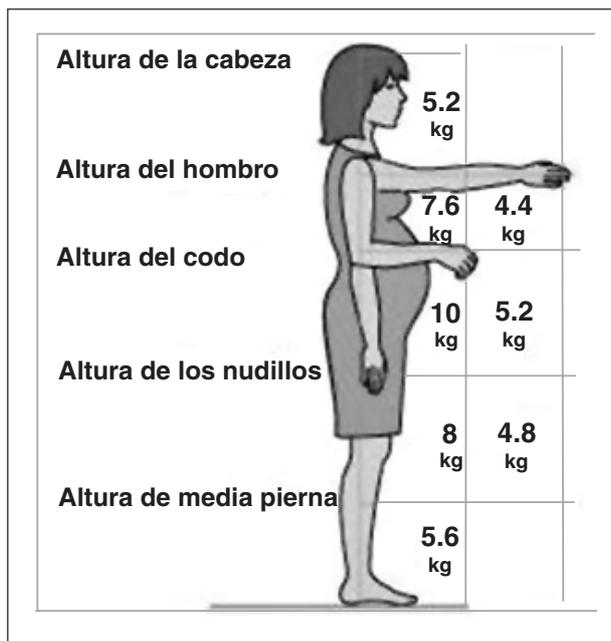


Figura 3. Peso aceptable y condiciones de manipulación.

La figura muestra los valores del peso teórico recomendado según la zona de manipulación, siendo 10 kg el valor máximo correspondiente a la posición ideal de la carga (pegada al cuerpo, a una altura comprendida entre el codo y los nudillos). Cuanto más alejada del cuerpo esté la carga mayor será el riesgo de lesión y menor el peso que se debería manipular. Fuera de las zonas indicadas en la figura no se permite manipular cargas.

Desplazamiento vertical

Es la distancia vertical que recorre la carga desde que se inicia el levantamiento hasta que finaliza la manipulación. El desplazamiento vertical de una carga se considera ideal hasta 25 cm., siendo aceptables los despla-

mientos comprendidos entre la altura del hombro y la altura de media pierna. Se deberían evitar los desplazamientos realizados fuera de estos rangos.

Giro del tronco

Se estima el ángulo formado entre la línea que une los talones y la línea que une los hombros. Las opciones son: sin giro, poco girado (hasta 30°), girado (hasta 60°) y muy girado (hasta 90°).

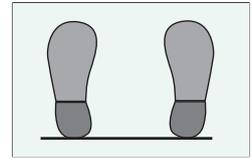


Figura 4. Posición correcta: ausencia de giro

Tipo de agarre

Se tiene en cuenta el tipo de agarre de la carga, considerando lo siguiente:

- **Agarre bueno:** Cuando la carga tiene asas u otro tipo de agarres con una forma y tamaño que permita un agarre cómodo con toda la mano, permaneciendo la muñeca en una posición neutral, sin desviaciones ni posturas desfavorables.
- **Agarre regular:** Cuando la carga tiene asas o hendiduras no tan óptimas, que no permiten un agarre tan cómodo como el anterior. También incluye las cargas sin asas que pueden sujetarse flexionando la mano 90° alrededor de la carga.
- **Agarre malo:** Cuando no se cumplen los requisitos anteriores.

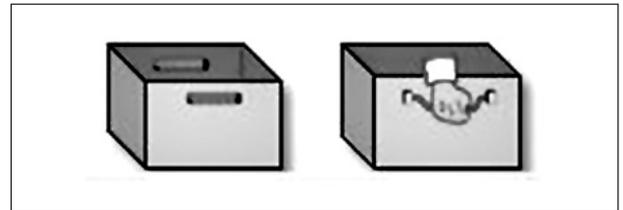


Figura 5. Agarre bueno

Duración y frecuencia de la tarea

Se tiene en cuenta la duración de la manipulación de las cargas que puede ser inferior a una hora, entre una y dos horas ó de dos a ocho horas. La duración elevada puede producir fatiga y aumentar el riesgo de lesión, por lo que se aconseja no sobrepasar una hora de manipulación manual de cargas.

Se considera la frecuencia con que se manipula la carga (veces/min.), siendo la frecuencia recomendada la de 0,2 levantamientos/minuto.

Recomendaciones

Una vez realizada la evaluación, el método ofrece algunas recomendaciones para ayudar a controlar, prevenir o minimizar los factores de riesgo. Se trata de sugerencias dirigidas a reducir los riesgos detectados en el caso analizado y otras recomendaciones de carácter general que pueden ser útiles para cualquier trabajadora embarazada. Algunas de las recomendaciones se acompañan de una imagen de apoyo para aclarar algunos conceptos.

A modo de ejemplo se detallan, a continuación, algunas de las medidas incluidas y que son las siguientes:

- Permitir alternar entre la postura de pie y sentada al realizar la tarea.
 - Evitar estar de pie >1 hora o sentada >2 horas sin cambiar de posición.
 - Reducir la profundidad de trabajo para facilitar los alcances.
 - Limitar a 10 kg el peso manipulado estando de pie, aunque las condiciones de manipulación sean ideales (carga cerca del cuerpo, espalda recta, agarre adecuado, etc.).
 - Evitar el trabajo que requiera mantener el equilibrio en superficies elevadas o inestables.
- Evitar el ritmo impuesto por una máquina o un proceso, sin posibilidad de realizar pausas.
 - Limitar el tiempo de trabajo a 40 horas/semana.
 - Evitar el trabajo nocturno o los turnos.
 - Permitir suficientes pausas de descanso.
 - Utilizar un calzado cómodo, estable y seguro.
- Aunque se intenta ofrecer soluciones con un ámbito de aplicación relativamente amplio, resulta obvio que las necesidades de un caso concreto pueden no verse reflejadas en estas; de hecho, el evaluador debe comprobar si dichas recomendaciones pueden aplicarse en el caso actual y puede proponer cualquier otro tipo de solución necesaria para resolver los problemas detectados.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ACOG (1977).
Guidelines on pregnancy and work.
American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG). NIOSH Publication No. 78-118. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio.
- (2) CERÓN-MIRELES, P.; HARLOW, S.D.; SÁNCHEZ-CARRILLO, C.I. (1996).
The risk of prematurity and small-for-gestational-age birth in Mexico City: the effects of working conditions and antenatal leave.
American Journal of Public Health, 86(6): 825-831.
- (3) COVWC (2000).
Pregnancy & Ergonomics: Are we accommodating those employees whose bodies are constantly changing?.
Commonwealth of Virginia. Workers' Compensation Program.
- (4) DOCEP (2002).
Manual handling during pregnancy.
Department of Consumer and Employment Protection, Government of Western Australia. Document ID: 2963.
- (5) FLORACK, E.I.M.; ZIELHUIS, G.A.; PELLEGRINO, J.E.M.C.; ROLLAND, R. (1993).
Occupational physical activity and the occurrence of spontaneous abortion.
International Journal of Epidemiology, 22(5): 878-884.
- (6) HAGE, M.L. (1998).
Working hours, shift rotation, and shift duration. In: 'Reproductive Hazards of the Workplace.
Frazier LM and Hage ML (eds). John Wiley & Sons, Inc., New York, pp: 506-512.
- (7) HANKE, W.; KALINKA, J.; MAKOWIEC-DABROWSKA, T.; SOBALA, W. (1999).
Heavy physical work during pregnancy - A risk factor for small-for-gestational-age babies in Poland.
American Journal of Industrial Medicine, 36(1): 200-205.
- (8) IBV, UNIÓN DE MUTUAS, MUVALE (2004).
ErgoMater/IBV – Requisitos ergonómicos para la protección de la maternidad en tareas con carga física. [Tortosa L., García-Molina C., Page A., Cano A., Sendra J.M., Aguilar E., Ballester R., Prada P.]
Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), Valencia.
- (9) IBV (2000).
Ergo/IBV – Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física. [García-Molina C., Chirivella C., Page A., Tortosa L., Ferreras A., Moraga R., Jorquera J.]
Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), Valencia.
- (10) INSHT (1998).
Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Madrid.
- (11) KOEMEESTER, A.P.; BROERSEN, J.P.J.; TREFFERS, P.E. (1995).
Physical work load and gestational age at delivery.
Occupational and Environmental Medicine, 52(5): 313-315.

- (12) LUKE, B.; MAMELLE, N.; KEITH, L.; MUNOZ, F.; MINOGUE, J.; PAPIERNIK, E.; JOHNSON, T.R.B. (1995).
The association between occupational factors and preterm birth: A United States nurses' study.
Am J Obstet Gynecol, 173(3): 849-862.
- (13) MCDONALD, A.D.; MCDONALD, J.C.; ARMSTRONG, B.; CHERRY, N.M.; NOLIN, A.D.; ROBERT, D. (1988).
Prematurity and work in pregnancy.
British Journal of Industrial Medicine, 45(1): 56-62.
- (14) MCDONALD, A.D.; MCDONALD, J.C.; ARMSTRONG, B.; CHERRY, N.M.; CÔTÉ, R.; LA VOIE, J.; NOLIN, A.D.; ROBERT, D. (1988).
Fetal death and work in pregnancy.
British Journal of Industrial Medicine, 45(3): 148-157.
- (15) MCDONALD, A.D.; MCDONALD, J.C.; ARMSTRONG, B.; CHERRY, N.M.; CÔTÉ, R.; LA VOIE, J.; NOLIN, A.D.; ROBERT, D. (1988).
Congenital defects and work in pregnancy.
British Journal of Industrial Medicine, 45(9): 581-588.
- (16) MORRISSEY, S.J. (1998).
Work place design recommendations for the pregnant worker.
International Journal of Industrial Ergonomics, 21(5): 383-395.
- (17) MOZURKEWICH, E.L.; LUKE, B.; AVNI, M.; WOLF, F.M. (2000).
Working conditions and adverse pregnancy outcome: A meta-analysis.
Obstetrics & Gynecology, 95(4): 623-635.
- (18) NESBITT, T. (1998).
Ergonomic exposures. In: 'Reproductive Hazards of the Workplace'.
Frazier LM and Hage ML (eds) John Wiley & Sons, Inc., New York, pp: 431-462.
- (19) NEWMAN, R.B.; GOLDENBERG, R.L.; MOAWAD, A.H.; IAMS, J.D.; MEIS, P.J.; DAS, A.; MODOVNIK, M.; CARITIS, S.N.; THURNAU, G.R.; DOMBROWSKI, M.P.; ROBERTS, J. (2001).
Occupational fatigue and preterm premature rupture of membranes.
Am J Obstet Gynecol, 184(3): 438-446.
- (20) NURMINEN, T.; LUSA, S.; ILMARINEN, J.; KURPPA, K. (1989).
Physical work load, fetal development and course of pregnancy.
Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 15(6): 404-414.
- (21) NOGAREDA S.
Carga de trabajo y embarazo
NTP 413. CNCT. INSHT
- (22) OHCOW (1998).
Ergonomics and pregnancy.
Occupational Health Clinics for Ontario Workers Inc., Canada.
- (23) PAUL, J.A.; VAN DIJK, F.J.H.; FRINGS-DRESEN, M.H.W. (1994).
Work load and musculoskeletal complaints during pregnancy.
Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 20(3): 153-159.
- (24) TAPP, L.M. (2000).
Pregnancy and ergonomics. Potential hazards & key safeguards.
Professional Safety, August 2000: 29-32.
- (25) TUNTISERANEE, P.; GEATER, A.; CHONGSUWIVATWONG, V.; KOR-ANANTAKUL, O. (1998).
The effect of heavy maternal workload on fetal growth retardation and preterm delivery: A study among southern thai women.
Journal of Occupational and Environmental Medicine, 40(11): 1013-1021.