INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

926

Factores psicosociales: metodología de evaluación

Psychosocial factors: assesment methodology
Facteurs psychosociaux: méthodologie d'évaluation

Redactores:

Jesús Pérez Bilbao
Ldo. en Psicología
Ldo. en Derecho

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

Clotilde Nogareda Cuixart
Lda. en Psicología

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

*En esta Nota Técnica se describen las principales características de la actualización del método de evaluación de factores psicosociales diseñado por el INSHT, para facilitar la identificación y evaluación de los factores de riesgo psicosocial. Supone, pues, la puesta al día de la NTP 443, resumiendo algunos apartados contenidos en la aplicación informática correspondiente.**

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. BASES TEÓRICAS. LOS FACTORES PSICOSOCIALES

El concepto teórico de factores psicosociales fue definido por el comité mixto OIT/OMS en 1984 [1] como "aquellas condiciones presentes en una situación de trabajo, relacionadas con la organización, el contenido y la realización del trabajo susceptibles de afectar tanto al bienestar y la salud (física, psíquica o social) de los trabajadores como al desarrollo del trabajo."

Esta definición ha sufrido diversas revisiones, manteniéndose, sin embargo, el concepto de interacción entre trabajo y persona. Así, por ejemplo, podemos citar la revisión de Cox y Griffiths [2] en la que se definen los factores psicosociales como "aquellos aspectos del diseño y la organización del trabajo, y sus contextos sociales y organizativos, que pueden causar daño psicológico o físico".

Dadas las variables que comprenden (diseño y contenido de las tareas, funciones desarrolladas, relaciones interpersonales en el trabajo…) es común utilizar las expresiones "organización del trabajo" y "factores organizativos" como equivalentes de la expresión "factores psicosociales" para hacer referencia a las condiciones de trabajo que pueden influir en el estado de salud. [3]

El impacto sobre la salud debido a una situación psicosocial inadecuada puede afectar a los diversos niveles de salud: alteraciones fisiológicas (enfermedades cardiovasculares, alteraciones gastrointestinales, afecciones cutáneas…), psicológicas (alteraciones de la conducta, de las capacidades cognitivas…) o emocionales, y pueden darse directamente o estar mediatizados por una situación de estrés o por la interacción con otros factores (por ejemplo, el entorno físico).

Para el estudio de los factores psicosociales y el estrés laboral existen distintos enfoques teóricos, siendo un elemento común la relación mutua entre el contexto laboral y la persona. "Los problemas sobre la salud aparecen cuando las exigencias del trabajo no se adaptan a las necesidades, expectativas o capacidades del trabajador". [4]

Las consecuencias perjudiciales, por otra parte, no se dan sólo sobre las personas sino también sobre la organización, reflejándose en un aumento del absentismo o la conflictividad laboral, abandonos voluntarios de la empresa por parte de los trabajadores, baja productividad, etc.

Por otra parte, debemos destacar que los resultados de la interacción entre trabajo y persona pueden ser positivos, si la persona tiene ocasión de desarrollar sus capacidades. De ello se desprende que una característica que diferencia los factores psicosociales de otras condiciones de trabajo es que, si bien son potencialmente factores de riesgo, un objetivo preventivo ha de ser no su eliminación o reducción sino su optimización, a fin de evitar los efectos adversos y promover sus efectos beneficiosos.

Las reacciones frente a una determinada situación psicosocial no son las mismas para todos los trabajadores, sino que ciertas características propias de cada trabajador (personalidad, necesidades, expectativas, vulnerabilidad, capacidad de adaptación, etc.) determinarán la magnitud y la naturaleza tanto de sus reacciones como de las consecuencias. Así pues, los factores psicosociales pueden afectar a la motivación y a la satisfacción en el trabajo y generar estrés dependiendo de la percepción que el trabajador tenga de ellos y de sus capacidades para hacerles frente o darles respuesta. Es decir, que la realidad psicosocial hace referencia no sólo a las condiciones que objetivamente se dan sino también a cómo son percibidas y experimentadas por el individuo. Por ello, en el análisis de una situación, además de conocer cuáles son las características de trabajo, es preciso conocer la percepción que de ellas tienen los trabajadores.

El método que se presenta ha sido editado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), en formato AIP (Aplicación Informática para la Prevención), con la denominación de F-Psico. Método de Evaluación Factores Psicosociales. Se trata de la versión revisada y actualizada del Método de Evaluación de Fac-

---

** La aplicación puede ser descargada desde la página web del INSHT: http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=41827ab2e3d03210VgnVCM1000000705350aRCRD&vgnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD*

tores Psicosociales del INSHT. Transcurridos los años desde la primera versión, se ha procedido a una puesta al día que tiene en consideración nuevas exigencias del trabajo y, por ello, nuevos factores de riesgo. El F-Psico está diseñado para ser administrado de manera informatizada, pudiendo también ser aplicado en papel. La AIP contiene el cuestionario, el programa informático para la obtención de los distintos perfiles e instrucciones detalladas para la correcta utilización del método, así como fichas de ayuda para la recogida de información previa a la evaluación y para la planificación de las actuaciones preventivas.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO

El método F-Psico consta de 44 preguntas, algunas de ellas múltiples, de forma que el número de ítems asciende a 89. Ofrece información sobre 9 factores: (tabla 1)

- Tiempo de trabajo (TT)
- Autonomía (AU)
- Carga de trabajo (CT)
- Demandas psicológicas (DP)
- Variedad/contenido (VC)
- Participación/Supervisión (PS)
- Interés por el trabajador/Compensación (ITC)
- Desempeño de rol (DR)
- Relaciones y apoyo social (RAS)

Tiempo de trabajo

Este factor hace referencia a distintos aspectos que tienen que ver con la ordenación y estructuración temporal de la actividad laboral a lo largo de la semana y de cada día de la semana. Evalúa el impacto del tiempo de trabajo desde la consideración de los periodos de descanso que permite la actividad, de su cantidad y calidad y del efecto del tiempo de trabajo en la vida social.

Autonomía

Bajo este factor se acogen aspectos de las condiciones de trabajo referentes a la capacidad y posibilidad individual del trabajador para gestionar y tomar decisiones tanto sobre aspectos de la estructuración temporal de la actividad laboral como sobre cuestiones de procedimiento y organización del trabajo. El método recoge estos aspectos sobre los que se proyecta la autonomía en dos grandes bloques:

- *Autonomía temporal*. Se refiere a la libertad concedida al trabajador sobre la gestión de algunos aspectos de la organización temporal de la carga de trabajo y de los descansos, tales como la elección del ritmo, las posibilidades de alterarlo si fuera necesario, la distribución de los descansos durante la jornada y el disfrute del tiempo libre para atender a cuestiones personales.
- *Autonomía decisional*. La autonomía decisional hace referencia a la capacidad de un trabajador para influir en el desarrollo cotidiano de su trabajo, que se manifiesta en la posibilidad de tomar decisiones sobre las tareas a realizar, su distribución, la elección de procedimientos y métodos, la resolución de incidencias, etc.

Carga de trabajo

Por carga de trabajo se entiende el nivel de demanda de trabajo a la que el trabajador ha de hacer frente, es decir, el grado de movilización requerido para resolver lo que exige la actividad laboral, con independencia de la naturaleza de la carga de trabajo (cognitiva o emocional). Se entiende que la carga de trabajo es elevada cuando hay mucha carga (componente cuantitativo) y es difícil (componente cualitativo).

Este factor valora la carga de trabajo a partir de las siguientes cuestiones:

- *Presiones de tiempos*. La presión de tiempos se valora a partir de los tiempos asignados a las tareas, la velocidad que requiere la ejecución del trabajo y la necesidad de acelerar el ritmo de trabajo en momentos puntuales.
- *Esfuerzo de atención*. Con independencia de la naturaleza de la tarea, ésta requiere que se la preste una cierta atención. Ésta viene determinada tanto por la intensidad y el esfuerzo de atención requeridos para procesar las informaciones que se reciben en el curso de la actividad laboral y para elaborar respuestas adecuadas como por la constancia con que debe ser mantenido dicho esfuerzo. Los niveles de esfuerzo atencional pueden verse incrementados en situaciones en que se producen interrupciones frecuentes, cuando las consecuencias de las interrupciones son relevantes, cuando se requiere prestar atención a múltiples tareas en un mismo momento y cuando no existe previsibilidad en las tareas.
- *Cantidad y dificultad de la tarea*. La cantidad de trabajo que los trabajadores deben hacer frente y resolver diariamente es un elemento esencial de la carga de trabajo, así como la dificultad que supone para el trabajador el desempeño de las diferentes tareas.

Demandas psicológicas

Las demandas psicológicas se refieren a la naturaleza de las distintas exigencias a las que se ha de hacer frente en el trabajo. Tales demandas suelen ser de naturaleza cognitiva y de naturaleza emocional.

Las exigencias cognitivas se definen según el grado de movilización y de esfuerzo intelectual al que debe hacer frente el trabajador en el desempeño de sus tareas (procesamiento de información del entorno o del sistema de trabajo a partir de conocimientos previos, actividades de memorización y recuperación de información de la memoria, de razonamiento y búsqueda de soluciones, etc.). De esta forma, el sistema cognitivo se ve comprometido, en mayor o menor medida, en función de las exigencias del trabajo en cuanto a la demanda de manejo de información y conocimiento, demandas de planificación, toma de iniciativas, etc.

Se producen exigencias emocionales en aquellas situaciones en las que el desempeño de la tarea conlleva un esfuerzo que afecta a las emociones que el trabajador puede sentir. Con carácter general, tal esfuerzo va dirigido a reprimir los sentimientos o emociones y a mantener la compostura para dar respuesta a las demandas del trabajo, por ejemplo, en el caso de trato con pacientes, clientes, etc.

El esfuerzo de ocultación de emociones puede también, en ocasiones, ser realizado dentro del propio entorno de trabajo; hacia los superiores, subordinados,etc.

Las exigencias emocionales pueden derivarse también del nivel de implicación y compromiso con las situaciones emocionales que se derivan de las relaciones interpersonales que se producen en el trabajo y, de forma especial, de trabajos en que tal relación tiene un componente emocional importante (personal sanitario, docentes, servicios sociales, etc.). Otra fuente de exigencia emocional es la

exposición a situaciones de alto impacto emocional, aun cuando no necesariamente exista contacto con clientes.

Variedad / contenido del trabajo

Este factor comprende la sensación de que el trabajo tiene un significado y utilidad en sí mismo, para el trabajador, en el conjunto de la empresa y para la sociedad en general, siendo, además, reconocido y apreciado y ofertando al trabajador un sentido más allá de las contraprestaciones económicas.

Este factor se evalúa mediante una serie de ítems que estudian en qué medida el trabajo está diseñado con tareas variadas y con sentido, se trata de un trabajo importante y goza del reconocimiento del entorno del trabajador.

Participación / supervisión

Este factor recoge dos formas de las posibles dimensiones del control sobre el trabajo: el que ejerce el trabajador a través de su participación en diferentes aspectos del trabajo, y el que ejerce la organización sobre el trabajador a través de la supervisión de sus quehaceres.

Así, la "participación" explora los distintos niveles de implicación, intervención y colaboración que el trabajador mantiene con distintos aspectos de su trabajo y de la organización.

La "supervisión" se refiere a la valoración que el trabajador hace del nivel de control que sus superiores inmediatos ejercen sobre aspectos diversos de la ejecución del trabajo.

Interés por el trabajador / compensación

El interés por el trabajador hace referencia al grado en que la empresa muestra una preocupación de carácter personal y a largo plazo por el trabajador. Estas cuestiones se manifiestan en la preocupación de la organización por la promoción, formación, desarrollo de carrera de sus trabajadores, por mantener informados a los trabajadores sobre tales cuestiones, así como por la percepción tanto de seguridad en el empleo como de la existencia de un equilibrio entre lo que el trabajador aporta y la compensación que por ello obtiene.

Desempeño de rol

Este factor considera los problemas que pueden derivarse de la definición de los cometidos de cada puesto de trabajo. Comprende tres aspectos fundamentales:

- La claridad de rol: ésta tiene que ver con la definición de funciones y responsabilidades (qué debe hacerse, cómo, cantidad de trabajo esperada, calidad del trabajo, tiempo asignado y responsabilidad del puesto).
- El conflicto de rol: hace referencia a las demandas incongruentes, incompatibles o contradictorias entre sí o que pudieran suponer un conflicto de carácter ético para el trabajador.
- La sobrecarga de rol: se refiere a la asignación de cometidos y responsabilidades que no forman parte de las funciones del puesto de trabajo pero que se añaden a ellas.

Relaciones y apoyo social

El factor r*elaciones y apoyo social* se refiere a aquellos aspectos de las condiciones de trabajo que se derivan de las relaciones que se establecen entre las personas en

TIEMPO DE TRABAJO (TT)
• Trabajo en sábados (Ítem 1) • Trabajo en domingos y festivos (Ítem 2) • Tiempo de descanso semanal (Ítem 5) • Compatibilidad vida laboral-vida social (Ítem 6)
AUTONOMÍA (AU)
• Autonomía temporal - Posibilidad de atender asuntos personales (Ítem 3) - Distribución de pausas reglamentarias (Ítem 7) - Adopción de pausas no reglamentarias (Ítem 8) - Determinación del ritmo de trabajo (Ítem 9) • Autonomía decisional - Actividades y tareas (Ítem 10 a) - Distribución de tareas (Ítem 10 b) - Distribución del espacio de trabajo (Ítem 10 c) - Métodos, procedimientos y protocolos (Ítem 10 d) - Cantidad de trabajo (Ítem 10 e) - Calidad del trabajo (Ítem 10 f) - Resolución de incidencias (Ítem 10 g) - Distribución turnos (Ítem 10h)
CARGA DE TRABAJO (CT)
• Presiones de tiempos - Tiempo asignado a la tarea (Ítem 23) - Tiempo de trabajo con rapidez (Ítem 24) - Aceleración del ritmo de trabajo (Ítem 25) • Esfuerzo de atención - Tiempo de atención (Ítem 21) - Intensidad de la atención (Ítem 22) - Atención sobre múltiples tareas (Ítem 27) - Interrupciones (Ítem 30) - Efecto de las interrupciones (Ítem 31) - Previsibilidad de las tareas (Ítem 32) • Cantidad y dificultad de la tarea - Cantidad de trabajo (Ítem 26) - Dificultad del trabajo (Ítem 28) - Necesidad de ayuda (Ítem 29) - Trabajo fuera del horario habitual (Ítem 4)
DEMANDAS PSICOLÓGICAS (DP)
• Exigencias cognitivas - Capacidades requeridas (p 33 a- 33 e) • Exigencias emocionales - Requerimientos de trato con personas (Ítem 33 f) - Ocultación de emociones ante superiores (Ítem 34) - Exposición a situaciones de impacto emocional (Ítem 35) - Demandas de respuesta emocional (Ítem 36)
VARIEDAD/CONTENIDO (VC)
• Trabajo rutinario (Ítem 37) • Sentido del trabajo (Ítem 38) • Contribución del trabajo (Ítem 39) • Reconocimiento del trabajo (Ítem 40)
PARTICIPACIÓN/SUPERVISIÓN (PS)
• Grado de participación (Ítem 11) • Control ejercido por el inmediato superior(Ítem 12)
INTERÉS POR EL TRABAJADOR/COMPENSACIÓN (ITC)
• Información proporcionada al trabajador (Ítem 13) • Facilidades para el desarrollo profesional (Ítem 41) • Valoración de la formación (Ítem 42) • Equilibrio entre esfuerzo y recompensas (Ítem 43) • Satisfacción con el salario (Ítem 44)
DESEMPEÑO DE ROL (DR)
• Ambigüedad de rol (Ítem 14) • Conflicto de rol (Ítems 15 a - 15 d) • Sobrecarga de rol (Ítem15 e)
RELACIONES Y APOYO SOCIAL (RAS)
• Apoyo social instrumental de distintas fuentes (Ítem 16) • Calidad de las relaciones (Ítem 17) • Exposición a conflictos interpersonales (Ítem 18a) • Exposición a situaciones de violencia (Ítems18 b-18d) • Gestión de la empresa de las situaciones de conflicto (Ítem 19) • Exposición a discriminación (Ítem 20)

Tabla 1. Relación de factores

el entorno de trabajo. Recoge este factor el concepto de "apoyo social", entendido como factor moderador del estrés, y que el método concreta estudiando la posibilidad de contar con apoyo instrumental o ayuda proveniente de otras personas del entorno de trabajo (jefes, compañeros,…) para poder realizar adecuadamente el trabajo, y la calidad de tales relaciones.

Igualmente, las relaciones entre personas pueden ser origen, con distinta frecuencia e intensidad, de situaciones conflictivas de distinta naturaleza (distintas formas de violencia, conflictos personales,…), ante las cuales, las organizaciones pueden o no haber adoptado ciertos protocolos de actuación.

3. APLICACIONES DEL MÉTODO

La finalidad principal del método es facilitar una herramienta para la identificación y evaluación de los factores de riesgo psicosocial. Por tanto, su objetivo es aportar información que permita el diagnóstico psicosocial de una empresa o de áreas parciales de la misma.

A fin de facilitar esta tarea, el método incluye un apartado en el que se describe el proceso de evaluación e intervención de los factores psicosociales, en el que se detallan las fases que deben seguirse para una correcta evaluación. Asimismo, contiene un apartado: "Propuestas de mejora", en el que se describen algunas recomendaciones generales de intervención, a modo de ayuda para la toma de decisiones sobre las acciones de mejora que deberán tomarse a partir de los resultados obtenidos.

De manera más concreta, cabe destacar cinco posibles aplicaciones del método de factores psicosociales:

a) Para la evaluación de situaciones específicas: la aplicación del método en un momento dado puede ser contemplada como una "toma de temperatura" de ese momento. Los resultados obtenidos muestran qué magnitud y qué particularidades presentan unos determinados factores psicosociales en un grupo concreto, lo que permite realizar un diagnóstico de las condiciones psicosociales de ese grupo.
b) Para la localización de fuentes de problemas: dada la existencia de un problema y de cara a establecer sus posibles remedios, el método permite identificar algunos de los ámbitos en los que se está originando ese problema y, así, orientar las posteriores acciones a emprender.
c) Para diseñar cambios (contenido, magnitud y dirección) y priorizar actuaciones: de cara a llevar a cabo algunos cambios en la organización para solucionar algún problema, los resultados obtenidos tras una aplicación del método pueden orientar tanto para establecer qué tipo de acción ha de llevarse a cabo, como para determinar la intensidad o la urgencia de la misma o para señalar el ámbito (colectivo, departamento, etc.) de intervención. Por otra parte, los resultados obtenidos a partir de la aplicación de este método pueden servir de orientación para priorizar unas acciones sobre otras.
d) Para la comparación de un grupo en dos momentos distintos o entre distintos grupos: debido a que los resultados que ofrece el método están estandarizados, los datos obtenidos en una aplicación a un grupo en un momento dado pueden ser comparados con los datos recogidos en otro grupo o en el mismo grupo pero en momentos distintos. Eso permitirá, por una parte, valorar la evolución de las condiciones psicosociales de trabajo en el tiempo o evaluar el impacto de determinados cambios y, por otra, observar las diferencias que a este nivel se dan entre distintos grupos.
e) Para tomar conciencia de la situación: la utilización del método puede contribuir a la difusión de nuevas perspectivas acerca de la organización del trabajo y a enriquecer el debate interno en la empresa con conceptos y puntos de vista inusuales en muchas empresas, sobre cuál puede ser el origen de algunos problemas o cómo abordarlos.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El método ha sido concebido para obtener valoraciones grupales de trabajadores en situaciones relativamente homogéneas. El método presenta los resultados en dos diferentes formatos; por un lado se ofrecen las probabilidades de riesgo junto con la media aritmética del colectivo analizado para cada uno de los factores (Perfil Valorativo) y, por otro, se ofrece el porcentaje de contestación de cada opción de respuesta de cada pregunta (Informe) por parte del colectivo analizado.

Perfil Valorativo

Tras la obtención de evidencias de validez y fiabilidad de la versión definitiva del instrumento F-Psico, se procedió al proceso de baremación para interpretar las puntuaciones obtenidas en la administración de la escala a un grupo determinado. Para ello, se han transformado las puntuaciones directas en percentiles, lo que permite determinar distintos niveles de riesgo. Éstos se sitúan en cuatro niveles (tabla 2).

Percentil obtenido	Riesgo
Percentil ≥ P85	Muy elevado
P75 ≤ Percentil < P85	Elevado
P65 ≤ Percentil < P75	Moderado
Percentil < P65	Situación adecuada

Tabla 2. Niveles de riesgo

Los cuatro tramos mencionados se presentan gráficamente en distintos tonos de color. Para cada factor se indica el porcentaje de trabajadores que se posiciona en cada uno de los tramos. (Figura 1). La información que ofrece el Perfil Valorativo es complementada por la información del Informe. Igualmente, en el Perfil Valorativo se ofrece para cada factor la puntuación media del grupo evaluado.

Informe

El informe ofrece una información detallada de cómo se posicionan los trabajadores de la muestra elegida ante cada pregunta, permitiendo conocer el porcentaje de elección de cada opción de respuesta, lo cual proporciona datos acerca de aspectos concretos relativos a cada factor.

Esta información puede ayudar a orientar las acciones particulares que se han de emprender para la mejora de un determinado factor. A fin de evitar la ausencia de respuesta, el programa informático ha sido diseñado de manera que es preciso contestar a todas las preguntas para que los datos sean archivados.

Asimismo, como información complementaria, se incluye el posible rango de puntuación de cada factor, facilitándose para cada unidad de análisis, la media, la

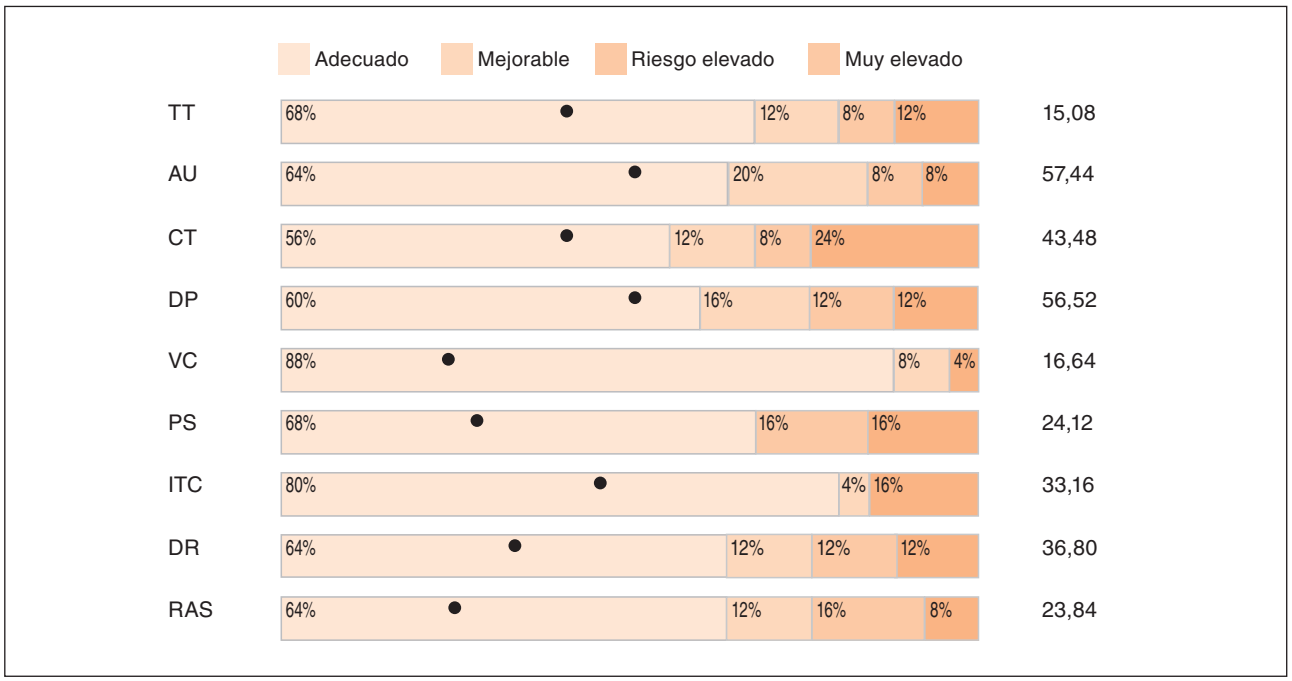


Figura 1. Ejemplo de perfil valorativo

desviación típica, la mediana y el número de trabajadores en cada nivel de riesgo. (Figura 2).

5.JUSTIFICACIÓN PSICOMÉTRICA

El estudio psicométrico [5] ha consistido en la obtención de la fiabilidad como consistencia interna y diversas evidencias de validez (validez de criterio: relaciones con otras variables y validez de constructo: estudio de la estructura interna) del instrumento en la medición de los riesgos psicosociales, a partir de la aplicación del cuestionario a una muestra de 1718 trabajadores.

Fiabilidad

Para cada uno de los factores, así como para la escala en su conjunto, se ha obtenido el coeficiente α de Cronbach, indicador de la fiabilidad como consistencia interna del instrumento.

El coeficiente alfa de Cronbach relativo a la escala global presenta un valor de 0,895 (n = 1108), lo que indica una fiabilidad excelente a nivel global. (Muñiz, 2005 [6]; Prieto y Muñiz, 2000 [7]).

En la tabla 3 se muestra el mismo coeficiente para cada uno de los factores.

Validez de criterio

La validez relacionada con el criterio hace referencia a la correlación de la prueba con un criterio externo. Los criterios elegidos para su comparación con el método de factores psicosociales fueron el grado de satisfacción laboral y la salud percibida. Se ha calculado el coeficiente de correlación entre los datos obtenidos en el cuestionario de factores psicosociales y los obtenidos en la aplicación de la Escala General de Satisfacción (Warr, Cook y Wall, 1979): y el Cuestionario de Salud General (Goldberg, 1972). (Tres subescalas de la versión de 28 ítems). Se ha empleado el coeficiente de correlación producto- momento de Pearson (tabla 4).

Tiempo de trabajo

Rango	Media	Desviación típica	Mediana
0-37	17,24	9,43	19,00

Adecuado	Moderado	Elevado	Muy elevado
14	12	0	3

Figura 2. Ejemplo de un perfil descriptivo referido al factor tiempo de trabajo.

FACTORES DEL F-Psico	n	(alfa de Cronbach)
Tiempo de trabajo	1660	0,697
Autonomía	1455	0,865
Carga de trabajo	1593	0,733
Exigencias psicológicas	1465	0,737
Variedad/contenido	1539	0,705
Participación/supervisión	1549	0,732
Interés por el trabajador/ compensación	1556	0,844
Desempeño de rol	1582	0,842
Relaciones y apoyo social	1520	0,716

Tabla 3. Coeficientes de fiabilidad alfa de Cronbach para cada uno de los factores

Validez de constructo

Se realizó un análisis factorial confirmatorio de la estructura de 9 factores, a fin de verificar la estructura interna que se planteaba a nivel teórico. Se ha llevado a cabo a partir de

Coeficiente de Correlación de Pearson		GHQ Síntomas Somáticos	GHQ Ansiedad Insomnio	GHQ Disfunción Social	Escala General Satisfacción (Warr, Cook, Wall)
Tiempo trabajo	Correlación de Pearson	0,054*	0,139**	0,109**	-0,063
	p bilateral	0,045	<0,001	<0,001	<0,014
Autonomía	Correlación de Pearson	0,185**	0,213**	0,228**	- 0,422
	p bilateral	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Carga trabajo	Correlación de Pearson	0,259**	0,315**	0,249**	- 0,290
	p bilateral	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Exigencias psicológicas	Correlación de Pearson	0,185**	0,226**	0,182**	- 0,290
	p bilateral	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Variedad/Contenido	Correlación de Pearson	0,156**	0,171**	0,240**	- 0,528
	p bilateral	<0,001	<0,001	<0 ,001	<0,001
Participación/ Supervisión	Correlación de Pearson	0,035	0,070*	0,050	- 0,036
	p bilateral	0,218	0,012	0,058	0,171
Interés por el trabajador/ compensación	Correlación de Pearson	0,250**	0,264**	0,261**	- 0,624
	p bilateral	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Desempeño de rol	Correlación de Pearson	0,256**	0,299**	0,304**	- 0,550
	p bilateral	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Relaciones y apoyo social	Correlación de Pearson	0,151**	0,225**	0,235**	- 0,470
	p bilateral	< 0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre los factores y las escalas del Cuestionario de Salud General y la Escala General de Satisfacción

la matriz de correlaciones policóricas, es decir, bajo el supuesto de métrica ordinal, siendo el método de estimación la máxima verosimilitud (ADF-ERLS, método para distribuciones libres, adecuado en caso de trabajar en condiciones dificultosas (elevada curtosis); Ory y Mokhtarian, 2010).

χ^2	5112,622 g.l. = 3533 p = 0,096 (^{2}/g.l = 1,447
Índice de ajuste normado de Bentler-Bonett (BBNFI)	0,925
Índice de ajuste no normado de Bentler-Bonett (BBNNFI)	0,943
Índice de ajuste comparative (CFI)	0,935
Índice de ajuste de Bollen (IFI)	0,956
Índice de ajuste GFI de LISREL (GFI)	0,916
Índice de ajuste AGFI de LISREL (AGFI)	0,938
Raíz cuadrada de la media cuadrática del residual (RMR)	0,127
Raíz cuadrada de la media cuadrática del residual estandarizado (SRMR)	0,023
Raíz cuadrada de la media cuadrática del error de aproximación (RMSEA)	0,035 (IC: 0,034-0,036)

Tabla 5. Índices de ajuste del análisis factorial confirmatorio.

En la tabla 5 se puede observar los índices de ajuste del modelo propuesto: todos ellos indican un buen ajuste al modelo de nueve factores que componen el cuestionario.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

(1) Informe del comité mixto OIT/OMS de Medicina del Trabajo. Novena reunión. Ginebra, 1984.

(2) En Leka, S. y Cox, T. 2009. The European Framework for Psychosocial Risk Management. http://prima-ef.org/Documents/PRIMA-EF%20eBOOK.pdf

(3) S.L. Sauter y otros. Factores psicosociales y de organización. Enciclopedia de salud y Seguridad en el Trabajo. OIT http://www.mtin.es/es/publica/pub_electronicas/destacadas/enciclo/general/contenido/tomo2/34.pdf

(4) Nogareda, C. (coord.) 2006. Psicosociología del trabajo. Madrid, INSHT.

(5) Ferrer, R. Guilera, G., Peró, M. (2011) Propiedades psicométricas del instrumento de valoración de riesgos psicosociales del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (FPsico) http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NOVEDADES%20EDITORIALES/FPsico/Informe%20justificación.pdf

(6) Muñiz, J. (2005) Utilización de los tests. En J. Muñiz, A.M. Fidalgo, E. garcía-Cueto, R. Martínez y R. Moreno (Eds). Análisis de los ítems, (pp. 132-172). Madrid: La Muralla, S.A.

(7) Prieto, G., y Muñiz, J. (2000). Un modelo para la evaluación de los tests utilizados en España. Papeles del Psicólogo, 77, 65-72.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

927

Riesgo biológico en la industria biotecnológica

Biological risk in the biotechnology industry
Le risque biologique dans l'industrie de la biotechnologie

Redactora:

Ana Hernández Calleja
Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Por industria biotecnológica se entiende un conjunto de procesos cuya esencia es el uso deliberado de microorganismos para la obtención de productos y servicios de interés para el hombre. Algunos de los microorganismos utilizados pueden ser perjudiciales para la salud. En esta nota técnica de prevención se pretende revisar los aspectos generales de los procesos más comunes, así como las principales exigencias de bioseguridad relativas a los equipos y a los locales 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 microbiología industrial trata del uso de microorganismos y de la aplicación de las técnicas biotecnológicas en procesos industriales para la obtención de productos a través de la fermentación y de servicios beneficiosos para la humanidad. Las técnicas biotecnológicas consisten en la manipulación de los organismos, fundamentalmente a escala genética, para usos específicos. En esos conceptos está comprendida la biotecnología tradicional y la denominada biotecnología moderna en la que la tecnología del ADN recombinante (también llamada ingeniería genética) se ha convertido en parte central de la misma.

La biotecnología tradicional hace referencia a las formas en las que, desde la antigüedad, se han venido usando los seres vivos. Se podría decir que la biotecnología se inicia cuando los humanos, cazadores y recolectores, se convierten en granjeros. Como tales, recolectan plantas salvajes, las cultivan y seleccionan las variedades con un mejor rendimiento para utilizarlas en la siguiente estación. Lo mismo ocurre con la ganadería.

Más adelante y sin conocer su fundamento se descubre como usar determinados procesos biológicos, que ocurren en las células habitualmente. Se descubrieron formas de maduración de diversos alimentos que provocaban cambios de sabor, se trataba del proceso que posteriormente se denominó fermentación, que permitía la transformación de la leche en queso o el jugo de las uvas en vino. Fueron los estudios de Pasteur (1857) sobre la acción de los microorganismos en el proceso de fermentación alcohólica y las técnicas de cultivo puro desarrolladas por Hansen (1883), los avances que dieron lugar a la microbiología industrial. Durante la primera mitad del siglo XX se continuaron produciendo avances en este campo, pero no fue hasta el descubrimiento por parte de Watson y Crick (1953) de la estructura del ácido desoxirribonucleico (ADN) y la forma en la que se transmite la información genética a través de las generaciones, que se inició la biotecnología moderna con el desarrollo de las técnicas del ADN recombinante. Esta tecnología permite la transferencia de genes de una especie a otra y se basa en la inserción de una secuencia específica de genes de un donante en un huésped adecuado, a través de un vector de expresión.

De la progresión en el desarrollo de la biotecnología se puede inferir su utilidad en diversos campos. El principal es el propio avance de la Biología. En el terreno industrial es necesario destacar sus aplicaciones terapéuticas (medicamentos, vacunas, hormonas, terapias génicas); su aplicación en pruebas diagnósticas; las mejoras en el campo de la alimentación (obtención de alimentos, aditivos alimentarios, alimentos con perfiles nutricionales determinados, etc.); producción de enzimas y otras proteínas, bioinsecticidas, biopolímeros, etc.; su aprovechamiento en la obtención de energía (biomasa) o su utilidad en la mejora del medio ambiente a través de la biorremediación entre otros. En la tabla 1 se recogen algunos ejemplos de microorganismos y sus usos en la industria.

2. FERMENTACIÓN

En el proceso de obtención del producto deseado, los sistemas biológicos actúan como catalizadores de la reacción propiciando que ésta se lleve a cabo en condiciones óptimas y con el mayor rendimiento. Los sistemas biológicos usados son: microorganismos, cultivos celulares, enzimas o esporas. De todos ellos destacan los microorganismos debido a dos razones fundamentales: su elevada diversidad y plasticidad metabólica y la sencillez y economía de su cultivo.

La operación tiene dos fases: la de preparación, incluyendo la fermentación, y la de obtención del producto. En la figura 1 se muestra un esquema de un proceso de fermentación y la curva de desarrollo microbiano en condiciones de cultivo discontinuo.

La fase de preparación se puede dividir en tres etapas principales: la producción del inóculo, la preparación del medio de cultivo y la propia fermentación. La fase de obtención del producto, con las variaciones propias del tipo de producto elaborado, incluye todos los procesos que siguen a la fermentación. A continuación se describen brevemente las diferentes etapas.

Microorganismos	Aplicación
Saccharomyces	Bebidas alcohólicas (vino, cerveza), biomasa (levadura panificación).
Lactobacillus y bacterias lácticas	Ácido láctico, queso, yogur, embutidos, col fermentada, etc.
Acetobacter	Ácido acético.
Aspergillus	Ácido cítrico, enzima amilasa, biosensores (análisis de glucosa).
Corynebacterium	Aminoácidos (L-Glutámico, L-Lisina).
Pseudomonas	Vitamina B12, biodegradación de hidrocarburos.
Alcaligenes	Bioplásticos.
Streptomyces	Tetraciclinas, transformación de esteroides.
Penicillium	Antibióticos.
Bacillus	Antibióticos, bioinsecticidas, enzimas (proteasas).
Salmonella	Test mutagénicos (test de Ames).
Escherichia	Hormonas, interferón humano.
Thiobacillus	Biolixiviación.
Bacterias aerobias	Depuración de aguas residuales.
Bacterias anaerobias	Biodigestión anaerobia (metano).

Tabla 1. Microorganismos y sus aplicaciones industriales más frecuentes

Preparación del inóculo

Los aspectos clave de esta etapa consisten en:

- La localización de un microorganismo de interés industrial. Normalmente ese microorganismo provendrá de colecciones o bien de las cepas salvajes existentes en la naturaleza. Pero además, el microorganismo debe cumplir con una serie de condiciones que idealmente serían las siguientes:
  - Ser genéticamente estable.
  - Tener una ruta biosintética bien caracterizada y una eficiente producción del producto de interés. Sin otros productos que dificulten los procesos de recuperación.
  - Presentar escasa o nula necesidad de vitaminas u otros factores de crecimiento.
  - Ser capaz de utilizar una amplia gama de sustratos (fuentes de carbono) asequibles y económicos.
  - Tener requisitos de crecimiento que dificulten posibles contaminaciones (por ejemplo: pH determinados, temperaturas elevadas, etc.).
  - Ser susceptible de manipulación genética.
  - *Ser seguro, no patógeno y no producir agentes tóxicos* (excepto cuando son el producto buscado).
  - Elaborar productos fácilmente recuperables.
- La mejora de los microorganismos para incrementar la productividad y el rendimiento. Este aspecto se puede lograr mejorando las condiciones de cultivo (medio, parámetros, etc.) o modificando su genoma. Las técnicas para lograr este punto son las siguientes: mutagénesis, fusión de protoplastos o ADN recombinante. Las dos primeras tienen un componente aleatorio importante y requieren de procesos de selección posteriores. En cambio, con la técnica del ADN recombinante, se elabora el microorganismo específico que producirá el producto deseado.

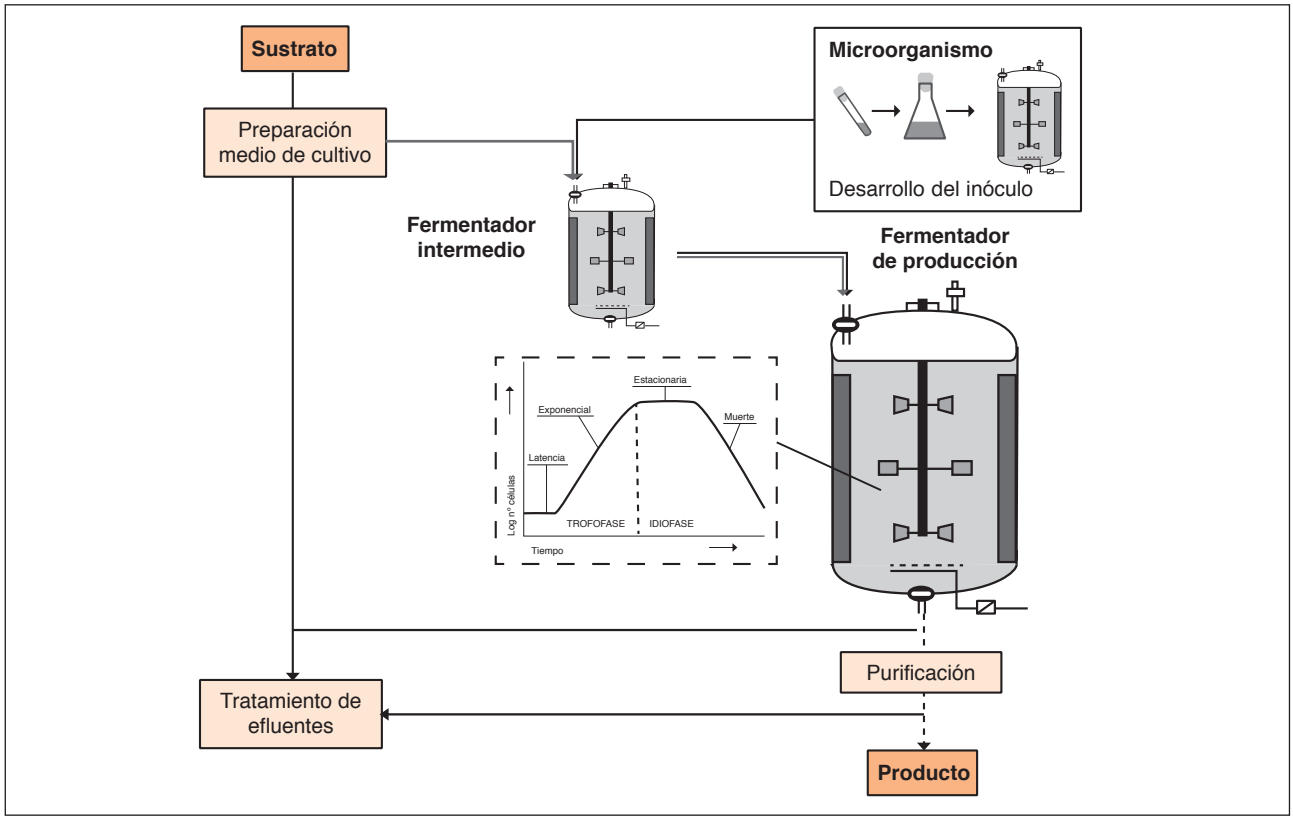


Figura 1. Esquema del proceso de fermentación y crecimiento microbiano

- El mantenimiento de la pureza de la cepa que implica toda una serie de procesos de conservación de las mismas. Las más utilizadas son: subcultivos sucesivos, con el inconveniente de su posible contaminación, cambio por mutación o muerte del cultivo; conservación de esporas, únicamente válido para los microorganismos que las producen; la congelación y la liofilización siendo éstas las que mejores resultados ofrecen.
- La comprobación de que sus capacidades se mantienen en las condiciones que regirán el proceso industrial.
- La facilidad de recuperación del producto final.

Preparación del medio de cultivo

Los aspectos principales en este apartado son: la selección de los sustratos (fuentes de carbono y energía) y de otros nutrientes esenciales, así como la optimización de las condiciones del medio de cultivo para conseguir el máximo rendimiento y producción.

Los sustratos más comúnmente utilizados en las fermentaciones son: melazas; extracto de malta; almidón y dextrinas; líquidos sulfíticos de las papeleras; celulosa, aceites vegetales, etanol, alcanos (C_{12} - C_{18}); extracto de levaduras, peptonas o líquido de maceración del maíz como fuente de nitrógeno y de aminoácidos.

Fermentación

Es el proceso en que los microorganismos son cultivados en condiciones rigurosamente controladas que han sido desarrolladas para optimizar el crecimiento del microorganismo (biomasa) o el producto deseado. El microorganismo aumenta su concentración mientras que el medio se va modificando por la formación de nuevos productos. El comportamiento de un microorganismo es sensible a las condiciones de operación del proceso como por ejemplo: la temperatura, la aireación, la agitación, tipo de alimentación del proceso, etc., que pueden condicionar la producción de algún metabolito.

El fermentador, las conducciones, los elementos de sellado y los equipos asociados deben ser construidos con materiales, usualmente acero inoxidable, que permitan sucesivas esterilizaciones, que no reaccione de forma adversa con el microorganismo o con el producto y que aseguren la estanqueidad del proceso con el objeto de evitar contaminaciones tanto hacia el interior del fermentador como hacia el ambiente de trabajo. En la figura 2 se muestra un esquema de un fermentador aireado con agitación y los elementos de control del proceso.

Los principales elementos asociados al fermentador son: el aporte de aire (estéril) cuando así se requiera, el mecanismo de agitación que homogenice el medio y las sustancias que se aporten, las sondas de control de los diferentes parámetros (temperatura, pH, oxígeno disuelto, etc.), los mecanismos o productos antiespumantes, etc.

Tipos de proceso

Se pueden distinguir tres tipos de procesos en función de la cinética del mismo y de la incorporación del medio de cultivo: discontinuos, discontinuos con alimentación y continuo. La elección del proceso depende del sistema biológico escogido y del producto que se pretenda obtener, según sea éste un metabolito primario o secundario o la formación de biomasa.

En los cultivos discontinuos los nutrientes están presentes desde el inicio y a lo largo del proceso sólo se

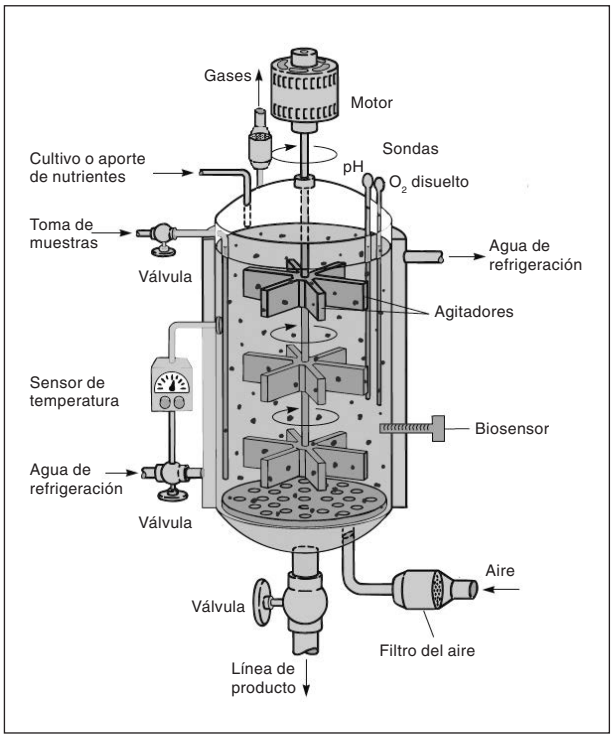


Figura 2. Esquema de un fermentador

incorporan los elementos destinados al control y mantenimiento de las condiciones preestablecidas del proceso (ácidos o bases para el mantenimiento del pH, aire, etc.). El modelo de crecimiento discontinuo permite explicar el desarrollo microbiano y es uno de los tipos más utilizado en la industria. En la figura 3 se muestra la curva que describe las diferentes fases de crecimiento, también recogida en la figura 1 a menor tamaño.

Dependiendo del origen, edad, concentración o viabilidad del inóculo, se puede producir una fase de latencia en la que no hay crecimiento, pero sí actividad metabólica de adaptación a los nutrientes disponibles. Una vez se ha producido la adaptación, la división celular se acelera aumentando su frecuencia hasta su valor máximo dando comienzo la fase exponencial. Durante esta fase o trofofase, se produce el crecimiento celular y se producen los metabolitos primarios. A medida que disminuyen los nutrientes se produce una desaceleración del crecimiento. Cuando todo el nutriente crítico se ha metabolizado el cultivo entra en la fase estacionaria

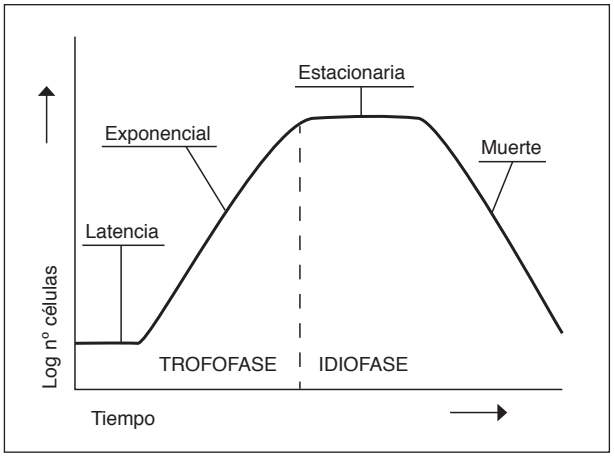


Figura 3.

(la tasa de división celular es igual a la tasa de muerte celular). En esta fase, o idiofase, los microorganismos siguen activos metabolizando los compuestos almacenados intracelularmente y, en algunos casos, produciendo metabolitos secundarios. También durante esta fase se producen las esporas. A continuación se inicia la fase de muerte en la que se produce de forma exponencial la muerte celular y, en ocasiones, la lisis o rotura celular.

En los cultivos discontinuos con alimentación, los nutrientes críticos se van incorporando a lo largo de todo el proceso en dosis pequeñas. Este es el tipo de cultivo que se utiliza para la síntesis de metabolitos secundarios.

Los cultivos continuos se utilizan cuando el producto de interés se produce en la fase exponencial. El mantenimiento de esta fase se consigue equilibrando la entrada de nutriente con la extracción de cultivo.

Obtención del producto

Finalmente, tras la fermentación se ha de recuperar el producto. Las técnicas disponibles son múltiples, pero en su elección hay que tener en cuenta diversos factores: si presenta actividad biológica o es un producto inerte, dónde se ubica (dentro o fuera de la célula), sus características fisicoquímicas, su concentración, el grado de pureza necesario, etc.

Entre las técnicas de recuperación más frecuentemente utilizadas se pueden destacar las siguientes: sedimentación, centrifugación, floculación, filtración, cromatografía (de adsorción, de intercambio iónico, de exclusión molecular, de afinidad), electroforesis, diálisis, osmosis inversa, cristalización, liofilización, lisis física, química o enzimática, etc.

3. RIESGO BIOLÓGICO

Buena parte de los microorganismos utilizados en los procesos biotecnológicos no suponen ningún peligro para las personas, de hecho, uno de los requisitos ideales del microorganismo es que éste sea seguro, no patógeno y sin efectos tóxicos. Sin embargo existen determinados procesos en los que necesariamente intervienen microorganismos peligrosos, por ejemplo, la fabricación de vacunas o la obtención de determinados productos con efectos tóxicos.

La propia definición de los procesos industriales biotecnológicos revela uno de los principales factores de riesgo existente: la utilización de microorganismos en la producción de productos o servicios. Ningún ejemplo mejor de lo que significa “actividad con intención deliberada de utilizar agentes biológicos”, en la que es obligada la presencia del agente biológico, y que define uno de los ámbitos de aplicación del Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Sin embargo, la mera utilización de un agente biológico no significa que exista un riesgo para los trabajadores que lo manejan, será condición indispensable que, además, la exposición al agente tenga efectos adversos para la salud.

El artículo 2 del Real Decreto contiene la definición de lo que se entiende legalmente como agente biológico y los principales efectos asociados a la exposición a los mismos. Son agentes biológicos: microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.

En la definición quedan incluidos: los virus, las bacterias, los hongos (naturales y los modificados genéticamente), los cultivos celulares (fundamentalmente por su posible contaminación por virus) y los organismos que colonizan el interior del cuerpo humano (protozoos y gusanos parásitos), que causen cualquiera de los efectos mencionados. Se excluyen de la definición legal: los organismos que parasitan el exterior del cuerpo humano (ácaros, piojos, etc.), las toxinas y venenos producidos por seres vivos (artrópodos, plantas, animales) y las sustancias derivadas de los agentes biológicos con efectos tóxicos o alérgicos cuando éstas se manejen de forma aislada, es decir, sin la presencia del agente productor. Por ejemplo, los enzimas purificados utilizados en la fabricación de detergentes no tendrían consideración de agente biológico, sin embargo, esos mismos enzimas durante su producción por un microorganismo sí serían considerados agentes biológicos.

En el artículo 3 del Real Decreto “Clasificación de los agentes biológicos”, se proporcionan los criterios por los que los agentes biológicos se clasifican en cuatro grupos atendiendo al riesgo de infección que suponen y que se resumen en la tabla 2.

El Anexo II del Real Decreto contiene la lista de los agentes biológicos clasificados por el momento en los distintos grupos y, la información sobre sus efectos alérgicos (A) o tóxicos (T).

En el caso de los organismos modificados genéticamente (OMG), a la hora de analizar su potencial peligrosidad, se ha de tener en cuenta, además de la peligrosidad del organismo receptor, otros aspectos como son: el organismo donante, el vector utilizado, el inserto y el OMG resultante. La peligrosidad intrínseca del organismo receptor vendrá reflejada por el grupo en el que esté clasificado. La del inserto tiene que ver con la actividad biológica potencialmente peligrosa de los productos que

Agente biológico del grupo de riesgo	Riesgo infeccioso	Riesgo de propagación a la colectividad	Profilaxis o tratamiento eficaz
1	Poco probable que cause enfermedad	No	Innecesario
2	Pueden causar una enfermedad y constituir un peligro para los trabajadores	Poco Probable	Disponible
3	Puede causar una enfermedad grave y presenta un serio peligro para los trabajadores	Probable	Disponible
4	Causan una enfermedad grave y suponen un serio peligro para los trabajadores	Elevado	No conocido

Tabla 2. Grupos de riesgo de los agentes biológicos

codifican (toxinas, oncogenes, etc.). La del OMG deberá valorarse atendiendo a su viabilidad (capacidad de desarrollo y diseminación) y la probabilidad de que ocurran sucesos infrecuentes (mutaciones, reversiones, etc.). Sin ser de aplicación directa, la clasificación de agentes biológicos del Real Decreto 664/1997 puede servir de orientación a la hora de estimar la peligrosidad del OMG y de las actividades donde se utilicen.

4. EVALUACIÓN DE RIESGOS

El procedimiento de evaluación de riesgos por exposición a agentes biológicos queda recogido en el artículo 4 del Real Decreto 664/1997 y en el artículo 12 y el anexo I del Real Decreto 178/2004, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente. El primero se aplica a los agentes biológicos naturales mientras que el segundo es de aplicación a los OMG.

Los principios de evaluación de riesgos no difieren, en cualquier caso, de los establecidos en la normativa general de Prevención: determinar la naturaleza, el grado y la duración de la exposición. Es decir, estimar el nivel de riesgo en términos de probabilidad de materialización de daños y la gravedad de sus consecuencias, y eliminar o minimizar el riesgo mediante la aplicación de las medidas de control pertinentes.

La evaluación de riesgos debe hacerse teniendo en cuenta toda la información disponible y en particular:

- La naturaleza de los agentes biológicos y el grupo en el que están clasificados.
- La información sobre las enfermedades susceptibles de ser contraídas por los trabajadores por su actividad profesional.
- Los efectos potenciales, tanto alérgicos como tóxicos, que puedan derivarse de la actividad laboral de los trabajadores.
- Las recomendaciones de las autoridades sanitarias sobre la conveniencia de controlar el agente biológico con el objeto de proteger la salud de los trabajadores que estén o puedan estar expuestos a dicho agente por razón de su trabajo.
- El riesgo adicional para aquellos trabajadores especialmente sensibles en función de sus características o estado biológico conocido (patologías previas, medicación, trastornos inmunitarios, embarazo o lactancia.
- Cuando se trata de OMG, además, se deben considerar los efectos deletéreos debidos a su establecimiento o a la diseminación en el medio ambiente y los efectos deletéreos debidos a la transferencia natural de material genético insertado a otros organismos, aunque estos últimos no son considerados en esta nota técnica de prevención.

5. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE CONTENCIÓN

El resultado de la evaluación de riesgos ha de permitir determinar las actuaciones preventivas y la extensión de las mismas, en función del tipo de actividad desarrollada. Los procesos industriales biotecnológicos, como se ha indicado anteriormente, son actividades con intención deliberada de manipular agentes biológicos, por lo que, además de las medidas preventivas y de control establecidas en el articulado del Real Decreto 664/1997, se deben aplicar las medidas especiales establecidas en el artículo 15 y en los anexos IV y V del mismo. En concreto para procedimientos industriales, el punto 2 del citado artículo requiere el establecimiento de un nivel de contención, así como de las medidas de contención que figuran en el anexo V, de forma que las actividades que supongan manipulación del agente biológico se ejecuten únicamente en zonas de trabajo que correspondan por lo menos a un nivel de contención 2 para un agente biológico del grupo 2, a un nivel de contención 3 para un agente biológico del grupo 3 y a un nivel 4 para un agente biológico del grupo 4. Cuando no haya sido posible proceder a una evaluación concluyente de un agente biológico, pero de cuya utilización prevista parezca que puede derivarse un riesgo grave para la salud de los trabajadores, únicamente podrán realizarse en locales de trabajo cuyo nivel de contención corresponda, al menos, al nivel 3.

En el caso de los OMG, en el artículo 12 del Real Decreto 178/2004, las actividades de utilización confinada de OMG se clasifican, en función de la evaluación previa de los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, en cuatro tipos:

- Tipo 1. Actividades con riesgo nulo o insignificante: aquellas en las que el grado 1 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- Tipo 2. Actividades de bajo riesgo: las que requieren el grado 2 de confinamiento.
- Tipo 3. Actividades de riesgo moderado: las que requieren el grado 3 de confinamiento.
- Tipo 4. Actividades de alto riesgo: las que requieren el grado 4 de confinamiento.

Un caso particular lo constituyen aquellos procesos industriales realizados a cielo abierto como son los denominados de biorremediación a los cuales no es posible aplicar los principios de contención/confinamiento, pero sí todas aquellas medidas preventivas oportunas que se deriven de la evaluación de riesgos para el control del riesgo.

Las tablas 3 y 4 contienen las medidas y la exigencia en su cumplimiento para los procedimientos industriales biotecnológicos, tanto los contemplados en el anexo V (RD 664/1997) como en el anexo II (RD 178/2004). En ambos casos, las medidas son equivalentes, aunque su número total, su formulación y la exigencia en su cumplimiento puedan diferir ligeramente, en cualquier caso, es conveniente recordar que contienen requisitos mínimos. La tabla 4 incorpora el grado de confinamiento 1 establecido para el trabajo con OMG clasificado como “actividad con riesgo nulo o insignificante o Tipo I”. Su equivalencia en el anexo V quedaría reflejada en la nota introductoria que dice: “Cuando se trabaje con agentes biológicos del grupo 1, comprendidas las vacunas de gérmenes vivos atenuados, se observarán los principios de correcta seguridad e higiene profesional.

En cada tabla se indica la correspondencia entre las medidas de contención y las de confinamiento. Asimismo se señalan (en sombreado) las discrepancias en cuanto a la exigencia en el cumplimiento de la medida que existen entre ambas.

A. Medidas de contención	B. Niveles de contención		
	2	3	4
1. Los microorganismos viables deberán ser manipulados en un sistema que separe físicamente el proceso del medio ambiente. *(Medida 1, tabla 4)*	Sí	Sí	Sí
2. Deberán tratarse los gases de escape del sistema cerrado para: *(Medida 2, tabla 4)*	Minimizar la liberación	Impedir la liberación	Impedir la liberación
3. La toma de muestras, la adición de materiales a un sistema cerrado y la transferencia de organismos viables a otro sistema cerrado deberán realizarse de un modo que permita: *(Medida 3, tabla 4)*	Minimizar la liberación	Impedir la liberación	Impedir la liberación
4. Los fluidos de grandes cultivos no deberán retirarse del sistema cerrado a menos que los microorganismos viables hayan sido: *(Medida 4, tabla 4)*	Inactivados mediante medios de eficacia probada	Inactivados mediante medios físicos o químicos de eficacia probada	Inactivados mediante medios físicos o químicos de eficacia probada
5. Los precintos deberán diseñarse con el fin de: *(Medida 5, tabla 4)*	Minimizar la liberación	Impedir la liberación	Impedir la liberación
6. Los sistemas cerrados deberán ubicarse en una zona controlada: *(Medida 13, tabla 4)*	Facultativo	Facultativo	Sí, expresamente construida
a) Deberán colocarse señales de peligro biológico. *(Medida 15, tabla 4)*	Facultativo	Sí	Sí
b) Sólo deberá permitirse el acceso al personal designado. *(Medida 14, tabla 4)*	Facultativo	Sí	Sí, mediante esclusa de aire. *(Medida 8, tabla 4)*
c) El personal deberá vestir indumentaria de protección. *(Medida 18, tabla 4)*	Sí, ropa de trabajo	Sí	Cambiarse completamente
d) Deberá dotarse al personal de instalaciones de descontaminación y lavado.	Sí	Sí	Sí
e) Los trabajadores deberán ducharse antes de abandonar la zona controlada. *(Medida 17, tabla 4)*	No	Facultativo	Sí
f) Los efluentes de fregaderos y duchas deberán recogerse e inactivarse antes de su liberación. *(Medida 22, tabla 4)*	No	Facultativo	Sí
g) La zona controlada deberá ventilarse adecuadamente para reducir al mínimo la contaminación atmosférica. *(Medida 10, tabla 4)*	Facultativo	Facultativo	Sí
h) En la zona controlada deberá mantenerse una presión del aire negativa respecto a la atmósfera. *(Medida 11, tabla 4)*	No	Facultativo	Sí
i) Se deberá tratar con filtros «HEPA» el aire de entrada y salida de la zona controlada. *(Medida 12, tabla 4)*	No	Facultativo	Sí
j) Deberá diseñarse la zona controlada para impedir la fuga del contenido del sistema cerrado. *(Medida 6, tabla 4)*	No	Facultativo	Sí
k) Se deberá poder precintar la zona controlada para su fumigación. *(Medida 7, tabla 4)*	No	Facultativo	Sí
l) Tratamiento de efluentes antes de su vertido final. *(Medida 23, tabla 4)*	Inactivados mediante medios de eficacia probada	Inactivados mediante medios físicos o químicos de eficacia probada	Inactivados mediante medios físicos o químicos de eficacia probada

Tabla 3. Anexo V del Real Decreto 664/1997, Indicaciones relativas a las medidas de contención y a los niveles de contención para procesos industriales

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Disposiciones generales				
1. Los organismos viables deben mantenerse en un sistema que separe el proceso del entorno (sistema cerrado). *(Medida 1, tabla 3)*	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida
2. Control de los gases de escape del sistema cerrado. *(Medida 2, tabla 3)*	No exigida	Exigida, minimizando la liberación	Exigida, evitando la liberación	Exigida, evitando la liberación
3. Control de aerosoles durante la toma de muestras, la introducción del material en un sistema cerrado o la transferencia de material a otro sistema cerrado. *(Medida 3, tabla 3)*	Opcional	Exigida, minimizando la liberación	Exigida, evitando la liberación	Exigida, evitando la liberación
4. Inactivación del líquido de cultivo en masa antes de extraerlo del sistema cerrado. *(Medida 4, tabla 3)*	Opcional	Exigida con medios validados	Exigida con medios validados	Exigida con medios validados
5. Sistemas de cierre diseñados para minimizar o evitar la liberación. *(Medida 5, tabla 3)*	Ningún requisito específico	Minimizar la liberación	Evitar la liberación	Evitar la liberación
6. Zona controlada con capacidad para contener el vertido de todo el contenido del sistema cerrado. *(Medida 6 j, tabla 3)*	Opcional	Opcional	Exigida	Exigida
7. Zona controlada hermética para fumigación. *(Medida 6 k, tabla 3)*	No exigida	Opcional	Opcional	Exigida
Equipo				
8. Entrada a través de esclusa.	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
9. Superficies resistentes a ácidos, álcalis, disolventes, desinfectantes y agentes de descontaminación y de fácil limpieza.	Exigida (mesa, si la hay)	Exigida (mesa, si la hay)	Exigida (mesa, si la hay, y suelo)	Exigida mesa, suelo, techo y paredes)
10. Medidas específicas para ventilar adecuadamente la zona controlada y de ese modo minimizar la contaminación atmosférica. *(Medida 6 g, tabla 3)*	Opcional	Opcional	Opcional	Exigida
11. Zona controlada con presión negativa respecto a la presión circundante. *(Medida 6 h, tabla 3)*	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
12. Tratamiento del aire de salida y entrada de la zona, filtrado con filtros HEPA. *(Medida 6 i, tabla 3)*	No exigida	No exigida	Exigida (aire de salida, facultativa para el aire de entrada)	Exigida (aire de entrada y de salida)
Normas de trabajo				
13. Sistemas cerrados situados en una zona controlada. *(Medida 6, tabla 3)*	No exigida	Opcional	Exigida	Exigida
14. Acceso restringido exclusivamente al personal autorizado. *(Medida 6 b, tabla 3)*	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
15. Obligación de indicar el peligro biológico. *(Medida 6 a, tabla 3)*	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
17. El personal deberá ducharse antes de abandonar la zona controlada. *(Medida 6 e, tabla 3)*	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
18. Indumentaria de protección para el personal. *(Medida 6 c, tabla 3)*	Exigida (indumentaria de trabajo)	Exigida (indumentaria de trabajo)	Exigida	Cambio completo de indumentaria antes de entrar y de salir
Residuos				
22. Inactivación de los OMG en los efluentes de lavabos, desagües y duchas o efluentes similares. *(Medida 6 f, tabla 3)*	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
23. Inactivación de los OMG en el material contaminado y en los residuos, incluidos los OMG presentes en el efluente de trabajo antes del vertido final. *(Medida 6 l, tabla 3)*	Opcional	Exigida, con medios validados	Exigida, con medios validados	Exigida, con medios validados

Tabla 4. Organismos Modificados Genéticamente. Cuadro II "Medidas de confinamiento y otras medidas de protección para otras actividades". Del Anexo II del Real Decreto 178/2004

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES.
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.

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.

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
Real Decreto 178/2004, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE
The large-scale contained use of biological agents.
HSE books http://books.hse.gov.uk/hse/public/saleproduct.jsf?catalogueCode=9780717615445

WAITES, M. J., MORGAN, N. L., ROCKEY, J. S. and HIGTON, G.
Industrial Microbiology: An Introduction.
London. Wiley-Blackwell 1 edition 2001.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

928

Sistemas de control de temperaturas y evacuación de humos de incendio

Smoke and heat control systems
Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur

Redactor:

Álvaro Fernández de Castro Díaz
Ingeniero de Montes

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN

Los sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH) son medios de protección frente al riesgo de incendio regulados en la normativa específica que es de aplicación en edificios y establecimientos industriales. El humo, por su gran movilidad y su elevada temperatura, favorece la propagación del incendio, pone en peligro la estabilidad estructural y representa un riesgo de atrapamiento y daño para las personas al inundar las vías de evacuación.

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 riesgo de incendio entra dentro del alcance de la "evaluación de riesgos" de un centro de trabajo. La Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales, en su artículo 20, determina, de una forma inequívoca, la exigencia de prever, entre otros, los medios adecuados de lucha contra incendios y de evacuación. Por otro lado, el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo determina, en su Anexo I, apartado 11, que *"Los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo dispuesto en la normativa que resulte de aplicación sobre condiciones de protección contra incendios".*

El humo y los gases calientes que se generan en el incendio, constituyen un factor de riesgo importante para los trabajadores. Entre otros peligros, podemos enumerar:

- Favorecen, por su gran movilidad y elevada temperatura, la propagación del incendio.
- Afectan a los elementos estructurales al someterlos a elevadas temperaturas.
- Inundan las vías de evacuación y salidas y pueden plantear un riesgo de atrapamiento.
- Dificultan la aproximación al incendio para los trabajos de extinción y control.
- Los bienes materiales que no se ven afectados por las elevadas temperaturas, sufren un deterioro importante por el olor y la corrosión de los humos y gases de combustión

2. NORMATIVA ESPECÍFICA

Se han de tomar como referencia los criterios de la normativa específica de protección contra incendios que le sea aplicable al centro de trabajo, edificio o establecimiento industrial:

- El Reglamento de Seguridad contra Incendios para los Establecimientos Industriales (RD 2267/2004, de 3 de diciembre).
- El Código Técnico de la Edificación – CTE (RD 314/2006, de 17 de marzo)

Como Normas vinculadas al CTE y al Reglamento de seguridad contra incendios hay que tener en cuenta las siguientes, de entre las citadas en el apartado de Bibliografía:

- UNE 23585:2004.
- UNE-EN 12101-1-2007/A1:2007.
- UNE-EN 12101-2:2004.
- UNE-EN 12101-3:2002.
- UNE-EN 12101-6:2006.
- UNE-EN 12101-10:2007.

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación queda regulado en las distintas disposiciones legales en vigor, en particular en el Apéndice 2: requisitos constructivos o de "protección pasiva". Apartado 7. Ventilación de humos y gases de combustión en los edificios industriales, del Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

El *ámbito de aplicación* que determina este reglamento está en función de las características del establecimiento industrial y según sea la actividad, de producción (tabla 1) y/o almacenamiento (tabla 2).

Código Técnico de la Edificación (CTE)

Al respecto, el CTE establece (Sección SI3. Evacuación de ocupantes. Apartado 8. Control del humo de incendio):
"En los casos que se indican a continuación debe instalarse un sistema de control de humos de incendio capaz de garantizar la evacuación de los ocupantes en condiciones de seguridad:

- Zonas de uso Aparcamiento que no tengan la consideración de aparcamiento abierto;
- Establecimientos de Uso Comercial o Pública Concurrencia cuya ocupación exceda de 1000 personas;
- Atrios, cuando su ocupación en el conjunto de las zonas y plantas que constituyan un mismo sector de incendio, exceda de 500 personas, o bien cuando esté previsto para ser utilizado para la evacuación de más de 500 personas".

CONFIGURACIÓN	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO		
	Bajo	Medio	Alto
A (el establecimiento forma parte del volumen de un edificio)	No aplica	Aplica si la Sc > 2.000 m²	(1)
B (el establecimiento es contiguo a otro edificio)			Aplica si la Sc > 2.000 m²
C (el establecimiento es un edificio exento, separado más de 3 m del más próximo)			
D y E (Configuraciones abiertas)	(2)	(2)	(2)
(1) No se autoriza este emplazamiento / (2) No se contempla / no aplica / Sc: superficie construida			

Tabla 1. Actividades de producción, montaje, transformación y reparación

CONFIGURACIÓN	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO		
	Bajo	Medio	Alto
A (el establecimiento forma parte del volumen de un edificio)	No aplica	Aplica si la Sc > 800 m²	(1)
B (el establecimiento es contiguo a otro edificio)			Aplica si la Sc > 800 m²
C (el establecimiento es un edificio exento, separado más de 3 m del más próximo)			
D y E (Configuraciones abiertas)	(2)	(2)	(2)
(1) No se autoriza este emplazamiento; (2) No se contempla / no aplica; Sc: superficie construida			

Tabla 2. Actividades de almacenamiento

Norma UNE 23585:2004

Es la norma que determina las condiciones de diseño, cálculo, instalación y mantenimiento de los SCTEH.

En esta norma se establece también el ámbito de aplicación. Aunque a estos efectos no tiene carácter de exigencia legal, los SCTEH se consideran aplicables en:

- Grandes complejos comerciales, con o sin atrio.
- Edificios industriales y almacenes protegidos con rociadores automáticos.
- Atrios y similares.
- Locales de ocio: polideportivos, multicines, teatros, etc.

La norma, por otro lado, considera estos sistemas como "solución alternativa" a la protección pasiva cuando no es posible el cumplimiento estricto de los requisitos reglamentarios, literalmente establece:

"…aplicables donde las dimensiones del edificio, su forma o su configuración hacen necesario los sistemas de control de humos y calor al no ser admisibles los procedimientos de protección pasiva requeridos en la Reglamentación que le sea de aplicación, bien por circunstancias funcionales del uso del edificio o bien, por requisito del propio diseño".

4. FUNDAMENTOS BÁSICOS

Se basan en el efecto de la *tendencia ascensiona***l** derivada de la menor densidad y mayor temperatura de los humos, el efecto "chimenea". Se habla también de la *flotabilidad térmica de los humos***.**

En ausencia de una extracción de humos, toda la zona o sector se llena con el humo y los gases calientes del incendio. (Figuras 1 y 2).

Si se practican aberturas y se subdivide la cara interna de la cubierta en compartimentos, con la ayuda de "barreras" o "cortinas" bajo la misma, se logrará que, en caso de incendio, la capa de humos y gases calientes permanezcan dentro de unos límites controlados. (Figura 3).

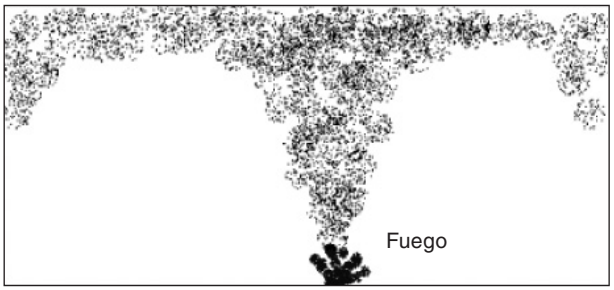


Figura 1. Propagación de humos y gases de combustión en una nave sin exutorios

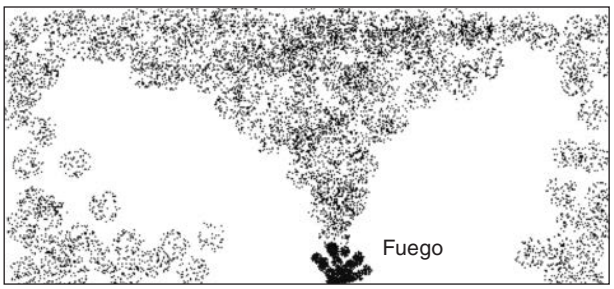


Figura 2. Propagación de humos y gases de combustión en una nave sin exutorios. La inundación de humos puede llegar a ser total

El humo tiende a acumularse bajo cubierta con una ligera sobrepresión respecto al ambiente exterior, y tiende a evacuar hacia fuera si se dispone de aberturas adecuadas, y sin agentes externos que lo impidan (Figura 4).

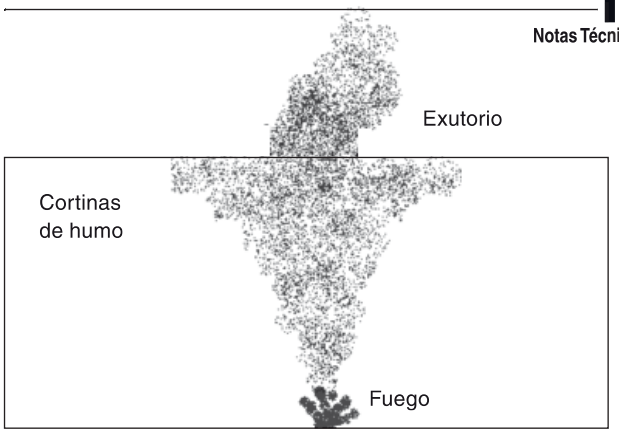


Figura 3. Propagación de humos y gases de combustión en una nave con exutorios y cortinas direccionales

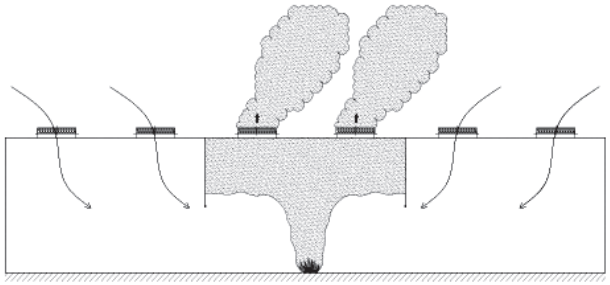


Figura 4. Esquema de funcionamiento del sistema: cortinas canalizadoras, exutorios de evacuación de humos y exutorios que sirven para la entrada de aire

5. OBJETIVOS Y APLICACIONES

Un SCTEH se debe diseñar para alcanzar uno o más de los siguientes objetivos y/o aplicaciones:

a) Mantener las vías de acceso y evacuación libres de humos.
b) Facilitar las operaciones de lucha contra el incendio al generarse la capa libre de humos.
c) Controlar la potencia térmica de los humos, reduciendo el riesgo de la combustión súbita generalizada o *flashover*.
d) Reducir el efecto térmico sobre los elementos de la estructura portante.
e) Proteger los equipamientos y los mobiliarios, enseres y accesorios.
f) Reducir los daños causados por los gases calientes y por la descomposición térmica de los productos.

Protección de los medios de evacuación y salidas

El SCTEH evita que el humo inunde las vías de evacuación y las salidas, permitiendo, por tanto, el desarrollo del plan de evacuación previsto en condiciones adecuadas de seguridad. En el diseño del sistema se determina, de acuerdo con las especificaciones de la Norma UNE 23585, la altura libre de humos necesaria y suficiente que debe quedar por debajo de la capa de humos para proteger las vías de evacuación.

Para los edificios, la norma establece una altura mínima libre de humos (limpia) para las rutas de evacuación, comprendida entre 2,5 m y 3 m, según características de uso.

Control de temperatura interior

El calor que se desprende del incendio se transmite al ambiente interior por radiación, conducción y convección. De estas tres formas, la transmisión del calor por convección, a través de los gases calientes y humos, es la más importante.

La salida al exterior o evacuación de los humos y gases de combustión lleva consigo una gran disipación térmica. Reduciéndose la temperatura interior se reduce el riesgo inherente a los elementos estructurales, sensibles al calor.

Acceso a la zona siniestrada

Los SCTEH se diseñan para dirigir la salida de humos y gases de combustión hacia el exterior y para impedir que se extiendan, de manera incontrolada, por el interior. Este control de la evacuación de los humos permite la aproximación a la zona del incendio y facilita la realización de los trabajos de extinción y las actuaciones del equipo de intervención.

Protección de los bienes

La protección de bienes y pérdidas viene implícita en las prestaciones o alcances de los sistemas:

- Garantizan la salida y evacuación de las personas.
- Previenen los daños a las estructuras.
- Reducen el daño por contaminación que producen los humos sobre las mercancías.
- Se reduce la propagación del incendio.

6. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE EVACUACIÓN DE HUMOS

Los elementos básicos que componen el sistema son:

- Las cortinas o barreras
- Los exutorios
- Las conexiones y elementos de control

Cortinas o barreras

En unos casos son “elementos separadores” o de sectorización, que actúan como barreras cortafuegos.

En otros casos son “elementos canalizadores”.

Las cortinas canalizadoras sirven para controlar y dirigir la salida del humo y los gases de combustión. Situadas en el techo, logran retenerlos formando un “depósito de humos” que evacuan por tiro natural hacia el exterior por las aberturas o exutorios instalados. (Figura 5)

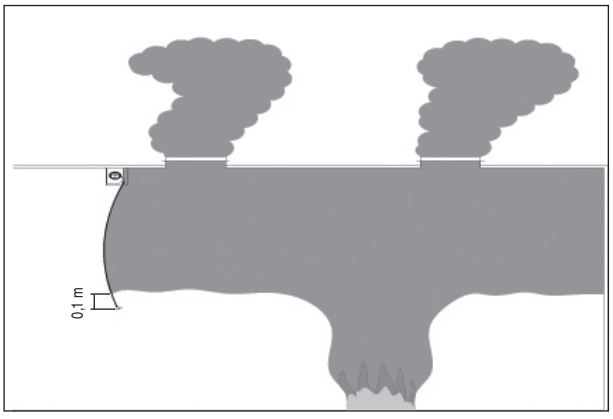


Figura 5. Cortina o barrera móvil desplegada conteniendo los humos y gases de combustión, formando la capa de humos, y propiciando su evacuación a través de los exutorios

Las “cortinas” o barreras pueden ser (figura 6):
- fijas o móviles,
- rígidas o flexibles.

Los exutorios

Son aireadores naturales de humos y calor (figuras 7 y 8). Hay tres tipos:
- de claraboya
- de lamas
- de ventana



Figura 6. Barrera móvil desplegada



Figura 7. Exutorios de lamas



Figura 8. Exutorios de “compuerta”

7. SISTEMAS DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Hay dos formas de aplicar los sistemas de protección por presión diferencial: por presurización y por despresurización.
- *Por presurización*: manteniendo una presión positiva en los espacios protegidos por encima de los niveles de presión de la zona de incendio.
- *Por despresurización*: eliminando los gases de la zona del incendio para reducir la presión del aire en la zona del incendio, o en los espacios colindantes, por debajo de la presión de los espacios protegidos contiguos.

Por otro lado, el control del humo por presión diferencial presenta distintos tipos de sistemas, según necesidades. Estos sistemas, por tanto, responden a requisitos técnicos y condiciones de diseño diferentes, fundamentalmente en relación con:
- El flujo de aire
- La diferencia de presión
- La fuerza de apertura de puerta

Los tipos de sistemas según norma son:
- *Clase A: Para medios de escape. Defensa “in situ”*: se asume que el edificio no será evacuado, el nivel de compartimentación es seguro y los ocupantes podrán permanecer en el interior.

Uso	Altura de evacuación descendente	Nivel de protección
Vivienda Administrativo Docente	14 - 28 m	Protegida
	> 28 m	Especialmente protegida
Comercial	10 - 20 m	Protegida
	> 20 m	Especialmente protegida
Residencial público	1ª planta - 28 m	Protegida
	> 20 m	Especialmente protegida
Hospitalario. Zonas de hospitalización o tratamiento intensivo	< 14 m	Protegida
	> 14 m	Especialmente protegida
Hospitalario. Otras zonas	10 – 20 m	Protegida
	> 20 m	Especialmente protegida
Aparcamiento	Especialmente protegida, en cualquier caso	
Uso	**Altura de evacuación ascendente**	**Nivel de protección**
Aparcamiento	Especialmente protegida, en cualquier caso.	
Otros usos	2,80 – 6,00 m	Protegida si la ocupación es > 100 personas
	> 6,00 m	Protegida

Tabla 3. Exigencia de protección de las escaleras

- *Clase B: Para medios de escape y lucha contra incendios:* cuando se pretende reducir al mínimo las posibilidades de contaminación grave por humos de los puestos de control de lucha contra incendios durante las operaciones de los medios para la evacuación de personas y de los servicios de extinción.
- *Clase C: Para medios de escape mediante evacuación simultánea:* se basan en el supuesto de que todos los ocupantes del edificio sean evacuados simultáneamente al activarse la señal de alarma de incendio. Es el tipo de protección más frecuente para la "protección de las escaleras".
- *Clase D: Para medios de escape. Riesgo de personas dormidas:* están concebidos para edificios cuyos ocupantes puedan estar durmiendo, por ejemplo hoteles, albergues, internados, etc. El tiempo requerido para alcanzar la zona protegida puede ser mayor.
- *Clase E: Sistemas de incendio y medios de escape:* se aplica a edificios donde la evacuación se realiza de forma escalonada o por fases.

En cualquier caso, la protección de una escalera con el sistema de presión diferencial conforme a la EN 12101-6:2005 se contempla en el CTE como una forma de considerar la "escalera protegida" (CTE SI, Anejo SI A), condición exigible según la altura de evacuación y uso del edificio (CTE SI 3, 5 "Protección de las escaleras" – Ver tabla 3).

Actualmente la norma referida en el CTE ha sido modificada y responde a la referencia: *"UNE-EN 12101-6:2006. Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 6: Especificaciones para los sistemas de diferencial de presión. Equipos".*

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269, 10-11-1995.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE núm. 97, 23-4-1997.

Código Técnico de la Edificación – CTE DB SI. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. BOE núm. 74, 28-3-2006.

Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre. BOE núm. 303, 17-12-2004.

Normas UNE: Criterios de diseño y cálculo y especificaciones

UNE 23585:2004. Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH). Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos en caso de incendio.

UNE – EN 12101–1:2007 /A1: 2007. Sistemas para el control de humos y calor. Parte 1: Especificaciones para barreras para el control de humos.

UNE – EN 12101–2:2004. Sistemas para el control de humos y calor. Parte 2: Especificaciones para aireadores de extracción natural de humos y calor.

UNE – EN 12101–3:2002. Sistemas para el control de humos y calor. Parte 3: Especificaciones para aireadores extractores de humos y calor mecánicos.

UNE – EN 12101–6:2006. Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 6: Especificaciones para los sistemas de diferencial de presión. Equipos.

UNE – EN 12101–10:2007. Sistema para el control de humo y de calor. Parte 10: Equipos de alimentación de energía.

prEN 12101-7 Parte 7: Especificaciones para Conductos para control de humos.

prEN 12101-8 Parte 8: Especificaciones para compuertas para control del humo.

prEN 12101-9 Parte 9: Especificaciones para paneles de control.

prEN 12101-11 Parte 11: Requisitos de diseño y métodos de cálculo de sistemas de extracción de humo y de calor considerando fuegos variables en función del tiempo.

Otras normas de consulta:

Regla Técnica CEPREVEN R.T 6. ENHC: "Sistemas de Extracción Natural de Humo y Calor". Diseño e instalación.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

929

Ropa de protección contra productos químicos

Chemical Protective Clothing against chemicals
Vetêments de protection contre les produits chimiques

Redactora:

Eva Cohen Gómez
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN

En esta Nota Técnica se muestra y describe la clasificación de la ropa de trabajo de protección frente a productos químicos en base a las correspondientes normas técnicas europeas armonizadas, excluyendo los requisitos generales aplicables a toda la ropa de protección, que ya está descrita en la NTP-769.

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 función de la ropa de protección contra productos químicos es evitar que éstos entren en contacto directo con la piel. Esto es una forma de controlar un riesgo de exposición, cuando éste no ha podido eliminarse o reducirse hasta los niveles deseados por otros medios. La exposición de la piel a productos químicos supone un riesgo si:

- El producto es peligroso para la salud.
- El producto se absorbe a través de la piel o la daña.
- La piel, aunque no se vea afectada directamente o sea vía de entrada, pueda servir de vehículo hacia otras rutas como, por ejemplo, las vías respiratorias.

Por tanto, la evaluación de riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, cuando hay agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, debería comenzar por determinar los peligros para la salud de los productos.

La información sobre la peligrosidad de las sustancias químicas y sus mezclas, así como las posibles vías de absorción, puede obtenerse mediante lossuministradores de las mismas. Las fuentes de información son la Etiqueta de los productos y la Ficha de Datos de Seguridad, ambas reguladas por el Reglamento REACH. En concreto, la Ficha de Datos de Seguridad requiere, en función de la clasificación de la sustancia o mezcla, que se especifique en su apartado 8 cuáles son los medios de control de la exposición y los equipos de protección personal necesarios para la manipulación del producto.

En particular, el anexo II del Reglamento, sobre cómo elaborar una Ficha de Datos de Seguridad, en cuanto a los equipos de protección individual, indica que se especifique en este apartado:

- Que los equipos que se utilicen sean conformes al RD 1407/1992 sobre c**omercialización y libre circulación de equipos de protección individual (trasposición de** la Directiva 89/686/EEC).
- Las normas europeas armonizadas específicas que sean de aplicación según los tipos de equipos recomendados.
- Las especificaciones para cada uno de ellos, por ejemplo, para guantes de protección, los materiales recomendados yla clasificación mínima en el ensayo de permeación (tiempo de paso o BTT) para el uso previsto.

La conformidad de los EPI con el RD 1407/1992 implica cumplimiento con la disposición sobre diseño y fabricación en materia de seguridad y salud que les afecta, condición que deben cumplir tal y como indica el artículo 5.3 del RD 773/1997, sobre utilización de EPI por los trabajadores.

En esta Nota Técnica de Prevención van a abordarse los tipos de ropa de protección contra agentes químicos definidos mediante las normas técnicas europeas armonizadas. Los requisitos generales aplicables a toda la ropa de protección se han descrito en la NTP 769 y no se abordarán aquí. Tampoco se considerarán los guantes de protección contra productos químicos, tratados en la NTP 748.

Los requisitos de la ropa de protección química se han definido en las normas técnicas, en base al estado físico del producto químico (sólido, líquido, gas),la cantidad de producto que pueda llegar al cuerpo o a una zona concreta de éste y la probabilidad de que se produzca una contaminación, es decir, si ésta es previsible por la tarea realizada o accidental.

2. TIPOS DE ROPA DE PROTECCIÓN QUÍMICA

Para determinar, de forma ordenada, el tipo de ropa de protección requerido, se puede seguir el diagrama de la figura 1 (a, b, c , d, e y f) que sigue hasta completar todas las posibilidades que las normas contemplan. El diagrama global se muestra en el Anexo I.

A partir de aquí, en caso de que sí exista exposición, la elección de un tipo u otro de ropa dependerá de si el producto es un gas, un líquido o un polvo.

Salvo para los líquidos, en todos los casos se requie-

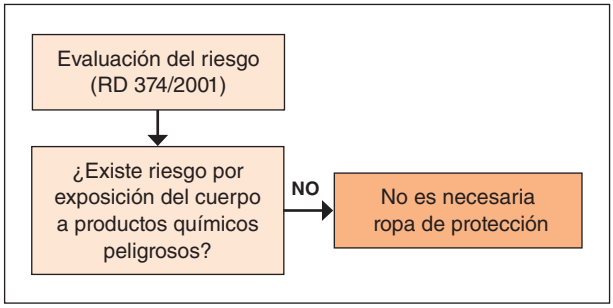


Figura 1a

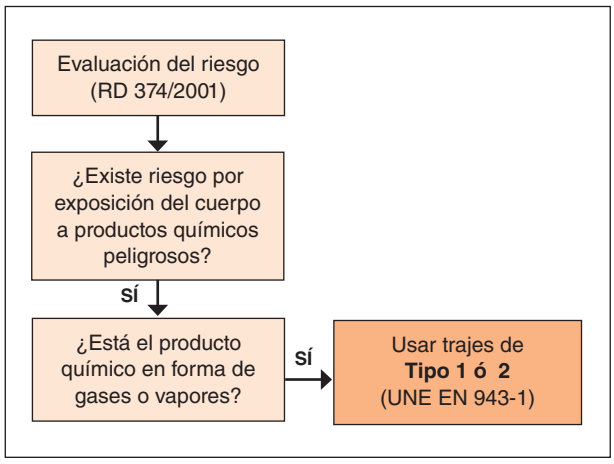


Figura 1b

ren trajes de protección, entendiendo por ellos prendas que cubren la mayor parte del cuerpo.

Los trajes de Tipo 1 o 2 son trajes que protegen el cuerpo completo. Los trajes de Tipo 1 tienen todas sus costuras y uniones herméticas en el propio traje, así como las conexiones con los demás accesorios integrales, como guantes, botas, etc. Su material es resistente a la permeación de los productos químicos que han sido ensayados. Puede haber tres posibilidades de diseño (Tipo 1a, 1b, o 1c) (figura 2), según que el equipo de protección respiratoria con el que debe usarse el traje vaya dentro o fuera del traje o por el contrario vaya conectado a una línea de aire respirable y a presión positiva. La elección de uno u otro depende de que la actividad a realizar sea más o menos compatible con alguno de los diseños.

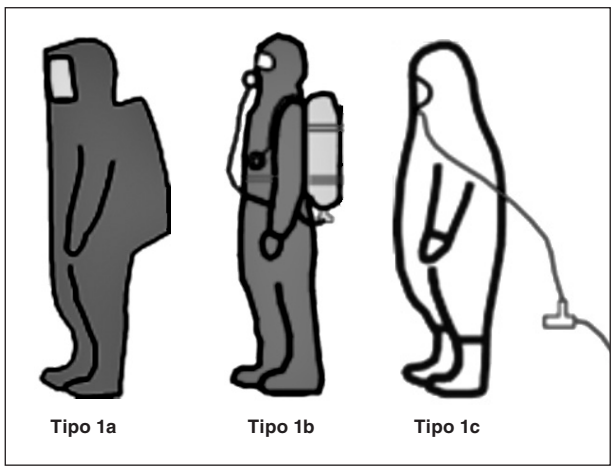


Figura 2.

Existen también equipos similares destinados a intervenir en situaciones de emergencia química. Son similares a estos últimos, aunque algunos requisitos son más exigentes y sus materiales resisten la permeación frente a toda una batería de productos químicos. Están contemplados en la norma UNE- EN 943-2.

Los trajes de Tipo 2 son similares al Tipo 1c, aunque, en este caso, la protección ofrecida se debe únicamente a la presión positiva, que impide la entrada de contaminantes desde el exterior, y no a la hermeticidad de uniones y costuras.

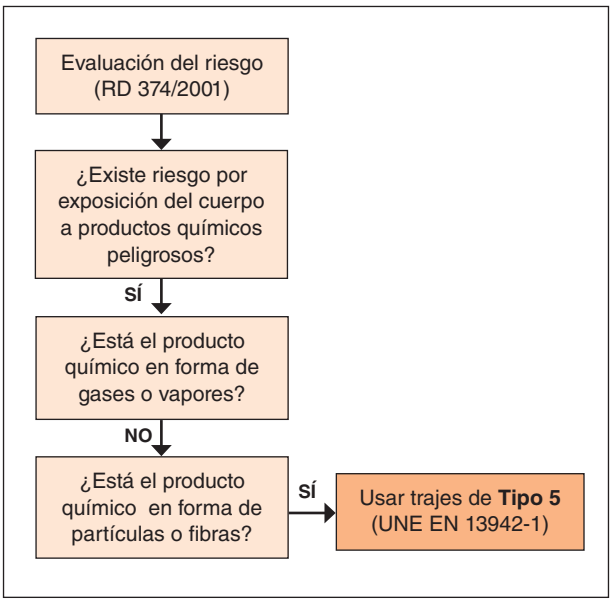


Figura 1c

Los trajes de protección de Tipo 5 son trajes contra partículas sólidas en suspensión. En estos trajes su hermeticidad se valora a través de un ensayo que determina la resistencia a la entrada, a través del traje, de un aerosol de partículas finas que, de forma abreviada, se llama "ensayo de fuga hacia el interior". Los materiales de estos trajes no tienen un ensayo específico de resistencia a la penetración, sino que se evalúan en su conjunto, en el ensayo anterior.

Estos trajes son generalmente desechables y son los recomendados, por ejemplo, para las actividades que implican exposición a fibras de amianto. En estos casos se usan, en la mayoría de las ocasiones, con equipos de protección adicionales, como guantes, botas, protección respiratoria, etc., que no forman parte integral del traje pero que se usan combinados, sellados en sus puntos de unión o no, según se indique en el folleto informativo del equipo.



Figura 3. Tipo 3 ó Tipo 4

En el caso de líquidos, se diferencian tres situaciones de exposición del trabajador, en función de cómo sea ésta y suponiendo que estos líquidos no producen cantidades importantes de vapores, ya que, si ésa fuera la situación, necesitaríamos trajes de tipo 1 o 2.

Los trajes de protección de Tipo 3 (figura 3) están destina-

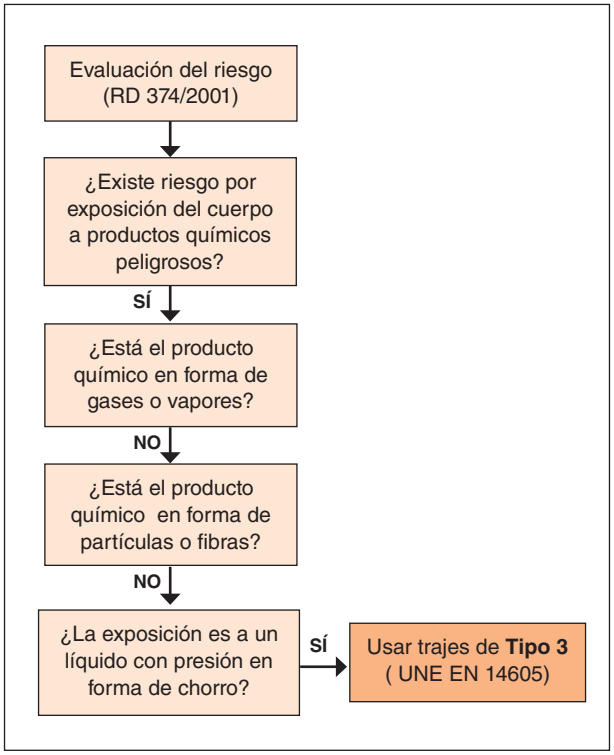


Figura 1d

dos a situaciones tales como las que podrían darse, por ejemplo, en plantas químicas con tuberías transportando, por ejemplo, ácidos, con probabilidad de proyecciones accidentales que deben contenerse por el personal de mantenimiento.

Estos trajes tienen tanto las costuras como las cremalleras y demás uniones del traje protegidas para evitar la entrada de líquidos con presión. El fabricante puede recomendar, además, su uso con prendas adicionales como, botas, guantes, e indicará en el folleto con qué combinación de EPI se ha alcanzado la hermeticidad requerida.

En estos trajes, se valora la resistencia que ofrecen a la penetración de un chorro de líquido, mediante un ensayo donde un probador, vestido con el traje, se somete a la proyección de un chorro de líquido con una presión indicada por la norma y dirigido hacia las partes más vulnerables del traje. Este ensayo se conoce por "el ensayo del chorro".

En cuanto a los materiales de estos trajes, se ensayarán para determinar la resistencia a la permeación a los productos químicos que el fabricante indique, que serán representativos del uso al que destinan los trajes. Estos trajes pueden ser de una pieza o de dos piezas llevadas simultáneamente.

Si la exposición al producto químico en forma de líquido no es de la magnitud de un chorro a presión, sino que es una exposición a un líquido pulverizado o incluso menor, como posibles salpicaduras de líquidos, que puedan tener lugar accidentalmente pero que afectan al cuerpo entero, se presenta una situación que puede resolverse de las dos formas planteadas en la figura 1e.

Los trajes de protección de Tipo 4 (figura 3) están destinados a situaciones con exposición a finas partículas de líquidos, tales como las que podrían darse, por ejemplo, en una cabina de pintura, o en la aplicación de productos fitosanitarios en agricultura, en las que el cuerpo entero está en contacto con el producto.

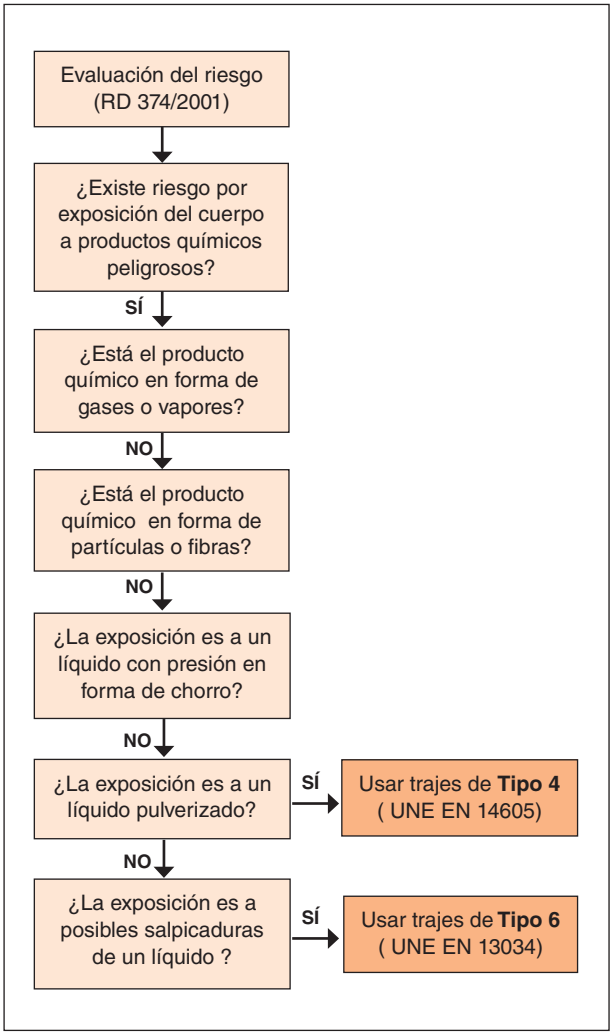


Figura 1e

A diferencia de los de Tipo 3, las uniones y cremalleras requieren, para estos trajes, un nivel menor de protección, ya que los líquidos pulverizados no ejercen la presión que ejerce un chorro de líquido. El fabricante puede recomendar además su uso con prendas adicionales, como botas, guantes, e indicará en el folleto con qué combinación de EPI se ha alcanzado la hermeticidad requerida.

En estos trajes, se valora la resistencia que ofrecen a la penetración de un líquido pulverizado o "spray" a través de un ensayo donde un probador, vestido con el traje, se somete a la pulverización de cuatro boquillas cada una de las cuales emite aproximadamente 1 litro de líquido pulverizado durante 1 minuto. Este ensayo se conoce comúnmente por "el ensayo del spray".

En cuanto a los materiales de estos trajes, éstos se ensayarán para determinar la resistencia a la permeación a los productos químicos que el fabricante indique, que serán representativos del uso al que destinan los trajes. Estos trajes pueden ser de una pieza o de dos piezas llevadas simultáneamente.

También puede darse la situación de que la exposición al líquido no sea importante en cuanto al volumen del mismo, pero que el producto sea de una peligrosidad para la salud tal que requiera un traje de Tipo 4, por ser la barrera que ofrece el material de este tipo de traje más efectiva que la que ofrece un traje de Tipo 6.

Los trajes de protección de Tipo 6 (figura 4) son los que ofrecen el nivel más bajo de protección química para el cuerpo entero. Están previstos para los casos en los que el riesgo haya sido evaluado como bajo y no sea necesaria una barrera completa contra la permeación de líquidos, bien porque los productos con los que se trabaja tienen una peligrosidad baja, bien porque la exposición es a pequeñas pulverizaciones o a salpicaduras accidentales de poco volumen, y en el caso de que fueran mayores, las tareas que se realizan permiten a los trabajadores actuar a tiempo de manera adecuada una vez contaminada la ropa, por ejemplo, sustituyéndola por una limpia.

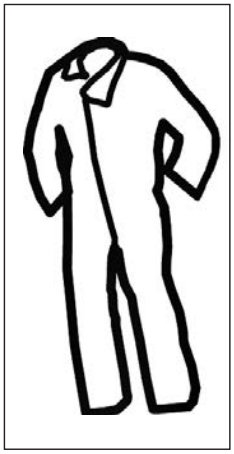


Figura 4. Tipo 6

En estos trajes, que pueden ser de una pieza o de dos piezas llevadas simultáneamente, se valora la resistencia que ofrecen a la penetración de un líquido pulverizado, similar al de los trajes de Tipo 4, pero donde un probador, vestido con el traje, se somete a la pulverización de cuatro boquillas que trabajan a un caudal que es aproximadamente la mitad del utilizado en trajes Tipo 4. Este ensayo se conoce comúnmente por "el ensayo del spray reducido".

En cuanto a los materiales de estos trajes, éstos no son resistentes a la permeación, son materiales transpirables que, como protección, ofrecen una determinada repelencia a líquidos, gracias a los tratamientos superficiales que reciben.

Si de la evaluación de riesgo, se desprende que la parte del cuerpo expuesta a líquidos es una zona en particular como, por ejemplo, el torso, que debe protegerse, en función del nivel de riesgo por el volumen de líquido o por la peligrosidad del mismo, las normas tienen previsto dos situaciones que se plantean en la figura 1f.

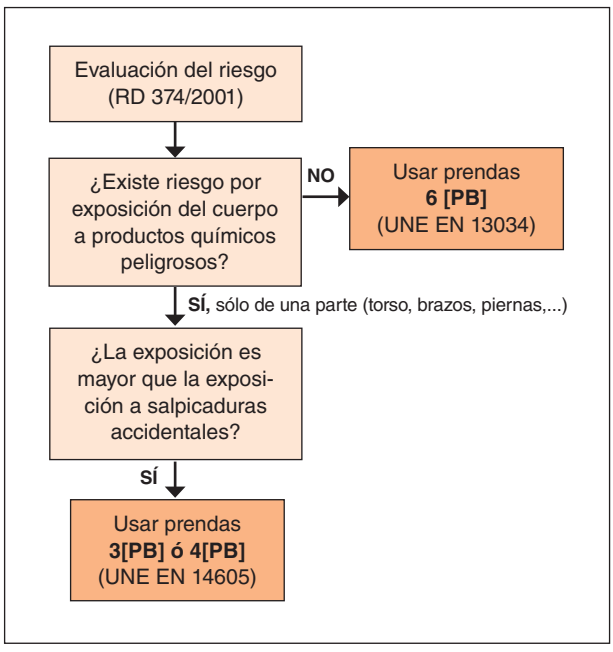


Figura 1f

Las prendas de protección parcial ([PB] (figura 5), del inglés *Partial Body*) son normalmente polainas, delantales, manguitos. Una chaqueta o un pantalón, también serían prendas de protección parcial, pero, si han llevarse juntas, el conjunto debe considerarse un traje, que debe ser sometido a los ensayos que le correspondan como traje completo.



Figura 5. Protección parcial (PB)

Pueden ser muy útiles en situaciones donde, por estar la exposición muy bien delimitada a una parte del cuerpo, podemos evitar sobreproteger al trabajador con una prenda de protección de cuerpo completo.

Los materiales de las prendas 3[PB] o 4[PB] se ensayarán para determinar la resistencia a la permeación a los productos químicos que el fabricante indique, que serán representativos del uso al que destinan los trajes.

Los materiales de las prendas 6[PB] no son resistentes a la permeación, sino que ofrecen una determinada repelencia a los líquidos.

Un esquema completo del proceso seguido se muestra en la figura 6.

3. NORMAS EUROPEAS ARMONIZADAS

Todos los requisitos de los distintos tipos de trajes y ropa de protección química están descritos en normas armonizadas, desarrolladas por el Comité Europeo de Normalización por mandato de la Comisión Europea. Los productos fabricados de acuerdo con estas normas se presuponen conformes a las Exigencias Esenciales de la Directiva 89/686/EEC que son de aplicación. Todas la normas europeas (EN) aplicables a trajes tienen su versión oficial UNE-EN en español.

Las primeras normas europeas sobre ropa de protección empezaron a publicarse a partir de 1992 y la mayoría han sido ya revisadas o está próxima la publicación de su primera revisión que anula y sustituye a la versión previa. En otras, se trabaja ya en la segunda revisión.

Es importante distinguir entre normas de requisitos, que son aquellas que marcan las especificaciones que deben alcanzarse en un determinado traje, y normas de procedimientos de ensayo.

Las normas de requisitos son las que están referenciadas en el diagrama de la figura 6 y en la tabla 1. En estas normas se especifica con respecto a qué procedimiento se deben evaluar los distintos requisitos. Así, la norma UNE-EN 14605 marca los requisitos de los trajes de tipo 3 y 4, esto es, que sus costuras y uniones sean herméticas a líquidos con presión o pulverizados así como otros requisitos adicionales. También debe indicar con respecto a qué normas de ensayo se evalúan esa resistencia a la penetración de un chorro de líquido o la resistencia a la penetración de un líquido pulverizado, así como según qué norma de ensayo debe determinarse la resistencia del material a la permeación del material y otros requisitos que pudiera haber de resistencia mecánica, inocuidad de materiales, etc.

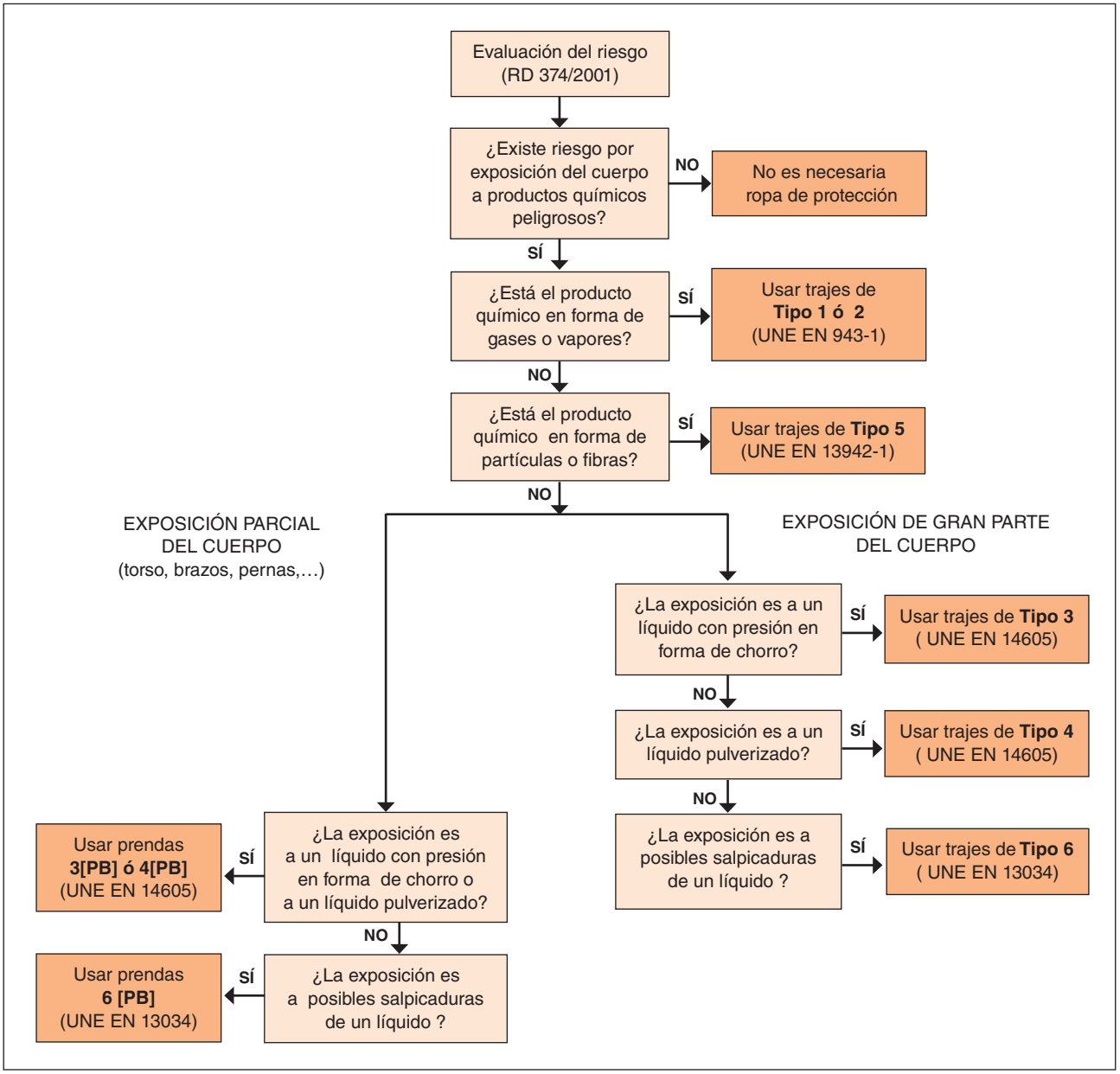


Figura 6. Diagrama general del proceso de selección

TIPO DE TRAJE	NORMA DE REQUISITOS
1a : Contra gases y vapores. Hermético **1b :** Contra gases y vapores. Hermético **1c :** Contra gases y vapores. Hermético y a presión positiva **2 :** Contra gases y vapores. No hermético y a presión positiva	UNE EN 943-1:2003
1a-ET: Contra gases y vapores. Hermético , destinado a equipos de emergencia **1b-ET:** Contra gases y vapores. Hermético , destinado a equipos de emergencia	UNE EN 943-2:2002
3 : Contra líquidos en forma de chorro	UNE EN 14605:2005+A1:2009
4 : Contra líquidos pulverizados	UNE EN 14605:2005+A1:2009
5 : Contra partículas sólidas en suspensión	UNE EN 13982-1:2005
6 : Contra líquidos en forma de salpicaduras	UNE EN 13034:2005+A1:2009
PB [3] y PB [4] : Protección parcial del cuerpo. Material del tipo 3 y 4	UNE EN 14605:2005+A1:2009
PB [6] : Protección parcial del cuerpo. Material del tipo 6	UNE EN 13034:2005+A1:2009

Tabla 1. Normas de requisitos

4. MARCADO

El marcado de la ropa de protección química engloba:

- Un marcado general según el RD 1407/1992, esto es, el marcado CE seguido del número identificativo del organismo notificado encargado del control de la producción, obligatorio para todos los EPI de categoría III. La ropa de guantes de protección química es considerada de categoría 3, por ofrecer una protección limitada en el tiempo, contra los riesgos por contacto con productos químicos que pueden ocasionar daños irreversibles en la salud.
- Un marcado específico, según normas europeas armonizadas aplicables, en base a los pictogramas siguientes (figura 7):
  - Pictograma de protección química: junto al pictograma se indicará el número de la norma de requisitos que sea aplicable según tipo de traje, con la fecha de su publicación.
  - Otros pictogramas sobre peligros adicionales también cubiertos, si los hubiera. Por ejemplo: algunos trajes de protección química son también trajes de protección contra agentes biológicos, en cuyo caso aparecería también el pictograma correspondiente.
  - El pictograma de "Consultar el folleto informativo": debe usarse junto a los demás pictogramas, e indicará la necesidad de consultar el folleto para información sobre todas las prestaciones del traje, así como instrucciones de uso, cuidados, etc.
  - Otras marcas, como el pictograma referente a tallas, el de "un solo uso", si corresponde, etc. Esta información, aplicable de forma general a toda la ropa de protección, está indicada en la NTP 769.

5. FOLLETO INFORMATIVO

Esta información debe acompañar a cada artículo de ropa de protección química o al menos a cada unidad de embalaje comercial. El propósito es garantizar que al usuario le lleguen estas instrucciones.

El contenido general de este folleto ha sido comentado en la NTP 769. Se destacan aquí únicamente los aspectos más relevantes de la protección química que deben aparecer:

- La referencia a la norma de requisitos según sea el tipo de traje e identificación del Tipo de ropa de protección química del cuerpo completo "Tipo 3" o "Tipo 4", o como protección parcial del cuerpo Tipo PB [3] o PB [4].
- Los equipos de protección individual adicionales que han de llevarse, si es aplicable, y la manera de acoplarlos para alcanzar el nivel de prestación declarado para el traje.
- Un listado de los productos y compuestos químicos con los que se ha ensayado el material del traje de protección y las clases obtenidas en los ensayos de permeación y/o penetración. En principio el uso de la ropa debe estar restringido a los productos químicos listados, pero, si la lista representa sólo una selección de la información disponible, esto se debe indicar claramente y se debe incluir una referencia sobre dónde se puede obtener dicha información, por ejemplo: un catálogo, el número de teléfono, fax o página web del fabricante, etc.
- Resto de niveles de prestación obtenidos en otros ensayos, preferiblemente en una tabla; explicación del significado de estos niveles de prestación.
- Toda la información relevante acerca de los procedimientos de limpieza y desinfección, la reaplicación de tratamientos, etc.
- Información necesaria para personas entrenadas acerca de:las aplicaciones y las limitaciones de uso (rango de temperatura, etc.),las pruebas que el usuario debe realizar antes de su uso (si es el caso),el ajuste y la retirada del equipo (si es aplicable), la forma de desechar la ropa de protección química contaminada como residuo peligroso.

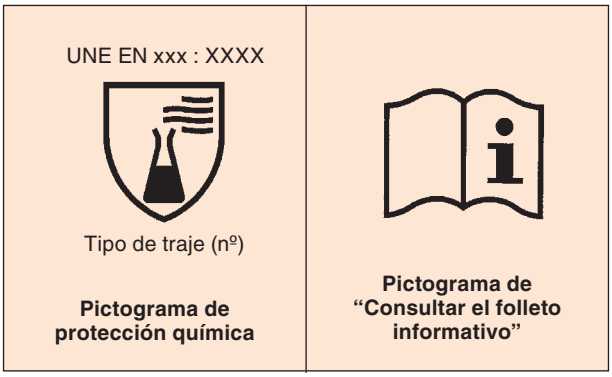


Figura 7. Pictogramas

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales (BOE 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. (BOE de 12 de junio).

Reglamento (CE) n.º 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 mezclas químicas (REACH).

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) BOE 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 (BOE de 8 de marzo).

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 (BOE de 1 de mayo).

UNE-EN 340:2004, Ropa de protección.- Requisitos generales.

UNE-EN 943-1:2003 y erratum UNE-EN 943-1:2003/AC:2006, Ropa de protección contra productos químicos líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Parte1: 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 13034:2005+A1:2009, Ropa de protección contra productos químicos líquidos. Requisitos de prestaciones para la ropa de protección química que ofrece protección li mitada contra productos químicos líquidos (equipos de tipo 6 y de tipo PB [6]).

UNE-EN ISO 13982-1:2005+A:2010, 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 14126:2004, Ropa de protección. Requisitos y métodos de ensayo para la ropa de protección contra agentes biológicos.

UNE-EN 14605:2005+A1:2009, 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 23758: 1994, Textiles. Código para etiquetado de conservación por medio de símbolos.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

930

Toma de muestras personal: determinación de la incertidumbre del volumen de aire muestreado

Personal sampling: determination of the uncertainty of the sampled air volume
Échantillonnage individuel : détermination de l'incertitude du volume de l'air prélevé

Redactoras:

Begoña Uribe Ortega
Lda. en Ciencias Químicas

Natividad Montes Beneitez
Lda. en ciencias Químicas

Mª José Quintana San José
Dra. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

Siguiendo los criterios de la Guía ISO (GUM) y de la norma europea EN 482:2007, este documento aporta información para la determinación de la incertidumbre del volumen de aire muestreado cuando se utilizan bombas de muestreo que operan a volumen constante y cumplen los requisitos especificados en la norma UNE-EN 1232

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 mayoría de los métodos de toma de muestra y análisis utilizados para determinar la concentración ambiental de los agentes químicos, 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, quedando los agentes químicos retenidos en el mismo.

La concentración ambiental del agente químico se calcula como el cociente de la masa analizada del mismo y el volumen de aire muestreado, por lo que la incertidumbre asociada a dicha concentración se determina como una combinación de la incertidumbre asociada a ambos parámetros. Por lo tanto, una de las componentes fundamentales de la incertidumbre de medida de la concentración ambiental es la asociada a la medida del volumen de aire muestreado.

2. DEFINICIONES

Para el propósito de este documento se aplican los siguientes términos y definiciones dados en la "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" (GUM) y en el "Vocabulario Internacional de Metrología" (VIM).

- *Mensurando:* Magnitud particular objeto de medición.
- *Incertidumbre típica (u):* Incertidumbre del resultado de una medición, expresada en forma de una desviación típica experimental.
- *Incertidumbre típica combinada (u_c):* Incertidumbre típica del resultado de una medición, cuando el resultado se obtiene a partir de los valores de otras magnitudes, igual a la raíz cuadrada de una suma de términos, siendo estos las varianzas o covarianzas de esas otras magnitudes, ponderadas en función de la variación del resultado de medida con la variación de dichas magnitudes.
- *Incertidumbre expandida (U):* Magnitud que define un intervalo en torno al resultado de una medición, y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mensurando[1].
- *Factor de cobertura:* Factor numérico utilizado como multiplicador de la incertidumbre típica combinada, para obtener la incertidumbre expandida.
- *Repetibilidad:* Grado de concordancia entre los resultados de sucesivas mediciones del mismo mensurando, mediciones efectuadas con aplicación de las mismas condiciones de medida.
- *Desviación típica experimental:* Para una serie de n mediciones de un mismo mensurando, es la magnitud s que caracteriza la dispersión de los resultados, dada por la ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}$$

siendo x_i el resultado de la i-ésima medición y $\bar{x}$ la media aritmética de los n resultados considerados.

3. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE

El volumen de aire muestreado se calcula como producto del caudal de aspiración de la bomba y de la duración del muestreo. Todos los factores que afectan al caudal y tiempo de muestreo afectarán al volumen de muestreo y deben ser considerados para estimar la incertidumbre.

1. *La fracción puede entenderse como la probabilidad o nivel de confianza del intervalo.*

Durante la toma de muestra, el caudal puede verse afectado por factores tales como fluctuaciones en la pérdida de carga del elemento de muestreo, fluctuaciones de la temperatura, deriva del caudal a lo largo del muestreo, etc., y por consiguiente deben considerarse sus contribuciones a la incertidumbre en el caudal de muestreo.

Las fuentes de la incertidumbre que deben considerarse como mínimo son:

a) Medida del caudal de muestreo
   - Variabilidad de las lecturas del caudal de la bomba
   - Del medidor de caudal
b) Estabilidad del caudal durante la toma de muestra
c) Medida del tiempo de muestreo.

4. EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA MEDIDA DEL CAUDAL

La incertidumbre de medida del caudal depende de las incertidumbres asociadas a la calibración del medidor de caudal utilizado y a la variabilidad de las lecturas del mismo.

Incertidumbre asociada a la lectura del caudal

La incertidumbre típica asociada a la medida del caudal se evalúa a partir de datos experimentales de repetibilidad, de acuerdo con la expresión:

$$u_{lectura} = \frac{CV}{\sqrt{n}}$$

donde:
CV : es el coeficiente de variación de las lecturas, en %,
n : es el número de lecturas repetidas.

El coeficiente de variación experimental de las lecturas del caudal se puede calcular a partir de los resultados de $n \geq 10$ mediciones repetidas del mismo, realizadas durante los ensayos de verificación de las bombas descritos en CR-01 (6) o de los resultados de mediciones anteriores.

Alternativamente y dado que se recomienda que el caudal sea medido al menos por triplicado, al inicio y al final del muestreo, se puede utilizar el coeficiente de variación de dichas lecturas.

Incertidumbre asociada al medidor de caudal primario

La incertidumbre asociada al medidor de caudal se evalúa teniendo en cuenta:
- la incertidumbre asociada a la calibración del medidor,
- la incertidumbre asociada a la deriva del medidor,

de acuerdo con la expresión:

$$u_{medidor} = \sqrt{u^2_{calibración} + u^2_{deriva}}$$

Incertidumbre asociada a la calibración

La calibración del medidor de caudal puede ser realizada por un laboratorio acreditado (calibración externa), o por el propio laboratorio frente a un medidor de referencia (calibración interna).

En el caso de la *calibración externa* la incertidumbre asociada al medidor se calcula a partir de los datos de incertidumbre indicados en el certificado de calibración del medidor, asumiendo una distribución normal de acuerdo con la expresión:

$$u_{calibración} = \frac{U_{certificado}}{k}$$

Siendo:
$U_{certificado}$: la incertidumbre expandida indicada en el certificado, en %,
k : el factor de cobertura.
k = 2 corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
k = 3 corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 99 %.

En el caso de la *calibración interna*, el procedimiento para el cálculo de la incertidumbre que se indica a continuación es aplicable a la calibración interna de un medidor de caudal frente a otro que se toma como referencia y del que se dispone de su certificado de calibración (4.3 de CR-01).

La incertidumbre asociada a la calibración del medidor de cauda, se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$u_{medidor} = \sqrt{u^2_{res} \quad u^2_{prec} \quad \left(u^2_{ref} \quad u^2_{der}\right) \quad u^2_{cor}}$$

siendo:
u_{res} : la incertidumbre típica asociada a la resolución del medidor, en %,
u_{prec} : la incertidumbre típica asociada a la variabilidad de las lecturas, en %,
u_{ref} : la incertidumbre típica asociada al medidor de referencia, en %,
u_{der} : la incertidumbre típica asociada a la deriva del medidor de referencia, en %,
u_{cor} : la incertidumbre típica asociada a la corrección de la calibración, en %.

En el apartado 10 se propone un ejemplo del cálculo de la incertidumbre en el caso de una calibración interna.

En cualquier tipo de calibración (externa o interna) de un medidor primario, las lecturas del caudal no están afectadas por las diferencias de presión y temperatura entre la calibración y el uso y, por lo tanto, no es necesario añadir estos componentes de incertidumbre.

Incertidumbre asociada a la deriva del medidor

La componente de la incertidumbre típica asociada a la deriva del medidor de caudal, se calcula asumiendo una distribución rectangular de acuerdo con la expresión:

$$u_{deriva} = \frac{D}{\sqrt{3}}$$

siendo D la deriva del medidor, en %.

Dicha deriva puede estimarse a partir:
- del valor de exactitud dado por el fabricante, en % ,
- del histórico de calibración del medidor de caudal, como la diferencia máxima de la corrección entre dos calibraciones consecutivas.

$$D = \frac{\left|c_n - c_{n-1}\right|}{Q} \times 100$$

siendo:
c_n : la corrección para el valor del caudal de muestreo, obtenida del certificado o informe de calibración n,

c_{n-1} : la corrección para el valor del caudal de muestreo, obtenida del certificado o informe de calibración n-1
Q : el caudal de muestreo.

5. EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA VARIACIÓN DEL CAUDAL DURANTE EL MUESTREO

La componente de la incertidumbre típica asociada a la variación del caudal durante el muestreo, se calcula asumiendo una distribución rectangular de acuerdo con la expresión:

$$u_{estabilidad} = \frac{\Delta Q}{\sqrt{3}}$$

siendo (ΔQ) la variación de caudal, en %.

Dicha variación puede estimarse a partir:

- del valor dado por el fabricante, siempre que esté garantizado a través de los ensayos de verificación que la bomba sigue cumpliendo con las especificaciones indicadas en el manual de instrucciones de la bomba.
- de los resultados obtenidos en el ensayo de verificación de la estabilidad del caudal con el aumento de la pérdida de carga, descrito en el apartado 3.4.1 de CR-01. La variación se determina como la diferencia, en %, entre el caudal para la máxima y mínima pérdida de carga (ΔP) ensayada.

$$\Delta Q = \frac{Q_{\Delta P\ mínima} - Q_{\Delta P\ máxima}}{Q_{ajuste}} \times 100$$

- de la desviación máxima permitida por la norma UNE-EN 1232 (± 5 %), una vez comprobado experimentalmente que la desviación obtenida es inferior a dicho valor.

6. EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ASOCIADA AL TIEMPO DE MUESTREO

La componente de la incertidumbre típica asociada al tiempo de muestro (u_{tiempo}), se puede calcular asumiendo una distribución rectangular de acuerdo con la expresión:

$$u_{tiempo} = \frac{\Delta t}{\sqrt{3}}$$

$$\Delta t = \frac{R_{medidor\ -\ tiempo}}{t_{muestreo}} \times 100$$

siendo:
Δt : la resolución relativa de la lectura del tiempo de muestreo, en %,
$R_{medidor-tiempo}$: la resolución del medidor de tiempo,
t : el tiempo de muestreo.

- Si la resolución del medidor de tiempo es de 1 segundo, la componente de la incertidumbre asociada al tiempo de muestreo es despreciable en todos los casos.
- Si la resolución del medidor de tiempo es de 1 minuto, la componente de la incertidumbre debe tenerse en cuenta, especialmente para muestreos de corta duración.
- Si la bomba lleva incorporado un cronómetro que cumple la norma UNE - EN 1232, la resolución relativa, Δt, con que se toma la lectura del tiempo será 1,04 %.

7. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE TÍPICA COMBINADA

Una vez que se han evaluado y calculado las fuentes de incertidumbre asociadas al volumen de aire muestreado deben combinarse para obtener la incertidumbre típica combinada ($u_{c,volumen}$), en %. La combinación de las componentes de incertidumbre se lleva a cabo aplicando la ley de propagación de errores, según la expresión:

$$u_{c\,,\,volumen} = \sqrt{u^2_{lectura}\quad u^2_{medidor}\quad u^2_{estabilidad}\quad u^2_{tiempo}}$$

de donde los términos de la segunda parte de la expresión son las incertidumbres típicas calculadas en los apartados 4, 5 y 6.

8. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

La incertidumbre expandida ($U_{volumen}$) se calcula multiplicando la incertidumbre típica combinada por un factor de cobertura, k, de acuerdo con la expresión:

$$U_{volumen} = k \times u_{c\,,\,volumen}$$

donde:
$u_{c,volumen}$: es la incertidumbre típica combinada, en %,
k : es el factor de cobertura.

Se recomienda utilizar un valor para el factor de cobertura de k = 2 que corresponde aproximadamente a un 95 % de probabilidad de que el caudal de muestreo se encuentre en el intervalo (Caudal ± U).

El Apéndice B del documento CR-04 (7) recoge un ejemplo detallado del cálculo de la incertidumbre del volumen de muestreo.

9. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Se recomienda indicar el volumen de aire muestreado (V) junto con su incertidumbre expandida ($U_{volumen}$) obtenida en el apartado 8, como: V (litros) ± U (%) o como: V (litros) ± U (litros).

Conviene indicar el procedimiento utilizado para calcular la incertidumbre expandida y el factor de cobertura aplicado.

Se recomienda que el valor numérico de la incertidumbre se exprese, como máximo, con dos cifras significativas. El valor numérico del volumen debe redondearse a la menor cifra significativa de la incertidumbre expandida en valor absoluto.

10. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE PARA LA CALIBRACIÓN INTERNA DE UN MEDIDOR DE CAUDAL PRIMARIO

En este apartado se muestra un ejemplo de cálculo de la incertidumbre de la calibración interna de un medidor de caudal primario, cuyo intervalo de operación es de 20 ml/min a 6 l/min.

La calibración se ha realizado por comparación con un medidor calibrado en el intervalo de 50 ml/min a 1000 ml/min por un organismo acreditado, que sirve como patrón de referencia para la calibración. La incertidumbre

máxima de la medida indicada en el certificado es ± 1,2 % lectura (k =2). El patrón de referencia se ha almacenado siempre en las mismas condiciones de temperatura y humedad.

El medidor de caudal a calibrar es un caudalímetro de burbuja. El intervalo de calibración se ha establecido entre 50 ml/min y 200 ml/min, que es el intervalo habitual de utilización del medidor. Según las especificaciones del fabricante, la indicación del caudal se realiza en ml/min con cuatro dígitos y la exactitud de las lecturas es como máximo 1 %.

El laboratorio dispone de un procedimiento de calibración interno, que describe con todo detalle las operaciones a seguir para realizar la calibración de los medidores y como utilizar los resultados obtenidos.

La tabla 1 recoge las lecturas repetidas de caudal en ml/min del medidor a calibrar y los valores medios del patrón de referencia en las condiciones de calibración:

Patrón de referencia	Medidor a calibrar		
44,93	47,75	47,80	47,80
68,52	71,80	71,85	71,80
92,21	96,40	96,50	96,50
139,6	145,2	145,0	145,2
187,9	195,0	194,9	195,0

Tabla 1. Lecturas del caudal

Cálculo de la corrección

Los resultados indican que las lecturas proporcionadas por el medidor a calibrar son significativamente diferentes de las indicadas por el medidor de referencia, por lo que en una futura utilización del medidor se debe considerar la corrección de las lecturas.

La corrección se calcula como la diferencia entre la media de las lecturas proporcionadas por el medidor de referencia y el medidor a calibrar.

Corrección = valor de referencia – valor del medidor a calibrar

Esta corrección debe indicarse en el informe de calibración.

Cálculo de la incertidumbre de la calibración

La incertidumbre asociada al medidor de caudal, calibrado internamente, se puede obtener para cada punto de calibración de acuerdo con la expresión (A):

$$u_{medidor} = \sqrt{u_{res}^2 \quad u_{prec}^2 \quad \left(u_{ref}^2 \quad u_{der}^2\right) \quad u_{cor}^2} \qquad (A)$$

Resolución

La incertidumbre típica asociada a la resolución del medidor a calibrar se calcula asumiendo una distribución rectangular, de acuerdo con la expresión:

$$u_{resolución} = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

siendo (d) la resolución del medidor, en ml/min.

Precisión

La incertidumbre típica asociada a la precisión se calcula mediante la expresión:

$$u_{precisión} = s$$

siendo (s) la desviación típica de las lecturas en cada punto de calibración, en ml/min.

Referencia

La incertidumbre asociada a la referencia se calcula a partir de los datos indicados en el certificado de calibración de acuerdo con la expresión:

$$u_{referencia} = \frac{\left(U_{certificado} \times lectura / 100\right)}{k}$$

siendo:
$U_{certificado}$: la incertidumbre indicada en el certificado de calibración del medidor de referencia, en %,
k : el factor de cobertura indicado en el certificado de calibración.

Deriva

La incertidumbre asociada a la deriva del medidor de referencia se calcula a partir del dato de exactitud indicado en las especificaciones del medidor, asumiendo una distribución rectangular de acuerdo con la expresión:

$$u_{deriva} = \frac{\left(E \times lectura / 100\right)}{\sqrt{3}}$$

siendo (E) la exactitud indicada por el fabricante, en %.

Corrección

La incertidumbre asociada a la corrección se calcula como la desviación típica de la media:

$$u_{corrección} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

siendo:
s : la desviación típica de las lecturas en cada punto de calibración,
n : el número de lecturas en cada punto.

La tabla 2 recoge los datos necesarios para el cálculo de la incertidumbre.

La incertidumbre típica combinada para cada punto de la calibración se obtiene combinando las componentes indicadas anteriormente de acuerdo con la expresión (A). La tabla 3 recoge los valores calculados de cada componente de incertidumbre.

Dado que la incertidumbre absoluta de cada punto de calibración es proporcional a la indicación del instrumento, *lec*, la incertidumbre expandida se puede expresar en %.

$$U = \pm 1{,}7\ \%\ lec\ (k = 2)$$

Lectura media (ml/min)	47,78	71,82	96,47	145,1	195,0
Nº lecturas	3	3	3	3	3
Desviación típica (ml/min)	0,0289	0,0289	0,0577	0,1155	0,0577
Resolución (ml/min)	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1
Deriva (ml/min)	0,27588	0,41463	0,55695	0,83793	1,12564
U (k=2) del medidor de referencia, (ml/min)	0,5734	0,8618	1,1576	1,7416	2,3396

Tabla 2. Datos necesarios para el cálculo de la incertidumbre

	(ml/min)				
Caudal	**47,78**	**71,82**	**96,47**	**145,1**	**195,0**
$u_{resolución}$	0,00577	0,00577	0,00577	0,05773	0,05773
u_{deriva}	0,27588	0,41463	0,55695	0,83793	1,12564
$u_{precisión}$	0,02887	0,02887	0,05774	0,11547	0,05774
$u_{referencia}$	0,28670	0,43090	0,57880	0,87080	1,16980
$u_{corrección}$	0,01667	0,01667	0,03333	0,06667	0,03333
u_c	± 0,399	± 0,599	± 0,806	± 1,217	± 1,626
$U_{calibración}$ (k=2)	± 0,799	± 1,198	± 1,612	± 2,434	± 3,252

Tabla 3. Valores calculados de cada componente de incertidumbre

Informe de la calibración

En el informe de calibración se indicará la fecha, una breve descripción del procedimiento seguido, así como las condiciones ambientales en las que se ha realizado la calibración. También se incluirá una referencia que identifique el medidor utilizado como patrón de referencia y el medidor a calibrar.

El informe recogerá, como mínimo, la corrección para cada punto de calibración y la incertidumbre expandida (tabla 4).

Medidor de referencia	Medidor a calibrar	Corrección
44,93	47,78	-2,85
68,52	71,82	-3,29
92,21	96,47	-4,25
139,6	145,1	-5,5
187,9	195,0	-7,1
U(k = 2) ± 1,7 % lec		

Tabla 4. Resultados de la calibración (ml/min)

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

UNE-EN 1232:1997 Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.

UNE-EN 482:2007 Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos.

EURACHEM.
EURACHEM/CITAC Guide CG 4. Quantifying uncertainty in analytical measurement (QUAM). 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO).
Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). 1993 [versión en español: Centro Español de Metrología. Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. 2000].

JOINT COMMITTEE FOR GUIDES IN METROLOGY (JCGM).
International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM). 2008.
[versión en español: Centro Español de Metrología. Vocabulario Internacional de Metrología – Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. (VIM). 3ª Edición. 2008].

URIBE B, QUINTANA MJ.
Criterios y Recomendaciones. Bombas de muestreo personal para agentes químicos. CR-01/2056.
INSHT. 2007.

URIBE B, QUINTANA MJ.
Criterios y Recomendaciones. Determinación de la incertidumbre de medida de agente. Incertidumbre del volumen de aire muestreado. CR-04/2008.
INSHT. 2008

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272.13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

931

Determinación de la incertidumbre de medida de agentes químicos (I): gases y vapores

Determination of the uncertainty of chemical agents' measurement (I): gases and vapours
Détermination de l'incertitude de mesure d'agents chimiques (I) : gaz et vapeurs

Redactoras:

Begoña Uribe Ortega
Lda. en Ciencias Químicas

Natividad Montes Beneitez
Lda en ciencias Químicas

Mª José Quintana San José
Dra. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

Siguiendo los criterios de la Guía ISO (GUM) y de la norma UNE- EN 1076:2010, este documento aporta información para la determinación de la incertidumbre de medida de agentes químicos presentes en la forma de gases o vapores, a partir de la información de validación de los Métodos de Toma de muestra y Análisis (MTA) del INSHT.

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 el campo de la evaluación de la exposición a agentes químicos en los lugares de trabajo, una forma de evaluar la exposición es medir la concentración del agente químico en aire en la zona de respiración del trabajador.

La concentración del agente químico se calcula como el cociente entre la masa del agente químico presente en el muestreador y el volumen de aire que pasa a través del mismo. Por tanto, para estimar la incertidumbre asociada a la concentración del agente químico en el aire, hay que considerar todos los factores que afecten a la determinación de la masa del agente químico y del volumen de aire. Además, hay que tener en cuenta que la masa retenida en el muestreador puede verse afectada por factores tales como la eficacia de muestreo, las condiciones ambientales del lugar de trabajo y la concentración del agente químico en el aire. Otro factor a considerar en la estimación de la incertidumbre es la pérdida de masa que puede producirse en la etapa de transporte y almacenamiento.

Este documento es una guía sobre como estimar la incertidumbre asociada a la determinación de la concentración de agentes químicos en el aire en el lugar de trabajo haciendo uso de los datos referentes a los equipos utilizados en el muestreo, de la información que se obtiene de los métodos de toma de muestra y análisis del INSHT (MTA), y de la obtenida por el laboratorio en la aplicación de dicho método.

2. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medida está formada, en general, por muchos componentes. Para realizar una estimación de la incertidumbre, deben seguirse los pasos siguientes:

- Especificación del mensurando, que en este caso es la concentración de agente químico en el aire en el lugar de trabajo.
- Identificación de las principales fuentes de incertidumbre.
- Cuantificación individual de cada componente.
- Combinación de las componentes para obtener la incertidumbre típica combinada, uc.
- Cálculo de la incertidumbre expandida, U.

3. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Con el fin de identificar las principales fuentes de incertidumbre, deben estudiarse cuidadosamente todas las etapas del método de medición (muestreo, transporte y almacenamiento, y análisis de la muestra). La figura 1 muestra las principales componentes de incertidumbre que afectan a la determinación de la concentración de agentes químicos en el lugar de trabajo.

4. CUANTIFICACIÓN DE LAS COMPONENTES DE LA INCERTIDUMBRE

Las componentes de la incertidumbre son la asociada al muestreo, la asociada al transporte y almacenamiento y la asociada al análisis.

Incertidumbre asociada al muestreo

En relación con el muestreo, se pueden diferenciar dos tipos de fuentes de incertidumbre: las asociadas a los equipos utilizados en el muestreo (caudal y tiempo de muestreo) y las asociadas al funcionamiento del muestreador (eficacia de muestreo, condiciones ambientales, etc.)

Caudal de muestreo

En un muestreo por aspiración, la incertidumbre relativa asociada al caudal se calcula por combinación de las incertidumbres relativas asociadas al medidor de caudal utilizado para ajustar la bomba al caudal requerido para

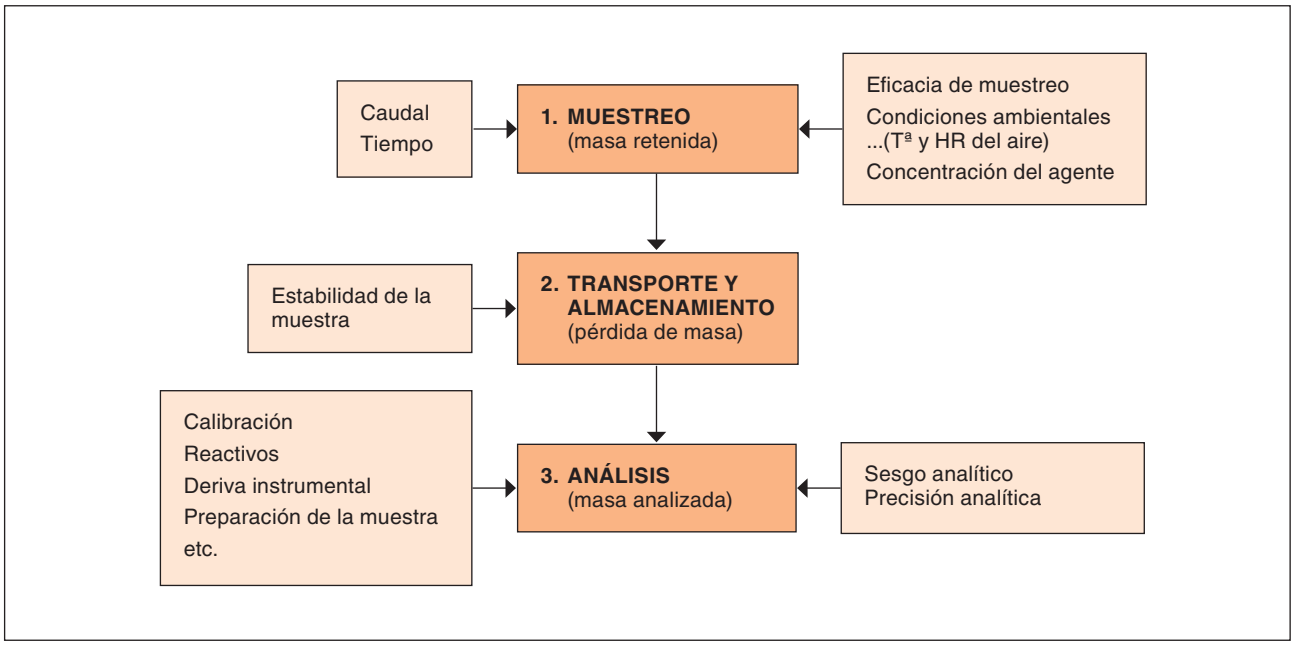


Figura 1. Proceso de medición

el muestreo, a la variabilidad de las lecturas del caudal de muestreo y a la estabilidad del caudal durante el muestreo (véase CR-04 (10) y NTP 930 (11)).

Tiempo de muestreo

La principal fuente de incertidumbre en la medida del tiempo de muestreo es la exactitud con la que se toma la lectura del mismo, que depende fundamentalmente de la resolución del medidor de tiempo utilizado (véase CR-04 y NTP 930).

De forma general, para tiempos de muestreo superiores a 2 h, la incertidumbre asociada al tiempo de muestreo puede considerarse despreciable.

Funcionamiento del muestreador

Los principales factores de influencia que afectan al funcionamiento del muestreador son la eficacia de muestreo (volumen de ruptura), las condiciones ambientales (Tª y HR del aire) y la concentración del agente químico el lugar de trabajo.

El estudio del efecto de dichos factores requiere el uso de un sistema de generación de atmósferas controladas, que normalmente el usuario de los métodos no tiene disponible, por lo que la incertidumbre asociada a los mismos se puede obtener de la información de la validación incluida en el correspondiente método de toma de muestra y análisis (MTA) de acuerdo con la expresión (A):

$$u_{factores} = \sqrt{u_{EM}^2 + u_{Conc.}^2 + u_{HR}^2 + u_T^2} \qquad (A)$$

siendo:

u_{EM} la incertidumbre asociada a la eficacia de muestreo, en %,

u_{conc}, la incertidumbre asociada al efecto de la concentración de agente químico, en %,

u_{HR} la incertidumbre asociada al efecto de la humedad del aire, en %,

u_T la incertidumbre asociada al efecto de la temperatura del aire, en %

Para los MTA publicados, validados de acuerdo con la nueva norma UNE-EN 1076:2010 la incertidumbre asociada a estos factores se puede tomar directamente del método.

Para los MTA publicados anteriormente, validados de acuerdo con el protocolo del INSHT MTA/PV-I(2)/1998, el efecto de la humedad del aire y de la concentración del agente químico se estudia en un ensayo conjunto, mientras que el efecto de la temperatura no está estudiado. La incertidumbre asociada a los factores se puede calcular a partir de los datos presentados en la tabla "Muestreo/Análisis. Datos intralaboratorio" mediante la ecuación (B):

$$u_{factores} = \sqrt{\left(\frac{S_{medio}}{k}\right)^2 + \left(1 + \frac{1}{N}\right)CV_{media}^2 + \left(1 + \frac{1}{n}\right)CV_{comb.}^2 + u_{ref.}^2} \qquad (B)$$

siendo:

S_{medio} el sesgo medio, en %,

k el factor de cobertura,

N el número de datos tenidos en cuenta para el cálculo del sesgo medio,

CV_{medias} el coeficiente de variación de las medias, en %,

n el número de muestras por ensayo,

CV_{comb} el coeficiente de variación promediado, en %,

u_{ref} la incertidumbre asociada a la concentración de referencia, en %.

NOTA 1: Para un sistema dinámico de generación de atmósferas de ensayo, la incertidumbre asociada a la concentración de referencia se espera que sea ≤ 3 %.

NOTA 2: Si se exceden las condiciones de muestreo indicadas en el método, el efecto asociado a la eficacia de muestreo (volumen de ruptura) debe estudiarse y tratarse como una componente más de incertidumbre, que se añadirá en la ecuación (B).

NOTA 3: Estudios posteriores realizados para estimar el efecto de la temperatura muestran que dicho efecto es despreciable en la mayoría de los casos.

Combinación de las componentes de incertidumbre asociadas al muestreo

La incertidumbre típica combinada relativa asociada al muestreo se puede calcular como la raíz cuadrada de la

suma de los cuadrados de las componentes de incertidumbre, de acuerdo con la ecuación (C):

$$u_{muestreo} = \sqrt{u_Q^2 + u_t^2 + u_{factores}^2} \qquad (C)$$

siendo:

u_Q la incertidumbre relativa asociada al caudal de muestreo,

u_t la incertidumbre relativa asociada al tiempo de muestreo,

$u_{factores}$ la incertidumbre relativa asociada a los factores que afectan al funcionamiento del muestreador.

Incertidumbre asociada al transporte y almacenamiento

La incertidumbre asociada al transporte y almacenamiento se puede tomar directamente del MTA o calcularse a partir de los datos presentados en la tabla "Estudio de estabilidad de las muestras", siempre que las muestras se conserven y se analicen en las condiciones y tiempos indicados en el método.

Suponiendo una distribución rectangular, la incertidumbre asociada al almacenamiento de la muestra viene dada por la ecuación (D):

$$u_{Alm} = \frac{|\Delta_{Alm}|}{\sqrt{3}} \qquad (D)$$

siendo $|\Delta_{Alm}|$ la diferencia entre las medias de los resultados de las muestras analizadas inmediatamente después del muestreo y del periodo de almacenamiento, en %.

Incertidumbre asociada al análisis

El procedimiento de cálculo de la incertidumbre asociada a la determinación de la masa debe cubrir todos los pasos en la cadena analítica desde la llegada de la muestra al laboratorio hasta la emisión del resultado.

La forma de cuantificar cada componente dependerá de la información de la que se disponga. Si se dispone de datos experimentales de medidas repetidas, se utilizarán métodos estadísticos. Si no se dispone de tales datos, se asimilará la información disponible a una distribución normal, rectangular o triangular.

Un procedimiento para cuantificar las componentes de incertidumbre individuales puede ser el siguiente:

1. Recopilar toda la información disponible sobre el funcionamiento del método analítico utilizado en el laboratorio, y de los equipos, materiales y reactivos empleados. A continuación se da una lista no exhaustiva de fuentes de información:
   - validación del método,
   - resultados de la recuperación analítica,
   - datos de control de calidad internos,
   - calibración o verificación de los equipos y materiales,
   - indicaciones del fabricante,
   - pureza de los reactivos, etc.
2. Examinar que componentes de la incertidumbre están incluidas en la información recopilada.
3. Si alguna componente de la incertidumbre no está adecuadamente cubierta por los datos existentes, diseñar y llevar a cabo un experimento para obtener los datos requeridos.

Aunque el procedimiento de cálculo puede parecer complejo, generalmente las principales contribuciones a la incertidumbre son la precisión analítica (reproducibilidad intralaboratorio) y el sesgo del laboratorio siempre que estén obtenidos en ensayos que cubran todas las etapas de análisis.

Una forma de estimar la reproducibilidad intralaboratorio es utilizar muestras de control estables que cubran el procedimiento analítico completo en todo el intervalo de aplicación del mismo.

Si las variaciones de algunos componentes sistemáticos de incertidumbre dentro del laboratorio, como por ejemplo: reactivos diferentes, calibración del equipo, la deriva instrumental, etc, no están cubiertas dentro de la reproducibilidad, deberán tenerse en cuenta en el cálculo de la incertidumbre.

El sesgo del laboratorio se puede estimar a partir de:

a) Materiales de referencia certificados (MRC)
b) Resultados de ensayos de aptitud, si cubre todas las etapas del análisis
c) Ensayos de recuperación con muestras adicionadas.

La incertidumbre combinada relativa asociada al análisis se puede calcular como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las componentes de incertidumbre, de acuerdo con la ecuación (E):

$$u_{análisis} = \sqrt{u_{reprod.}^2 + u_{sesgo}^2 + u_{otros}^2} \qquad (E)$$

siendo:

u_{reprod} la incertidumbre relativa asociada a la reproducibilidad,

u_{sesgo} la incertidumbre relativa asociada al sesgo del laboratorio,

u_{otros} la incertidumbre asociada a otras contribuciones analíticas no incluidas.

5. COMBINACIÓN DE LAS COMPONENTES DE LA INCERTIDUMBRE

Generalmente, la toma de muestra y el análisis se ejecutan por personas u organizaciones diferentes por lo que, para obtener estimaciones fiables de la incertidumbre de medida y utilizarlas adecuadamente, es recomendable una efectiva comunicación entre los implicados, ya que el destinatario de los resultados necesita la incertidumbre junto con el resultado para tomar decisiones correctas en la comparación con los valores límite de exposición a agentes químicos.

Combinando las etapas del procedimiento de medida, podemos calcular la incertidumbre asociada a la concentración de acuerdo con la ecuación (F):

$$u_{c,conc} = \sqrt{u_{muestreo}^2 + u_{trans-alm.}^2 + u_{análisis}^2} \qquad (F)$$

6. INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

La incertidumbre expandida, U, se calcula multiplicando la incertidumbre típica combinada por factor de cobertura, k, de acuerdo con la ecuación (G):

$$U = k \times u_{c,coc} \qquad (G)$$

Se recomienda utilizar un valor de k= 2 para el factor de cobertura, que proporciona un nivel de confianza de aproximadamente el 95 %.

7. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Se recomienda que la concentración del agente químico en aire se indique junto con su incertidumbre expandida, U, como:

$$C\ (mg/m^3) \pm U\ (\%)\ (k = 2)$$

Conviene indicar el procedimiento utilizado para calcular la incertidumbre expandida y el factor de cobertura.

El valor numérico de la incertidumbre debe expresarse, como máximo, con dos cifras significativas. El valor numérico de la concentración del agente químico en el aire debe redondearse a la menor cifra significativa de la incertidumbre expandida en valor absoluto.

8. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA CONCENTRACIÓN DE TOLUENO EN AIRE

En este apartado se muestra un ejemplo de cálculo de la incertidumbre asociada a la determinación de la concentración de tolueno en aire siguiendo las indicaciones dadas en el método de toma de muestra y análisis MTA / MA-030/R92, y utilizando los datos de validación.

La toma de muestra se lleva a cabo utilizando un tubo de carbón activo (100/50 mg) y una bomba de muestreo personal que cumple la norma UNE-EN 1232.

- Condiciones ambientales: HR = 48 % y Tª = 19 °C
- Caudal de muestreo: 194,4 ml/min (promedio de las seis lecturas cuyos resultados se indican en la tabla 1).
- Tiempo de muestreo: 25 minutos (medidor de tiempo incorporado en la bomba).
- Volumen de aire muestreado: 4,86 litros.

Caudal al inicio del muestreo (ml/min)	Caudal al final del muestreo (ml/min)
195,2	193,5
195,3	196,0
192,8	193,4

Tabla 1. Resultados de las lecturas de caudal

Una vez finalizado el muestreo, se remiten al laboratorio la muestra, el blanco de muestreo y seis tubos sin usar del mismo lote que los empleados en la toma de muestra para el cálculo de la recuperación analítica.

El laboratorio almacena las muestras refrigeradas y las analiza al cabo de seis días de acuerdo con el método analítico implementado en sus instalaciones. La recuperación analítica se calcula con muestras adicionadas con 1 mg de tolueno siguiendo las indicaciones del método.

La masa de tolueno analizada y corregida con la recuperación analítica es de 560 µg. La concentración de tolueno presente en el lugar de trabajo es:

$$C_{tolueno} = 115{,}2\ mg/m^3.$$

El valor límite ambiental de exposición diaria, VLA-ED, para el tolueno es de 192 mg/m³, por lo que la concentración se encuentra en el intervalo de 0,5 VL a 1 VL.

Cálculo de la incertidumbre asociada al muestreo

Caudal de muestreo

La incertidumbre típica asociada al caudal, en %, se calcula siguiendo las indicaciones del CR-04 y NTP 930 (tabla 2).

Tiempo de muestreo

El cronómetro incorporado en la bomba tiene desviación inferior a 1 %. La incertidumbre típica asociada al tiempo de muestreo, en %, se calcula asumiendo una distribución rectangular como:

$$u_t = \frac{\Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0{,}58\ \%$$

Funcionamiento del muestreador

La tabla 3 muestra la información contenida en el MTA necesaria para el cálculo de la incertidumbre asociada al funcionamiento del muestreador.

HR (%)	C_A	C_R(2)	R	CV (%)
82	803,08	779,45	0,971	1,08
82	434,67	431,08	0,992	1,34
82	218,02	217,27	0,997	1,87
82	44,11	42,50	0,963	1,65
10	751,06	731,30	0,974	1,66
10	434,67	430,42	0,990	1,11
10	203,05	196,16	0,966	1,51
10	42,16	40,23	0,954	1,17

C_A concentración generada en la atmósfera, en mg/m³.
C_R concentración media recuperada, en mg/m³.
R recuperación media del muestreo y análisis, expresada en tanto por uno.
(2) el nº de muestras en cada ensayo ha sido seis, excepto en el caso de las concentraciones más bajas que ha sido cinco.

Tabla 3: Datos para el cálculo de la incertidumbre asociada al funcionamiento del muestreador

Certificado de calibración del medidor = 0,45 % Deriva del medidor = 0,65 % Medidas del caudal = 0,27 % Estabilidad del caudal = 2,13 %	$u_Q = \sqrt{0{,}45^2 + 0{,}6\ \overset{2}{5} + 0{,}27^2 + 2{,}13^2} = 2{,}29\ \%$

Tabla 2. Cálculo de la incertidumbre típica asociada al caudal

La incertidumbre típica relativa asociada al funcionamiento del muestreador se calcula de acuerdo con la expresión (B).

$$u_{factores} = \sqrt{\left(\frac{S_{medio}}{k}\right)^2 + \left(1+\frac{1}{N}\right)CV_{media}^2 + \left(1+\frac{1}{n}\right)CV_{comb.}^2 + u_{ref.}^2}$$

La norma UNE – EN 1076:2010 indica las fórmulas de cálculo tanto del coeficiente de variación combinado como del nº de muestras, n, para números desiguales de muestras replicadas tabla 4).

S_{medio} = 2,40 %	[(R_{media} - 1) x 100]	[$R_{media} = \Sigma(R_i)/N$]
k = 2	para un nivel de confianza del 95 %	
CV_{media} = 1,59 %	N = 8	Nº de ensayos
$CV_{combinado}$ = 1,43 %	n = 6	nº muestras por ensayo
$u_{ref.}$ = 3,00 %		

Tabla 4. Cálculo según la norma UNE – EN 1076:2010

$$u_{factores} = \sqrt{\left(\frac{2,40}{2}\right)^2 + \left(1+\frac{1}{8}\right)(1,59)^2 + \left(1-\frac{1}{6}\right)(1,43)^2 + 3^2} = 3,88\ \%$$

Cálculo de la incertidumbre combinada asociada al muestreo

La incertidumbre típica combinada relativa asociada al muestreo se calcula de acuerdo con la ecuación (C) (tabla 5).

Fuente de incertidumbre	Incertidumbre (%)
Caudal de muestreo	2,29
Tiempo de muestreo	0,58
Factores de influencia	3,88
$u_{muestreo} = \sqrt{2,29^2 + 0,58^2 + 3,88^2} = 4,54\ \%$	

Tabla 5. Cálculo de la incertidumbre combinada asociada al muestreo

Cálculo de la incertidumbre asociada al transporte y almacenamiento

Para estimar la incertidumbre asociada al transporte y almacenamiento se consideran los resultados correspondientes a los lotes 1 y 5 de la tabla "Estudio de la estabilidad de la muestra" del MTA.

Suponiendo una distribución rectangular, la incertidumbre típica asociada al almacenamiento de la muestra se calcula de acuerdo con la ecuación (D) (tabla 6).

Cálculo de la incertidumbre asociada al análisis

La incertidumbre típica combinada asociada al análisis se calcula como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las componentes de incertidumbre asociadas a la reproducibilidad intralaboratorio, al sesgo del laboratorio y a otros factores analíticos.

La reproducibilidad intralaboratorio se calcula utilizando, como muestras de control, tubos de carbón activo adicionados en el intervalo de 230 µg a 3800 µg de tolueno. Suponiendo una distribución normal, la incertidumbre asociada a la reproducibilidad intralaboratorio se calcula como el coeficiente de variación combinado (tabla 7).

Cantidad adicionada por muestra (µg)	Nº determinaciones por año	CV (%)
230	24	1,83
1070	24	1,87
3800	24	2,02
$u_{reprod.} = 1,91\ \%$		

Tabla 7. Cálculo de la incertidumbre asociada a la reproducibilidad intralaboratorio

El sesgo del laboratorio se estima (tabla 8) a partir de los resultados obtenidos en la participación en pruebas interlaboratorio, de acuerdo con la expresión:

$$u_{Sesgo} = \sqrt{\left(\frac{S_{medio}}{k}\right)^2 + \frac{CV_{media}^2}{n} + u_{Vd.}^2}$$

S_{medio} = 1,47 %	k = 2	u_{sesgo} = 1,32 %
CV_{media} = 2,11 %	n = 9 (Participaciones en 3 años)	
u_{Vd} = 0,84 %	Incertidumbre asociada al valor diana	

Tabla 8. Estimación del sesgo del laboratorio

La masa de tolueno analizada en la muestra se corrige con la recuperación analítica obtenida para el lote de tubos enviados junto con la muestra, por lo que la incertidumbre asociada a dicha corrección hay que tenerla en cuenta para el cálculo de la incertidumbre.

La incertidumbre típica combinada asociada al análisis se estima (tabla 9)de acuerdo con la ecuación (E).

Fuente de incertidumbre	Incertidumbre (%)
Reproducibilidad -intralaboratorio	1,91
Sesgo del laboratorio	1,32
Otros factores analíticos	1,08
$u_{análisis} = \sqrt{1,91^2 + 1,32^2 + 1,08^2} = 2,56\ \%$	

Tabla 9. Estimación de la incertidumbre típica combinada asociada al análisis

Lote 1	C_R = 830,76 mg/m³	$\lvert\Delta_{Alm}\rvert$ = 0,95 %	$u_{Alm.} = \frac{0,95}{\sqrt{3}} = 0,55\ \%$
Lote 5	C_R = 822,85 mg/m³		

Tabla 6. Cálculo de la incertidumbre asociada al transporte y almacenamiento

Combinación de las componentes de incertidumbre

La incertidumbre típica combinada asociada al resultado de la concentración de tolueno en aire se obtiene (tabla 10) combinando las componentes de incertidumbre asociadas al procedimiento de medida, de acuerdo con la ecuación (F).

Fuente de incertidumbre	Incertidumbre (%)
Muestreo	4,54
Transporte y almacenamiento	0,55
Análisis	2,56
$u_{concentración} = \sqrt{4,54^2 + 0,55^2 + 2,56^2} = 5,24\ \%$	

Tabla 10. Cálculo de la incertidumbre típica combinada

Expresión de los resultados

La incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95 % se obtiene multiplicando la incertidumbre combinada por un factor de cobertura de k = 2.

$$U = 10,48\ \%\ (k = 2)$$

El resultado de la concentración de tolueno en aire se expresa como:

$$C_{tolueno} = 115,2\ mg/m^3 \pm 10\ \%\ (k = 2)$$

De acuerdo con la norma UNE-EN 482:2007, la incertidumbre expandida para los procedimientos de medida (toma de muestra y análisis) en el intervalo de 0,5 VL a 1 VL debe ser < 30 %.

El valor numérico de la concentración del agente químico en el aire debe redondearse a la menor cifra significativa de la incertidumbre expandida en valor absoluto. En este caso la incertidumbre expandida correspondiente a 115 mg/m³ es de 12 mg/m³.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

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. BOE nº 104 01/05/2001.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE nº 27 31/01/1997.

UNE-EN 482:2007 Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos.

UNE-EN 1076:2010 Exposición en el lugar de Trabajo. Procedimiento de medida de gases y vapores que utilizan muestreadores por aspiración. Requisitos y métodos de ensayo.

UNE-EN 1232:1997 Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.

BREUER D, QUINTANA MJ, HOWE A.
Analytical Performance Criteria. Results of the EU Project Entitled "Analytical Methods for Chemical Agents" for the Evaluation of Methods for Analysis of Hazardous Substances in Workplace Air.
J. Occup. Environ. Hyg., 3:D126-D136. 2006.

COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN (CEN).
Project BC/CEN/ENTR/000/2002-16—Analytical Methods for Chemical Agents—Final Report.
Brussels: CEN. 2005.

EURACHEM. EURACHEM/CITAC
Guide CG 4. Quantifying uncertainty in analytical measurement (QUAM). 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Métodos de Toma de Muestra y Análisis.
INSHT. Colección 1987 - 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Límites de exposición profesional para agentes químicos en España.
INSHT. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Protocolo de validación para la determinación de gases y vapores orgánicos en aire mediante su captación en un adsorbente sólido utilizando un sistema activo. MTA/PV-I(2)/98.
INSHT. 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO).
Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). 1993. [Versión en español: Centro Español de Metrología. Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. 2000].

QUINTANA MJ, URIBE B, MONTES N.
Criterios y Recomendaciones. Determinación de la incertidumbre de medida de agente. Aspectos generales. CR-05/2009.
INSHT. 2010.

URIBE B, MONTES N, QUINTANA MJ.
Toma de muestras personal: determinación de la incertidumbre del volumen de aire muestreado. NTP 930.
INSHT. 2012

URIBE B, MONTES N, QUINTANA MJ.
Criterios y Recomendaciones. Incertidumbre de medida de gases y vapores. Parte 1 – Muestreo por aspiración y desorción con disolvente. CR-06/2009.
INSHT. 2010.

URIBE B, QUINTANA MJ.
Criterios y Recomendaciones. Bombas de muestreo personal para agentes químicos. CR-01/2006.
INSHT. 2007.

URIBE B, QUINTANA MJ.
Criterios y Recomendaciones. Determinación de la incertidumbre de medida de agente. Incertidumbre del volumen de aire muestreado. CR-04/2008.
INSHT. 2008.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

932

Gases anestésicos en ámbitos no quirúrgicos (I): sistemas de aplicación

Anesthetic gases in non surgical areas (I): Application systems
Gaz anesthésiques dans l'air ambient non chirurgicale (I): Systèmes d'application

Redactores:

Mª. Gracia Rosell Farrás
Ingeniero Técnico Químico
CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Begoña Macarrón Gómez
Doctora en Ciencias Biológicas
HOSPITAL PARC TAULÍ. SABADELL

Adriano Muñoz Martínez
Técnico Superior de Prevención
HOSPITAL SANT PAU. BARCELONA

Gerard Claver Abad
Ingeniero Químico
HOSPITAL CLÍNIC. BARCELONA

Mª. José Méndez Liz
Licenciada en Ciencias Químicas
HOSPITAL CLÍNIC. BARCELONA

La aplicación de sedación/anestesia mediante la utilización de óxido de dinitrógeno (N_2O), isoflurano y/o sevoflurano fuera del ámbito quirúrgico ha aumentado considerablemente y con ello el número de trabajadores expuestos a estos gases. Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) es un complemento de las NTP nos 141 y 606 y en ella se describen los diferentes sistemas de aplicación, lugares donde se utilizan y el personal que está expuesto.

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

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la utilización y el control ambiental de los gases anestésicos en quirófanos y salas de reanimación está ampliamente estudiado. La utilización, cada vez más extendida, del N_2O, isoflurano y sevoflurano como analgésicos-sedantes inhalatorios fuera del área quirúrgica hace necesario disponer de unas zonas que reúnan los requisitos técnicos necesarios para mantener el nivel de concentración ambiental por debajo de los valores límite ambientales de exposición profesional (VLA-ED®, VLA-EC®) y poder garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. El objetivo de esta NTP es establecer los requisitos mínimos que deben reunir estos locales, así como, los sistemas de control y protección más adecuados, teniendo en cuenta que existe una estrecha relación entre la seguridad del paciente y la seguridad del trabajador. La eficacia y seguridad en la aplicación de las técnicas de sedación mediante gases anestésicos no debe verse afectada por la implementación de las medidas de prevención y protección de los trabajadores.

2. TOXICIDAD DE LOS GASES ANESTÉSICOS

La toxicidad de los gases anestésicos y los efectos de tipo general producidos por exposiciones agudas, subcrónicas y crónicas a estos gases están descritos en las tablas 2 y 3 de la NTP nº 606. Algunos efectos más específicos del NO_2, isoflurano y sevoflurano se detallan a continuación:

- *N_2O (óxido de dinitrógeno, protóxido de nitrógeno, óxido nitroso)*

  Causa inhibición de la síntesis de la metionina. A altas concentraciones produce disminución de leucocitos en sangre periférica o leucopenia periférica. El N_2O inactiva parcialmente la función biológica de la vitamina B12 y, en consecuencia, pueden aparecer síntomas de neurotoxicidad y anemia en exposiciones crónicas a altas concentraciones o en personal especialmente sensible, si bien, la prevalencia de esta sensibilidad en la población activa es muy baja. A una concentración ambiental de 100 ppm el N_2O puede generar estrés y deficiencias en la capacidad de coordinación.
- *Isoflurano*

  A muy altas concentraciones (1000 ppm) el isoflurano induce lesiones hepáticas en ratones, ratas y cobayas aunque con una incidencia mucho más baja que el halotano.
- *Sevoflurano*

  El producto generado por la degradación del sevoflurano, el 2-fluorometoxi-1,1,3,3,3-pentafluoro-1-propeno, también conocido como compuesto A, causa la muerte del 50% de las ratas expuestas a concentraciones entre 330 y 420 ppm durante 3 horas. No hay datos concluyentes sobre sus efectos genotóxicos y cancerígenos aunque no se pueden excluir completamente.

Toxicología reproductiva

El informe del Committee for Compounds Toxic to Reproduction del Committee of the Health Council of the Netherlands de mayo del 2002, evalúa los efectos del N_2O sobre la reproducción. En este informe, se presenta una propuesta de clasificación del N_2O como tóxico para la reproducción de 3ª categoría recomendando la asignación de las frases R62 "*posible riesgo de perjudicar la*

fertilidad" y R63 "*posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos al feto"* equivalentes, según el Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP), a las frases *H360Df "posible riesgo de perjudicar la fertilidad" y H361d "riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto"*. Por otra parte, debido a una falta de datos concluyentes sobre los efectos del N_2O durante la fase de lactancia, desestima la asignación de la frase R64 "*puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna"* que corresponde *a la frase H362 "puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna"* del reglamento CLP . Sirva la mención de este estudio como un ejemplo que pone de relevancia la constatación de posibles efectos del N_2O sobre la reproducción y sobre el embarazo, pese a no existir hasta la fecha de publicación de esta NTP una clasificación del mismo en este sentido.

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborares y aplicando el principio de precaución, debe considerarse la evolución de la clasificación de este agente a efectos de una adecuada evaluación de los riesgos sobre la fertilidad y sobre la maternidad, en virtud de lo que establecen los artículos 25 y 26 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como la modificación que del RD 39/1997 hace el RD 289/2009 para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia. Precisamente, cabe recordar que la exposición a sustancias etiquetadas con las frases R62 y R63, (equivalentes a las frases *H360Df y H361d del CLP)* está recogida en la "*Lista no exhaustiva de agentes, procedimientos y condiciones de trabajo que pueden influir negativamente en la salud de las trabajadoras embarazadas o en período de lactancia natural, del feto o del niño durante el período de la lactancia natural"* (Anexo VII del RD 289/2009) y que, por tanto, debe ser también objeto de una evaluación del riesgo.

3. PERSONAL EXPUESTO Y ÁREAS DE APLICACIÓN

Pueden estar expuestos a estos gases el personal facultativo, diplomados (DUE) y auxiliares de enfermería, así como las comadronas en salas de parto. Respecto a los profesionales de soporte o para-asistenciales (administración, limpieza, mantenimiento, etc.), el técnico especialista en higiene industrial debe valorar la posible exposición. En la tabla 1 se describen las áreas donde se aplican estos gases, el tipo de anestesia para cada aplicación y algunos ejemplos de su utilización.

4. VALORES LÍMITE AMBIENTALES Y BIOLÓGICOS

En el documento Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España del 2012 el sevoflurano no tiene asignado un valor límite ambiental (VLA-ED®,

ÁREA DE APLICACIÓN	TIPO DE SEDACIÓN/ ANESTESIA	EJEMPLO DE APLICACIÓN
UCI pediátrica	Mezcla equimolar 50/50 de óxido de dinitrógeno + oxígeno ($N_2O + O_2$)	Punciones arteriales, venopunciones, … Procedimientos dolorosos (lumbares/medulares, …)
Urgencias pediátricas		Drenaje torácico Reducción de fracturas Suturas Procedimientos dolorosos
Hospital de día de pediatría		Punción intratecal de fármacos Punción articular Punciones medulares/lumbares Suturas
Planta hospitalización		Punción intratecal de fármacos Punción articular Punciones medulares /lumbares
UCI post quirúrgica		Toracocentesis, drenajes,….
Urgencias traumatología		Reducción de fracturas simples y luxaciones menores Suturas
Ginecología/Obstetricia		Trabajo de parto
Odontología		Analgesia en procedimientos dolorosos (extracciones, abscesos,..)
UCI adulta	Aplicación inhalatoria de halogenados: isoflurano y/o sevoflurano	Procedimientos en pacientes críticos Traslado de pacientes críticos
Quirófano ambulatorio		Exploraciones de cirugía menor Cardioversión Terapia electroconvulsiva
Exploraciones radiológicas		Procedimientos con pacientes entubados en: RMN Radiología intervencionista Hemodinámica
Endoscopia digestiva Endoscopia pulmonar		Exploraciones/biopsias en endoscopia digestiva

Tabla 1. Aplicaciones de sedación/anestesia inhalatoria.

	SEVOFLURANO				ISOFLURANO				ÓXIDO DE DINITRÓGENO			
	VLA (8h)		*VLA(15 min)*		*VLA (8h)*		*VLA(15 min)*		*VLA (8h)*		*VLA(15 min)*	
	ppm	mg/m^3	ppm	mg/m^3	ppm	mg/m^3	ppm	mg/m^3	ppm	mg/m^3	ppm	mg/m^3
España					50	383			50	92		
Suecia	10	80	20	170	10	80	20	150	100	180	500	900
Reino Unido					50	383			100	180		
Alemania									100	180	200	360
USA (NIOSH)			2 (1h)				2 (1h)		25	45		

Tabla 2. Valores Límite Ambientales

VLA-EC®) y ninguno de ellos tiene asignado un valor límite biológico (VLB®).

En las tablas 6 y 7 de la NTP nº 606 sobre exposición laboral a gases anestésicos se describen algunas propuestas de VLB. Alemania y Suiza tienen asignado para el halotano un VLB, el ácido trifluoroacético total en sangre: 2,5 mg/l. También se puede tomar para el halotano un valor indicativo de ácido trifluoroacético en orina de 10 mg/g creatinina. Otros anestésicos por inhalación que se pueden determinar en orina son el N_2O (exposiciones de 100 ppm de N_2O corresponden a una concentración urinaria de 50 a 60 µg/l), y el isoflurano (concentraciones de 2 ppm de corresponden a 4-6 µg/l en orina).

En la tabla 2 y a título orientativo, se describen los valores límite ambientales (VLA) asignados en España y otros países.

5. APARATOS Y SISTEMAS DE APLICACIÓN

Sistemas desechables de administración de sevoflurano e isoflurano (figura 1)

La administración de isoflurano o sevoflurano como anestésico en pacientes con ventilación mecánica, a través de tubo endotraqueal o traqueostomía, en el ámbito no quirúrgico puede realizarse mediante sistemas con recirculación de gases, que permiten que el aire del respirador entre mezclado con el gas anestésico. El dispositivo posibilita una reducción del consumo de anestésico al reutilizar los gases espirados del paciente, minimizando a su vez la cantidad de éstos que pueden pasar al ambiente y a los que, por lo tanto, pueden estar expuestos los trabajadores de estos ámbitos.



Figura 1. Sistema de aplicación de isoflurano y sevoflurano desechable

El dispositivo funciona de manera que al expirar, aproximadamente el 90% del gas anestésico exhalado queda retenido en un filtro de carbón, mientras el dióxido de carbono (CO_2) pasa al ambiente. Durante la siguiente inspiración del paciente, el gas anestésico es liberado del filtro de carbón y nuevamente transportado hacia el paciente, junto con el anestésico suministrado de nuevo (figura 2).

Para su uso, el dispositivo debe estar conectado a un respirador, a un monitor (con el que se controle en todo momento la concentración de gases y CO_2) y a una bomba de suministro de gas anestésico (figura 3).



Figura 2. Funcionamiento del sistema

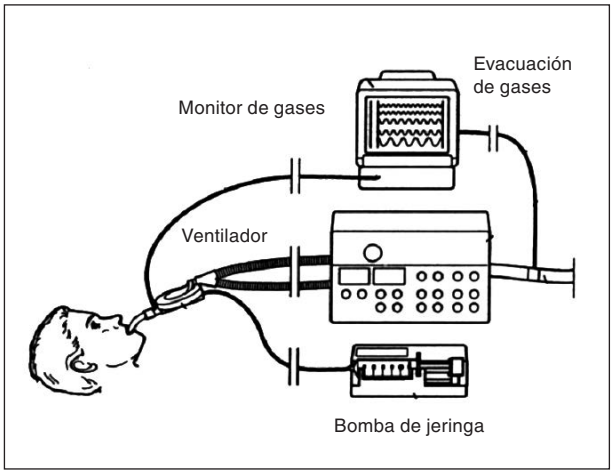


Figura 3. Esquema de la aplicación de isoflurano y sevoflurano

Estos sistemas suelen ser de un solo uso y deben reemplazarse cada 24h, y siempre que sea necesario, como por ejemplo ante el bloqueo de vías aéreas por secreción. Estos sistemas también disponen de un filtro antibacteriano.

Sistema de administración de N_2O/O_2 (mezcla equimolar) (ver figuras 4, 5 y 6)

El anestésico utilizado es un medicamento gaseoso compuesto en un 50% por oxígeno medicinal y en un 50% por N_2O que al ser analgésico, debe suministrarse durante el tiempo que dure el dolor, sin exceder 1 hora seguida y en caso de repetición, no aplicarse durante más de 15 días.

La administración debe realizarse de la forma más estanca posible, utilizando mascarilla facial adaptada a la morfología del paciente, dotada de válvula automática o válvula antiretorno. La mascarilla se adapta a un *kit* de administración que se conecta a la botella de gas. Entre la mascarilla y el *kit* se coloca un filtro antibacteriano, que es de un solo uso. Lo más adecuado, siempre que sea posible, es realizar una autoadministración.

En el caso de uso en odontología puede utilizarse tanto mascarilla nasal como nasobucal, según el modo de ventilación del paciente.

En el uso en obstetricia, durante el trabajo de parto, la administración del gas puede realizarse tanto con boquilla como con mascarilla. La utilización de la denominada "boquilla de cooperación activa" asegura que el gas no fugue mientras dura el proceso gracias a la presencia de una válvula que se abre automáticamente sólo cuando la usuaria, al inspirar, aplica una presión negativa. La presencia de óxido nitroso en el ambiente se debe a la espiración del paciente.

La mezcla de gases (N_2O/O_2) se suministra en botella, que ha de mantenerse sujeta y en posición vertical y a temperatura ambiente para su administración. Hay que tener en cuenta que las botellas llenas, antes de su utilización, han de permanecer un mínimo de 48 h a temperaturas entre 10 y 30°C. Debe evitarse exponer las botellas a temperaturas inferiores a los 0°C para evitar la licuación de parte del óxido nitroso.

Los locales en los que se suministre este medicamento deben de estar bien ventilados, a fin de permitir que la concentración de óxido nitroso se encuentre por debajo de los 50 ppm (en 8h de exposición).



Figura 4. Mezcla N_2O / O_2 (mezcla equimolar)



Figura 5. Aplicador mezcla N_2O / O_2 (mezcla equimolar)

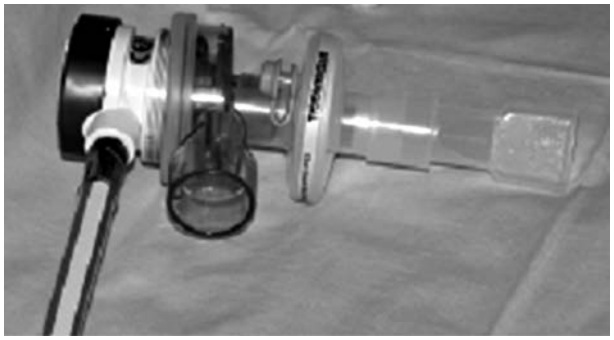


Figura 6. Aplicador mezcla N_2O / O_2 (mezcla equimolar) pediátrico

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AGENCIA ESPAÑOLA DE MEDICAMENTOS Y PRODUCTOS SANITARIOS.
Kalinox®170 Bar.
https://sinaem4.agemed.es/consaem/especialidad.do?metodo=verFichaWordPdf&codigo=67701&formato=pdf&formulario=PROSPECTOS

CCE.
Anestésicos por vía inhalatoria. Biological indicators for the assessment of human exposure to industrial chemicals. EUR 12174 EN.
Bruselas - Luxemburgo, 1989. Versión española de la Generalitat Valenciana. Conselleria de Sanitat. Direcció General de Salut Pública. Valencia 1997

COMMITTEE FOR COMPOUNDS TOXIC TO REPRODUCTION, A COMMITTEE OF THE HEALTH COUNCIL OF THE NETHERLANDS
Nitrous oxide. Evaluation of the effects on reproduction, recommendation for classification
Minister and State Secretary of Social Affairs and Employment. No. 2000/03OSH, The Hague, 1 May 2000

MEZQUITA E.
Los Gases Anestésicos se abren paso en las UCI
Diario Medico Com, *22 de Diciembre de 2010*
http://anestesiologia.diariomedico.com/area-cientifica/especialidades/anestesiologia

SANDOVAL P.
Cuadernos de Neurología
P. Universidad Católica de Chile. XXIV. 2000 Reservados todos los derecho

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

933

Gases anestésicos en ámbitos no quirúrgicos (II): protocolos de actuación y medidas de control

Anesthetic gases in non surgical areas (II): Actions and prevention measures.
Gaz anesthésiques dans l'air ambient non chirurgicale (II). Actions et mesures de prévention.

Redactores:

Mª. Gracia Rosell Farrás
Ingeniero Técnico Químico
CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Begoña Macarrón Gómez
Doctora en Ciencias Biológicas
HOSPITAL PARC TAULÍ. SABADELL

Adriano Muñoz Martínez
Técnico Superior de Prevención
HOSPITAL SANT PAU. BARCELONA

Gerard Claver Abad
Ingeniero Químico
HOSPITAL CLÍNIC. BARCELONA

Mª. José Méndez Liz
Licenciada en Ciencias Químicas
HOSPITAL CLÍNIC. BARCELONA

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP), complementa las NTP nos 141 y 606 y es continuación de la 932. En ella se describen los diferentes aspectos a tener en cuenta en el control de la exposición a gases anestésicos cuando se utilizan como sedantes/analgésicos fuera del área quirúrgica, con especial referencia a los protocolos de actuación y las medidas preventivas a tomar.

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 objetivo de esta NTP, continuación de la 932, es establecer los requisitos mínimos que deben reunir los locales no quirúrgicos en los que se emplean óxido de dinitrógeno (N_2O), isoflurano y sevoflurano como analgésicos/sedantes inhalatorios y los sistemas de control y protección más adecuados.

2. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN

El nivel de exposición que se puede alcanzar con el uso de estos gases en las circunstancias descritas depende de dos tipos de factores, los relacionados con la técnica empleada y los relacionados con aspectos circunstanciales:

- *Factores relacionados con la técnica empleada*: La intensidad del foco contaminante o fuente de emisión depende del método de anestesia/sedación utilizado, del tipo intervención practicada, de la duración, de la técnica de trabajo, del aparato de anestesia-sedación, del sistema de extracción y de la calidad de los controles de mantenimiento y servicios.
- *Factores relacionados con aspectos circunstanciales*: El tipo de ventilación (natural o forzada) y su eficacia, el tamaño del local, las medidas organizativas y las medidas de control de calidad.

En consecuencia, es difícil hacer una predicción a partir de la simple observación y comprobación de las condiciones de trabajo y será, por tanto, necesario llevar a cabo mediciones, empleando para ello los métodos para la determinación de las concentraciones ambientales de N_2O, isoflurano y desflurano en aire que están descritos en la NTP nº 606.

3. GESTIÓN PREVENTIVA Y PLAN DE ACTUACIÓN

Para llevar a cabo la evaluación de riesgos habrá que realizar un inventario de los diferentes lugares donde se utilizan gases anestésicos, para, a continuación, recoger la máxima información disponible sobre: tipo de gas, técnicas de administración, equipos y procedimientos, etc. Deben revisarse, también, las medidas preventivas aplicadas, así como su eficacia una vez implantadas. Un esquema del plan de gestión se presenta en la figura 1.

4. CONCENTRACIONES DE GASES ANESTÉSICOS EN ÁREAS HOSPITALARIAS NO QUIRÚRGICAS

En las tablas 1 y 2 se muestran algunas concentraciones de gases anestésicos objeto de esta NTP obtenidos en diferentes estudios.

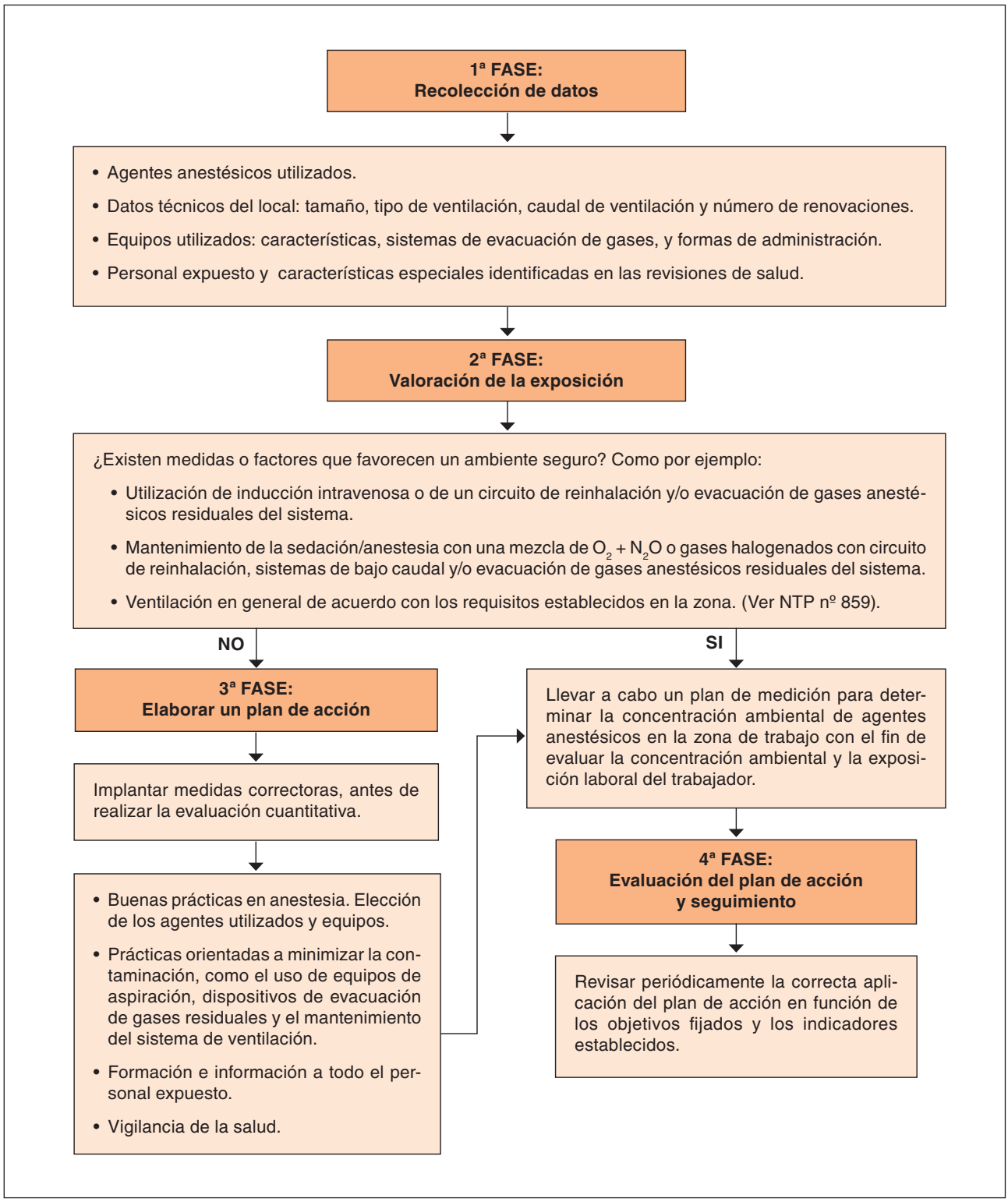


Figura 1. Fases del plan de gestión

5. MEDIDAS DE PROTECCIÓN RECOMENDADAS

De acuerdo con los resultados de la evaluación del riesgo se tomarán las medidas de protección adecuadas, priorizando las medidas de tipo técnico y organizativas frente a las de protección personal, adaptadas a las condiciones específicas de los diferentes lugares de trabajo. Las recomendaciones que se dan a continuación son de tipo general.

Medidas técnicas

Utilizar sistemas de extracción que dispongan, si es posible, de válvula que permita regular el caudal de aire de extracción. La válvula se debe ajustar de tal manera que se eliminen los gases que se liberan a través de la válvula de alivio de sobrepresión del sistema respiratorio del paciente. En general se recomienda un caudal mínimo de extracción de 40 l/min.

LUGAR ADMINISTRACIÓN	CONCENTRACIONES DETERMINADAS	MÉTODO ANALITICO	OBSERVACIONES	REFERENCIA
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	ISOFLURANO 0,1 - 0,2 ppm	LECTURA DIRECTA. Analizador MIRAN	Mediciones realizadas en el entorno del paciente (0,5 m).	Sackey PV, Martling CR, Nise G, Radell PJ. **Ambient isoflurane pollution and isoflurane consumption during intensive care unit sedation with the anesthesic.** Crit Care Med., 33(3):585-90. 2005.
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	ISOFLURANO 0,1 - 0,2 ppm	LECTURA DIRECTA. Analizador MIRAN	Mediciones realizadas en el entorno del paciente (0,5 m).	Peter V. Sackey. **Inhaled sedation with isoflurane in the intensive care unit.** Thesis. Karolinska Institutet. Stockholm 2006.
	ISOFLURANO < 0,16 ppm	MONITORES PASIVOS SKC 575-002	Exposición personal de enfermería. Muestras tomadas con monitores pasivos.	
REANIMACIÓN POST QUIRÚRGICA	SEVOFLURANO 0,08 ppm – 0,18 ppm (*)	OSHA Método 106 modificado. MONITORES PASIVOS ACS International	Muestras tomadas en el entorno del paciente (a 0,5 m) y personales (30 determinaciones).	**Resultados obtenidos por los autores de la NTP.**
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	SEVOFLURANO 0,08 ppm – 0,18 ppm (*)			**Resultados obtenidos por los autores de la NTP.**
UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS	SEVOFLURANO 2 ppm - 14 ppm	LECTURA DIRECTA. Brüel & Kjaer multi-monitor de gases 1302	Determinaciones realizadas sin filtro anestésico. Estudio multicéntrico en tres hospitales. Se tuvieron en cuenta factores como renovaciones de aire, sistemas de aspiración de gases.	Ingeborg Anna Elisabeth Biener. **Anesthetic Conserving device Arbeitsplatzbelastung und praktische umsetzung.** Thesis. Medizinischen Fakultät der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule. Aachen. 2008.
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	SEVOFLURANO < 2 ppm (ambiental a 1,6 m del respirador)	LECTURA DIRECTA Analizador MIRAN	Determinaciones realizadas sin filtro anestésico. Los valores obtenidos varían en función de la proximidad al respirador.	H Djafari Marbini, E Palayiwa, J Chantler. **Active Gas Scavenging is unnecessary when using the Anaconda volatile agent delivery system.** JICS, 10 (1). 2009.
	50 ppm (salida del respirador)			

(*) Determinaciones correspondientes al tiempo que duró el procedimiento con aplicación del sevoflurano.

Tabla 1. Concentraciones determinadas en áreas de aplicación de isoflurano y sevoflurano

Las salas donde se utilicen regularmente deben estar equipadas con un sistema de ventilación que cumpla con los requisitos de higiene del hospital, de prevención de riesgos laborales y de calidad del aire interior sin perder de vista el ahorro de energía. Cabe recordar que en los quirófanos, para no superar los límites de exposición, se recomienda un caudal mínimo de aire exterior de 1200 m^3/h y más de 15 renovaciones por hora del aire. Los requisitos en otras áreas hospitalarias se recogen en la NTP nº 859, *"Ventilación general en hospitales".*

Utilizar aparatos de anestesia con dispositivos de control automático de fugas. Caso de no disponer de ellos, llevar a cabo regularmente ensayos de estanqueidad empleando un método estandarizado.

En la administración de la sedación/anestesia con máscara, utilizar preferentemente el sistema de doble máscara o bien, cuando sea posible, boquillas de cooperación activa del paciente.

Siempre que no se utilice un sistema de extracción de gases, utilizar un filtro con material absorbente de anestésicos halogenados.

Medidas en el procedimiento y comportamiento individual

Como ya se ha comentado, para reducir las concentraciones ambientales de gases anestésicos son fundamentales las medidas técnicas, aunque, éstas no son efectivas si no van acompañadas de unas prácticas de trabajo seguras. Para ello es indispensable formar e informar a los trabajadores expuestos sobre los riesgos y manera de protegerse de ellos. En las tablas 3 y 4 se detallan los riesgos en la aplicación de la sedación-anestesia y las medidas de protección recomendadas, además de seguir las instrucciones dadas por el fabricante.

LUGAR ADMINISTRACIÓN	CONCENTRACIONES DETERMINADAS	MÉTODO ANALÍTICO	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
URGENCIAS PEDIATRIA	63 ppm	LECTURA DIRECTA Analizador MIRAN	Se ha tenido en cuenta la ventilación existente en los diferentes servicios estudiados y la forma de administración.	E. Rebeschini, et al. **Exposition Professionelle des Personnels Hospitaliers au Protoxyde d'Azote.** 42 ème Journées Nationales de Formation des Médecins du travail des Etablissements de Santé. 2006.
REANIMACIÓN CARDIACA	4,2 ppm			
HOSPITAL DE DÍA PEDIATRIA	9,7 ppm			
REANIMACIÓN POLIVALENTE	14 ppm			
CLÍNICA DENTAL	2 - 37,8 ppm	LECTURA DIRECTA Analizador MIRAN	Mediciones con máscara nasal normal.	Marshall M. Freilich, et al. **Efectiveness of 2 Scavenger Mask Systems for Reducing Exposure to Nitrous Oxide in a Hospital-Based Pediatric Dental Clinic: A Pilot Study.** JCDA, 73 (7). 2007.
	0,4 - 9,7 ppm		Mediciones con máscara especial (doble máscara).	
HOSPITAL DE DIA PEDIATRIA	2 - 15,2 ppm (*) 37-184 ppm (**)	MONITOR PASIVO NIOSH 6600	Muestras ambientales y personales. Aplicación con máscara nasal normal. Procedimiento de punción lumbar.	Mediciones realizadas en hospitales por los servicios de prevención.
PLANTA DE HOSPITALIZACIÓN	29,4 - > 500 ppm (**)		Muestras realizadas en el entorno del paciente (a 1 m) y personales. Aplicación con máscara nasal normal. Procedimiento de punción lumbar.	
UCI PEDIÁTRICA	498 ppm (**)		Muestra personal. Aplicación con máscara nasal normal. Procedimiento de punción normal.	
SALA DE PARTOS	< 1 ppm (***)		Muestras realizadas en el entorno del paciente (a 1 m y > 3m). Aplicación con boquilla de cooperación activa.	
URGÉNCIAS PEDIÁTRICAS	< 10 ppm (***)		Muestras personales. Aplicación con máscara normal. Procedimiento de punción lumbar. Procedimiento de reducción de fractura.	

(*) Determinaciones correspondientes al tiempo que duraron tres procedimientos con aplicación del óxido de dinitrógeno (en 8h de exposición sería el número máximo de procedimientos realizables).

(**) Determinaciones correspondientes al tiempo que duró el procedimiento con aplicación del óxido de dinitrógeno. En 8h de exposición, el valor sería inferior ya que no se realiza más de un procedimiento al día.

(***) Determinaciones correspondientes al tiempo que duró un procedimiento (trabajo de parto, reducción de fractura, etc.) con aplicación del óxido de dinitrógeno.

Tabla 2. Concentraciones determinadas en áreas de aplicación de mezcla equimolar de óxido de dinitrógeno (N_2O) y oxígeno

TAREA	PUNTOS CRÍTICOS	PROCEDIMIENTO	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Montaje del sistema.	• Instalación del adaptador. • Carga de la jeringa.	• Carga de la jeringa. • Conectar el adaptador de llenado a la botella de anestésico y a la jeringa. • Dar la vuelta a la botella y en posición vertical realizar el llenado de jeringa. En esta posición purgar el aire de la jeringa. • Colocar el tapón a la jeringa hasta su utilización.	• Proyección del agente anestésico por sobrepresión o uso equivocado del adaptador. • Salida al exterior del líquido anestésico por sobrellenado de la jeringa.	• Gafas de protección. • Guantes.
Ajuste al circuito del paciente.	• Conexiones de las líneas y la jeringa. • Purgado de la jeringa y del tubo de conexión.	• Utilizar las líneas de suministro incluidas por el fabricante. • Asegurar las conexiones de la línea para evitar que el anestésico salga al exterior.	• Salida al exterior del líquido anestésico. • Contaminación ambiental por la purga del sistema. • Inhalación del agente anestésico.	• Durante la purga colocar una gasa para recoger la posible salida del anestésico. • Guantes.
Recarga del sistema (jeringa) Aspiración de secreciones, nebulizaciones.	• Conexión/desconexión del sistema.	• Parar completamente la bomba.	• Extravasación del anestésico a través del tubo. • Salida al exterior del anestésico por funcionamiento de la bomba.	• Colocar un tapón en el extremo desconectado, para evitar la salida de anestésico al exterior. • Guantes.
Retirada del sistema.	• Desconexiones. • Gestión del material de residuos.	• Parar completamente la bomba. • Colocar los tapones en los extremos de los tubos y la jeringa. • Introducir el material en una bolsa con cierre hermético.	• Salida de anestésico al exterior por las líneas y la jeringa. • Contaminación ambiental. • Inhalación de gases anestésicos.	• Guantes.
Derrame del agente anestésico.	• Recogida del derrame • Evaporación del agente anestésico.	• Utilizar material adsorbente para la recogida del anestésico. • Introducir el material del derrame en una bolsa con cierre hermético.	• Evaporación del anestésico. • Contaminación ambiental. • Inhalación de gases anestésicos.	• Si el derrame es importante, utilizar equipos de protección respiratoria. • Guantes. • Máscara de protección.

Tabla 3. Precauciones y medidas preventivas y de protección en el sistema desechable de administración de sevoflurano e isoflurano

TAREA	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Almacenamiento de balas llenas	• Manipulación de gases a presión. • Fuga de gas comburente.	• Deben almacenarse en posición horizontal antes de su utilización, como mínimo durante 48 horas a temperaturas comprendidas entre 10 y 30 ºC, siempre en el interior de la farmacia o en el servicio clínico correspondiente. • En posición vertical, con sujeción en todas las demás situaciones. • Deben almacenarse en un local aireado o ventilado protegidas de la intemperie, resguardado de las heladas, sin materiales inflamables y reservado para gases de uso clínico y cerrado con llave. • Las balas llenas y vacías deben almacenarse por separado.
Almacenamiento de las balas durante su utilización		• Las balas deben almacenarse en un lugar acondicionado con sujeción para mantenerlas en posición vertical. • Las balas deben estar protegidas contra los riesgos de choque y de caída, de las fuentes de calor e ignición y de las temperaturas superiores a 50ºC. • Deben mantenerse con la válvula cerrada y se debe evitar cualquier almacenamiento excesivo de envases.
Transporte		• Deben transportarse en posición vertical y con un carro que permita sujetar las balas.

Tabla 4. Precauciones y medidas preventivas y de protección en la administración de la mezcla equimolar N_2O/O_2

(contínúa en la página siguiente)

TAREA	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Uso y manipulación	• Manipulación de gases a presión. • Fuga de gas comburente. • Inhalación de gases anestésicos.	• El personal usuario debe estar entrenado para manipular gases a presión. • Desechar utilizar cualquier bala sospechosa de haber estado expuesta a una temperatura negativa. • Seguir las instrucciones dadas en el etiquetado. No utilizar ningún elemento intermedio que permita empalmar dos dispositivos que no encajen. • Nunca levantar la bala por su grifo. • Nunca forzar el grifo en el momento de abrirlo, ni abrirlo a tope. • Manipular los dispositivos de empalme con las manos limpias y sin grasa. • Nunca introducir este gas en un aparato del que pudiera sospecharse que contuviese sustancias combustibles especialmente sustancias grasas. • No aplicar sustancias grasas (vaselinas, pomadas,…) en la cara de los pacientes. • En caso de fuga, cerrar el grifo que presente el fallo de estanqueidad. Ventilar intensamente el local y evacuarlo. • Nunca debe utilizarse una bala con un fallo de estanqueidad. • En caso de escarcha en la bala, abstenerse de utilizarla y devolverla. • En caso de incendio el riesgo de toxicidad aumenta por la formación de vapores nitrosos. • La utilización de doble mascara, sistemas de aporte con cooperación activa del paciente y sistemas de extracción localizados es fundamental para el control de la contaminación ambiental.

Tabla 4. Precauciones y medidas preventivas y de protección en la administración de la mezcla equimolar N_2O/O_2

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AGENCIA ESPAÑOLA DE MEDICAMENTOS Y PRODUCTOS SANITARIOS.
Kalinox®170 Bar.
https://sinaem4.agemed.es/consaem/especialidad.do?metodo=verFichaWordPdf&codigo=67701&formato=pdf&formulario=PROSPECTOS

CHESSOR E, VERHOEVEN M, TESCHKE K.
Evaluation of a new mask and scavenging system for nitrous oxide used in labour and delivery
School of Occupational & Environmental Hygiene, University of British Columbia, 3rd Floor, 2206 East Mall, Vancouver, BC V6T 1Z3, e-mail: **echessor@interchange.ubc.ca***. 2003*

INTERNATIONAL SECTION ON THE PREVENTION OF OCCUPATIONAL RISKS IN HELTH SERVICES
Safety in the use of anesthetic gases
Consensus paper from the basic German and French documentation
Working document for occupational safety and health specialists
ISSA Prevention series nº 2042, 2003

MÉRAT F, MÉRAT S.
Risques professionnels liés à la pratique de l'anesthésie Occupational hazards related to the practice of anesthesia
Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*,* **27***, (1), (63-73), 2008.*

MEZQUITA E.
Los Gases Anestésicos se abren paso en las UCI
*Diario Médico Com***,** *22 de Diciembre de 2010*
http://anestesiologia.diariomedico.com/area-cientifica/especialidades/anestesiologia

NORMA TÉCNICA (TRGS) Nº 525. 1998
Manejo de sustancias peligrosas en las instalaciones para la atención médica.
http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-525.pdf?__blob=publicationFile&v=3

SACKEY, P.V.
Inhaled sedation with isoflurane in the Intensive Care Unit
Karolinska Institutet. Stockholm 2006

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

934

Agentes químicos: metodología cualitativa y simplificada de evaluación del riesgo de accidente

Chemical agents: a qualitative and simplified methodology for accident risk assesment
Agents chimiques: méthodologie qualitative et simplifiée d'évaluation du risque d'accident

Redactores:

Núria Jiménez Simón
Licenciada en Farmacia.

Tomás Piqué Ardanuy
Ingeniero Técnico Químico
Licenciado en Derecho

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

La nueva clasificación de sustancias químicas introducida en el Reglamento CLP establece cambios en el sistema de clasificación de las sustancias y mezclas, introduciendo nuevas clases de peligro (peligros físicos, para la salud humana o para el medio ambiente) y nuevas categorías de peligro, tal y como se explica detalladamente en las NTP 878, 880 y 881. El presente documento pretende por tanto adaptar a la nueva clasificación la NTP 749. Se debe tener en cuenta que las frases R no siempre tienen una correspondencia inmediata con las actuales indicaciones de peligro H (en adelante frases H), ya que aparecen nuevas clases y nuevas frases H (como la de los explosivos con 7 categorías o la de los gases a presión), o que incluso hay frases R que tienen correspondencia pero el significado actual en las frases H es diferente (ej, la frase R26 Muy tóxico por inhalación se corresponde con la frase H330 Mortal en caso de inhalación). Por tal motivo, al revisar la NTP no se ha buscado únicamente una correspondencia directa entre frases R y frases H, sino que se ha optado por una nueva clasificación que se ha plasmado en una tabla nueva, la tabla I.3. La citada tabla complementa a la tabla I.2 sin sustituirla, dado que las frases R coexisten con las frases H hasta el 1/6/2017 para mezclas (antes preparados).

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 artículo 3 del Real Decreto 374/2001 (desarrollado con amplitud en la *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos)* y que fija las obligaciones del empresario en materia de evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores originados por agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, exige que para llevar a cabo la citada evaluación, deberá considerar y analizar, entre otros aspectos: "sus propiedades peligrosas y cualquier otra información necesaria para la evaluación de riesgos, que deba facilitar el proveedor, o que pueda recabarse de éste o de cualquier otra fuente de información de fácil acceso". Es decir, el RD remite de forma explícita a la información sobre las características físico - químicas y toxicológicas contenidas en la etiqueta y en la ficha de datos de seguridad del producto.

Si bien la evaluación del riesgo de accidente por exposición o contacto con un agente químico puede hacerse con cualquiera de las metodologías generales existentes (por ejemplo, la *Evaluación de Riesgos Laborales* publicada por el INSHT, o el *Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente* publicado en la NTP 330, o utilizar directamente el método *Evaluación matemática para control de riesgos* de W.T. FINE), las mismas no cubren las exigencias de evaluación del citado artículo 3. Asimismo, más allá de los imperativos legales, consideramos con criterio estrictamente técnico, que para profundizar en el análisis no se pueden obviar las propiedades intrínsecas de los distintos agentes químicos a la hora de evaluar el riesgo de *accidente químico*.

La metodología que se utilice debe permitir, con la mayor objetividad posible, cuantificar la magnitud de los riesgos existentes y, consecuentemente, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección.

Para ello, en esta NTP se propone utilizar una metodología que, partiendo de los criterios y filosofía de las metodologías generales citadas u otras análogas, se tengan en cuenta las propiedades intrínsecas de los distintos productos con los que se trabaja.

Esta metodología va dirigida y está especialmente recomendada para la evaluación del riesgo de *accidente convencional* en las distintas operaciones en las que estén presentes agentes químicos peligrosos. Para la evaluación de los riesgos de los denominados *accidentes mayores* o la estimación de sus consecuencias, en la colección de NTP hay varias notas técnicas publicadas específicas para ello.

2. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ACCIDENTE POR AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS

La metodología de evaluación del riesgo de accidente químico que seguidamente se expone es una propuesta encaminada a facilitar a las empresas con presencia de Agentes Químicos Peligrosos (AQP), sean o no industria química, y especialmente a las pequeñas y medianas empresas, la tarea de identificar los peligros y evaluar los riesgos asociados a la utilización de los citados productos, a fin de poder realizar una correcta y objetiva planificación preventiva a partir de los resultados obtenidos con su aplicación.

Esta metodología se centra en el daño esperado y no en el daño máximo, e incorpora y desarrolla la experiencia de aplicación de metodologías simplificadas basadas en la estimación de la probabilidad de materialización de la situación de peligro que se analiza, la frecuencia de exposición a la misma y las consecuencias normalmente esperadas en el supuesto de que llegara a materializarse. Estos parámetros están considerados por el *Método W.T Fine*, así como en diferentes metodologías elaboradas por el INSHT siendo también los criterios contemplados por algunas normas armonizadas elaboradas por el CEN, entre ellas la UNE-EN ISO 14121-1 y la EN-1127-1.

La metodología que se propone permitirá categorizar la magnitud de los riesgos existentes y, en consecuencia, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección. Para ello se parte de la identificación de las deficiencias existentes en las instalaciones, equipos, procesos, tareas, etc., con AQP. Tales deficiencias o incumplimientos se relacionan con las frases R o H asignadas a los distintos AQP que intervienen, obteniendo de este modo el nivel de peligrosidad objetiva (NPO) de la situación. A continuación, se establece la frecuencia de exposición al nivel de peligrosidad identificado y, teniendo en cuenta la magnitud esperada de las consecuencias, (las consecuencias normalmente esperadas tendrán que ser preestablecidas por la persona que aplica la metodología), se evalúa el riesgo, obteniendo el nivel de riesgo estimado para la situación valorada.

Así pues, este método evalúa el nivel de riesgo como el producto de tres variables:

$$NR = NPO \times NE \times NC$$

siendo:

NR: nivel de riesgo
NPO: nivel de peligrosidad objetiva
NE: nivel de exposición
NC: nivel de consecuencias

La información que aporta este método es orientativa, siendo su objetivo facilitar al empresario la priorización de sus actuaciones preventivas con criterios objetivos y, consecuentemente, ayudarle en su planificación preventiva. Seguidamente se describe el proceso para la estimación de las variables citadas.

Nivel de peligrosidad objetiva (NPO)

Llamamos nivel de peligrosidad objetiva a la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente.

El punto de partida de la evaluación debe permitir identificar las deficiencias existentes en las instalaciones, equipos, procesos, tareas, etc., con AQP, para lo que se propone partir de un cuestionario de chequeo (Tabla I.1) ajustado a las características o necesidades de las instalaciones, procesos y tareas que existen en la empresa a evaluar.

El cuestionario que se propone está planteado para verificar el grado de adecuación respecto a una serie de cuestiones que se presumen básicas para establecer el nivel de deficiencia en las instalaciones, equipos, procesos, tareas, etc., con AQP En muchas ocasiones se precisará concretar su contenido, sustituyendo o complementando las cuestiones planteadas por otras que se ajusten a las exigencias legales o reglamentarias vigentes en cada momento o lugar, o a la situación o necesidades de la empresa que lo aplica.

El cuestionario está estructurado en cinco bloques que tienen por objetivo identificar deficiencias de distinta tipología asociadas a la presencia de AQP son:

- Identificación de agentes químicos
- Almacenamiento/envasado de agentes químicos
- Utilización/proceso de agentes químicos
- Organización de la prevención en el uso de agentes químicos
- Uso de EPI e instalaciones de socorro

Se podría segregar del cuestionario aquellas cuestiones planteadas para la identificación de las deficiencias cuyo incumplimiento puede dar lugar a que se produzca un incendio o explosión (deficiente o insuficiente control de combustible y focos de ignición). Los datos obtenidos de estas cuestiones determinan la probabilidad de inicio que, valorada conjuntamente con el grado de cumplimiento de las medidas de protección contra incendios reglamentariamente exigibles, proporciona información sobre el nivel de riesgo de incendio. Actuando de este modo, se profundiza más en la evaluación del riesgo de incendio o explosión, obteniéndose información más objetiva y precisa. Al respecto, se remite a la NTP 599, en la que se exponen los criterios de evaluación del riesgo de incendio, así como a la NTP 876 y a la Guía Técnica del RD 681/2003 para profundizar en la evaluación del riesgo de explosión.

Las deficiencias o incumplimientos identificados con la aplicación del cuestionario son, en si mismas, insuficientes para valorar objetivamente el nivel de inseguridad. Para evaluar el riesgo de accidente químico es tan importante saber cómo se trabaja como saber con qué se trabaja. A título de ejemplo, un trasvase incorrecto que provoca salpicaduras al operario que realiza la operación es, en sí y per se, una operación deficiente. Ahora bien, para valorar objetivamente el nivel de peligrosidad asociado a tal deficiencia hemos de saber con que producto se trabaja. Si se trasvasa agua destilada y este operario permanece toda la jornada mojado puede acabar resfriado; si, en cambio, trasvasa un producto irritante las consecuencias serán diferentes y sufrirá irritaciones de distinta índole o importancia; si trasvasa un corrosivo padecerá quemaduras más o menos graves.

La cumplimentación del cuestionario nos proporciona una información y un conocimiento del nivel de deficiencia global de la empresa. Para evaluar el nivel de riesgo puntual y concreto de cada tarea, actividad, instalación,..., se aplicará el NE y el NC a cada una de las cuestiones que suponen un incumplimiento al que, a su vez se ha asignado un determinado NPO. Con ello conoceremos el NR de cada una de las deficiencias identificadas.

Cualquier respuesta negativa a cada pregunta del cuestionario implica un determinado nivel de deficiencia que en algunos casos es independiente del AQP implicado (y se indica en el propio cuestionario) pero que, en

	SI	NO	No procede	Respuesta negativa implica	Calificación
1. Se almacenan, usan, producen,..., Agentes Químicos Peligrosos (AQP), ya sean materias primas, productos intermedios, subproductos, productos acabados, residuos, productos de limpieza, etc.				No debe cumplimentarse el cuestionario	
Sobre identificación de agentes químicos					
2. Están identificados e inventariados los AQP presentes durante el trabajo, sea esta presencia con carácter ordinario o con carácter ocasional.					MUY DEFICIENTE
3. Están correctamente señalizados por etiqueta los envases originales de los AQP.					MUY DEFICIENTE
4. La señalización anterior se mantiene cuando se trasvasa el AQP a otros envases o recipientes.					MUY DEFICIENTE
5. En tuberías que contengan AQP se han pegado, fijado o pintado etiquetas de identificación del producto y el sentido de circulación de los fluidos.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
6. Las etiquetas se han colocado a lo largo de la tubería en número suficiente y en zonas de especial riesgo (válvulas, conexiones, etc.).					MEJORABLE
7. Se dispone de la ficha de datos de seguridad (FDS) de todos los AQP que están o pueden estar presentes durante el trabajo y, en su caso, información suficiente y adecuada de aquellos AQP que no dispongan de FDS (residuos, productos intermedios,...)				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
Sobre almacenamiento /envasado de agentes químicos					
8. Los AQP se almacenan en recintos especiales, agrupados por comunidad de riesgo y suficientemente aislados (por distancia o por pared divisoria) de los incompatibles o que pueden generar reacciones peligrosas.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
9. El área de almacenamiento está correctamente ventilada, sea por tiro natural o forzado.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
10. Las áreas de almacenamiento, utilización y/o producción, cuando la cantidad y/o la peligrosidad del producto lo requieran, garantiza la recogida y conducción a una zona o recipiente seguro de fugas o derrames de AQP en estado líquido.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
11. Está prohibida la presencia o uso de focos de ignición “sin control” en el almacén de AQP inflamables y se verifica y garantiza exhaustivamente el cumplimiento de tal prohibición.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
12. Los envases y embalajes que contienen AQP ofrecen suficiente resistencia física o química (teniendo además en cuenta las condiciones ambientales del entorno) y no presentan golpes, cortes o deformaciones.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
13. Los envases que contienen AQP son totalmente seguros (cierre automático, cierre de seguridad con enclavamiento, doble envolvente, revestimiento amortiguador de choques, etc.)				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
13 bis. Los envases están colocados en sistemas de soporte de resistencia adecuada a la carga y correctamente anclados (estanterías, paletas, y en bidones implementos para evitar su deslizamiento, bandeja recoge líquidos para trasvases, etc.).				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
14. El transporte de envases, sea por medios manuales o mecánicos, se realiza mediante equipos y/o implementos que garantizan su estabilidad y correcta sujeción.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
Sobre utilización/proceso de agentes químicos					
15. En el puesto de trabajo y/o su entorno inmediato sólo permanece la cantidad de AQP estrictamente necesaria para el trabajo inmediato (nunca cantidades superiores a las necesarias para el turno o jornada de trabajo).					MEJORABLE
16. Los AQP existentes en el lugar de trabajo para el uso en el turno o jornada y no utilizados en ese momento, están depositados en recipientes adecuados, armarios protegidos o recintos especiales.					MEJORABLE
17. Se evita trasvasar AQP por vertido libre y pipetear con la boca				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
18. Se controla rigurosamente la formación y/o acumulación de cargas electrostáticas en el trasvase de líquidos inflamables, u otros AQP en los que la aportación de un incremento de energía puede dar lugar a reacciones peligrosas				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
19. La instalación eléctrica en las zonas con riesgo de atmósferas inflamables es antiexplosiva, al tiempo que están controlados los focos de ignición de cualquier tipología (1)				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
20. La instalación eléctrica de equipos, instrumentos, salas y almacenes de productos corrosivos es adecuada				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
21. Las características de los materiales, equipos y herramientas son adecuadas a la naturaleza de los AQP que se utilizan.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	

Tabla I.1.Cuestionario de chequeo para identificación de factores de riesgo de accidente por AQP *(Continua en página siguiente)*

(1) *Para conocer si hay riesgo de atmósfera explosiva tendría que identificar, clasificar y evaluar el riesgo en la zona de trabajo en función de la presencia de sustancias inflamables y, en su caso, verificarlo con un explosímetro (RD 681/2003).*

	SI	NO	No procede	Respuesta negativa implica	Calificación
22. Se comprueba la ausencia de fugas y, en general, el correcto estado de las instalaciones y/ o equipos antes de su uso.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
23. En aquellos equipos o procesos que lo requieren, existen sistemas de detección de condiciones inseguras (nivel del LII en un túnel de secado, temperatura/presión de un reactor, nivel de llenado de un depósito,...) asociados a un sistema de alarma.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
24. Los sistemas de detección existentes, cuando se precisa ante situaciones críticas, actúan sobre una o varias de las siguientes opciones: paro del proceso, detención de la alimentación de productos, activación de sistemas de barrido de seguridad, provocan el venteo de la instalación, etc.					DEFICIENTE
25. Los venteos y salidas de los dispositivos de seguridad para productos inflamables/ explosivos están canalizados a lugar seguro y cuando se precisa dotados de antorchas o apagallamas				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
26. Para productos tóxicos o corrosivos existen medios para el tratamiento, absorción, destrucción y/o confinamiento seguro de los efluentes provenientes de los dispositivos de seguridad y de los venteos.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
27. Las operaciones con posibles desprendimientos de gases, vapores, polvos, etc., de AQP se realizan mediante procesos cerrados ó, en su caso, en áreas bien ventiladas o en instalaciones dotadas de aspiración localizada.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
28. Con carácter general, se han implantado las medidas de protección colectiva necesarias para aislar los AQP y/o limitar la exposición y/o contacto de los trabajadores a los mismos.					DEFICIENTE
Sobre organización de la prevención en el uso de agentes químicos					
29. Se exige autorización de trabajo para la realización de operaciones con riesgo en recipientes, equipos o instalaciones que contienen o han contenido AQP				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
30. Está garantizado el control de accesos de personal foráneo o personal no autorizado a zonas de almacenamiento, carga/descarga o proceso de AQP.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
31. Los trabajadores han sido explicita y adecuadamente informados de los riesgos asociados a los AQP y formados correctamente sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
32. Los trabajadores tienen acceso a la FDS suministrada por el proveedor					MEJORABLE
33. Se dispone de procedimientos escritos de trabajo para la realización de tareas con AQP				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
34. Existe un programa de mantenimiento preventivo de aquellos equipos o instalaciones de cuyo correcto funcionamiento dependa la seguridad del proceso.					DEFICIENTE
35. Está garantizada la limpieza de puestos y lugares de trabajo. (Se ha implantado un programa y se controla su aplicación).					MEJORABLE
36. Se dispone de medios específicos para la neutralización y limpieza de derrames y/o para el control de fugas y existen instrucciones de actuación					DEFICIENTE
37. Existe un programa de gestión de residuos y se controla su aplicación.					DEFICIENTE
38. Se han implantado normas de higiene personal correctas (lavarse las manos, cambiarse de ropa, prohibición de comer, beber o fumar en los puestos de trabajo, etc.) y se controla su aplicación.					MEJORABLE
39. Se dispone de Plan de Emergencia ante situaciones críticas en las que se vean involucrados AQP (fugas, derrames, incendio, explosión, etc.).					MUY DEFICIENTE
40. Con carácter general, se han implantado las medidas organizativas necesarias para aislar los AQP, limitar la exposición y contacto de los trabajadores con los mismos, contemplando la posible existencia de trabajadores especialmente sensibles					DEFICIENTE
Sobre uso de EPI e instalaciones de socorro					
41. Se dispone y se controla el uso eficaz de los equipos de protección individual (EPI) necesarios en las distintas tareas con riesgo de exposición o contacto con AQP.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
42. Existen duchas descontaminadoras y fuentes lavaojos próximas a los lugares donde sea factible la proyección de AQP.				Ir a tabla I.2 o tabla I.3	
43. Con carácter general, se hace una correcta gestión de los EPI, de la ropa de trabajo y de las instalaciones de socorro.					DEFICIENTE
44. Se aprecian otras deficiencias o carencias en cuanto a las protecciones colectivas, medidas organizativas y uso de EPI: Citarlas y valorarlas ([2])					

Tabla I.1.Cuestionario de chequeo para identificación de factores de riesgo de accidente por AQP

([2]) Esta cuestión se debería cumplimentar y desarrollar cuando se haya respondido NO a alguna de las cuestiones nº 28, 40 y 43

general, depende de las frases R o H asignadas al AQP (Tabla I.2 o tabla I.3). Ello comporta que en principio la metodología tan solo sería aplicable a AQP que tengan asignada una frase R o H, es decir a productos comercializados, y que no podría aplicarse a productos que no dispongan de frase R o H, como pueden ser los productos intermedios, subproductos, residuos, etc... En estos supuestos, se deberá conocer la peligrosidad intrínseca de tales productos y asignarles la frase R o H más ajustada a su nivel de peligrosidad intrínseca.

Así, por ejemplo, una respuesta negativa a la cuestión 5 conducirá a una calificación de mejorable si el AQP tiene asignada la frase R38, a una calificación de deficiente si tiene asignada la frase R34 o a una calificación de muy deficiente si tiene asignada la frase R35, o bien una calificación de muy deficiente si tiene asignada una frase H250, deficiente si tiene asignada una frase H251, o mejorable si tiene asignada una frase H252.

Así pues, para cada cuestión se obtiene una calificación que puede ser muy deficiente, deficiente o mejorable (en caso de que la cuestión sea procedente) en función de los factores de riesgo presentes y de la peligrosidad intrínseca del AQP conocida por sus frases de riesgo R o H. No se califica la cuestión nº 1, ya que al plantearse como una pregunta "llave", su respuesta negativa significa que en la empresa no existen AQP y que, por tanto, no procede seguir cumplimentando el cuestionario.

En función del conjunto de todas las respuestas se obtiene una calificación global del nivel de deficiencia, que puede ser muy deficiente, deficiente, mejorable o aceptable según los siguientes criterios:

- La calificación global será muy deficiente si alguna de las cuestiones es calificada de muy deficiente o bien si más del 50% de las cuestiones aplicables reciben la calificación de deficiente.
- La calificación global será deficiente si, no siendo muy deficiente, alguna de las cuestiones es calificada de deficiente o bien si más del 50% de las cuestiones aplicables reciben la calificación de mejorable.
- La calificación global será mejorable si, no siendo muy deficiente ni deficiente, menos del 50% de las cuestiones aplicables reciben la calificación de mejorable.
- La calificación global será aceptable en los demás casos.

Los valores numéricos asignados a cada nivel de peligrosidad objetiva distinto, y el significado de los mismos, se indican en la tabla II.

Consideraciones adicionales para el correcto uso de las tablas I.1, I.2 y I.3

- El cuestionario está propuesto a título orientativo y abierto; en ningún caso debe considerarse exhaustivo y cerrado. Cada empresa lo ajustará a sus necesidades.

CUESTIÓN Nº	MUY DEFICIENTE	DEFICIENTE	MEJORABLE
5	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R26, R27, R28, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R23, R24, R25, R29, R30, R34, R41, R44	R20, R21, R22, R36, R37, R38
7,8	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R26, R27, R28, R32, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R23, R24, R25, R29, R30, R31, R34, R41, R44	R20, R21, R22, R36, R37, R38
9	R7, R12, R26	R10, R11, R23, R30	R20, R36, R37, R38
10	R7, R12, R14, R15, R17, R18, R19, R26, R27, R32, R35, R39	R10, R11, R23, R24, R30, R31, R34	R20, R21, R36, R37, R38
11	R1 a R6, R7, R12, R15, R16, R19	R10, R11, R18, R44	
12,13,13bis, 14	R1 a R6, R7, R12, R16, R17, R19, R26, R27, R35, R39	R9, R10, R11, R18, R23, R24, R30, R34, R41, R68	R20, R21, R36, R37, R38
17	R1 a R 6, R12, R15, R16, R17, R26, R27, R28, R32, R35, R39	R10, R11, R18, R23, R24, R25, R30, R31, R34, R41, R68	R20, R21, R22, R36, R37, R38, R65
18	R1 a R6, R7, R12, R19	R10, R11, R18, R30	
19	R1 a R6, R7; R12, R15; R19;	R10, R11, R18, R30, R44	
20	R35, R41	R34	R36, R37, R38
21, 22, 23	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R26, R27, R32, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R23, R24, R29, R30, R31, R34, R41, R44	R20, R21, R36, R37, R38
25	R1, R2, R3, R5, R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19	R10, R11 R18, R30, R44	
26	R26, R27, R35, R39	R23, R24, R34, R41, R68	R20, R21, R36, R37, R38
27	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R26, R27, R32, R35, R39	R10, R11, R14, R18, R23, R24, R29, R30, R31, R34, R41, R68	R20, R21, R36, R37, R38
29,30,31,33	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R26, R27, R28, R32, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R23, R24, R25, R29, R30, R31, R34, R41, R44	R20, R21, R22, R36, R37, R38
41	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R26, R27, R32, R35, R39	R10, R11, R18, R23, R24, R29, R30, R31, R34, R41, R68	R20, R21, R36, R37, R38
42	R27, R35, R39	R24, R34, R41, R68	R21, R36, R37, R38

Tabla I.2.Criterios de valoración

CUESTIÓN Nº	MUY DEFICIENTE	DEFICIENTE	MEJORABLE
5	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H224, H225, H240, H241, H250, H271, H280, H300, H304, H310, H314, H330, H318, H370, EUH001, EUH006, EUH018, EUH019, EUH071, EUH209	H221, H226, H228, H242, H251, H270, H272, H281, H301, H311, H319, H331, H371, EUH044, EUH070, EUH209A	H252, H302, H312, H315, H332, H335, H336, EUH202
7,8	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, H240, H241, H250, H260, H271, H280, H290, H300, H304, H310, H314, H330, H318, H370, EUH001, EUH006, EUH014, EUH018, EUH019, EUH032, EUH071, EUH206, EUH209	H221, H223, H226, H228, H242, H251, H261, H270, H272, H281, H301, H311, H319, H331, H371, EUH029, EUH031, EUH044, EUH070, EUH209A	H252, H302, H312, H315, H332, H335, H336, EUH202
9	H220, H222, H224, H225, H370, EUH018, EUH071,EUH209	H221, H223, H226, H228, H331, H371, EUH209A	H332, H335, H336
10	H224, H225, H260, H310, H314, H318, H330, H370, EUH006, EUH014, EUH018, EUH032, EUH071, EUH206, EUH209	H226, H261, H311, H331, H319, H371 EUH029, EUH031, EUH070, EUH209A	H312, H315, H332, H335, H336
11	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, H240, H241, H260, EUH001, EUH006, EUH018, EUH019, EUH209	H221, H223, H226, H228, H242, H261, EUH044, EUH209A,	
12,13,13 bis,14	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, H240, H241, H250, H271, H280, H290, H310, H314, H318, H330, H370, EUH001, EUH006, EUH018, EUH019, EUH071, EUH209	H221, H223, H226, H228, H242, H251, H270, H272, H281, H311, H319, H331, EUH044, EUH070, EUH209A	H252, H312, H315, H332, H335, H336, EUH202
17	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H224, H225, H250, H260, H300, H304, H310, H314, H318, H330, H370, EUH001, EUH006, EUH014, EUH018, EUH019, EUH032, EUH071, EUH206, EUH209	H226, H228, H251, H261, H301, H311, H319, H331, H371, EUH029, EUH031, EUH044, EUH070, EUH209A	H252, H302, H312, H315, H332, H335, H336, EUH202
18	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, EUH001, EUH006, EUH018, EUH019, EUH209	H221, H223, H226, H228, EUH209A	
19	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, H240, H241, H250, H260, EUH001, EUH006, EUH018, EUH019, EUH209	H221;H223;H226;H228, H242, H251, H261, EUH044, EUH209A	H252
20	H314, H318, EUH071	H319	H315
21,22,23	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, H240, H241, H250, H260, H271, H280, H310, H314, H318, H330, H370, EUH001, EUH006, EUH014, EUH018, EUH019, EUH032, EUH071, EUH206, EUH209	H221, H223, H226, H228, H242, H251, H261, H270, H272, H281, H311, H319, H331, H371, EUH029, EUH031, EUH044, EUH070, EUH209A	H252, H312, H315, H332, H335, H336, EUH202
25	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, H240, H241, H250, H260, H280, EUH001, EUH006, EUH018, EUH019, EUH209	H221, H223, H226, H228, H242, H251, H261, EUH044, EUH209A	H252
26	H300, H310, H314, H318, H330, H370, EUH071, EUH206	H301, H311, H319, H331, H371, EUH070	H302, H312, H315, H332, H335, H336
27	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, H240, H241, H250, H260, H310, H314, H318, H330, H370, EUH001, EUH006, EUH014, EUH018, EUH019, EUH032, EUH071, EUH206, EUH209	H221, H223, H226, H228, H242, H251, H261, H311, H319, H331, H371, EUH029, EUH031, EUH044, EUH070, EUH209A	H252, H312, H315, H332, H335, H336
29,30,31,33	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, H240, H241, H250, H260, H271, H280, H290, H300, H304, H310, H314, H318, H330, H370, EUH001, EUH006, EUH014, EUH018, EUH019, EUH032, EUH071, EUH206, EUH209	H221, H223, H226, H228, H242, H251, H261, H270, H272, H281, H301, H311, H319, H331, H371, EUH029, EUH031, EUH044, EUH070, EUH209A	H252, H302, H312, H315, H332, H335, H336, EUH202
41	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H222, H224, H225, H260, H310, H314, H318, H330, H370, EUH001, EUH014,EUH018, EUH032, EUH071, EUH206,EUH209	H221, H223, H226, H228 H261, H311, H319, H331, H371, EUH029, EUH031, EUH070, EUH209A	H281, H312, H315, H332, H335, H336, EUH202
42	H310, H314, H318, H370, EUH206	H311, H319, H371, EUH070	H312, H315, H335, H336

Tabla I.3.Criterios de valoración

- Para los productos que no dispongan de frase R o H, como pueden ser los productos intermedios, subproductos, residuos, etc..., se deberá conocer la peligrosidad intrínseca de tales productos y asignarles la frase R o H más ajustada a su nivel de peligrosidad intrínseca.
- Las cuestiones número 28, 40 y 43 se plantean a modo de compendio resumen de la cuestiones del mismo bloque (15 a 27, 29 a 39 y 41 a 42 respectivamente) y se dejan abiertas a otros incumplimientos que, no estando contemplados en el cuestionario, son identificados por la persona que lo aplica. Se valoran con la calificación genérica de Deficiente, aunque tal valoración debería sustituirse por la que obtuviera el técnico analista que, como el propio cuestionario contempla en la cuestión nº 44, debería citar y valorar.
- El uso que se hace en la tabla I.2 de las frases R 20, R 23, R26 o en la tabla I.3 de las frases H332, H331, H330, respectivamente en las columnas de Mejorable, Deficiente o Muy Deficiente es en concepto de efectos agudos (nunca efectos crónicos) y su aplicación debería asimilarse a los valores de la concentración Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud (IPVS) asignados a los distintos productos. Al respecto se remite a la última edición actualizada publicada por NIOSH relativas a los valores *Inmeditely Dangerous to Life or Health concentrations* (IDLH).
- Si bien las frases H300, H310 y H330 tienen incorporada en su leyenda la palabra "mortal", su significado es equivalente a las frases R28, R27, R26, cuyo texto indica "muy tóxico, en las diferentes vías de exposición" (ver NTP 727).
- Si el producto dispone de combinaciones de frases R o H, en la tabla I.2 o en la tabla I.3 se usarán las mismas en lugar de las frases R o H indicadas. Así por ejemplo si en la etiqueta aparecen las frases R14/15, sustituirán a las R 14 y R 15; o bien si aparecen las indicaciones de peligro H302+H332, sustituirán a las frases H 302 y H332.
- Ante la existencia de frases R o H que condujeran a distinto nivel de peligrosidad, se tomará el mayor de ellos.
- En la etiqueta del producto químico peligroso aparecerán además de las indicaciones de peligro correspondientes a cada clasificación (frases H), las palabras de advertencia de la sustancia o mezcla peligrosa (según las tablas de las partes 2 a 5 del anexo I del Reglamento CLP). Las palabras de advertencia se diferencian en dos niveles: la de "peligro" utilizada para categorías de peligro más graves y la de "atención" para las menos graves. Esto implica que, por ejemplo, el producto identificado con la frase H228 puede venir acompañado indistintamente de una palabra de advertencia de "peligro" o de "atención". Si viniera acompañado de la palabra de advertencia de peligro se consideraría en la columna de deficiente, pero si viniera acompañado de la palabra de atención se incluiría en la de mejorable. Esto mismo podría ocurrir con las frases H261, H242 y H272.

PELIGROSIDAD OBJETIVA	NPO	SIGNIFICADO
Aceptable	-	No se han detectado anomalías destacables. El riesgo está controlado. Comporta tomar las medidas establecidas en el nivel de riesgo 1 de la tabla VI.
Mejorable	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. El conjunto de medidas preventivas existentes con respecto al riesgo admite mejoras.
Deficiente	6	Se han detectado factores de riesgo que precisan ser corregidos. El conjunto de medidas preventivas existentes con respecto al riesgo no garantiza un control suficiente del mismo.
Muy Deficiente	10	Se han detectado factores de riesgo significativos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.

Tabla II. Determinación del nivel de peligrosidad objetiva

Nivel de exposición (NE)

El nivel de exposición es un indicador de la frecuencia con la que se presenta la exposición a un determinado riesgo.

El nivel de exposición se puede estimar en función de los tiempos de permanencia en áreas y/o tareas en que se haya identificado el riesgo. Su significado se muestra en la tabla III.

NE	SIGNIFICADO
1	Ocasionalmente
2	Alguna vez en su jornada laboral y con periodo corto de tiempo
3	Varias veces en su jornada laboral en tiempos cortos
4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado

Tabla III. Determinación del nivel de exposición

Los valores numéricos asignados, como puede observarse en la tabla III, son inferiores a los asignados para el nivel de peligrosidad objetiva ya que, si la situación de riesgo está controlada, una exposición alta no debería ocasionar el mismo nivel de riesgo que una deficiencia alta con exposición baja.

Nivel de consecuencias (NC)

Se considerarán las consecuencias normalmente esperadas en caso de materialización del riesgo. Se establecen cuatro niveles de consecuencias que categorizan los daños personales previsiblemente esperados en caso de que el riesgo se materialice.

Como puede observarse en la tabla IV el valor numérico asignado a las consecuencias es muy superior a los de peligrosidad objetiva y exposición, ya que la ponderación de las consecuencias debe tener siempre un mayor peso en la valoración del riesgo.

NE	SIGNIFICADO
10	Pequeñas lesiones
25	Lesiones normalmente reversibles
60	Lesiones graves que pueden ser irreversibles
100	Uno o varios muertos

Tabla IV. Determinación del nivel de consecuencias

Nivel de riesgo (NR)

Todos los pasos seguidos hasta aquí conducen a la determinación del nivel de riesgo, que se obtiene mediante el producto del nivel de peligrosidad objetiva por el nivel de exposición y por el nivel de consecuencias (Tabla V).

		(NPOxNE)			
		2-4	**6-8**	**10-20**	**24-40**
(NC)	10	20-40	60-80	100-200	240-400
	25	50-100	150-200	250-500	600-1000
	60	120-240	360-480	600-1200	1440-2400
	100	200-400	600-800	1000-2000	2400-4000

Tabla V. Determinación del nivel de riesgo

En la Tabla VI se detalla el significado de los cuatro niveles de riesgo obtenidos.

NIVEL DE RIESGO	NR	SIGNIFICADO
1	20-40	Mejorar en lo posible. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas actuales
2	50-120	Establecer medidas de reducción del riesgo e implantarlas en un período determinado
3	150-500	Corregir y adoptar medidas de control a corto plazo
4	600-4000	Situación que precisa de una corrección urgente

Tabla VI. Significado de los diferentes niveles de riesgo

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

935

Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (I). Aspectos generales

Chemical agents: a qualitative and simplified assessment of inhalation risk (I). General issues
Agents chimiques: évaluation qualitative et simplifiée du risque par inhalation (I). Aspects généraux

Redactora:

Núria Cavallé Oller
Ingeniera Química

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Esta Nota Técnica de Prevención es la primera de una serie de tres sobre la utilización de modelos cualitativos o simplificados para la evaluación de la exposición inhalatoria a agentes químicos. Se trata de herramientas que facilitan la práctica de la higiene industrial ofreciendo orientaciones (basadas en datos no cuantitativos) sobre el nivel del riesgo e incluso sobre las medidas preventivas que es necesario implantar. Aquí se describe su base teórica, alcance, los distintos enfoques existentes y se mencionan diversos modelos disponibles ya publicados. Esta Nota Técnica y la siguiente sustituyen a la 750.

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

Tal y como establece el Real Decreto 374/2001 sobre la prevención de los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos en el trabajo, la evaluación de la exposición debe hacerse, con carácter general, por *medición de las concentraciones ambientales* de dichos agentes químicos en el puesto de trabajo. Ello implica un proceso de cierta complejidad técnica que incluye:

- la estrategia de muestreo: número de muestras, tiempo de duración de cada una de ellas, ubicación, momento del muestreo, número de trabajadores a muestrear, número de jornadas y periodicidad del muestreo.
- la toma de muestras: elección de la instrumentación y parámetros de muestreo adecuados
- el análisis químico de las muestras
- el tratamiento de los datos y comparación con los criterios de valoración
- las conclusiones sobre el riesgo por exposición al agente químico

El citado Real Decreto establece una alternativa a la evaluación cuantitativa cuando "*el empresario demuestre claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección*". En esta nota técnica se examina la base teórica en la que se fundamentan los modelos de evaluación no cuantitativa.

El Reglamento de los Servicios de Prevención remite a la utilización de criterios de carácter técnico para la evaluación de riesgos, tales como normas UNE u otros de reconocido prestigio. Para la evaluación de la exposición laboral a agentes químicos es de referencia la norma UNE-EN 689:1996, que expone un sistema general de evaluación, y en sus anexos, varios procedimientos acerca de la estrategia de muestreo, ofreciendo, por lo tanto, criterios tanto para la evaluación cualitativa como para la evaluación cuantitativa de la exposición a agentes químicos. Se resumen a continuación algunos puntos de su contenido.

2. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN SEGÚN NORMA UNE-EN 689:1996 Y SU RELACIÓN CON LOS MODELOS CUALITATIVOS.

La NTP-406 describe con detalle el contenido de la norma UNE-EN 689:1996, que comprende la identificación de los agentes químicos, los factores determinantes de la exposición (tareas, ciclos, tipo de operación, localización de las fuentes de emisión, presencia de medidas de prevención, etc.) y las interacciones entre ambos. La evaluación puede abordarse a 3 niveles de profundidad:

- estimación inicial
- estudio básico
- estudio detallado

Solamente el *estudio detallado* es el que implica una evaluación cuantitativa de la exposición con mediciones personales estadísticamente representativas. La norma UNE-EN 689:1996 indica, en sus anexos, distintos procedimientos para llevar a cabo estas mediciones y su tratamiento estadístico con el objetivo de obtener la probabilidad de que se supere el valor límite para un agente en cuestión.

El *estudio básico* puede incluir mediciones de la concentración pero normalmente éstas no poseen representatividad estadística. Se restringe a la obtención de datos cuantitativos en la situación más desfavorable, mediciones dentro de la jornada sin que se asegure su representatividad, extrapolaciones en el tiempo a partir de mediciones anteriores y, especialmente, mediciones sobre los parámetros de funcionamiento de los sistemas de control de la exposición, etc.

La *estimación inicial* consiste en recopilar la máxima información cualitativa acerca de las variables condicionantes de la exposición (peligrosidad intrínseca y condiciones de trabajo). En algunos casos (normalmente los extremos, de muy elevado o muy bajo riesgo), el técnico higienista podrá determinar con esta información que el riesgo es aceptable o bien que no lo es y en consecuen-

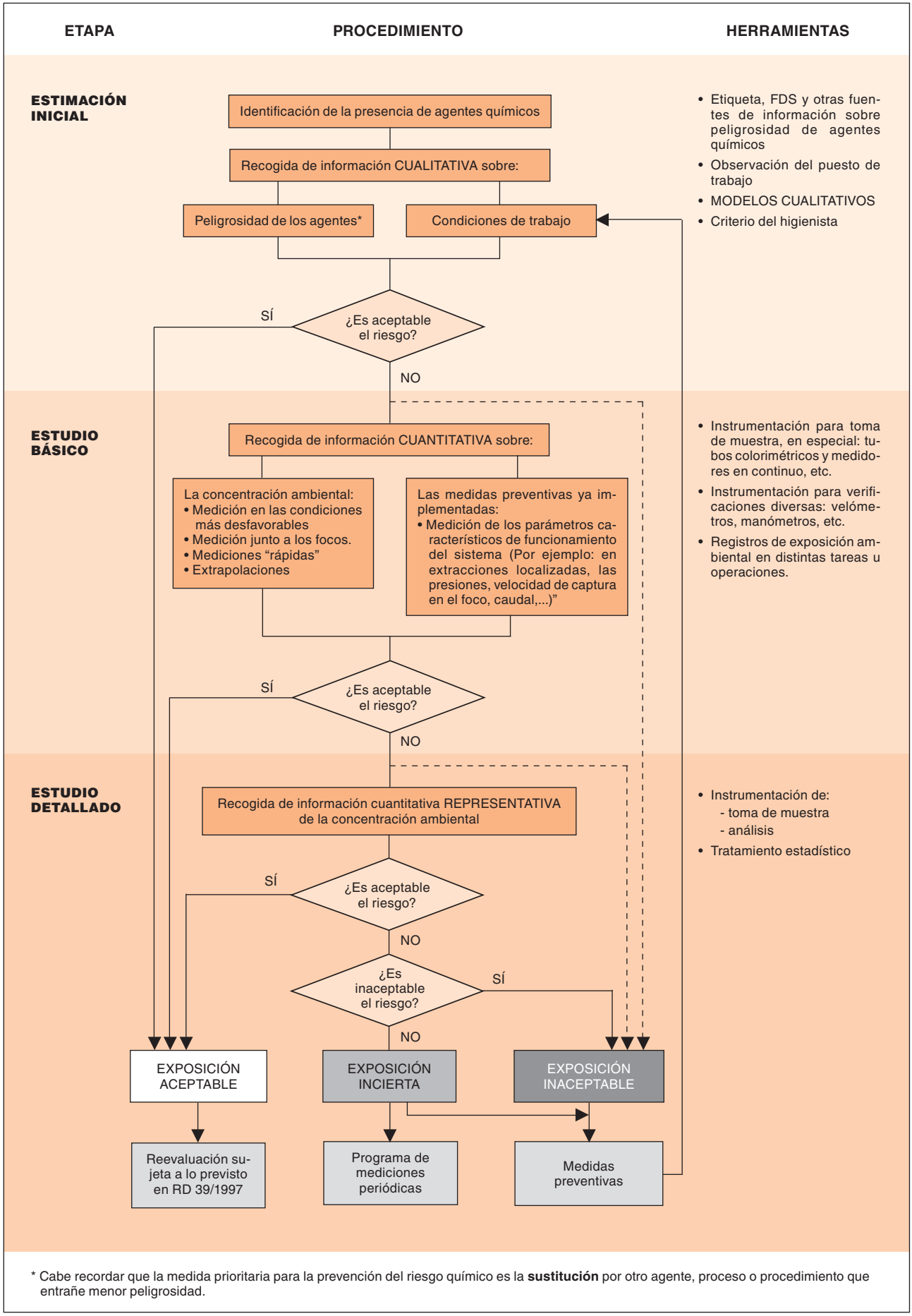


Figura 1. Procedimiento general de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos.

cia deben implantarse medidas preventivas sin necesidad de evaluar de forma más detallada.

Este juicio del higienista puede realizarse de forma menos subjetiva y más sistemática mediante la aplicación de modelos cualitativos o simplificados de evaluación, facilitando la toma de decisiones respecto a las medidas preventivas. Si bien es razonable iniciar el proceso de evaluación con un análisis cualitativo, en muchas ocasiones no es posible alcanzar conclusiones sobre el riesgo y es necesario realizar un estudio detallado. La capacidad o no de alcanzar conclusiones a través de una valoración cualitativa es función de:

- el nivel de información disponible sobre la exposición: cuanto mayor es éste, menor es la incertidumbre asociada al juicio cualitativo sobre la exposición. Podría incluirse también aquí la capacidad o experiencia del técnico que realiza la evaluación.
- la cercanía al valor límite de exposición, determinado a su vez por:
  - el nivel de dicho límite: en igualdad de condiciones, se alcanzará antes la concentración correspondiente a valores límite bajos, por lo que, también en igualdad de condiciones, presenta mayor incertidumbre la evaluación cualitativa de las sustancias con valor límite muy bajo.
  - las cantidades presentes o manipuladas
  - las medidas preventivas implementadas, siendo estas dos últimas características las que determinan la mayor o menor presencia del agente en el medio ambiente laboral.

En la figura 1 se muestra la evaluación el riesgo por exposición inhalatoria a agentes químicos como un proceso donde se va recopilando información cada vez más detallada a medida que se avanza en el esquema, y que permite salidas hacia la aceptación o no aceptación directas del riesgo cuando la información es suficiente. Así, las líneas punteadas que parten de la respuestas negativas a la aceptabilidad del riesgo, indican un camino directo hacia la adopción de medidas, evitando recoger más información (por ejemplo, mediciones ambientales). Aunque en algunos casos sea adecuado valorar sin mediciones ambientales, es necesario destacar el interés preventivo que siempre tiene disponer de ellas. Constituyen una valiosa información dentro de la empresa para la mejora continua de las condiciones de trabajo, y fuera de ella para otros objetivos, como el establecimiento de relaciones causa-efecto y dosis-efecto en los estudios epidemiológicos para determinar la etiología de las enfermedades profesionales, para fijar nuevos valores límite de exposición, etc. En este punto debe insistirse en el carácter complementario y no sustitutorio de estos modelos respecto a la valoración cuantitativa de la exposición.

La nomenclatura adoptada en este diagrama es la de la norma UNE-EN 689:1996, para las etapas 1 (estimación de la exposición), 2 (estudio básico) y 3 (evaluación detallada). Se destaca que, con carácter general, los modelos cualitativos o simplificados de evaluación se engloban en la etapa de estimación de la exposición, aunque algunos, de mayor complejidad y número de variables pueden enmarcarse dentro del estudio básico.

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y BASE TEÓRICA

Estos modelos tienen como principal objetivo determinar, sin recurrir de entrada a las mediciones ambientales, el nivel o grado de riesgo por exposición a agentes químicos en una determinada operación. Su alcance cubre los aspectos recogidos en la figura 2.

Cabe recordar que ante el riesgo químico la medida prioritaria es la **sustitución** del agente por otro agente o proceso menos peligroso, por lo que la adopción de medidas de reducción o control de la exposición se realizará solamente después de haber planteado las posibilidades de llevar a cabo tal sustitución. Esta obligatoriedad es mayor cuando los agentes implicados sean cancerígenos o mutágenos tal y como establece el artículo 4 del Real Decreto 665/1997.

Estos modelos de evaluación se basan en la asignación de puntuaciones o niveles a algunas de las siguientes variables, según el modelo (figura 3):

- Peligrosidad de los agentes químicos
- Frecuencia de la exposición
- Duración de la exposición
- Cantidad de agente químico utilizado o presente
- Características físicas del agente
- Forma de uso
- Tipo de medida de control existente
- Otras...

El resultado es una categorización en distintos niveles de riesgo, que determinan si el riesgo es o no aceptable y, en ocasiones, el tipo de medidas preventivas a aplicar.

En este punto es posible diferenciar entre dos tipos de modelos: los que estiman el riesgo potencial de exposición (no incluyen como variable de entrada las medidas preventivas tomadas) y los que estiman el riesgo esperable de exposición (estiman el riesgo final, tal como es, es decir, considerando las medidas ya implantadas si las hay).

Del primer tipo es representativo el modelo británico COSHH Essentials, publicado por *Health and Safety Executive*, (ver NTP 936) y del segundo, el modelo francés publicado por el INRS (*Institute National de Recherche et*

1) Realizar un primer diagnóstico del nivel de riesgo por exposición inhalatoria a agentes químicos y prever qué cambios es necesario adoptar para mantener dicho riesgo bajo control sin necesidad de evaluarlo de forma más precisa y exacta, y por lo tanto, evitando costes innecesarios.

2) Determinar de qué instalaciones y condiciones es necesario disponer antes de que la exposición tenga lugar, es decir, anticiparse a ella aplicando la prevención desde la fase de diseño.

3) Según el modelo empleado, permiten discriminar una situación de "riesgo leve" del resto de situaciones, tal y como menciona el artículo 3.3 del Real Decreto 374/2001.

4) Según el modelo empleado, permiten discriminar una situación de riesgo potencial elevado que requiere de un análisis individualizado y posiblemente de mediciones ambientales. Este es el caso, entre otros, de los agentes cancerígenos y mutágenos.

5) Justificar documentalmente la no realización de mediciones ambientales, tal y como exige el artículo 3.9 del Real Decreto 374/2001: *"la documentación deberá incluir las razones por las que no se considera necesario efectuar mediciones".*

Figura 2. Objetivos y alcance de los modelos simplificados o cualitativos de evaluación

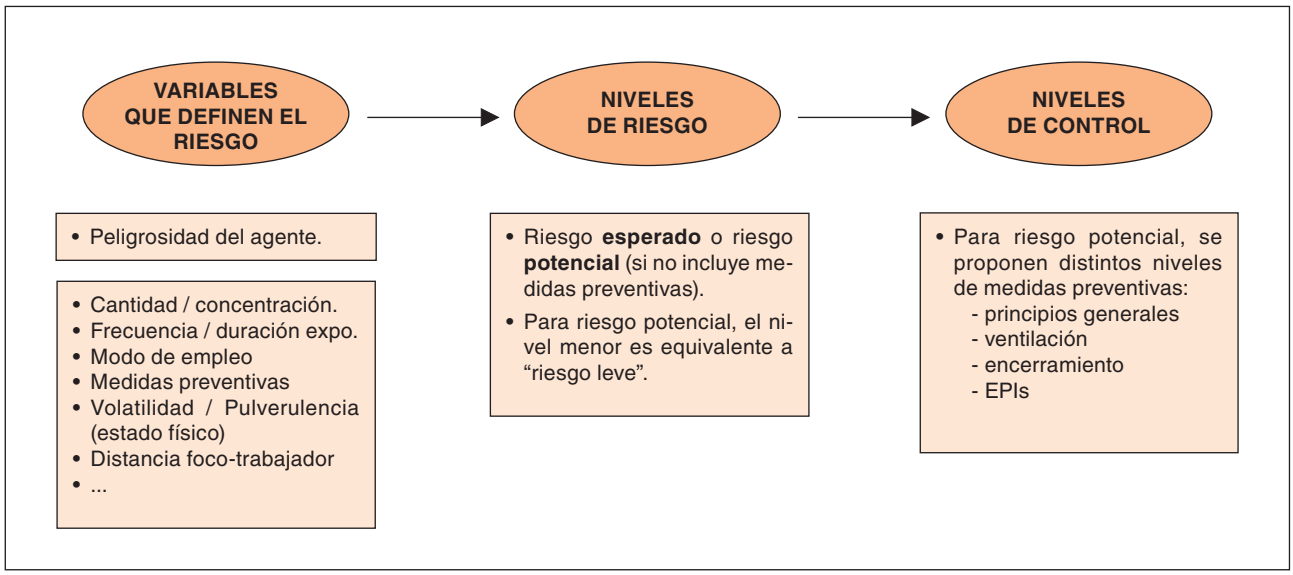


Figura 3. Variables que pueden considerar los modelos cualitativos de evaluación

Sécurité) (ver NTP 937). A partir de ellos se han publicado otros modelos, aportando modificaciones y mejoras, que se tratan en el apartado 4 de esta Nota Técnica.

A partir del modelo COSHH Essentials se acuñó el término inglés "control banding" (clasificación por bandas o grupos de control) aludiendo a la clasificación de las operaciones en el nivel de control requerido para poder considerar que el riesgo es aceptable. El nivel de control pues, es el *resultado* que se obtiene tras aplicar un modelo de "control banding" y no una variable de entrada, como sería propio de un método de evaluación. Por ello, los modelos de "control banding" evalúan el riesgo potencial y no el riesgo esperado (esto puede hacerse a posteriori mediante la etapa de comparación entre la medida preventiva que aconseja el modelo y la que se dispone instalada, si es el caso). El concepto subyacente es que las situaciones de riesgo pueden ser muchas y diversas mientras que las medidas de control que se aplicarán para reducir ese riesgo son pocas y categorizables en pocos grupos. Ello garantiza, al menos teóricamente, una actuación preventiva mucho más eficiente que la determinación precisa del nivel de exposición en cada puesto de trabajo.

En esta Nota Técnica se utilizan indistintamente las nomenclaturas de modelos simplificados (porque así lo son si se compara con la complejidad de una evaluación cuantitativa) y de modelos cualitativos (por no incorporar datos de medición cuantitativa de la concentración), aunque se matiza que el modelo del INRS no es exactamente un modelo cualitativo sino semicuantitativo tal y como se explica en la NTP 937.

Hay que hacer énfasis en que, pese a que son métodos sencillos de aplicar, la interpretación de sus resultados, la toma de decisiones sobre las medidas preventivas y la comprobación de su funcionamiento a lo largo del tiempo requerirán, en muchos casos de un criterio profesional insustituible. En cada caso se determinará la bondad de los resultados, y especialmente teniendo en cuenta que muestran limitaciones como la posible subestimación del riesgo cuando el agente químico se presenta simultáneamente en forma de vapor y en forma de polvo, la no consideración de un modo cuantitativo de los tiempos de exposición, las exposiciones simultáneas (ver NTP 925), o los picos de exposición.

4. MODELOS DISPONIBLES

Después del desarrollo de modelos destinados a categorizar específicamente el riesgo en ámbitos como la industria farmacéutica, la industria de los colorantes u operaciones con agentes cancerígenos, se publicó en 1999 el primer modelo de tipo generalista, COSHH Essentials por parte del Instituto Británico de Seguridad en el Trabajo (Health and Safety Executive, HSE). Desde entonces han surgido nuevas herramientas partiendo del mismo enfoque (modelo OIT y modelo alemán Easy-to-Use), de un enfoque distinto (modelo INRS) o bien ampliando la complejidad o combinando ambos enfoques (modelo holandés Stoffenmanager y modelo belga REGETOX). A continuación se ofrecen los enlaces para acceder a las aplicaciones o a los documentos explicativos, según sea el caso, a través de Internet:

COSHH Essentials, 1999
http://www.coshh-essentials.org.uk/
Ampliado y modificado por primera vez en 2003. Está sujeto a ampliación de fichas de control específicas por sector u operación de forma periódica. Es objeto de la NTP 936.

ND 2233 (INRS), 2006
http://www.inrs.fr
Es propiamente un modelo de evaluación del riesgo esperado (es decir, considerando las medidas preventivas ya presentes). Se estructura en 3 fases: 1) Inventario de AQ, 2) Jerarquización de los riesgos potenciales, 3) Evaluación simplificada del riesgo por exposición inhalatoria. Es objeto de la NTP 937, con algunas modificaciones.

Modelo OIT, 2006
http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/
Especialmente concebido para países en desarrollo. Parte del modelo COSHH Essentials y ya incorpora las frases H y orientación directa para pesticidas.

StoffenManager, 2007
https://www.stoffenmanager.nl/
Estrategia completa *on-line* para la evaluación del ries-

go por exposición a agentes químicos, con inclusión de análisis de datos ambientales cuantitativos. Incorpora un modelo de control banding fundamentado en COSHH Essentials.

Easy-to-use, 2004
http://www.baua.de/nn_18306/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/workplace-control-scheme.pdf
Incorpora un modelo basado en COSHH Essentials, con algunas modificaciones relevantes en la clasificación de frases R.

REGETOX, 2003
http://www.regetox.be/
Estructurado en 2 fases: 1) jerarquización de los riesgos potenciales (basada en el modelo INRS), y 2) evaluación del riesgo potencial y determinación de las medidas de control (basada en el modelo COSHH Essentials y el modelo EASE).

5. DESARROLLO FUTURO

Para la mejora de los modelos de evaluación cualitativa es necesario disponer de más y mejores experiencias de aplicación de los mismos y de estudios comparativos entre la valoración cualitativa y la cuantitativa. Sólo así será posible definir mejor su ámbito de aplicación, identificar problemas concretos asociados a su uso, y en definitiva, disponer de herramientas de mayor fiabilidad.

Por otra parte, el enfoque sectorial es un elemento que dota de eficacia a la prevención de riesgos laborales en cualquiera de sus distintos ámbitos. Así, en higiene industrial, y en concreto, ante los modelos cualitativos que aquí se han expuesto, tal orientación es deseable y esperable en los próximos años. COSHH Essentials dispone ya de un listado de sectores y dentro de ellos, de operaciones, para las cuales ofrece fichas específicas que definen directamente las condiciones de trabajo seguras, sin aplicar el método general de evaluación descrito en la próxima NTP. De igual forma se ofrecen también soluciones para la exposición a agentes que no disponen de frases R o H como pueden ser los humos de soldadura, el polvo de madera, la harina, etc.

Finalmente, con la entrada en vigor del Reglamento REACH es obligatorio anexar los denominados escenarios de exposición a las fichas de datos de seguridad (para sustancias o mezclas comercializadas en más de 10 Tn/año). Ello implica estimar la exposición prevista en cada uno de los distintos usos de la sustancia y la comparación de estos niveles con el DNEL (*Derived no-effect level*, es decir, el nivel de exposición que se considera que no supone ningún riesgo para la salud de las personas). La estimación de la exposición se realiza a través de modelos que incorporan variables como la cantidad utilizada, tiempo de uso, volatilidad, etc... así como las medidas de prevención existentes. De hecho, estas medidas de prevención deben ajustarse hasta definir un escenario que describa las condiciones seguras bajo las cuales debe utilizarse la sustancia, es decir, que reduzcan suficientemente la exposición. Los modelos expuestos en esta NTP pueden constituir una primera valoración de esta exposición. Sin embargo, por la relevancia de la información trasmitida en los escenarios de exposición a lo largo de la cadena de suministro, es necesario disponer de las mejores herramientas, que permitan ajustar lo mejor posible la exposición prevista sin olvidar la versatilidad y relativa sencillez. En esta línea se pueden mencionar modelos de mayor complejidad, también esencialmente cualitativa como ECETOC, Stoffenmanager, ART (*Advanced Reach Tool*) y TRA (*Targeted Risk Assessment*) que ya están siendo utilizados para la recreación de escenarios de exposición y que serán objeto de una nota técnica posterior.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

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. BOE nº 104 de 1-5-2001.

Real Decreto 665/1997 (modificado por Real Decreto 1124/2000 y Real Decreto 349/2003), de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. BOE nº 124 de 24-5-1995.

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). DOUE L 396 de 30-12-2006.

AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION
Guidance for conducting control banding analyses.
AIHA, 2007.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN
Norma UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.
AENOR, 1996.

BALSAT A; DE GRAEVE J; MAIRIAUX P.
A Structured Strategy for Assessing Chemical Risks, Suitable for Small and Medium-sized Enterprises.
Ann Occup Hyg Vol. 47. No. 7, pp. 549-556, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía Técnica del Real Decreto 374/2001.
INSHT, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía Técnica del Real Decreto 665/1997.
INSHT, 2005.

MONEY C D.
European Experiences in the Development of Approaches for the Successful Control of Workplace Health Risks.
Ann Occup Hyg Vol. 47. No. 7, pp. 533-409, 2003.

NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH
Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational Hazards (Control banding). A Literature Review and Critical Analysis.
NIOSH Publication No. 2009-152.

RUSSEL, R M; MAIDMENT S C; BROOKE, I M; TOPPING M D.
An Introduction to a UK Scheme to Help Small Firms Control Health Risks from Chemicals.
Ann Occup Hyg. Vol 42, No, 6, pp 367-366, 1998.

ZALK DM, NELSON DI.
History and evolution of control banding: a review.
J Occup Environ Hyg, 2008 May; 5(5):330-46.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

936

Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Modelo COSHH Essentials

Chemical agents: a qualitative and simplified assessment of inhalation risk (II). COSHH Esentials model
Agents chimiques: évaluation qualitative et simplifiée du risque par inhalation (II). Modèle COSHH Essentials

Redactora:

Núria Cavallé Oller
Ingeniera Química

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En la segunda nota técnica de esta serie de tres, se presenta el fundamento del modelo británico COSHH Essentials, que desde que fue publicado en 1999, ha sido ampliado con nuevas fichas de control y modificado en alguno de sus criterios. Posteriormente, ha sido adaptado al nuevo sistema de clasificación, etiquetado y envasado de agentes químicos de acuerdo con el Reglamento nº 1272/2008. Se incluyen en la Nota Técnica todos estos cambios. Esta Nota técnica y la anterior sustituyen a la 750.

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. PRESENTACIÓN DEL MODELO "COSHH ESSENTIALS"

La normativa legal para la prevención del *riesgo por exposición a agentes químicos* en el Reino Unido se denomina COSHH (Control of Substances Hazardous to Health). La metodología cualitativa diseñada inicialmente para prestar apoyo a pequeños y medianos empresarios y también a técnicos de prevención para el cumplimiento de tal normativa, se denomina COSHH Essentials y es la que se expone en esta NTP.

Se trata de un modelo para determinar la medida de control adecuada a la operación que se está evaluando para reducir hasta un nivel aceptable el riesgo por inhalación de agentes químicos, y no propiamente para determinar el nivel de riesgo existente. Este es su punto más fuerte, puesto que proporciona soluciones de índole práctica en forma de numerosas "fichas de control". Los niveles de control que se obtienen en este método (y que remiten a las fichas de control según el tipo de operación) corresponden a niveles de riesgo "potencial", puesto que no intervienen las medidas de control existentes como variable de entrada del método.

En la página web del INSHT se ofrece un calculador para la aplicación de este modelo. Permite guardar y exportar a un fichero las operaciones y agentes introducidos así como los resultados de la evaluación del riesgo potencial. El enlace es: http://riskquim.insht.es:86/riskquim/cb/

2. ETAPAS Y VARIABLES

Las diferentes etapas y las variables que intervienen en el modelo se detallan en la figura 1 y se describen a continuación.

Variable 1: Peligrosidad según frases R o frases H

La peligrosidad de las sustancias, según lo indicado en las tablas 1A y 1B, se clasifica en cinco categorías, A, B, C, D y E de nivel creciente en función de las frases que figuran en su etiqueta y ficha de datos de seguridad.

Solamente se clasifican las frases referidas a riesgos toxicológicos puesto que los riesgos de accidente químico o incendio y explosión están fuera del alcance de esta metodología, y por lo tanto deben evaluarse aparte.

A	R36, R38, R65, R67 Cualquier sustancia sin frases R contenidas en los grupos B a E
B	R20/21/22, R68/20/21/22
C	R23/24/25, R34, R35, R37, R37/38, R39/23/24/25, R41, R43, R48/20/21/22, R68/23/24/25
D	R26/27/28, R39/26/27/28, R40, R48/23/24/25, R48/23/25, R48/24, R60, R61, R62, R63, R64
E	Mut. Cat. 3 R40*, R42, R45, R46, R49, R68*

**Antes de 1997 la frase R40 se utilizaba para identificar a los mutágenos de 3ª categoría según el RD363/1995. Posteriormente a 1997, estos pasaron a identificarse con la R68 y la R40 se asignó solamente a los cancerígenos de 3ª categoría. Se mantiene esta entrada en la tabla puesto que podrían existir agentes químicos todavía en uso que fueron adquiridos antes de 1997.*

Tabla 1A. Clasificación de la peligrosidad de la agente según frases R

A	H303, H304, H305, H313, H315, H316, H318, H319, H320, H333, H336 Cualquier sustancia sin frases H contenidas en los grupos B a E
B	H302, H312, H332, H371
C	H301, H311, H314, H317, H318, H331, H335, H370, H373
D	H300, H310, H330, H351, H360, H361, H362, H372
E	H334, H340, H341, H350

Tabla 1B. Clasificación de la peligrosidad del agente según frases H

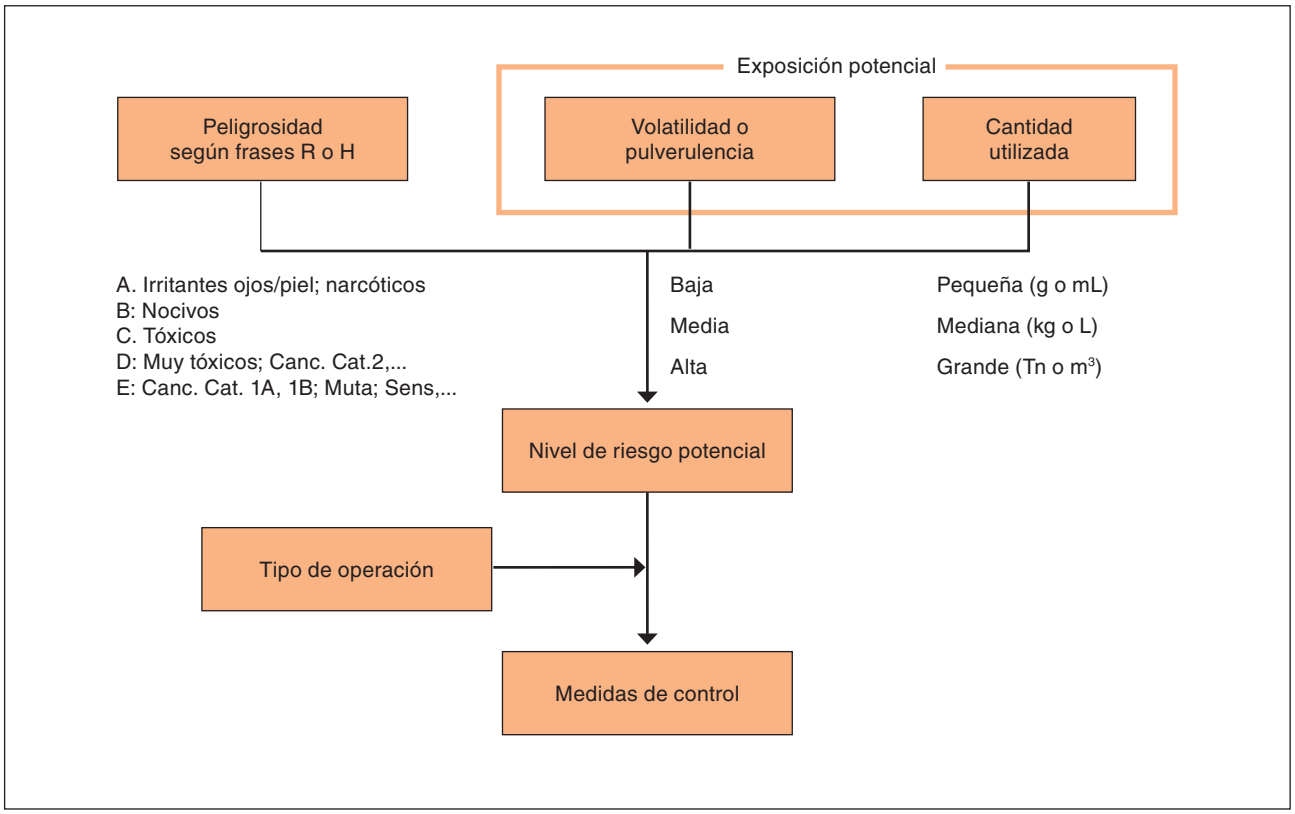


Figura 1. Etapas y variables del modelo COSHH Essentials

Cuando una sustancia tiene frases que corresponden a distintas categorías, siempre se clasifica la sustancia en la de mayor peligrosidad.

Además, algunas sustancias pueden presentar riesgos por contacto con la piel o las mucosas externas (tabla 2). Este modelo valora únicamente el riesgo por inhalación. Aún así la siguiente tabla permite identificar (no evaluar) el posible riesgo por contacto dérmico asignándole una categoría de riesgo S (*skin, piel).* En las Notas Técnicas de Prevención 895 y 896 se desarrollan metodologías de evaluación del riesgo por exposición dérmica.

R21 R20/21 R20/21/22 R21/22 R24 R23/24 R23/24/25 R24/25	R27 R27/28 R26/27/28 R26/27 R34 R35 R36 R36/37 R36/38 R36/37/38	R38 R37/38 R41 R43 R42/43 R48/21 R48/20/21 R48/20/21/22 R48/21/22	R48/24 R48/23/24 R48/23/24/25 R48/24/25 R66

** Las cuatro columnas corresponden a peligrosidad creciente, aunque se trata sólo de la identificación del riesgo potencial, sin proseguir con la evaluación del riesgo.*

*Tabla 2. Agentes químicos peligrosos en contacto con la piel o los ojos**

Variable 2: Tendencia a pasar al ambiente

La tendencia a pasar al ambiente se clasifica en alta, media y baja y se mide, en el caso de líquidos, por su volatilidad y la temperatura de trabajo (figura 2), y en el de sólidos, por su tendencia a formar polvo cuando se manipulan (tabla 3).

COSHH Essentials, en su ámbito de aplicación, excluye explícitamente los agentes en estado gaseoso y los líquidos manipulados por encima de su punto de ebullición.

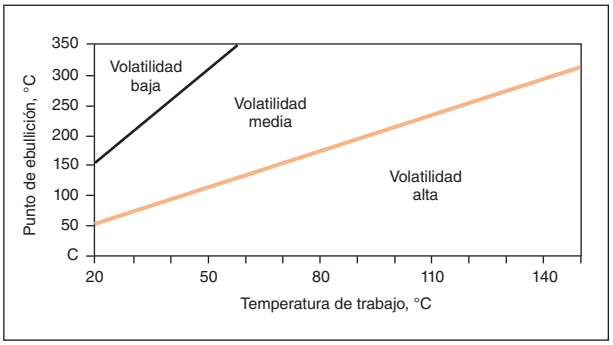


Figura 2. Niveles de volatilidad de los líquidos

Las 2 rectas definidas en este gráfico son:

$$T_{ebull} = 5 \cdot T_{proc} + 50$$

$$T_{ebull} = 2 \cdot T_{proc} + 10$$

donde:

T_{ebull} es la temperatura de ebullición del líquido a la presión atmosférica y

T_{proc} la temperatura a la que se desarrolla la operación evaluada.

Las disoluciones acuosas de sólidos se tratan como líquidos de baja volatilidad, aunque el punto de ebullición del agua conduce normalmente a la zona de volatilidad media. Para las disoluciones de sólidos en otros disolventes, como normal general se toma la volatilidad del disolvente.

Baja	Media	Alta
Sustancias en forma de granza (*pellets*) que no tienen tendencia a romperse. No se aprecia polvo durante su manipulación. Ejemplos: granza de PVC, escamas, pepitas, lentejas de sosa, etc.	Sólidos granulares o cristalinos. Se produce polvo durante su manipulación, que se deposita rápidamente, pudiéndose observar sobre las superficies adyacentes. Ejemplo: polvo de detergente, etc.	Polvos finos y de baja densidad. Cuando se emplean se observa que se producen nubes de polvo que permanecen en suspensión durante varios minutos. Ejemplos: cemento, negro de humo, yeso, etc.

Tabla 3. Tendencia de los sólidos a formar polvo

Variable 3: Cantidad de sustancia utilizada por operación

La *cantidad de sustancia* empleada se clasifica cualitativamente en pequeña, mediana o grande según lo indicado en la tabla 4.

Cantidad de sustancia	Cantidad empleada por operación
Pequeña	Gramos o mililitros
Mediana	Kilogramos o litros
Grande	Toneladas o metros cúbicos

Tabla 4. Cantidad de sustancia utilizada (en orden de magnitud)

Ante operaciones que generan aerosoles, la exposición potencial (volatilidad+cantidad) puede ser más elevada que la obtenida mediante el punto de ebullición del propelente o la pulverulencia del sólido por lo que se estudiará el caso individualmente, tomando en caso de duda el criterio más preventivo.

3. RESULTADO: RIESGO POTENCIAL Y NIVEL DE CONTROL REQUERIDO

Las categorías elegidas de las tres variables descritas se cruzan mediante la tabla 5, que indica cuatro posibles niveles de riesgo potencial y sus respectivas acciones preventivas. Independientemente del nivel de riesgo obtenido serán siempre de aplicación los principios generales de prevención establecidos en el artículo 4 del RD 374/2001.

Las acciones a tomar después de categorizar el riesgo potencial se detallan en la NTP 872 y pueden resumirse del siguiente modo:

Riesgo potencial 1

En estas situaciones el control de la exposición podrá lograrse, normalmente, mediante el empleo de **ventilación general**.

En la Guía Técnica del RD 374/2001, se ofrece un criterio en función de la peligrosidad de los agentes químicos para determinar si el riesgo es leve. El modelo COSHH Essentials va algo más allá, e incorpora la cantidad utilizada o manipulada y la tendencia a pasar al ambiente del agente químico, para obtener un juicio sobre la misma cuestión.

Grado de peligrosidad	Volatilidad / Pulverulencia				
	Cantidad usada	Baja volatilidad o pulverulencia	Media volatilidad	Media	Alta volatilidad o pulverulencia
A	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	1	1	2
	Grande			2	2
B	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	2	2	2
	Grande	1	2	3	3
C	Pequeña	1	2	1	2
	Mediana	2	3	3	3
	Grande	2	4	4	4
D	Pequeña	2	3	2	3
	Mediana	3	4	4	4
	Grande	3	4	4	4
E	En todas las situaciones con sustancias de este grado de peligrosidad, se considerará que el nivel de riesgo es 4.				

Tabla 5. Determinación del nivel de riesgo potencial por exposición a agentes químicos

Nivel de peligrosidad		
A	**B**	**C**
Irritantes de la piel o los ojos y los que no tengan asignadas frases R de los otros grupos, para:	Nocivos por inhalación, contacto dérmico o ingestión, para:	Tóxicos por inhalación, ingestión o contacto con la piel, irritantes de las vías respiratorias, para:
cualquier pulverulencia o volatilidad	cualquier pulverulencia o volatilidad	volatilidad baja o pulverulencia baja o media

Tabla 6. Riesgo leve cuando la cantidad de agente químico utilizada por operación es pequeña (gramos o mililitros)

Es de destacar que si se expresa el riesgo leve en función de la cantidad (tal y como se menciona en el artículo 3.3 del RD 374/2001), de la tabla 5 se deduce que cuando la cantidad de agente químico utilizada o manipulada es baja, el riesgo siempre es leve para agentes del nivel de *peligrosidad A* y *B*. Para agentes de nivel de *peligrosidad C* también lo es cuando estos manifiestan poca tendencia a pasar al ambiente (baja volatilidad a la temperatura del proceso para líquidos, y pulverulencia baja o media para sólidos) (tabla 6). No es posible una situación de riesgo leve cuando se trata con agentes de nivel de peligrosidad D o E.

Riesgo potencial 2

En estas situaciones habrá que recurrir a medidas específicas de prevención para el control del riesgo (artículo 5 del RD 374/2001). El tipo de instalación más habitual para controlar la exposición a agentes químicos es la **extracción localizada**, para cuyo diseño y construcción es necesario, en general, recurrir a suministradores especializados. Es importante elegir el suministrador atendiendo a la experiencia demostrada en este tipo de instalaciones, así como especificar con claridad que el objetivo de la instalación es conseguir que en los puestos de trabajo la concentración de las sustancias químicas se encuentre por debajo del valor de concentración que se le especifique.

Riesgo potencial 3

En estas situaciones habrá que acudir al empleo de **confinamiento o de sistemas cerrados** mediante los cuales no exista la posibilidad de que la sustancia química pase a la atmósfera durante las operaciones ordinarias. Siempre que sea posible, el proceso deberá mantenerse a una presión inferior a la atmosférica a fin de dificultar el escape de las sustancias.

Riesgo potencial 4

Las situaciones de este tipo son aquéllas en las que, o bien se utilizan sustancias muy tóxicas o bien se emplean sustancias de toxicidad moderada en grandes cantidades y con una capacidad media o elevada de pasar a la atmósfera. Hay que determinar si se emplean sustancias cancerígenas y/o mutágenas reguladas por el RD 665/1997 y sus dos modificaciones.

En estos casos es imprescindible adoptar medidas específicamente diseñadas para el proceso en cuestión recurriendo al asesoramiento de un experto. Este nivel de riesgo requiere normalmente la evaluación cuantitativa de la exposición, así como extremar la frecuencia de la verificación periódica de la eficacia de las instalaciones de control.

En cualquier caso las instalaciones implantadas deben ser mantenidas y verificadas periódicamente.

4. FICHAS DE CONTROL SEGÚN EL TIPO DE OPERACIÓN

El modelo COSHH Essentials ofrece más de 60 soluciones específicas para el control de la exposición según el nivel de riesgo obtenido y la operación en que se usa el agente (llenado de sacos, pesado, mezclado, desengrasado de metales, etc).

En 2003 se actualizó este modelo incorporándose otras 70 fichas específicas para 6 procesos: reparación de vehículos, industria del caucho, trabajo de la madera, servicios y comercio, fundiciones y panaderías. En cada proceso se distinguen distintas tareas, cada una con una ficha específica de control. Esto permite salvar, en estos casos, la limitación del método para ser aplicado con agentes que no son sustancias químicas comercializadas como tales (harina, humos de soldadura, etc) y que, en consecuencia, no disponen de frases R o H asignadas.

Además se publica y amplia periódicamente las fichas de medidas de control por sectores y dentro de ellos, sus operaciones específicas, que se puede consultar en:

http://www.hse.gov.uk/pubns/guidance/index.htm

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se desea evaluar el riesgo potencial de la operación de fabricación de un reactivo para la industria farmacéutica denominado DIS-A. Se trata de una disolución al 1% de la sustancia REACT-1 (líquido de punto de ebullición 200ºC, y frases R 26/27/28) en sosa cáustica al 40 %. El proceso se realiza a temperatura ambiente (aunque es ligeramente exotérmico) y consiste en el vaciado de sacos de lentejas de sosa de 50 kg en un tanque de 150 litros con agitación mecánica (sistema abierto) hasta su completa disolución, y adición de REACT-1 envasado hasta el 1% de concentración (menos de 1 litro por operación). La operación se realiza de forma discontinua 12 veces al día, produciéndose 120 bidones de 5 litros de DIS-A por jornada. En la tabla 7 se muestra el resumen de los datos y la valoración del riesgo.

6. MODIFICACION DE LAS CATEGORÍAS DE PELIGROSIDAD

Con posterioridad a su primera publicación y probablemente fruto de algunas deficiencias observadas con la puesta en el mercado del modelo y su aplicación en muchos y diversos casos, se realizaron algunas matizaciones sobre la versión original de 1999. Estos cambios

OPERACION	TAREA	Nombre del agente	Frases R	Peligrosidad		Volatilidad / ulverulencia	Cantidad	Nivel de riesgo
				Tabla 1	*Tabla 2*	*Fig. 3 o Tabla 3*	*Tabla 4*	*Tabla 5*
Fabricación de Dis-A	Vaciado de sacos (NaOH)	NaOH (s)	R35	C	S	Baja pulverulencia	Media	2
	Agitación	NaOH 40% (dis)	R35	C	S	Baja volatilidad	Media	2
	Adición de REACT-1	REACT-1 (liq)	R26/27/28	D	S	Media volatilidad	Pequeña	3
Envasado	Llenado de bidones	Dis-A	R35, R23/24/25	C	S	Baja volatilidad	Media	2
Conclusiones: el modelo indica que, preferentemente, el proceso de mezcla se debería realizar en un sistema cerrado, con motivo de evitar la exposición a REACT-1 en la operación de adición (nivel de riesgo 3). Si esta solución no se considera factible, podría pensarse en un sistema cerrado de alimentación de REACT-1 al tanque de agitación que evitara la exposición a este agente. El resto de operaciones (vaciado de sacos de lentejas de sosa, agitación y llenado de bidones de DIS-A) podrían controlarse con extracción localizada (nivel de riesgo 2). Es necesario utilizar protección dérmica para evitar el contacto con estos agentes. La clasificación del producto final Dis-A se ha calculado según el procedimiento de cálculo para mezclas considerando la peligrosidad de sus componentes y su porcentaje.								

Tabla 7. Proceso de preparación del producto DIS-A.

permiten una mayor intervención del técnico en el resultado de la evaluación. Se reproducen en este apartado y los siguientes.

Para algunas frases, como R37 (Irrita las vías respiratoria), el texto de la frase no detalla el grado del efecto, como si lo hacen otras frases como R20 a R28, por ejemplo, que manifiestan una gradación en la gravedad de los efectos. Lo mismo sucede con las frases R42, R43, R62, R63, y sus correspondientes frases H.

Las modificaciones descritas a continuación se basan en el uso información adicional, cuando se disponga de ella, para los agentes así etiquetados:

1. Si el agente tiene asignada alguna de las frases R34, R35, R37, H314 o H335, **y ninguna frase que lo clasifique como C, D o E**, se recaba información sobre el valor límite ambiental en caso de que lo tiene asignado y se aplican los siguientes cambios:

   Para sólidos:
   - Si VLA-ED > 1 mg/m^3 **y no hay otras frases que clasifiquen al agente como B**, se clasificará como A.
   - Si VLA-ED > 0,1 mg/m^3 (hasta 1 mg/m^3), se clasificará como B.
   - Si VLA-ED = 0,1 mg/m^3 o inferior, no se aplica ninguna modificación.

   Para líquidos o vapores:
   - Si VLA-ED > 50 ppm, **y no hay otras frases que clasifiquen al agente como B**, se clasificará como A.
   - Si VLA-ED > 5 ppm (hasta 50 ppm), se clasificará como B.
   - Si VLA-ED = 5 ppm o inferior, no se aplica ninguna modificación.

2. Si el agente tiene asignada alguna de las frases R62, R63, H361f, H361d o H361fd, **y ninguna frase que lo clasifique como D o E**, se recabará la siguiente información toxicológica:
   - LOAEL (vía oral) en mg/kg/día
   - LOAEL (vía dérmica) en mg/kg/día
   - LOAEL (vía inhalatoria) en mg/l/6 h diarias

   El LOAEL (Nivel de menor efecto adverso observado) se referirá a efectos de toxicidad reproductiva en el caso de R62 (H361f) y a efectos de toxicidad para el desarrollo para R63 (H361d).

   Las posibles modificaciones son:
   - Si todos los LOAEL disponibles son superiores a 50, 100 o 0,25 (respectivamente) y el agente no tiene otras frases que lo clasifiquen como C, clasificar como B.
   - Si alguno de los LOAEL introducidos es inferior o igual a 50, 100 o 0,25, pero superior a 5, 10 o 0,025 respectivamente, clasificar como C.
   - Si alguno de los LOAEL introducidos son inferiores o iguales a 5, 10 o 0,025 (respectivamente), no se aplica ninguna modificación.

   Un agente puede tener asignadas las frases con modificación por VLA y por LOAEL simultáneamente. En ese caso, se adoptará el resultado más restrictivo.

7. REDUCCIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POTENCIAL SEGÚN LA DURACIÓN DE LA OPERACIÓN

Si la duración de la exposición es inferior a 30 minutos diarios (resultantes de multiplicar el tiempo de duración de la operación por el número de veces que ésta se realiza durante una jornada estándar) puede reducirse un grado el nivel de riesgo potencial (y en consecuencia la rigurosidad de la medida preventiva necesaria).

La justificación se encuentra en la base técnica del modelo, que establece que entre niveles de medidas preventivas existe un factor de 10 en términos de concentración ambiental disponible, por lo que disminuir un grado el nivel de medida de prevención requerida, supone incrementar 10 veces la concentración ambiental. Una exposición de 30 minutos por jornada significa menos que una décima parte de la jornada de 8 horas (48 minutos), por lo que tal aproximación se considera suficientemente preventiva.

El modelo COSHH Essentials considera el punto de corte en 15 minutos. Se considera en esta NTP que en

la mayor parte de ocasiones un límite de 30 minutos será suficiente. En cualquier caso esta cuestión debe ser examinada por el técnico que realiza la evaluación en cada caso concreto.

Esta reducción del nivel de riesgo potencial no es aplicable de forma automática en el grupo 4 (para pasar a 3). El motivo es que no existen límites seguros de exposición para la mayoría de agentes que conducen a la clasificación como nivel 4 y el objetivo será siempre reducir al mínimo posible su nivel de exposición.

8. TRATAMIENTO DE LAS MEZCLAS

Cuando el agente evaluado es una mezcla o preparado la ficha de datos de seguridad incluye su clasificación final en la sección 2 y la clasificación y porcentaje de contenido de cada uno de sus componentes en la sección 3.

En estos casos es necesario que el técnico que realiza la evaluación sea conocedor de las propiedades peligrosas de cada componente y las evalúe de forma separada de acuerdo con las siguientes reglas:

- Si existe al menos un componente de categoría E de peligrosidad (sin considerar %), se clasificará como E.
- Si existe al menos un componente de categoría D (>0,05%) la mezcla se clasificará como categoría D.
- Si existe al menos un componente de categoría C (>0,5%) la mezcla se clasificará como categoría C.
- Si existe al menos un componente de categoría B (>10%) la mezcla se clasificará como categoría B.
- Si existe al menos un componente (a una concentración entre 0,1 y 0,5%) con las frases R43 o H317 (sensibilización dérmica), se aplicará la tabla 8.

Si no se da ninguna de las anteriores situaciones la mezcla o preparado se tratará según la información que figura en la sección 16 de su ficha de datos de seguridad.

Cantidad	Volatilidad o pulverulencia			
	Baja volatilidad o pulverulencia	Volatilidad media	Pulverulencia media	Alta volatilidad o pulverulencia
Pequeña	1	2	1	2
Media	1	2	2	2
Alta	2	3	3	3
Nótese que estas modificaciones afectan al nivel de riesgo potencial final (1 a 4) y no a la clasificación de la categoría de peligrosidad de la mezcla o preparado (A a E).				

Tabla 8. Nivel de riesgo potencial de una mezcla o preparado cuando contiene al menos un componente etiquetado con R43 o H317 a una concentración entre 0,1 y 0,5%.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

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. BOE nº 104 de 1.5.2001.

Real Decreto 665/1997 (modificado por Real Decreto 1124/2000 y Real Decreto 349/2003), de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. BOE nº 124 de 24.5.1997

REGLAMENTO (CE) nº 1278/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP). DOUE L 353 de 31-12-2008.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN
Norma UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.
AENOR, 1996.

BROOKE, I M.
A UK Scheme to Help Small Firms Control Health Risks from Chemicals: Toxicological Considerations.
Ann Occup Hyg. Col 42, No, 6, pp 377-390, 1998.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE.
The technical basis for COSHH essentials: Easy steps to control chemicals. Health and Safety Executive. HSE Books 2009. Disponible en:
http://www.coshh-essentials.org.uk/assets/live/CETB.pdf

(4) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía Técnica del Real Decreto 374/2001.
INSHT, 2003.

(5) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía Técnica del Real Decreto 665/1997.
INSHT, 2005.

(6) MAIDMENT, S C.
Occupational Hygiene Considerations in the Development of a Structured Approach to Select Chemical Control Strategies.
Ann Occup Hyg. Col 42, No, 6, pp 391-400, 1998.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

937

Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS

Chemical agents: a qualitative and simplified assessment of inhalation risk (III). INRS based method
Agents chimiques: évaluation qualitative et simplifiée du risque par inhalation (III). Méthode basé dans INRS

Redactores:

Mª Encarnación Sousa Rodríguez
Licenciada en Ciencias Químicas

José N. Tejedor Traspaderne
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL
DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

En la NTP 750 (sustituida por NTP 935 y 936) se inició el estudio de las metodologías simplificadas de evaluación del riesgo por inhalación de agentes químicos y, en concreto, del modelo COSHH Essentials. Como continuación, en la NTP 872 se expusieron las medidas preventivas aplicables en función del nivel de riesgo potencial. En esta ocasión se presenta un método de evaluación que no está basado en un modelo de control banding y que parte del método desarrollado por el Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Presenta una serie de modificaciones con respecto al método original del INRS que pretenden que la evaluación sea más completa, es decir, que se realice en base a un mayor número de variables, sin aumentar por ello la complejidad de la misma.

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 los últimos años se ha extendido el uso de metodologías simplificadas para evaluar el riesgo de exposición por inhalación a agentes químicos sin recurrir a costosas mediciones ambientales. Esto es posible porque el RD 374/2001 establece una excepción para las mediciones cuando el empresario sea capaz de demostrar claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección. Por lo tanto, si de la aplicación de un método simplificado se concluye que el riesgo es bajo, se podría decir que no serían necesarias tales mediciones. Por otra parte, en la etapa de "Estimación inicial" de la norma UNE-EN 689 también tienen cabida dichos métodos, ya que esta primera etapa de la norma contempla la evaluación de la situación de riesgo en base al análisis de una serie de variables que afectan a la concentración ambiental y otras relacionadas con el trabajador.

Este tipo de métodos son útiles para realizar un diagnóstico inicial de la situación de riesgo químico, siendo posible finalizar la evaluación cuando el riesgo sea bajo. En el resto de los casos habrá que adoptar medidas correctoras o realizar una evaluación detallada, a veces con mediciones ambientales. Además, aportan como ventaja que el análisis de los factores de riesgo se puede realizar de una forma sistemática, lo que aumenta la posibilidad de que distintas personas lleguen a la misma conclusión.

La evaluación simplificada del riesgo por inhalación de agentes químicos que se propone se realiza a partir de las siguientes variables:

- Riesgo potencial.
- Propiedades físico-químicas (la volatilidad o la pulverulencia, según el estado físico).
- Procedimiento de trabajo.
- Medios de protección colectiva (ventilación).
- Un factor de corrección (FC_{VLA}), cuando el valor límite ambiental (VLA) del agente químico sea muy pequeño, inferior a 0,1 mg/m^3.

Para cada variable se establecen unas clases y una puntuación asociada a cada clase. La puntuación del riesgo se hace a partir de la puntuación obtenida para estas cuatro variables y el factor de corrección que sea aplicable. El esquema a seguir se encuentra en la figura 1.

El método original del INRS considera el peligro del agente químico, en lugar del riesgo potencial, porque la cantidad y la frecuencia ya se tienen en cuenta en un proceso previo que denominan jerarquización. Sin embargo, dado que en este procedimiento se aborda únicamente la evaluación del riesgo por inhalación se ha convenido emplear, para determinar el riesgo por inhalación, la variable riesgo potencial que engloba el peligro, la cantidad absoluta y la frecuencia de utilización. Además, se ha introducido un factor de corrección en función del VLA, que no se utilizaba en el procedimiento del INRS, para los agentes químicos que tienen un VLA muy bajo, inferior a 0,1 mg/m^3, ya que en estos casos es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja, pudiéndose subestimar el riesgo.

Con independencia de aquellas situaciones en las que la legislación indica cuándo, cómo y dónde deben efectuarse mediciones ambientales para determinar la exposición, como ocurre con el amianto, existen una serie de casos en los que el procedimiento aquí descrito no es aplicable, tal es el caso de medicamentos y productos de

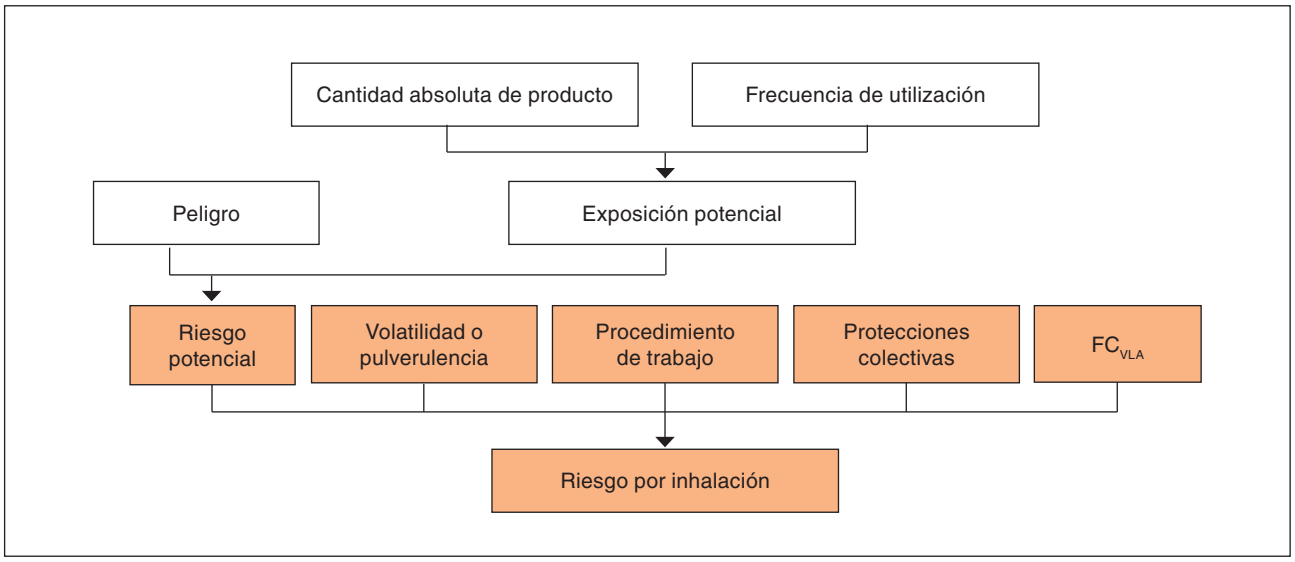


Figura 1. Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mg/m³ (1)	Materiales y procesos
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	> 100	
2	R37 R36/37, R37/38, R36/37/38 R67	H335 H336	> 10 ≤ 100	Hierro / Cereal y derivados / Grafito Material de construcción / Talco Cemento / Composites Madera de combustión tratada Soldadura Metales-Plásticos Material vegetal-animal
3	R20 R20/21, R20/22, R20/21/22 R33 R48/20, R48/20/21, R48/20/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R65 R68/20, R68/20/21, R68/20/22, R68/20/21/22	H304 H332 H361, H361d, H361f, H361fd H362 H371 H373 EUH071	> 1 ≤ 10	Soldadura inoxidable Fibras cerámicas-vegetales Pinturas de plomo Muelas Arenas Aceites de corte y refrigerantes
4	R15/29 R23 R23/24, R23/25, R23/24/25 R29, R31 R39/23, R39/23/24, R39/23/25, R39/23/24/25 R40, R42 R42/43 R48/23, R48/23/24, R48/23/25, R48/23/24/25 R60, R61, R68	H331 H334 H341 H351 H360, H360F, H360FD, H360D, H360Df, H360Fd H370 H372 EUH029 EUH031	> 0,1 ≤ 1	Maderas blandas y derivados Plomo metálico Fundición y afinaje de plomo
5	R26, R26/27, R26/28, R26/27/28 R32, R39 R39/26 R39/26/27, R39/26/28, R39/26/27/28 R45, R46, R49	H330 H340 H350 H350i EUH032 EUH070	≤ 0,1	Amianto (2) y materiales que lo contienen Betunes y breas Gasolina (3) (carburante) Vulcanización Maderas duras y derivados (4)

(1) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10
(2) Posee legislación específica y requiere de evaluación cuantitativa obligatoria por ser cancerígeno.
(3) Se refiere únicamente al trabajo en contacto directo con este agente.
(4) Se refiere a polvo de maderas considerado como cancerígeno.

Tabla 1.- Clases de peligro en función de las frases R o H, los valores límite ambientales y los materiales y procesos.

descomposición térmica. Este hecho puede ocurrir, por ejemplo, en el tratamiento térmico de plásticos (indicado, para algunos casos, con las notas "l" y "m" en el documento Límites de exposición profesional para agentes químicos en España); cuando se puedan formar nitrosaminas, porque existan productos precursores (indicados con la nota "f") y agentes nitrosantes; cuando se puedan formar hidrocarburos policíclicos aromáticos; cuando se pueda formar fosgeno a partir de hidrocarburos clorados, etc.

2. DETERMINACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL

Como se ha adelantado, el cálculo del riesgo potencial se hace a partir del peligro, la cantidad absoluta de agente químico y la frecuencia de utilización, según se indica en la figura 1. Este esquema es similar al utilizado por el INRS para la jerarquización de riesgos, con la diferencia de que aquí las cantidades que se utilizan son absolutas. El motivo de que se utilice la cantidad absoluta en lugar de la relativa es porque no se pretende jerarquizar el riesgo potencial, sino obtener una estimación semicuantitativa.

Clase de peligro

Las clases de peligro se establecen siguiendo los criterios de la tabla 1. Para asignar una clase de peligro a un agente químico es necesario conocer sus frases R o H. Cuando un producto, sustancia o mezcla, no tiene asignadas frases R o H, la atribución a una clase de peligro u otra se puede hacer a partir de los VLA expresados en mg/m^3, dando preferencia a los valores límite de larga duración frente a los de corta duración.

En el caso de que tampoco tenga asignado ningún tipo de VLA:

- Si se trata de una sustancia, se le asigna la clase de peligro 1.
- Si se trata de una mezcla o preparado comercial, se le asigna la clase de peligro 1.
- Si son mezclas no comerciales que vayan a ser empleadas en la misma empresa en otros procesos, se utilizarán las frases R o H de los componentes. Para no sobreestimar el riesgo se deben tener en cuenta las concentraciones de los componentes, tal y como se hace para las mezclas comerciales.

Para los materiales o productos comercializados no sujetos a la normativa de etiquetado, como son la madera, aleaciones, electrodos, etc., la clase de peligro se establece en función del agente químico emitido por el proceso. De esta forma, la clase de peligro se atribuye a partir de la última columna de la tabla 1.

Clase de exposición potencial

Se determina a partir de las clases de cantidad (tabla 2) y de frecuencia (tabla 3), según se indica en la tabla 4.

Clase de riesgo potencial y puntuación

A partir de las clases de peligro y de exposición potencial se determina la clase de riesgo potencial siguiendo el criterio de la tabla 5.

Una vez establecida la clase de riesgo potencial, ésta se puntúa de acuerdo con la tabla 6.

Clase de cantidad	Cantidad/día
1	< 100 g ó ml
2	≥ 100 g ó ml y < 10 Kg ó l
3	≥ 10 y < 100 Kg ó l
4	≥ 100 y < 1000 Kg ó l
5	≥ 1000 Kg ó l

Tabla 2. Clases de cantidad en función de las cantidades por día.

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
Día	≤ 30'	> 30 - ≤ 120'	> 2 - ≤ 6 h	> 6 horas
Semana	≤ 2 h	> 2-8 h	1-3 días	> 3 días
Mes	1 día	2-6 días	7-15 días	> 15 días
Año	≤ 15 días	> 15 días - ≤ 2 meses	> 2 - ≤ 5 meses	> 5 meses
Clase ⟶	**1**	**2**	**3**	**4**
	0: El agente químico no se usa hace al menos un año. El agente químico no se usa más.			

Tabla 3.- Clases de frecuencia de utilización.

Clase de cantidad						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Clase de frecuencia

Tabla 4. Determinación de las clases de exposición potencial.

Clase de exposición potencial						
5	2	3	4	5	5	
4	1	2	3	4	5	
3	1	2	3	4	5	
2	1	1	2	3	4	
1	1	1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	Clase de peligro

Tabla 5.- Clases de riesgo potencial.

Clase de riesgo potencial	Puntuación de riesgo potencial
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

Tabla 6. Puntuación para cada clase de riesgo potencial.

3. DETERMINACIÓN DE LA VOLATILIDAD O PULVERULENCIA

La tendencia del agente químico a pasar al ambiente se establece en función del estado físico. Para los sólidos se establecen tres clases de pulverulencia, según los criterios de la tabla 7.

Para los líquidos existen tres clases de volatilidad, en función de la temperatura de ebullición y la temperatura de utilización del agente químico siguiendo lo indicado en la figura 2. En caso de duda se debe optar por la categoría superior, para tomar la opción más desfavorable. Si el proceso se desarrolla a distintas temperaturas, para calcular la volatilidad debe usarse la temperatura más alta.

A los gases, a los humos y a los líquidos o sólidos en suspensión líquida que se utilicen en operaciones de pulverización (spraying) se les atribuye siempre clase 3.

Existen algunos agentes químicos que tienen una presión de vapor lo suficientemente grande como para poder estar presentes en el ambiente en forma de materia particulada y en forma de vapor simultáneamente, contribuyendo con cada una de ellas de forma significativa a la exposición. Estos compuestos están señalados con la nota “FIV” en el documento Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. En estos casos, la aplicación de éste o cualquier otro método simplificado puede subestimar el riesgo. Esto es frecuente en la aplicación de plaguicidas y, en general, en operaciones de pulverización (spraying) o en las que intervienen cambios de temperatura que puedan afectar al estado físico del agente en cuestión.

En estos casos, se calcula la volatilidad del compuesto como un sólido, es decir, teniendo en cuenta la pulverulencia, y como un líquido, utilizando en este caso la presión de vapor a la temperatura de trabajo, en lugar de la temperatura de ebullición y la temperatura de trabajo, y se considera la más alta de las dos. En la tabla 8 se muestra como asignar la clase de volatilidad en función de la presión de vapor, Pv.

Descripción del material sólido	Clase de pulverulencia
Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (p.e. azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	3
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (p.e. azúcar consistente cristalizada).	2
Material en pastillas, granulado, escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1

Tabla 7. Determinación de la clase de pulverulencia para los materiales sólidos.

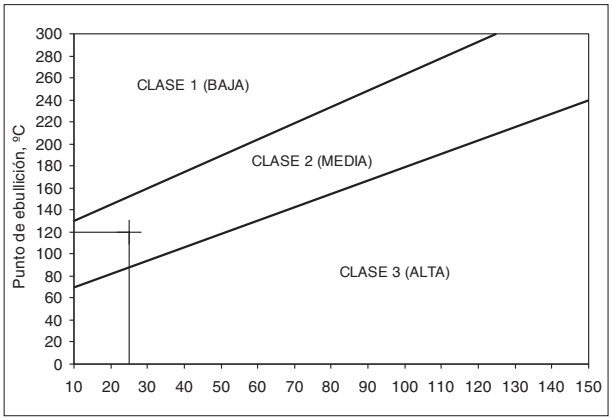


Figura 2. Establecimiento de las clases de volatilidad para líquidos.

Presión de vapor a la temperatura de trabajo	Clase de volatilidad
Pv < 0,5 KPa	1
0,5 KPa ≤ Pv < 25 KPa	2
Pv ≥ 25 KPa	3

Tabla 8. Clase de volatilidad en función de la presión de vapor

Cuando el producto a evaluar se trata de una mezcla susceptible de formar un azeótropo, se tomará esta temperatura como punto de ebullición. En caso contrario, se utilizarán los de los componentes de forma individual. Si se trata de una mezcla comercial, se toma como punto de ebullición el que se indique en la ficha de datos de seguridad (FDS). Si la FDS da un intervalo de destilación, se tomará la temperatura más baja.

En el caso de disoluciones, se toma como punto de ebullición el que se indique en la FDS. Si no se indicase, se puede tomar como punto de ebullición, el del disolvente.

En la tabla 9 se dan las volatilidades para los tratamientos químicos de superficie y baños electrolíticos más usuales

La clase de volatilidad o pulverulencia asignada a cada agente químico se puntúa siguiendo el criterio de la tabla 10.

Clase de volatilidad o pulverulencia	Puntuación de volatilidad o pulverulencia
3	100
2	10
1	1

Tabla 10. Puntuación atribuida a cada clase de volatilidad o pulverulencia.

4. DETERMINACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Otro de los parámetros que hay que considerar en la evaluación es el procedimiento de utilización del agente químico.

En la figura 3 se dan algunos ejemplos de estos sistemas, el criterio para asignar la clase de procedimiento y su correspondiente puntuación.

Proceso	Tipo	Componentes	Temperatura de trabajo	Volatilidad
Electrolisis cianurada	Cinc	Cloruro de cinc	20-50º C	1
Desengrase	Alcalino	Sales alcalinas de sodio	60-75 º C 75-95 º C	1 2
Decapado	Cobre	Ácido sulfúrico	50-70 º C 70-85 º C	1 2
Electropulido	Acero inoxidable	Ácido sulfúrico fosfórico	20-60 º C 60-80 º C	1 2
Electrolisis cianurada	Cadmio y cobre	Sales de cianuro e hidróxido sódico	45-70 º C	1
Electrolisis ácida	Cinc	Cloruro de cinc	20-50 º C	1
Desengrase	Disolventes clorados	Tricloroetileno y percloroetileno	85-120 º C	2
Decapado	Aluminio	Crómico y sulfúrico Hidróxido sódico	60 º C 60 º C	2
Electrolisis ácida	Níquel	Sulfato de níquel	20-35 º C	2
Decapado	Aluminio	Ácido nítrico	20-30 º C	3
Decapado	Hierro y acero	Ácido clorhídrico	20 º C	3
Electrolisis ácida	Cromo	Ácido crómico	30-60 º C	3
Tratamiento superficie	Anodizado de aluminio	Ácido crómico y sulfúrico	35 º C	3

Tabla 9. Asignación de la clase de volatilidad para algunos ejemplos de tratamientos químicos de superficie y baños electrolíticos.

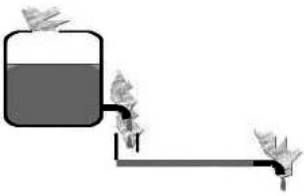
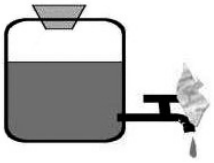
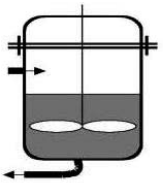
Dispersivo	Abierto	Cerrado/ abierto regularmente	Cerrado permanente
			
Ejemplos: Pintura a pistola, taladro, muela, vaciado de sacos a mano, de cubos... Soldadura al arco… Limpieza con trapos. Máquinas portátiles (sierras, cepillos...)	**Ejemplos:** Conductos del reactor, mezcladores abiertos, pintura a brocha, a pincel, puesto de acondicionamiento (toneles, bidones....). Manejo y vigilancia de máquinas de impresión...	**Ejemplos:** Reactor cerrado con cargas regulares de agentes químicos, toma de muestras, máquina de desengrasar en fase líquida o de vapor...	**Ejemplos:** Reactor químico.
Clase 4	**Clase 3**	**Clase 2**	**Clase 1**
Puntuación de procedimiento			
1	**0,5**	**0,05**	**0,001**

Figura 3. Determinación de la clase de procedimiento y puntuación para cada clase.

5. DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN COLECTIVA

En función de la protección colectiva utilizada se establecen cinco clases que se puntúan de acuerdo con lo indicado en la figura 4.

6. CORRECCIÓN EN FUNCIÓN DEL VLA

Según se ha indicado anteriormente, el procedimiento aplicado como se ha descrito hasta aquí, puede subestimar el riesgo cuando se aplica a sustancias que tienen un valor límite muy bajo, ya que es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja.

Por este motivo se hace necesario aplicar un factor de corrección, FC, en función de la magnitud del VLA, en mg/m^3. En la tabla 11, se dan los valores de estos FC_{VLA}, en el caso de que el compuesto tenga VLA. Si el compuesto no tiene VLA, se considerará que el FC_{VLA} es 1.

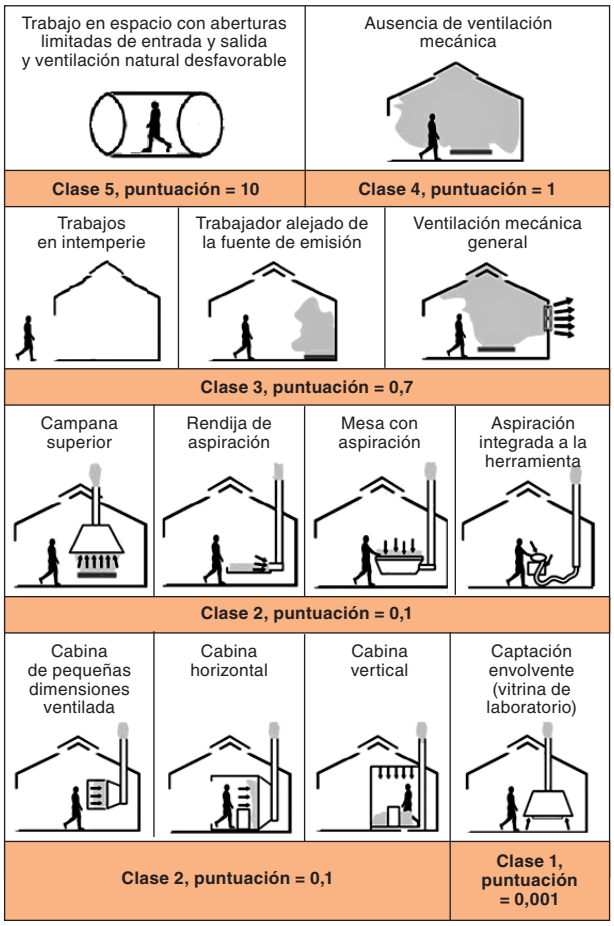


Figura 4. Determinación de las clases de protección colectiva y puntuación para cada clase.

VLA	FC_{VLA}
VLA > 0,1	1
0,01 < VLA ≤ 0,1	10
0,001 < VLA ≤ 0,01	30
VLA ≤ 0,001	100

Tabla 11. Factores de corrección en función del VLA.

7. CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN

Una vez que se han determinado las clases de riesgo potencial, de volatilidad, de procedimiento y de protección colectiva y que se han puntuado de acuerdo a los criterios anteriormente indicados, se calcula la puntuación del riesgo por inhalación (P_{inh}) aplicando la siguiente fórmula:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ pot} \cdot P_{volatilidad} \cdot P_{procedimiento} \cdot P_{protec.\ colec.} \cdot FC_{VLA}$$

Con esa puntuación se caracteriza el riesgo utilizando la tabla 12.

En el caso de riesgo moderado, se puede optar por implantar las medidas de control adecuadas, o corregir las existentes, y volver a aplicar este procedimiento para ver si se ha logrado reducir el riesgo o, continuar la evaluación de acuerdo con la Norma UNE-EN 689, con la etapa de "Estudio Básico", para decidir si son necesarias medidas adicionales y mediciones periódicas. De cualquier forma, habrá que comprobar periódicamente el buen funcionamiento de las medidas de control.

8. CONCLUSIONES

La utilización de estos métodos simplificados no pretende sustituir ni eliminar la evaluación cuantitativa de los riesgos, pero sí nos permite retratar la situación de riesgo en la que nos encontramos y a la que habrá que hacer frente ya sea mediante la implantación de medidas de control o mediante una evaluación detallada. Sólo en aquellos casos en los que el riesgo sea bajo podremos dar por finalizada la evaluación tras la aplicación de los mismos. Además, presentan como ventaja frente a la evaluación con mediciones que son también aplicables a sustancias que no tienen establecido un VLA.

El método que se expone en esta NTP tiene en cuenta variables que no se consideran en otros métodos y que influyen considerablemente en la concentración de agente químico que pueda alcanzarse en el aire, como son el procedimiento de trabajo y los sistemas de ventilación existentes. Por otra parte, como se trata un método semicuantitativo, la puntuación puede ayudar en la toma de decisiones. Por ejemplo, si un contaminante da como resultado prioridad 2 con una puntuación muy cercana a 100, puede ser rentable la toma de muestras porque hay posibilidades de estar por debajo del VLA pero si por el contrario la puntuación fuera cercana a 1000, es muy improbable que esto suceda y puede decidirse tomar medidas correctoras inmediatas.

También es relativamente fácil saber cuáles han sido los motivos que llevan a una puntuación elevada, por lo que, en el caso de ser necesarias medidas correctoras, muchas veces bastará con saber qué variables han sido las determinantes para alcanzar la puntuación de riesgo, lo que ayuda en la toma de decisiones para implantar medidas de protección colectiva, cambios en el procedimiento etc.

Aunque estos métodos son relativamente sencillos de aplicar *a priori*, es recomendable que sea un higienista el que los maneje ya que su capacidad y conocimientos le van a conducir a una interpretación más exhaustiva de cada variable, aportando una mayor rigurosidad al método y a los resultados obtenidos.

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 y ≤ 1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≤ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Tabla 12. Caracterización del riesgo por inhalación.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

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.

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006.

Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, y modificaciones posteriores, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Norma UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. AENOR 1996.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE (INRS).
Méthodologie d´evaluation simplifiée du risque chimique. ND 2233-200-05.
Disponible en http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/nd%202233/$file/nd2233.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT).
Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. (Publicación anual).

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición durante el trabajo a agentes cancerígenos o mutágenos.
Madrid. INSHT. 2005

ACGIH.
Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales.
Valencia. Generalitat Valenciana. 1992.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

938

Guantes de protección contra microorganismos

Protective Gloves against microorganisms
Gants de protection contre les microorganismes

Redactora:

Eva Cohen Gómez
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) continúa la serie dedicada a guantes de protección. Se centra en los guantes de protección contra microorganismos, en lo relativo a los requisitos exigibles como equipo de protección individual, y las normas armonizadas aplicables. Adicionalmente, se incluye información en relación a los guantes, que de forma simultánea, están diseñados como producto sanitario.

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.

Actualizada por la NTP 1143.

1. INTRODUCCIÓN

Las posibles vías de entrada en actividades laborales con riesgo de exposición a agentes biológicos son la respiratoria, por inhalación de aerosoles o partículas que transporten agentes biológicos; la digestiva, en contactos mano–boca sin adopción previa de medidas higiénicas; la piel, tanto por contactos directos con el foco como por contacto indirecto con objetos contaminados, incluyéndose en esta vía la transmisión a través de los ojos y finalmente la vía parenteral, a través de lesiones producidas por objetos cortantes y/o punzantes, además de por picaduras o mordiscos.

Los equipos de protección individual (EPI) usados para proteger al trabajador frente a la exposición a agentes biológicos comprenden fundamentalmente guantes, ropa, equipos de protección respiratoria y protección ocular.

En esta Nota Técnica de Prevención (NTP), se van a tratar específicamente los guantes de protección, como barrera frente al contacto de las manos con agentes biológicos, ya que la ropa de protección contra agentes biológicos está considerada por la NTP 772. Los equipos de protección respiratoria y ocular serán objeto de su consideración en otra NTP.

Dado que la finalidad de estos guantes es proteger al trabajador de un riesgo para su salud, se consideran EPI y estánsujetos en cuanto a su diseño y fabricación a los requisitos legales de la Directiva 89/686/CEE, transpuesta al ordenamiento español por el Real Decreto 1407/1992 por el que se regulan las condiciones para la *comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual*.

Cuando estos guantes, se pongan en el mercado, también con el fin de prevenir una enfermedad en el paciente, por transmisión al mismo de agentes biológicos portados por el usuario del guante deben cumplir además con las disposiciones relativas a la comercialización de Productos Sanitarios (PS). Estas son la Directiva 93/42/EEC modificada por la Directiva 2007/47/CE. A nivel nacional, el contenido de estas Directivas, en relación a la regulación de productos sanitarios, está recogido, en el Real Decreto 1591/2009.

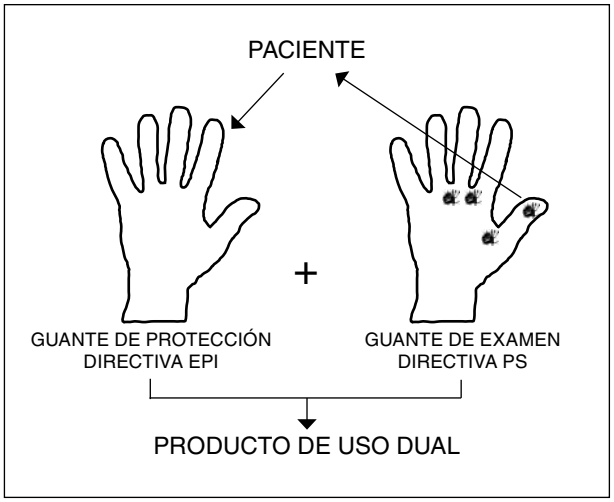


Figura 1. Producto de uso dual

Estos equipos, destinados a usarse como EPI y como Producto Sanitario, se llaman *productos de uso dual*[1].

En ellos, el marcado CE confiere conformidad con los requisitos esenciales de ambas Directivas y con los procedimientos de evaluación de la conformidad que les resultan de aplicación según ambas Directivas.

En la figura 1 se muestra, como ejemplo ilustrativo, el de un guante de protección y un guante de examen, que ofreciendo ambos tipos de protección, sería un producto de uso dual.

1. http://ec.europa.eu/enterprise/medical_devices/guide-stds-directives/interpretative_documents_en.htm

Ejemplos frecuentes se dan en el ámbito sanitario y hospitalario, como guantes que se usan para proteger al paciente durante el examen pero que también pueden tener como fin en algún caso proteger al personal sanitario de un riesgo biológico derivado de su actividad laboral y deben por tanto ser EPI.

2. GUANTES DE PROTECCIÓN CONTRA MICROORGANISMOS

Las normas armonizadas, elaboradas para dar cumplimiento a las exigencias esenciales de la Directiva 89/686/CEE, abarcan de forma simultánea en una misma norma los requisitos para los guantes de protección contra microorganismos y contra productos químicos, aunque no tienen por qué ofrecer los dos tipos de protección a la vez. Para ofrecer protección contra microorganismos hay una serie de requisitos específicos en relación con la calidad en fabricación de los guantes, que deben cumplirse.

Los guantes suponen una barrera frente al contacto directo de las manos con agentes biológicos pero sin embargo esta barrera puede fallar por las siguientes razones:

- Defectos en los guantes resultantes del proceso de fabricación y característicos de la fabricación por inmersión sucesiva de moldes en baños de formulaciones del polímero, como son poros, burbujas de aire, incrustaciones de partículas, etc. Este tipo de imperfecciones son casi imposible de evitar en su totalidad, de ahí que los procedimientos de control de los distintos parámetros en la producción serán indicativos de la probabilidad, mayor o menor, de encontrar defectos que puedan comprometer la barrera frente a agentes biológicos. Estos defectos, cuando se dan, suelen afectar en mayor medida a la unión del dedo pulgar con la palma, palma y punta de dedos.
- Ruptura del guante durante su uso, aunque no hubiera un defecto inicial.
- Cortes o perforaciones resultantes del uso de instrumentos.

Las normas armonizadas aplicables a estos guantes son:

a) UNE-EN 420:2004+A1:2010, *Guantes de protección.- Requisitos generales y métodos de ensayo*

Esta norma, que incluye requisitos generales para todos los guantes de protección, indica el pictograma "riesgo frente a microorganismos" con que debe marcarse un guante de este tipo. Ver la figura 2.



Figura 2. Pictograma de riesgo biológico

b) UNE-EN 374-1:2004, *Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos. Parte 1: Terminología y requisitos de prestaciones.*

Esta norma exige que para que el guante de protección sea resistente a la penetración de microorganismos y pueda asignarse el anterior pictograma, el fabricante debe realizar un control de su producción tal que no sea probable encontrar poros u otros defectos de fabricación. Para ello, la producción debe muestrearse e inspeccionarse de acuerdo con la Norma ISO 2859-1[2] y ensayarse en base a los apartados 5.2 y 5.3 de la norma UNE-EN 374-2:2004. El resultado debe ser como mínimo un nivel 2 que se corresponde con un nivel de Calidad aceptable (NCA) < 1,5 para un Nivel de inspección general 1. Esta información debe reflejarse en el folleto informativo del guante.

Esta norma de requisitos, no exige niveles mínimos en ensayos de resistencia mecánica del guante, sino tan sólo la aportación de información al respecto mediante el correspondiente pictograma de riesgos mecánicos. Tampoco incorpora ensayos que supongan una evaluación de la protección ofrecida frente a los pinchazos accidentales.

c) UNE-EN 374-2:2004, *Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos. Parte 2: Determinación de la resistencia a la penetración***.**

Esta es una norma que describe dos métodos de ensayos de resistencia a la penetración para la detección de agujeros en guantes.

Sin embargo puede que estos ensayos no sean suficientes para detectar algún poro muy pequeño. Por ello, cuando los guantes superan los requisitos que establecen estas normas, se supone que constituyen una barrera efectiva contra bacterias y hongos, pero esta suposición, por el momento no implica, y así se especifica en la norma, protección contra los virus, ya que éstos son de un tamaño mucho menor.

El que un virus pueda penetrar a través de un poro del guante no depende únicamente de su tamaño sino además de su forma, de la salinidad del medio en que encuentra, de las interacciones que puedan sufrir con las paredes del poro, etc.

Si además el guante ofrece protección contra productos químicos, será aplicable la norma

d) UNE-EN 374-3: 2004, *Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos. Parte 3: Determinación de la resistencia a la permeación por productos químicos.*

Es conveniente añadir que, actualmente, la norma UNE-EN 374-1:2004, está en revisión en los Grupos de trabajo del Comité Europeo de Normalización (CEN). Está previsto para la próxima versión la inclusión de un requisito para la protección frente a virus, incluyendo para ello el ensayo descrito en la norma ISO 16604:2004[3] que sí se requiere actualmente para la ropa de protección contra agentes biológicos.

Por último, se debe indicar que en caso de un guante comercializado como producto de uso dual, es decir, como EPI y como Producto Sanitario, además de las normas armonizadas, mencionadas anteriormente, que dan cumplimiento a las exigencias esenciales de la Directiva 89/686/CEE, tendrá que cumplir con las normas armonizadas que correspondan, en aplicación de la Directiva de Productos Sanitarios.

3. MARCADO

A continuación se destacan algunos de los puntos clave relativos al marcado del equipo, a tener en cuenta, en la

2. Equivalente a la UNE 66020-1 Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos.

3. ISO 16604:2004 Clothing for protection against contact with blood and body fluids – Determination of resistance of protective clothing materials to penetration by blood-borne pathogens – Test method using Phi-X 174 bacteriophage

selección de un guante de protección frente a la exposición a agentes biológicos.

- Si el guante protege únicamente contra microorganismos será de categoría II[4] y el marcado CE no irá acompañado de ningún número. Los pictogramas específicos de protección del guante en este caso serían los que se muestran en la figura 3.

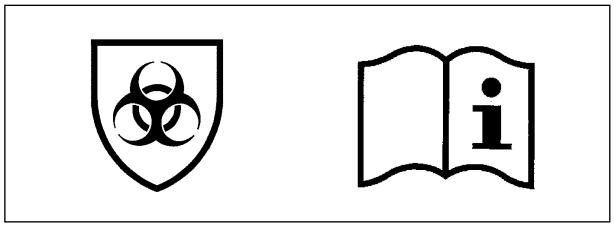


Figura 3. Pictogramas para guantes que protegen contra microorganismos.

El pictograma de información (libro abierto), indica que deben leerse las instrucciones de uso del fabricante.

- Si el guante es además de protección química, será de categoría III y el marcado CE irá acompañado del número identificativo del Organismo de Control que realice el control de la producción (figura 4).

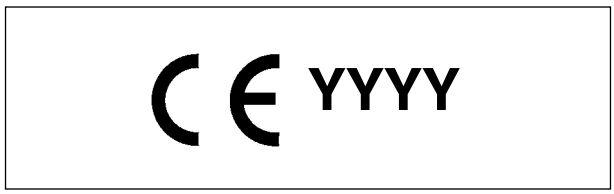


Figura 4. Marcado CE con indicación del número identificativos del organismo de control.

En este último caso, habrá *dos posibles combinaciones* para los pictogramas específicos de protección (figura 5). La primera combinación posible correspondería al caso de un guante en el que supera el ensayo de permeación con tres productos de una lista de 12 productos químicos que tienen una letra código asignado y están en el anexo A de la norma. (Ver NTP 748 para más información sobre guantes químicos).

En el caso de la segunda combinación, la protección química no es a tres productos de la lista, pero puede ser a otros productos, por ejemplo otros específicos de un uso, como algún desinfectante.

4. FOLLETO INFORMATIVO

Esta información debe acompañar a cada par de guantes de protección o al menos a cada unidad de embalaje

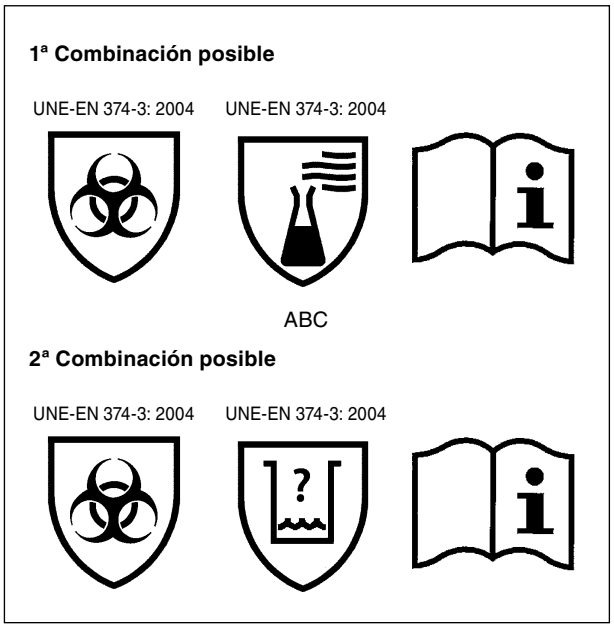


Figura 5. Combinaciones posibles de pictogramas para guantes de protección química y biológica

comercial. El propósito es garantizar que al usuario disponga de estas instrucciones.

El contenido general de este folleto ha sido comentado en la NTP 747. Se destacan aquí únicamente los aspectos más relevantes de la protección contra microorganismos que deben aparecer:

- El folleto debe indicar que se ha llevado a cabo un control de la producción para verificar la ausencia de agujeros con un resultado mínimo de nivel 2 que se corresponde con un nivel de Calidad aceptable (NCA) < 1,5 para un Nivel de inspección general 1.
- En caso de protección química simultánea, se incluirá un listado de los productos y compuestos químicos con los que se ha ensayado el material del guante y las clases obtenidas en los ensayos de permeación. Si la lista representa sólo una selección de la información disponible, esto se debe indicar claramente y se debe incluir una referencia a dónde se puede obtener dicha información, por ejemplo, un catálogo, el número de teléfono, fax o página web del fabricante, etc.
- Resto de niveles de prestación obtenidos en otros ensayos, preferiblemente en una tabla; explicación del significado de estos niveles de prestación.

Por último, conocidas las limitaciones de los guantes, de no garantizar una barrera absoluta frente a virus por su pequeño tamaño, su uso debe ir siempre acompañado de buenas prácticas como:

- Cambio frecuente de guantes
- Doble guante en tareas de alto riesgo
- Lavado escrupuloso de manos tras retirar los guantes

4. Appendix Guide for the categorization of Personal Protective Equipment in PPE Guidelines http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/ppe/ppe_guidelines_en.pdf

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

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 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.

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).

Real Decreto 1591/2009, de 16 de octubre, por el que se regulan los productos sanitarios. (B.O.E de 6 de noviembre).

UNE-EN 420:2004+A1:2010 Guantes de protección.- Requisitos generales y métodos de ensayo

UNE-EN 374-1:2004 Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos. Parte 1: Terminología y requisitos de prestaciones.

UNE-EN 374-2:2004 Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos. Parte 2: Determinación de la resistencia a la penetración.

UNE EN 374-3: 2004 Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos. Parte 3: Determinación de la resistencia a la permeación por productos químicos.

ISO 2859-1:1999 Sampling procedures for inspection by attributes -- Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection

UNE 66020-1: 2001 Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte1: Planes de muestreo para las inspecciones lote a lote, tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA) y su Erratum de Enero de 2002.

ISO 16604:2004 Clothing for protection against contact with blood and body fluids – Determination of resistance of protective clothing materials to penetration by blood-borne pathogens – Test method using Phi-X 174 bacteriophage.

CÁCERES, P.
NTP 747. Guantes de protección: requisitos generales
Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2007

COHEN, E.
NTP 748. Guantes de protección química
Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2007

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

939

Industria farmacéutica: control de las medidas de contención y de protección

Pharmaceutical industry: Control of containment and protection measures
Industrie pharmaceutique: contrôle des mesures de confinement et de protection

Redactores:

Xavier Guardino Solá
Doctor en Ciencias Químicas

Mª Gracia Rosell Farrás
Ingeniero Técnico Químico

Xavier Solans Lampurlanés
Licenciado en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Grupo de trabajo VGEL-PAIF[1]
VALORES GUÍA DE EXPOSICIÓN LABORAL A PRINCIPIOS ACTIVOS EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Para verificar el correcto funcionamiento de los equipos e instalaciones en cuanto a su estanqueidad y nivel de contención, comprobar la eficacia de un equipo de protección respiratoria o comprobar la ausencia de exposición laboral por parte de los trabajadores, es recomendable llevar a cabo mediciones ambientales, personales o estáticas, y/o de superficies de los principios activos manipulados, determinando las concentraciones o cantidades presentes en el ambiente de trabajo. Para ello se debe disponer de los procedimientos de toma de muestras y análisis y las correspondientes estrategias de muestreo, adecuadas a cada objetivo.

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

Las instalaciones en que se fabrican y manipulan principios activos farmacéuticos (Active Pharmaceutical Ingredient -API) reúnen tradicionalmente unas características de estanqueidad y limpieza basadas en los principios de las GMP (Good Manufacturing Practices), que constituyen su garantía de calidad y buen funcionamiento. A los requerimientos técnicos relacionados con la fabricación y manipulación de los API cabe añadir los referentes a la protección de la salud de los trabajadores de dichas instalaciones, ya que la actividad farmacológica de aquéllos puede llegar a constituir un peligro importante para su salud.

La acción fundamental de protección de los trabajadores consiste en evitar su exposición a los API, eliminando o reduciendo al máximo su presencia en el aire inhalado por el trabajador, aspecto coincidente también con el principio de estanqueidad. En este sentido, todas las acciones encaminadas a evitar su presencia en el ambiente son adecuadas para ambos propósitos. Cuando no exista evidencia científica o no se pueda demostrar experimentalmente esta ausencia se deberá recurrir a la utilización de equipos de protección individual, que aíslan al trabajador del medio ambiente.

Para verificar la ausencia o cuantificar la presencia de API en el medio ambiente de trabajo se recurre a la utilización de las técnicas tradicionales de medición, de manera idéntica a como se valora la exposición a los agentes químicos que puedan estar presentes en cualquier puesto de trabajo en que se manipulen o exista riesgo de su presencia.

Estos procedimientos de medición constan de tres etapas: 1) la toma de muestras, ligada en parte a la estrategia del muestreo, 2) el transporte, conservación y tratamiento de la muestra, y 3) su análisis instrumental.

La forma física del API es determinante para definir la toma de muestras. Cuando se trata de materia particulada se deberá medir la cantidad de API presente en el aerosol inhalable (fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca durante la respiración y que, por lo tanto, puede depositarse en cualquier parte del tracto respiratorio), mientras que si se trata de un API en forma líquida, se deberá conocer si se encuentra en forma de vapor y/o aerosol, es decir, su capacidad de vaporización o de generación de nieblas.

La experiencia existente en las plantas de fabricación, tanto de API como de especialidades farmacéuticas, indica que la potencial exposición laboral se produce mayoritariamente durante la manipulación del API en forma sólida y raramente en forma líquida. Por este motivo, la presente Nota Técnica de Prevención hace referencia a su determinación ambiental en forma de materia particulada.

Finalmente, dónde y cuándo medir son preguntas que deben tener respuesta antes de iniciar el proceso de determinación ambiental de los API.

---

1. Han colaborado en la redacción de la presente NTP los siguientes miembros del grupo de trabajo: Àlex Arévalo y César Valera (Boehringer Ingelheim España S.A.); Begoña López y Sergi Palomino (Lab. Dr. Esteve); Estefanía Carrasco (Grupo Ferrer Internacional); Pilar Santana (Asepeyo-Grupo Ferrer Internacional); Margarita Martínez (León Farma -Grupo Chemo-); Verónica García (Ipsen Pharma); Enric Moyés (Almirall Ranke Química SL); Carlos Berrade (Laboratorios Cinfa SA); Esther Bricios y Concepción González (Grupo Uriach); José Carlos González (Unión Químico Farmacéutica SA); Antonio José Márquez y Albert Nolla (Farmhispania); Raquel Bou (Medichem SA); Sílvia Moix (Interquim SA); Carolina Repiso (Novartis Farmacéutica); Josep Mª Sirvent (Sanofi Aventis).

2. OBJETIVO DE LAS MEDICIONES

La medición de la concentración ambiental de API en forma de aerosol puede llevarse a cabo con diferentes objetivos.

1. *Evaluar la exposición del trabajador*. Se trata de la determinación habitual en higiene industrial, con el objetivo de medir la concentración de contaminante en el aire que previsiblemente respirará el trabajador. Para ello se toman muestras personales en el área o zona respiratoria del trabajador, es decir, en el espacio alrededor de la cara, y se asume que la concentración de la muestra de aire tomada es representativa de la concentración del aire que respira el trabajador.
2. *Comprobar la estanqueidad de un proceso*. En general, una parte importante de los procesos en la industria farmacéutica se consideran estancos, en el sentido que están concebidos y trabajan en unas condiciones que evitan el paso del API al ambiente. Ello se logra mediante el "sellado" de la instalación o proceso o bien empleando procesos cerrados que impidan la emisión del API al exterior, acompañados a veces con el trabajo en depresión. En esta situación, la toma de muestras ambientales se puede realizar con equipos estáticos, que permiten muestrear un mayor volumen de aire y sin necesidad de que sean portátiles. Por otro lado, el muestreo de superficies puede ser también una alternativa útil para este objetivo.
3. *Comprobar el nivel de contención de las instalaciones*. Para aquellos procesos en los que las técnicas y diseños de funcionamiento no permitan por sí mismos lograr una estanqueidad absoluta, se llevarán a cabo determinaciones ambientales en el interior y el exterior de la instalación. Comparando los resultados obtenidos en ambas determinaciones, se verifica el nivel de contención del sistema.
4. *Comprobar la eficacia de un EPI.* Cuando el EPI respiratorio lo permite, por ejemplo si se emplean equipos en sobrepresión (trajes ventilados, respiradores a presión positiva o cascos con aporte de aire), se pueden hacer determinaciones "dentro" del equipo y otras en el exterior empleando los equipos específicos del muestreo personal. Por comparación de los resultados obtenidos en ambas determinaciones se valora la eficacia del equipo de protección respiratoria.

Por lo tanto, antes de efectuar cualquier medición, es muy importante tener en cuenta el objetivo que se persigue, es decir, qué se pretende verificar, ya que este objetivo determinará la estrategia de la toma de muestras.

3. ¿DETERMINAR EL PRINCIPIO ACTIVO O UNA SUSTANCIA INDICADORA?

Según el objetivo perseguido en cada caso, se plantea la posibilidad de muestrear directamente el API que se está manipulando en cada momento o bien utilizar una sustancia, de características conocidas y contrastadas, como indicador o trazador.

Como indicador o trazador, se entiende aquella sustancia, activa o inerte, de comportamiento físico (tamaño de partícula, densidad, higroscopia, etc.) asimilable al API objeto del estudio. El empleo de una sustancia indicadora tiene la ventaja inicial de que evita el uso del API para emplearlo en ensayos de verificación de instalaciones, pudiendo extrapolar los resultados obtenidos a todos los API fabricados en cada momento y cuyo comportamiento sea similar al indicador.

La decisión de determinar el API directamente o, en su lugar, una sustancia indicadora, puede depender de cada situación de trabajo en la planta de fabricación:

- Cuando se manipulan uno o pocos API la mejor opción puede ser determinar directamente el API manipulado.
- Cuando se manipulan muchos API distintos, puede ser preferible el uso de un indicador (por ejemplo, lactosa). Otra posibilidad en esta situación es determinar alguno/s de los API utilizados que, a su vez, harían la función de indicadores del resto de API empleados.
- Cuando se trata de la puesta en marcha de las instalaciones el uso de un indicador permite verificar las instalaciones para el nivel de contención requerido sin necesidad de manipular el API. Sin embargo, también se puede utilizar como indicador un API de interés, ya sea por sus características, porque es ampliamente extendida su manipulación en diferentes áreas de la planta, etc.

La medición directa del API implica la validación de un método analítico para cada API utilizado, lo que representa un mayor coste económico y de tiempo. En cambio, la utilización de un indicador de exposición implica una sola validación, aunque hay que señalar la dificultad que puede plantear su elección así como su aplicación operativa.

En cualquier caso, hay que tener en cuenta que si se utiliza un indicador, deberían estar perfectamente especificadas:

- Las características que debe cumplir, ya comentadas.
- El método analítico, que permita determinar concentraciones ambientales muy bajas.
- Disponer de una estrategia de muestreo. El caso más simple es hacer las mediciones en aquellas situaciones u operaciones potencialmente más contaminantes ("*the worst case*").

Obviamente, las dos últimas condiciones son también aplicables en el caso de la determinación del API.

4. DETERMINACIÓN AMBIENTAL

Los procedimientos de toma de muestras y análisis, una vez están claros los objetivos de las determinaciones y la estrategia de muestreo a aplicar, comprenden las siguientes etapas:

- Captación de la muestra. Los sistemas de toma de muestras de aerosoles constan, en general, de un muestreador, que selecciona la fracción de interés por tamaño de partícula del aerosol, un elemento de retención que recoge las partículas del aerosol que han entrado en el muestreador y una bomba que aspira el aire a través del elemento de captación.
- Transporte de la muestra al laboratorio y almacenamiento de la misma en condiciones adecuadas que aseguren su estabilidad hasta el momento de la determinación analítica.
- Análisis instrumental de las muestras.

La forma más sencilla para determinar la presencia ambiental de un API es la gravimetría. Consiste en hacer pasar un volumen conocido de aire a través de un filtro. La cantidad de materia particulada retenida en el elemento de retención se obtiene como diferencia entre el peso del filtro después del muestreo y su peso antes del mismo. A partir de dicha cantidad, y teniendo en cuenta el volumen de aire muestreado, se obtiene la concentración de materia particulada en aire. Por lo tanto, el resultado obtenido es de "concentración de materia particulada en aire" y no "concentración de API en aire".

Esta metodología sólo se puede aplicar en aquellas situaciones y API que reúnen las siguientes características:

- el ambiente ha de ser pulverulento,
- el valor límite del API en aire ha de ser elevado,
- la concentración de API en el medicamento ha de ser elevada.

Es necesario señalar que, dado que las masas que se pesan son muy pequeñas, debe controlarse de manera especialmente cuidadosa la humedad retenida en el filtro, motivo por el cual éste debe ser acondicionado a una humedad conocida antes de cada pesada. Es decir, esta operación se deber realizar tanto en la pesada previa a la toma de muestras, como en la posterior a la misma.

La ventaja de esta metodología es que no se requiere disponer de un procedimiento analítico. Sin embargo, presenta una serie de dificultades relacionadas con su sensibilidad y, en consecuencia, con el requerimiento de unos volúmenes de muestreo muy elevados (el tiempo de toma de muestra debe ser suficiente para que la cantidad de muestra recogida sea unas 10 veces superior al límite de detección de la balanza), pero también con la discriminación de la materia particulada por su tamaño y la limitada fiabilidad que presenta en general el muestreo de aerosoles.

Si el método gravimétrico no es válido para la determinación en aire del API a estudiar, se deberán utilizar otras técnicas analíticas más específicas y sensibles.

Cuando lo que se determina analíticamente es el propio API (o el indicador seleccionado) el procedimiento de captación es equivalente al ya comentado en el caso anterior, aunque sin emplear filtros prepesados y sin la pesada posterior. Sin embargo, una vez finalizada la captación ambiental, los filtros deberán ser tratados para la recuperación del API; a continuación se debe proceder a su análisis instrumental, que se puede basar en el que se emplea de manera rutinaria para los distintos procesos de control, tanto de fabricación como de investigación y desarrollo, ajustándolo a los requerimientos de sensibilidad y margen de trabajo requeridos según la potencia farmacológica del API y, en consecuencia, al valor límite en aire objeto de la determinación.

A continuación se comentan las distintas variables que se deben tener en cuenta para la toma de muestras y análisis de estas sustancias.

Muestreadores

Existe una gran variedad de muestreadores de partículas, desarrollados por diferentes organizaciones e institutos europeos y de otros países, así como por diferentes fabricantes. En la tabla 1 se muestran los principales muestreadores personales de la fracción inhalable disponibles en el mercado.

Los equipos de toma de muestras serán válidos siempre que permitan muestrear un volumen de aire suficiente para determinar la concentración de API con el método analítico correspondiente. Si el volumen de aire no es suficiente, se deberá recurrir a los muestreadores estáticos, que permiten captar un volumen de aire más elevado.

Por lo tanto, una variable importante a la hora de seleccionar el equipo de muestreo es el volumen mínimo de aire necesario exigido por el límite de detección del procedimiento analítico y la concentración del API a determinar. Así, por ejemplo, tanto el muestreador IOM como el Button tienen caudales de captación relativamente bajos, de 2 l/min y 4 l/min, respectivamente; por lo tanto, si es necesario muestrear un volumen de aire muy elevado puede resultar recomendable el muestreador CIP-10-I, que admite caudales de hasta 10 l/min.

Por otro lado, actualmente se encuentran en el mercado equipos de lectura directa de partículas que permiten obtener la concentración de partículas en tiempo real aunque la eficacia y utilidad de estos equipos debe ser contrastada en cada caso.

Filtro y soporte

El tipo de filtro utilizado debe ser resistente (inerte) al disolvente o tratamiento que se utilice en la extracción del API. Los más indicados son los de fibra de vidrio, cuarzo y policarbonato.

Las características del filtro están relacionadas con el tipo de soporte y con el caudal que se necesite para tomar la muestra. A título de ejemplo, tanto para el muestreador IOM como el Button se emplean filtros de fibra de vidrio o fibra de cuarzo de 25 mm mientras que el muestreador CIP-10-I emplea una espuma porosa, lo que dificulta la recuperación del API.

Bombas de muestreo

Algunos muestreadores, como el CIP-10-I, tienen la bomba integrada, pero la mayoría requieren una bomba externa.

Para la captación de muestras personales de aerosoles, las bombas de muestreo deben ser del tipo P, con un caudal nominal suficiente para que con la pérdida de carga del filtro sea capaz de mantener el caudal de for-

EQUIPO DE MUESTREO	MATERIAL	ORIFICIO (Ø)	CAUDAL (l/min)	FILTRO (mm)
IOM	Plástico o metálico	15 mm	2,0	25
PGP-GSP	Metálico/plástico	8 mm	3,5	37
PAS-6	Metálico	6 mm	2,0	25
CIP-10-I	Plástico	Cabeza rotatoria	10	Espuma porosa
BUTTOM	Metálico	Multiorificios 381 mm	4,0	25
SHS o 7HH	Metálico	7 orificios de 4 mm	2,0	25

Tabla 1. Características de distintos muestreadores personales de la fracción inhalable

ma constante a lo largo de toda la toma de muestras. El margen de caudal que operan habitualmente es de 1 L/min a 5 L/min, con la excepción ya comentada del CIP.

Es importante señalar que previamente a la toma de muestras se deben cargar las baterías de las bombas y calibrar el caudal con el mismo equipo con el que se va a tomar la muestra. El ajuste del caudal depende de la combinación bomba-muestreador (existen unos valores recomendados y unos máximos), pero también del tiempo de toma de muestras, del límite de detección del método instrumental y de la concentración ambiental a determinar (véase NTP 587).

Para la determinación de muestras ambientales (estáticas) se emplean bombas de caudal superior a 5 l/min.

Volumen de aire

El volumen de aire a muestrear dependerá del valor límite a comprobar y del límite de detección del método analítico. Este valor límite vendrá fijado por el objetivo de la determinación, según se pretenda verificar:

a) la no presencia del API en aire,
b) que el API se encuentra por debajo de un valor previamente fijado como objetivo en la empresa,
c) cumplir con un valor límite ambiental (VLA) fijado formalmente o calculado según las características del API (véase NTP 724).

Hay que señalar que cuando en esta NTP se habla de "valores límite" se pueden diferenciar básicamente dos situaciones:

- Que el API a determinar no disponga de VLA pero sí se ha calculado un valor guía o se dispone de un valor de referencia "*in house*".
- Que el API disponga de un valor límite ambiental (VLA).

En caso de emplear una sustancia indicadora, se debe considerar que el valor límite en aire o su VLA a considerar se corresponderá con el valor límite del API al cual se quiere asimilar.

El cálculo del volumen de aire a muestrear se lleva a cabo según la fórmula:

$$V_M = \frac{LD\ (muestra)}{VL} \cdot 10^3$$

donde:

V_M es el volumen mínimo a muestrear en litros
LD es el límite de detección en µg/muestra del método analítico
VL es el valor límite en aire en µg/m^3

Ejemplo: El volumen mínimo a muestrear para poder determinar un API de categoría 3 (SafeBridge®) que tiene un valor límite de 0,1 µg/m^3 y el método analítico un límite de detección (LOD) de 1 ng/muestra será:

$$\frac{1 \cdot 10^{-3}\ \mu g}{0{,}1\ \mu g} \cdot 10^3\ L = 10\ L$$

Esto significa que, en principio, se necesita, como mínimo, captar 10 litros de aire para poder detectar el contaminante si en el ambiente hubiera una cantidad igual al valor límite. Sin embargo, y según la Norma UNE-EN 689:1996, para considerar una situación como "segura" es necesario determinar concentraciones ambientales del orden de una décima parte del valor límite en aire; por ello, en este caso, el volumen de muestreo debería ser de 100 litros de aire.

Como ya se ha comentado, el muestreo personal a veces no permite llegar a obtener el volumen de aire necesario para determinar las concentraciones requeridas; en este caso, la toma de muestras estáticas, con equipos con un mayor caudal de muestreo, puede permitir valorar ese ambiente.

Transporte y conservación de la muestra

Una vez obtenida la muestra, ésta debe guardarse en unas condiciones determinadas que garanticen su estabilidad hasta que sea sometida a su tratamiento y análisis instrumental. Las condiciones del almacenamiento dependen de las características del API y el tiempo máximo de almacenamiento se establece en función de los resultados obtenidos en el proceso de validación (véase NTP 587).

Análisis

El procedimiento analítico consta de dos fases: la recuperación del API del soporte en el que se halle y la aplicación posterior de un método analítico instrumental.

Recuperación del API

En la elección del medio de extracción del API del filtro deben tenerse en cuenta las características fisicoquímicas de éste, sobretodo su solubilidad, pero también las condiciones en las que se pretende realizar la medida, así como la técnica analítica a utilizar con posterioridad. Por ejemplo, si la técnica analítica a emplear es HPLC, puede interesar llevar a cabo la recuperación empleando como medio de extracción la propia fase móvil que se utilizará en el proceso cromatográfico. Puede tomarse como guía la información disponible sobre el comportamiento de compuestos de la misma familia, si bien deberán estudiarse en cada caso las condiciones óptimas de extracción incluyendo: volumen de extracción, tiempo, temperatura, agitación, etc. Todo ello debe constar en el proceso de validación del método, junto con los cálculos para obtener el rendimiento de esta operación, el llamado coeficiente de recuperación.

Análisis instrumental

El análisis instrumental (HPLC, UPLC, HPLC-MS, HRGC-MS, etc.) se llevará a cabo empleando los métodos disponibles para la determinación del API en las distintas fases de control de calidad e investigación y desarrollo, y ajustándolo a los requerimientos de sensibilidad necesarios, que puede significar en algunos casos operaciones de concentración o de *clean-up* de las muestras.

Este análisis debe realizarse en un laboratorio con experiencia, que conozca los procesos de validación y aplicación de técnicas analíticas instrumentales y, preferiblemente, acreditado por la UNE-EN-ISO 17025 o por GLP (Good Laboratory Practices).

5. MUESTREO DE SUPERFICIES

El muestreo de superficies está asociado, en principio, a valorar la eficacia de las operaciones de limpieza, tanto de tipo general como específica de equipos e instalaciones, para evitar la contaminación cruzada, aunque también se emplea como control de los procedimientos de trabajo y de la estanqueidad del proceso a largo plazo.



Figura 1. Muestreo de superficies

El material requerido para el muestreo es el siguiente:

- Una plantilla (cuadrado de 10x10 cm) de un material que no reaccione con el disolvente.
- Solución disolvente para tratar la superficie, que dependerá del tipo de API y está relacionado con su solubilidad.
- Torunda de papel u otro material absorbente que humectado con la solución disolvente capture el API de la superficie, mediante un movimiento suave de fricción reiterado.
- Tubos de ensayo u otro recipiente adecuado con tapón de rosca hermético para guardar el material una vez tomada la muestra.

El procedimiento incluye también una estimación de la eficiencia en la limpieza de la superficie. Su validación se lleva a cabo siguiendo las mismas pautas que se describen en el apartado de validación del método analítico.

Según el objetivo que se plantee, la determinación de API en superficies, así como la interpretación de los resultados obtenidos, pueden tener distintos enfoques. En la mayor parte de casos se tratará de "asegurar" la no presencia del API en un lugar o momento en que no debe estar presente: después de una limpieza, fuera del sistema estanco y, por descontado, fuera de las zonas donde se manipula. El parámetro analítico que nos estimará la capacidad de cumplir con este objetivo es la sensibilidad del método, expresada como el límite de detección obtenido; cuanto más bajo sea éste, mayor será la probabilidad de su ausencia, aunque en ningún caso se podrá afirmar con rotundidad que no está presente.

En consecuencia, antes de llevar a cabo la determinación se ha de tener claro el objetivo de la misma y las acciones a considerar en función del resultado. La empresa puede establecer unos valores de referencia para cuantificar el nivel de "ausencia" y asumir el proceso como un control de calidad. Sin embargo, el propio proceso de fijar estos valores de referencia puede ser complejo. El punto de partida sería el valor límite ambiental fijado previamente para el API, según las consideraciones que se han hecho antes. Si el objetivo es controlar la posible exposición de los trabajadores por vía dérmica, los parámetros relacionados con la capacidad de penetración del API, como su liposolibilidad, serán fundamentales en la derivación del valor ambiental al de superficies, aparte de los posibles requerimientos a considerar en cuanto a la utilización de guantes y ropa de protección individual, tanto por lo que se refiere a la obligación de su uso, como a sus características de protección.

6. VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

El análisis de las muestras se debe llevar a cabo con un método analítico validado. La validación del método implica la comprobación de una serie de parámetros cuantitativos del mismo que deben tenerse en cuenta para asegurar su robustez (véase NTP 547).

A modo de resumen, el proceso de validación del método debe cumplir los siguientes requisitos:

- El procedimiento de medida debe cubrir el intervalo de concentración de 0,1 a 2 veces el valor límite (10 según OSHA para el muestreo de superficies).
- La eficacia de recuperación para cada nivel de concentración ensayado será > 75%.
- El tiempo de almacenamiento admitido será el tiempo máximo ensayado en el que la diferencia con los resultados de las muestras analizadas inmediatamente sea < 10%.
- La desviación típica relativa o coeficiente de variación (CV) para cada nivel de concentración debe ser < 7%.
- El sesgo relativo para cada concentración y condición ensayada será < 10%, siendo x_{ref} el valor verdadero o aceptado y $\overline{x}$ el valor medio de los resultados obtenidos para cada concentración:

$$100 \cdot \frac{\overline{x} - x_{ref}}{x_{ref}}$$

Finalmente, deben llevarse a cabo los correspondientes ensayos para evaluar la presencia de interferencias que pudieran alterar el resultado cuantitativo final de la determinación. Para ello, se toman dos muestras impregnadas con la solución de recuperación, sin haberse usado; se colocan en los frascos y se analizan junto con las demás.

Para el estudio de superficies se deben preparar otras dos muestras y limpiar con ellas la superficie de referencia empleada para el cálculo de la eficacia de recuperación y analizarlas también con las demás para detectar en ellas la presencia del API y/o las sustancias que pudieran interferir.

Informe del proceso de validación

En el caso que se requiera, a efectos formales, un informe del proceso de validación, éste deberá incluir al menos la siguiente información:

- Descripción completa de la muestra.
- Descripción completa del equipo y condiciones de muestreo.
- Descripción completa del método analítico.
- Valores calculados para la eficacia de recuperación.
- Concentraciones ensayadas.
- Valores obtenidos en los ensayos realizados.
- Valores calculados para la precisión, sesgo, r y R para cada concentración.
- Justificación técnica de la omisión de algún ensayo.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

BOUNDY, M., LEITH, D., POLTON T.
Method to evaluate the dustiness of pharmaceutical powders.
Ann. Occup. Hyg. 2006 Vol 50 (5). 453-458.

GUARDINO, X., RAMOS, J.
NTP 587. Evaluación de la exposición a agentes químicos: condicionantes analíticos.
Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

LUNA, P.
NTP 554. Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (II).
Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

MARTÍ, A.
NTP 764. Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (II): muestreadores personales de las fracciones del aerosol.
Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

MARTÍ, A.
NTP 765. Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (III): muestreadores de la fracción torácica, respirable y multifracción.
Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

MARTÍ, A.
NTP 547. Evaluación de riesgos por agentes químicos. El método analítico: aspectos básicos.
Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

OBIOLS, J
NTP 724. Los fármacos en la industria farmacéutica (IV): valores guía de exposición laboral
Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

ZUGASTI, A., QUINTANA, M.J.
NTP 799. Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (IV): selección del elemento de retención.
Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

CR-03/2006. Criterios y recomendaciones. Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2006.

MTA/PV-I (2)/98. Protocolo de validación para la determinación de gases y vapores orgánicos en aire mediante su captación en un adsorbente sólido utilizando un sistema activo.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

CR-01/2006. Bombas para el muestreo personal de agentes químicos.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2006.

MTA/MA – 014/A11. Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire –Método gravimétrico. Métodos de toma de muestras y análisis.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

UNE-EN: 12919:2000. Atmósferas en lugar de trabajo. Bombas para el muestreo de los agentes químicos con un caudal volumétrico superior a 5 l/min.

UNE-EN 1232:1997. Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.

UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.

OSHA. Evaluation guidelines for surface sampling methods (http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/surfacesampling/surfacesampling.pdf).

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

940

Ropa y guantes de protección contra el frío

Protective clothing and gloves against cold
Vêtements et gants de protection contre le froid

Redactores:

Ángel Lara Laguna
Licenciado en Ciencias Químicas

Eva Cohen Gómez
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) continúa la serie dedicada a guantes y ropa de protección. Se centra en equipos contra el frío, en lo relativo a los requisitos exigibles como equipo de protección individual, y las normas armonizadas aplicables. Distingue entre ropa para ambientes no extremadamente fríos, de temperatura hasta -5°C, y realmente fríos, por debajo de -5°C. En relación a guantes se incluye información sobre requisitos para la protección contra el frío convectivo y de contacto hasta los -50°C.

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

Existen numerosos puestos de trabajo que implican inevitablemente, una exposición al frío. Esta exposición puede derivar en daños de distinta gravedad, en enfermedad o incluso en la muerte si no se toman medidas adecuadas.

Saber cómo reacciona nuestro cuerpo cuando entra en contacto con ambientes fríos, conocer los efectos que esto puede tener, detectar los riesgos relacionados, posibles medidas preventivas y de protección, así como tener una buena información sobre los Equipos de Protección Individual (EPI) que se pueden utilizar, puede servirnos de gran ayuda tanto para prevenir situaciones peligrosas como para asegurar unas condiciones de trabajo agradables y más llevaderas. Con todo esto, el presente texto pretende arrojar algunas nociones básicas que sirvan de orientación y ayuda a la hora de seleccionar Equipos de Protección Individual contra el frío.

2. AMBIENTE FRÍO. FACTORES QUE INFLUYEN

Un ambiente frío se podría definir como "condiciones que causan pérdidas de calor corporal más grandes de lo normal". Es decir, condiciones ante las cuales, las respuestas fisiológicas del organismo no son suficientes para combatir la pérdida de calor.

Estas condiciones son fundamentalmente las condiciones ambientales (temperatura del aire, velocidad del aire, humedad ambiental, entre otras), pero también las condiciones individuales, como el nivel de actividad física, la cantidad de sudoración que puede humedecer la ropa y aumentar la sensación de frío y la habituación (no es lo mismo una persona del sur de Europa que una del norte), además de las preferencias subjetivas de cada persona.

A continuación se dan unos ejemplos de trabajos con riesgos por exposición a un ambiente frío:

- *Trabajos en Cámaras frigoríficas***:** Entre ellas están las que conservan alimentos frescos entre 2°C y 8°C y las que conservan alimentos congelados que están a temperaturas por debajo de -25°C. En estos lugares, existen factores que pueden controlarse para limitar el riesgo, como la humedad, velocidad del aire, tarea a realizar, etc.
- *Trabajos al aire libre:* Cuando se llevan a cabo en lugares con climas fríos y/o lluviosos (agricultura, mantenimiento de carreteras, personal de pista de aeropuertos...), en horario nocturno (pescadores, personal de seguridad, etc...) o a una altura considerable (trabajos verticales, etc...), etc.
- *Trabajos en interiores sin calefacción:* Especialmente si son trabajos sedentarios, por ejemplo el personal de seguridad que vigila el interior de una fábrica, trabajos sentados, etc…
- *Trabajos con contacto con agua fría o manipulación de objetos mojados y/o fríos,* tales como el de pescadores, trabajos en plataformas petrolíferas, manipulación de alimentos congelados, ensamblaje de componentes metálicos, etc.

3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL CONTRA AMBIENTES FRÍOS

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 y que no puede ser eliminado o reducido a niveles tolerables mediante controles técnicos y/u organizativos, el empresario deberá asegurar que los trabajadores lleven la protección adecuada (Art. 3, Real Decreto 773/1997). Los equipos que se utilicen serán conformes al Real Decreto 1407/1992 sobre *comercialización y libre circulación de equipos de protección individual.*

En los siguientes subapartados van a abordarse las características tanto de la ropa como los guantes de protección contra el frío, definidos a través de las normas europeas armonizadas que se ocupan de estos EPI. Los requisitos generales exigibles a toda la ropa y los guantes de protección se han descrito en las NTP 769 y NTP 747 respectivamente.

Ropa de protección

Existen dos normas armonizadas, que definen los requisitos y las características que deben cumplir estos tipos de ropa de protección:

- La norma UNE-EN 14058:2004 *"Ropa de protección. Prendas para protección contra ambientes fríos",* define las prendas de protección para su uso en ambientes no excesivamente fríos *(*según el término original en inglés, *against cool environments*) con temperaturas de hasta -5°C.
- La norma UNE-EN 342:2004 *"Ropas de protección. Conjuntos y prendas de protección contra el frío",* define a los conjuntos y prendas de protección a usar en ambientes "realmente fríos" *(en inglés, against cold)* con temperaturas inferiores a -5°C.

La preceptiva y obligatoria evaluación de riesgos, determinará en función del riesgo y el uso previsto, el tipo de ropa de protección que se requiere así como la necesidad o no del uso adicional de otros EPI.

A continuación se analizan con más detalle las principales prestaciones y diferencias existentes entre las normas mencionadas y consecuentemente entre las ropas de protección fabricadas en base a las mismas, para facilitar así, el proceso de selección según sean las necesidades.

UNE-EN 14058:2004 *"Ropa de protección. Prendas para protección contra ambientes fríos"*

Especifica los métodos de ensayo así como los requisitos que tienen que cumplir las *prendas simples (componente individual de un conjunto de ropa, que proporciona protección de la parte que cubre),* destinadas a proteger de temperaturas iguales o mayores de -5°C. No incluye cubrecabezas, calzado ni guantes para prevenir el enfriamiento local. Las principales prestaciones que considera son la resistencia térmica, el aislamiento térmico, la permeabilidad al aire, la penetración de agua y la resistencia al vapor de agua.

La *resistencia térmica* de una prenda se podría definir como la oposición que los materiales que la constituyen ofrecen al paso de un flujo de calor. Es una *propiedad intrínseca* de cada material y depende de su composición y características. Esta norma establece una clasificación de las prendas en base a esta prestación, según nos indica la tabla 1, donde a mayor clase, mayor resistencia térmica del material.

Clase	Resistencia térmica (m^2K/W)
1	0,06 ≤ Rct < 0,12
2	0,12 ≤ Rct < 0,18
3	0,18 ≤ Rct < 0,25

Tabla 1: Clases de resistencia térmica

El *aislamiento térmico* que ofrece una prenda no sólo es función de la resistencia que el material ofrece al paso de un flujo de calor (R_{ct}), sino también del ajuste de la prenda al cuerpo, de las partes que cubre, o de los cierres y costuras, entre otros factores. De hecho, el aislamiento térmico depende del aire que queda atrapado dentro de las fibras y los tejidos, pero también y en gran medida del aire atrapado entre la ropa y la piel. Este aire actúa como una capa aislante muy efectiva.

La medida del aislamiento térmico engloba todos estos factores y se basa en medir la diferencia de temperatura entre nuestra piel y el medio externo. Incluye por tanto, las diferencias de temperatura por pérdida de calor a través del tejido, cierres, costuras, uniones entre distintas prendas llevadas conjuntamente y desajustes en caso de una talla inadecuada que permite escapes de aire.

Esta prestación de la prenda es *opcional* en esta norma. La evaluación de riesgos, en función del uso previsto para la prenda, será la que determine si es o no necesario este requisito.

Este ensayo se realiza mediante un "maniquí térmico" (vestido con una ropa interior estándar de referencia) con un tamaño, forma y movimientos, representativos de un adulto humano. Se toman dos medidas diferentes de aislamiento térmico entre la piel y la superficie externa de la prenda:

- *Aislamiento térmico efectivo (I_{cle}),* con el maniquí parado y en posición erguida.
- *Aislamiento térmico efectivo resultante (I_{cler}),* con el maniquí en movimiento, concretamente con los brazos y piernas, simulando el paso del ser humano al caminar.

Los valores mínimos exigidos, en metros cuadrados Kelvin por vatio, son: un aislamiento térmico efectivo (I_{cle}) de 0.190 m^2K/W o un aislamiento térmico resultante de 0.170 m^2K/W. Los valores de aislamiento térmico deben relacionarse, de cara a una selección y uso adecuado de la ropa, con la actividad del trabajador y la temperatura ambiental.

La ropa de protección certificada en base a la norma UNE-EN 14058:2004 puede utilizarse tanto en interiores cerrados, donde las condiciones ambientales son conocidas y pueden estar controladas, como en exteriores, donde la velocidad del viento y las precipitaciones se dan de forma incontrolada.

Si se utiliza en interiores donde no existe una velocidad de aire elevada ni posibles precipitaciones, no será necesaria una protección frente a la *permeabilidad al aire o la penetración de agua*. Por esta razón, esta norma contempla estas dos *características o prestaciones, que a continuación se tratan también como opcionales.*

La *penetración de aire* a través del tejido de la prenda reduce notablemente el aislamiento térmico ofrecido por ésta. Se mide como la cantidad de aire que pasa por minuto por una superficie determinada del tejido. Esta norma establece, según la permeabilidad al aire que presente, expresada en milímetros por segundo, tres clases o niveles de protección (véase tabla 2). Esta prestación de la prenda es **opcional** en esta norma

Clase	Permeabilidad al aire (mm/s)
1	AP > 100
2	5 < AP ≤ 100
3	AP ≤ 5

Tabla 2: Clases de permeabilidad al aire

Cuando se trabaja en exteriores lluviosos o existe, en general, la posibilidad de entrar en contacto con agua, es recomendable utilizar prendas cuyas costuras y capas más superficiales sean resistentes a la penetración de agua, ya que al quedarse la humedad absorbida en los tejidos, estos pierden su capacidad aislante.

El ensayo de *penetración de agua* se basa en la pre-

sión (en pascales) que una masa determinada de agua hace sobre una muestra de tejido antes de traspasarlo. En la tabla 3 se recoge la clasificación en función del resultado de ensayo.

Clase	Resistencia a la penetración de agua (Pa)
1	800 ≤ WP ≤ 13000
2	WP >13000

Tabla 3: Clases de resistencia a la penetración de agua

Las prendas de clase 2 ofrecen mayor protección frente a la penetración de agua, que las de clase 1. Esta prestación de la prenda es *opcional* en esta norma.

Respecto a la *resistencia al vapor de agua,* esta norma establece que la resistencia al paso de vapor de agua a través del material/es de la ropa de protección, debe ser evaluada solamente cuando la ropa de protección sea resistente a la penetración de agua, para así garantizar la evacuación del posible vapor de agua (sudoración) generado. Esta prestación de la prenda es *opcional* en esta norma.

Cuando se produce una acumulación de calor el cuerpo tiende a contrarrestarlo para mantener el equilibrio térmico. Una forma de hacerlo es a través de la sudoración. Cuando se trabaja en ambientes fríos, la acumulación de sudor en el interior de la ropa y por tanto, la saturación del vapor de agua sobre la piel tiene efectos negativos, debido a que:

- Disminuye el aislamiento de la ropa (el agua es mucho peor aislante que el aire).
- Puede existir riesgo de sobrecalentamiento si el cuerpo no puede eliminar de forma equilibrada el calor corporal.
- Puede producirse el mismo efecto que con la penetración de agua, si la ropa absorbe el sudor no eliminado por evaporación.

Por tanto, la norma indica que si la ropa es resistente a la penetración de agua o impermeable, deberá tener una resistencia mínima de todas las capas al paso de vapor de agua de 55 m^2Pa/W. Si por el contrario, para la prenda no se requiere resistencia a la penetración de agua, la resistencia a la penetración del vapor no necesita medirse. Por tanto, en función del tipo de trabajo y de las condiciones ambientales, en base a la norma UNE-EN 14058, se podrá seleccionar:

Una prenda de Clase 1, 2 ó 3 en base a su Resistencia Térmica, y opcionalmente, podrán requerirse unos valores mínimos de:

- Aislamiento térmico
- Permeabilidad al aire
- Resistencia a la Penetración de agua y paso de vapor de agua.

Cuando las condiciones ambientales son extremas (condiciones realmente frías) y la protección ofrecida por prendas certificadas en base a la norma UNE-EN 14058:2004, resulta insuficiente, es necesario seleccionar ropa o prendas de protección certificadas en base a la norma UNE-EN 342:2004.

UNE-EN 342:2004 *"Ropas de protección. Conjuntos y prendas de protección contra el frío"*

Se aplica a las prendas individuales y conjuntos de ropa destinados a proteger frente a temperaturas inferiores a -5°C. Los ensayos definidos en esta norma UNE-EN 342, son los mismos que para la norma UNE-EN 14085. La diferencia entre ambas está en que el carácter opcional de algunos ensayos pasa a ser obligatorio en la última y en que varían en algunos casos los valores mínimos requeridos en los mismos.

Así, en estas prendas diseñadas para proteger contra temperaturas frías más extremas, los ensayos de *Aislamiento térmico efectivo (I_{cle}) y Aislamiento térmico efectivo resultante (Icler),* son obligatorios, con un valor mínimo de 0.310 m^2K/W, en este último requisito. Así mismo, la *Permeabilidad al aire (AP)* es ahora un requisito obligatorio. Las propiedades de Resistencia a la penetración de agua y al paso de vapor de agua, siguen siendo opcionales y se exigirán dependiendo del uso final de la prenda.

En la tabla 7 se muestra de forma resumida cuáles son los ensayos que contemplan cada una de las normas, qué carácter tienen y lo valores mínimos exigidos. Ambas normas establecen cómo debe ser el marcado de la ropa y que información debe recoger el folleto informativo.

Marcado

El marcado de la ropa de protección contra el frío engloba un *marcado general* según el RD 1407/1992, esto es, el marcado CE y descrito en la NTP769 Ropa de protección: Requisitos generales y un *marcado específico*, según las normas europeas armonizadas aplicables, basado en pictogramas de riesgos. Además, el marcado debe llevar, junto al pictograma que indica que las prendas están diseñadas contra el frío, la Norma de referencia que cumplen y los niveles de prestación que ofrecen para cada ensayo (figura 1). Si en el marcado aparece una X, indica que la prenda no se ha sometido a ese ensayo (figura 2). Para las prendas que cumplen con la UNE-EN 342 el marcado se muestra en la figura 3, donde a y b se expresan como valores del conjunto de prendas ensayadas, con

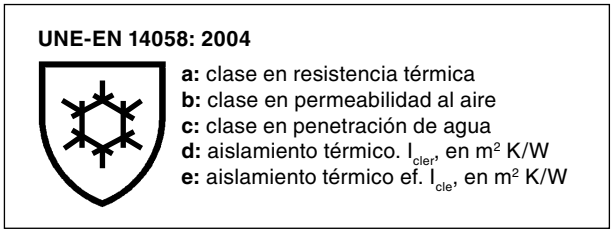


Figura 1. Pictograma de una prenda de protección frente al frío

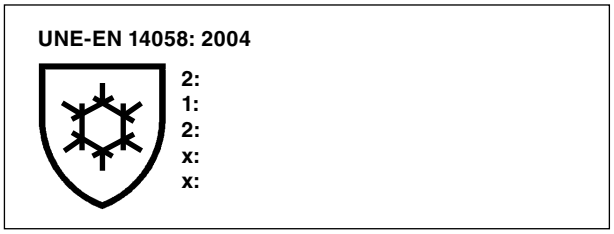


Figura 2. Pictograma de una prenda de protección frente al frío con indicación de los ensayos que no se han realizado.

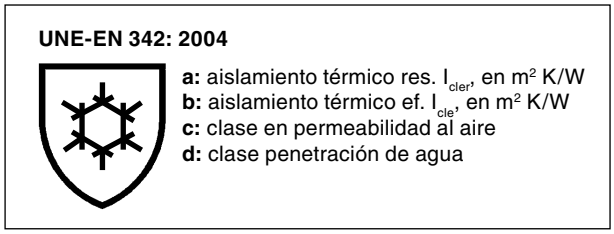


Figura 3. Pictograma de una prenda de protección frente al frío certificada según la norma UNE-EN 342:2004

la ropa interior de referencia (B) indicada en la norma, o con una ropa interior indicada por el fabricante (C). Si a y b son valores que corresponden a una prenda simple, como una chaqueta, se ha debido utilizar la ropa exterior de referencia (R) indicada en la norma.

Para una prenda concreta (figura 4) Las letras B, C y R, junto con el valor de aislamiento indican cuál ha sido la ropa de referencia estándar usada durante el ensayo, ropa de referencia "B", "C" o "R"

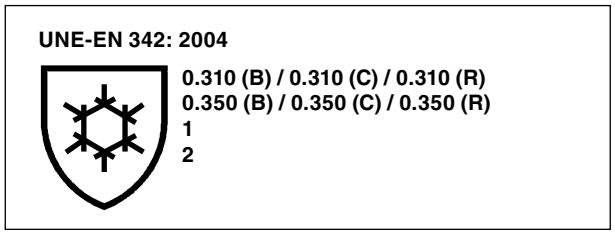


Figura 4. Pictograma de una prenda de protección frente al frío certificada según la norma UNE-EN 342:2004 con indicación de la referencia estándar usada durante el ensayo.

Folleto informativo: información suministrada por el fabricante

La información suministrada con las prendas de protección contra el frío de carácter general debe estar de acuerdo con lo indicado en la Norma UNE-EN 340 (Ver NTP 769: Ropa de protección: Requisitos generales). Además, en relación, con la protección específica ofrecida, deberá incluir:

- Explicaciones sobre el uso en relación con el marcado
- Información sobre estos posibles usos, por ejemplo, si se han realizado los ensayos de aislamiento térmico efectivo y resultante, una relación entre los valores de I_{cle} y I_{cler} obtenidos para la prenda y condiciones de temperatura ambiental compatibles en función de diferentes niveles de actividad. Para ello, los anexos de ambas normas ofrecen indicaciones.
- Advertencias sobre las condiciones de utilización; por ejemplo, si el aislamiento disminuye con los procedimientos de limpieza o los tiempos de uso en relación con las condiciones de temperatura ambiental. Para ello, los anexos de ambas normas ofrecen indicaciones.
- Información específica sobre la ropa de referencia utilizada en los ensayos de aislamiento térmico.

Las indicaciones que ofrecen los anexos de las normas son solamente válidos si existe una protección adecuada de las manos, pies y cabeza y la velocidad del aire está comprendida entre 0.3 y 0.5 m/s. Mayores velocidades del aire, modificarán consecuentemente las temperaturas de las tablas de los anexos.

Por último, se destacan algunos aspectos basados en las prestaciones expuestas a lo largo del texto, de cara a seleccionar la prenda o ropa de protección contra el frío más adecuada, de acuerdo con su uso previsto.

- Para la mayoría de las situaciones se recomienda el uso de prendas transpirables.
- Cuando menor sea la temperatura ambiental y mayor la velocidad del viento, de las condiciones de uso, menor debe ser la permeabilidad al aire que se requiera.
- Siempre que se prevea el uso de la prenda bajo condiciones de lluvia, es deseable que la ropa posea una última capa impermeable.
- El aislamiento térmico suele ser mayor conforme aumenta el grosor de los tejidos, pero reduce a su vez, la capacidad de movimiento y el confort de quién viste la prenda. Por ello, una sobreprotección o un aislamiento excesivo, puede provocar un sobrecalentamiento del usuario al no poder eliminar el exceso de calor, con efectos negativos sobre el mismo.

Guantes de protección

Los guantes de protección contra el frío están diseñados para proteger las manos o parte de ellas del frío. Esta exposición al frío, puede estar asociada tanto a condiciones climáticas como a una actividad industrial.

La norma UNE-EN 511:2006 *"Guantes de protección contra el frío",* especifica los requisitos y métodos de ensayo para los guantes que protegen contra el frío convectivo y conductivo hasta los -50 °C.

Esta norma establece, fundamentalmente dos ensayos diferentes que evalúan la protección frente a dos formas distintas de intercambio de calor (convectivo y contacto), además de un ensayo que verifica si el guante sigue manteniendo sus propiedades protectoras cuando se moja. Existen también requisitos mínimos de resistencia mecánica, asociados a los distintos niveles de prestación térmica.

Frío Convectivo. Aislamiento térmico (I_{TR})

Los guantes de protección contra el frío deben estar diseñados de tal forma que la temperatura ambiental afecte lo menos posible a la temperatura entre la piel y el interior del guante. Se trata, en definitiva, de aislar térmicamente las manos para evitar el enfriamiento por transferencia de calor al aire exterior.

Esta norma establece que la resistencia a la pérdida de calor por convección se evalúe mediante la medida del *"aislamiento térmico (I_{TR})"* Esta norma establece cuatro niveles de prestación, que se recogen en la tabla 4, en la que se observa que a mayor nivel, mayor aislamiento, mayor protección frente al frío convectivo.

Niveles	Aislamiento térmico (m^2K/W)
1	$0,10 \leq I_{TR} < 0,15$
2	$0,15 \leq I_{TR} < 0,22$
3	$0,22 \leq I_{TR} < 0,30$
4	$I_{TR} \geq 30$

Tabla 4: Niveles de aislamiento térmico

Frío conductivo o de contacto. Resistencia térmica a bajas temperaturas (R)

El contacto con objetos fríos es parte implícita en muchas actividades laborales. Cuando esto ocurre, la pérdida de calor a través de los guantes de protección se da fundamentalmente por conducción de calor a través de las fibras textiles y del aire atrapado entre ellas. En función de la resistencia que el material ofrece al paso de un flujo de calor, se establecen 4 niveles de prestación (tabla 5). A mayor nivel, mayor resistencia térmica del material, y por tanto mayor protección frente al contacto con el frío.

Para niveles superiores a 2 de aislamiento térmico y/o resistencia térmica, el guante deberá tener como mínimo un nivel 2 en resistencia al rasgado y a la abrasión para así, garantizar que la protección será duradera en tiempo y uso. (Ver NTP 882: Guantes de protección contra riesgos mecánicos)

Niveles	Resistencia térmica (m^2K/W)
1	0,025 ≤ R < 0,050
2	0,050 ≤ R < 0,100
3	0,100 ≤ R < 0,150
4	R ≥ 0,150

Tabla 5: Niveles de resistencia térmica.

Penetración de agua

La penetración de agua en el interior de un guante puede provocar una pérdida del aislamiento térmico que este ofrece y acelerar la velocidad de pérdida de calor. La norma UNE-EN 511, establece dos niveles de prestación (tabla 6). En función de la evaluación de riesgos, será necesario que los guantes que se van usar durante la realización del trabajo tengan esta propiedad de resistencia a la penetración al agua.

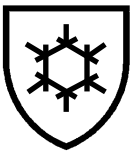
Niveles	¿Penetración de agua?
0	SI
1	NO

Tabla 6: Niveles de penetración de agua.

Marcado

El marcado de carácter general viene recogido en la NTP 747: Guantes de protección: requisitos generales. El marcado específico, según la norma, incluye el pictograma de protección contra el frío, la norma de referencia y los niveles de prestación ofrecidos (figura 5). Si en el marcado aparece una X, en vez de un número, significa que el guante no está diseñado para proteger del frío atmosférico o del frío por contacto con superficies frías, respectivamente.

UNE-EN 511: 2006



a: es el nivel de aislamiento térmico, contra el frío convectivo. (1, 2, 3 ó 4)
b: es el nivel de resistencia térmica, contra el frío de contacto. (1, 2, 3 ó 4)
c: el nivel de resistencia a la penetración de agua (0 ó 1)

Figura 5. Pictograma correspondiente a un guante de protección frente al frío

Folleto informativo: información suministrada por el fabricante

La información suministrada con los guantes de protección contra el frío de carácter general debe estar de acuerdo con lo indicado en la Norma UNE-EN 420:2004+A1:2010 (Ver NTP 747: Guantes de protección: requisitos generales). Además, de forma específica, debe incluir:

- Información sobre dónde puede obtenerse la máxima exposición del usuario permitida, por ejemplo temperatura, duración, etc. Para ello, los anexos de la normas ofrecen indicaciones.
- Si el guante no alcanza un nivel de prestación 1 de acuerdo con el ensayo de penetración de agua, aparecerá una advertencia indicando que el guante puede perder sus propiedades aislantes cuando se moja.

En resumen, para seleccionar un guante de protección contra el frío, hay que relacionar información que suministra el fabricante junto con el guante con su uso previsto según la evaluación de riesgos.

Por ejemplo, si el riesgo identificado es la pérdida de calor debido a la manipulación de objetos fríos, debemos seleccionar un guante que presente una prestación alta de resistencia térmica al frío de contacto. Si, por el contrario, la actividad laboral no implica el contacto prolongado con objetos fríos, pero se desarrolla en lugares de baja temperatura y altas velocidades del viento, sería necesario un guante con altas prestaciones de aislamiento térmico, incluso se podrían seleccionar manoplas, si los movimientos a desarrollar no son muy finos.

	UNE-EN 14058	UNE-EN 342
Resistencia Térmica, R_{ct}	Obligatorio (clase 1,2,3)	No se requiere
Aislamiento Térmico efectivo, I_{cle}	Opcional Valor mínimo 0,190 m^2K/W	Obligatorio
Aislamiento Térmico resultante, I_{cler}	Opcional Valor mínimo 0,170 m^2K/W	Obligatorio Valor mínimo 0,310 m^2K/W
Permeabilidad al aire, AP	Opcional (clase 1,2,3)	Obligatorio (clase 1,2,3)
Penetración de agua, WP	Opcional (clase 1,2)	Opcional (clase 1,2)
Penetración de vapor de agua, R_{et}	Opcional (clase 1,2)	Opcional (clase 1,2)

Tabla 7: Comparación de requisitos

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales (BOE 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. (BOE de 12 de junio).

Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, sobre c**omercialización y libre circulación de equipos de protección individual** (BOE. 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 (BOE de 8 de marzo).

UNE-EN 340:2004, Ropa de protección - Requisitos generales.

UNE-EN 14058:2004, Ropa de protección. Prendas para protección contra ambientes fríos.

UNE-EN 342:2004, Ropa de protección. Conjuntos y prendas de protección contra el frío.

UNE EN ISO 11079, Ergonomía del ambiente térmico. Determinación e interpretación del estrés debido al frío empleando el aislamiento requerido de la ropa (IREQ), y los efectos del enfriamiento local.

NTP 462. Estrés por frío: Evaluación de las exposiciones laborales.

NTP 747. Guantes de protección. Requisitos Generales.

NTP 769. Ropa de protección. Requisitos Generales.

NTP 882. Guantes de protección contra riesgos mecánicos.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

941

Innovación y condiciones de trabajo (II): sistematizar el proceso creativo

Innovation and working conditions: Systematization creativity process
Innovation et conditions de travail: sistématiser le processus créatif

Redactor:

Manuel Bestraten Belloví
Ingeniero Industrial y Arquitecto

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Este documento complementa a la NTP 753, donde se analizó la estrecha interrelación entre la innovación y las condiciones de trabajo. Aquí se exponen criterios de actuación que permitan afrontar aspectos esenciales relacionados con las condiciones y la organización del trabajo, a fin de facilitar que el proceso innovador pueda desarrollarse grupalmente con eficacia en las organizaciones, planteándose además una propuesta orientativa de procedimiento. En la siguiente NTP se muestran algunos sencillos instrumentos para el análisis grupal de ideas y soluciones en procesos 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

Reiteradamente hemos venido exponiendo en anteriores NTP relacionadas con esta materia, cuan importante es la innovación tanto tecnológica como personal y organizacional para la sostenibilidad de cualquier empresa, y el papel relevante que tiene en la misma la atención a las condiciones de trabajo. Vamos a seguir insistiendo en ello, pero ahora desde nuevas perspectivas de carácter metodológico, que promuevan y faciliten el proceso creativo a través de la participación de los trabajadores en sus propios grupos de trabajo.

En la anterior NTP 753 nos referimos a las fuentes de innovación en la empresa y a los tipos de innovación que son necesarios, desde los más graduales a los más radicales, de los puntuales a los extensivos. También tratamos algunas de las principales limitaciones organizacionales a la innovación y los factores estratégicos que la propician. Analizamos a grandes trazos la evolución histórica de la innovación en la empresa, desde la testimonial o la especializada, a la innovación participativa e integral que habría de ser accesible a todos los miembros de la organización.

Ahora, en esta NTP se revisarán aspectos determinantes que condicionan el proceso innovador en la empresa para tomar conciencia de los adversos, y de los favorables que han de optimizar el proceso creativo. También es nuestro objetivo presentar de una manera ordenada algunas metodologías que por su sencillez pueden aprovecharse para agilizar el proceso innovador en los grupos de trabajo. Las ideas individualizadas de los trabajadores son por supuesto útiles, pero interesa por encima de todo socializar el proceso de aporte de éstas y hacer copartícipes de las mismas al más amplio número de trabajadores. Con ello se estará favoreciendo el derecho a la participación de los trabajadores, esencial para un mayor compromiso y satisfacción en el trabajo, y segundo, se logrará que la pirámide de la estructura de las empresas -una de las principales barreras a la innovación- se invierta, para de este modo, todos, mandos y trabajadores, puedan responder conjuntamente, trabajando en equipo, a los intereses empresariales y a los personales, que no habrían de ser en absoluto incompatibles. La empresa vertical tradicional se basó en un modelo industrial de flujo de información y de trabajo de arriba-abajo. Los jefes solían disponer de áreas independientes de movilidad con información privilegiada y los trabajadores habían de seguir rutinas establecidas, pero todos en un contexto cerrado; pero esto ha cambiado completamente. En la actualidad se demanda que las ideas, base de la creatividad, se generen y fluyan a gran velocidad por toda la empresa en un contexto abierto que interactúa permanentemente con el exterior, y además, conduzcan en lo posible a acciones inmediatas. Ello requiere del espacio interactivo, del tiempo y de una organización del trabajo con alta capacidad resolutiva que lo haga posible.

Precisamente, en momentos de incertidumbre con necesidades de cambios en el mundo de la empresa y de los sistemas productivos y organizativos, es necesario un esfuerzo vigoroso para que las organizaciones, aquellas que estén marcadas por nobles intereses y cuenten con sólidas bases, que en su defecto es imprescindible construir, puedan sortear las dificultades y emerger, aprovechando el inmenso potencial creativo que está latente en el seno de las mismas.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS. LA NECESIDAD ACUCIANTE DE INNOVAR

Antecedentes de las dos anteriores grandes depresiones económicas, las de los años 1870 y 1929, con muchas similitudes a lo sucedido en el 2008, nos vienen a demostrar que sólo con una altísima innovación en todos los ámbitos claves de la sociedad: en la energía, las comunicaciones, los transportes, las tecnologías en general, y en el propio trabajo en particular, aquellas pudieron superarse.

La depresión de 1870 fue la primera crisis de la primera revolución industrial que provocó cambios radicales en

una sociedad básicamente rural incapaz de poder resistir el enorme crecimiento y la productividad de las industrias textil, metalúrgica y ferroviaria de aquellos momentos, apareciendo en consecuencia importantes grandes concentraciones urbanas. La máquina de vapor y otros grandes inventos vinieron a revolucionarlo todo y la formación en ingeniería a gran escala contribuyó a hacer posible la transformación. Las condiciones de trabajo fueron entonces deplorables y aparecieron las primeras leyes para mejorarlas.

Luego, la Gran Depresión del 29 fue la crisis de la segunda revolución industrial. También entonces, especialmente EE.UU, se había asentado sobre una burbuja financiera e inmobiliaria. Era difícil que las ciudades y la primera sociedad industrial pudieran soportar las grandes capacidades productivas de una economía basada en la producción en masa. Surgieron como una de las respuestas, las grandes urbes y especialmente sus cinturones suburbanos. El modelo de vida generado a partir de entonces y hasta nuestros días, se ha ido fundamentando en la vivienda, el automóvil y en una inmensa oferta de productos y servicios generadores de "bienestar", accesibles cada vez más a grandes estratos de la población que vieron crecer su poder adquisitivo a través de los salarios, mejorando por tanto sus condiciones de vida y de trabajo. Tras la segunda guerra mundial se aceleró el proceso de transformación, configurándose la sociedad del bienestar que conocemos en Europa. En cambio, la guerra civil española y el aislamiento posterior enlenteció los procesos de cambio en nuestro país, subsanados en parte con nuestra integración en la UE. Las condiciones de trabajo han ido mejorando sustancialmente. La presión sindical, la legislación y la propia necesidad de las organizaciones de tener trabajadores sanos y competentes lo han facilitado. Las TIC han venido a revolucionarlo todo en el último cuarto del siglo XX, adentrándonos en la sociedad postindustrial, la sociedad del conocimiento. No obstante, el valor "trabajo" ha ido gradualmente perdiendo fuerza ante el capital financiero, que de manera virtual se ha ido adueñando del mercado y de la sociedad.

Tras el estallido de sus burbujas económicas y financieras en los citados momentos críticos, una evidencia clara de un sistema organizativo abusivo y caduco que modificó el antiguo estilo de vida, se iniciaron las que podrían denominarse décadas prodigiosas por sus grandes avances tanto en tecnología como en innovación. Algo sin parangón en otros momentos históricos. Es la acuciante necesidad de resurgimiento lo que acelera el proceso innovador en las mentes de muchísimas personas y en las organizaciones, aunque diste un largo trecho desde que los nuevos conocimientos se producen y éstos llegan a aplicarse de manera generalizada al disponerse del suficiente apoyo financiero. Tales crisis requirieron años para acometer las reformas y los cambios necesarios ante el anclaje en un pasado sin retorno.

Finalmente se ha llegado a la situación de cambio actual: una sociedad desarrollada y con crecientes desigualdades que se había asentado en la propiedad de la vivienda. Todo el mundo fue estimulado a poseerla y llegó a convertirse en uno de los principales focos de atracción de inversión y de especulación de las últimas décadas en nuestro país. Lamentablemente, la absorción inconmensurable de recursos a este bien fue en detrimento de otras inversiones mucho más útiles y necesarias en I+D+i, de las más bajas en Europa. No importaba el páramo en que se ubicara la vivienda cuando todo el suelo podía convertirse en urbanizable y el coche permitía llegar a cualquier parte. El sueño americano de la vivienda unifamiliar aunque fuera adosada, de la segunda residencia y el de, todos propietarios y todo al alcance de la mano, parecía hacerse realidad, también aquí. Ello condujo a un endeudamiento privado altísimo y no solo a la burbuja inmobiliaria, sino al fracaso de un modelo urbano insostenible económica y ambientalmente. También coadyuvantes de esta historia fueron el consumismo exacerbado y el despilfarro. Los abusos en diversos frentes, que no citaremos, y la falta de control propiciaron lo sucedido, que algunos predijeron sin ser oídos. Paradójicamente, las condiciones de trabajo en la últimas décadas, a pesar de épocas de bonanza económica y de los avances legislativos comunitarios, solo han mejorado parcialmente (la siniestralidad laboral en términos generales ha descendido). Aspectos como, la exposición a agentes nocivos, el ritmo, la presión del trabajo, y los riesgos emergentes ergonómicos y psicosociales han empeorado en las dos últimas décadas y la cultura preventiva en las empresas sigue siendo muy limitada. La mayoría de empresarios hacen prevención porque la ley lo exige y poco más. Aun no se asumen los valores estratégicos y económicos que representa tener trabajadores implicados con la empresa y trabajando en condiciones seguras y saludables. Ello evidencia que el modelo preventivo seguido tampoco estaba siendo el acertado y coyunturalmente, las condiciones de trabajo podrían empeorar aun más de seguir con el esquema del viejo modelo. Lamentablemente, las personas poco cualificadas y sin recursos son las que llevan la peor parte. La tasa de desempleo y el paro juvenil evidencian también que no se ha actuado acertadamente en inversiones que una sociedad del conocimiento reclamaba y que hubieran mantenido e incluso generado empleo en periodos de crisis económica, como otros países de nuestro entorno, sí hicieron.

Al tomar conciencia de que el principal motor de crecimiento para la generación de empleo es la propia empresa -junto a los trabajadores autónomos-, resulta imprescindible que la innovación a todos los niveles impregne la cultura de las organizaciones para hacer las cosas mejor, hacer cosas nuevas y también de otra manera; y todo, con espíritu de excelencia. Para competir en un mundo globalizado y preservar cotas de bienestar en la sociedad habría que generar un alto valor añadido en productos, servicios y procesos, con personas implicadas y altamente cualificadas. Solo el talento en entornos muy saludables ha de hacer posible que surja la creatividad colectiva que haga a las empresas competitivas y a la vez que responsables. Es difícil prever los cambios que se van a producir en los próximos años con una perspectiva a medio plazo. Lo que si es imaginable es que la concentración del talento y de la creatividad de las personas en entornos marcados por la libertad y la diversidad, ya sea en organizaciones actuales y sobre todo, en las futuras, va a hacer posible que surjan nuevos modelos productivos y empresas mucho más eficientes y saludables. Las ciudades, aunque seguirán creciendo, habrán de estar más racionalmente concebidas y mejor interconectadas para facilitar la descentralización de las grandes urbes, buscando el necesario equilibrio territorial. Las vivienda como las ciudades habrán de estar regidas por principios de eco eficiencia y sostenibilidad.

Se aprovecharan a fondo las nuevas tecnologías y se intensificarán las existentes, como las TIC, para construir los nuevos entornos de vida y de trabajo. La expansión conjunta y equilibrada de la innovación tecnológica y el trabajo con contenido creativo será la verdadera fuerza motriz del crecimiento socio económico esperable. Uno de los grandes pensadores de la innovación, Joseph

Schumpeter, utilizaba la expresión “destrucción creativa” para describir el proceso en el cual las crisis económicas eliminan los sistemas y prácticas que han quedado desfasados, abriendo nuevos horizontes a las nuevas tecnologías, a los nuevos emprendedores y a los nuevos sistemas que empujan a una nueva era de desarrollo. El mismo autor destacaba que el “vendaval perenne de destrucción creativa” está en la esencia del capitalismo. Es evidente que la empresa actual que haya de pervivir habrá de replanteárselo casi todo.

3. BLOQUEOS Y ESTÍMULOS AL PROCESO CREATIVO

La creatividad es algo inherente al ser humano y su capacidad de producir ideas, no solo bienes físicos, es lo que nos diferencia de otras especies animales. Las personas somos solucionadores y experimentadores natos de problemas, lo que además nos provoca satisfacción a incluso placer hacerlo, y más, cuando los beneficios generados trascienden a su entorno. Estamos guiados por el espíritu de observación, de curiosidad y de búsqueda, que ha sido determinante en el desarrollo de la humanidad, aunque en el devenir de la historia no hayamos sido siempre modélicos. También actuaciones malévolas han perseguido con el mismo espíritu de búsqueda, beneficios exclusivos a costa de la generación de daños a otros y a la misma sociedad.

Al parecer, una persona que se implica en una actividad creativa, básicamente por su propio interés y por el deseo de disfrutar de dicha actividad, suele ser más creativa que cuando lo hace para alcanzar un objetivo impuesto por otros. La motivación para la creatividad es realmente intrínseca. Surge del propio interés de la persona por su trabajo, aunque los estímulos de grupo y organizativos la favorezcan. Hoy, una organización no se puede permitir tener a trabajadores poco implicados con sus cometidos, ante la acuciante necesidad de innovar. Por ello, el primer paso para generar espacios innovadores es sentar las bases y crear las condiciones que los hagan posibles. Ahora bien, el espíritu creativo se construye sobre el esfuerzo y la disciplina. Muchos genios de la creatividad tanto en el mundo del arte como de la ciencia han afirmado que la creatividad es un 90% de sudor y un 10% de inspiración. Pero a pesar de las ventajas personales y colectivas de un trabajo creativo, las barreras a la creatividad son muchas y prevalecen en la mayoría de organizaciones. Unas dependen de las características y competencias de las propias personas, otras, del entorno en el que éstas se encuentran y actúan, y por último, existen los procesos personales y organizativos que se utilizan para resolver problemas, estimular iniciativas, generar nuevas ideas, tomar decisiones y diseñar estrategias. La interacción de estos tres componentes da como resultado un mayor o menor grado de innovación en lo que se produce y en cómo se produce, y por supuesto, en lo que llega a sus destinatarios.

Desmenucemos a continuación los principales bloqueos a la creatividad, que se podrían clasificar en tres grandes tipos: los derivados de una percepción racional limitada de la situación, los derivados de aspectos emocionales, con su componente eminentemente social, y finalmente, los derivados de las limitaciones de los propios procesos de trabajo y de la organización. En la figura 1 se han sintetizado de manera gráfica.

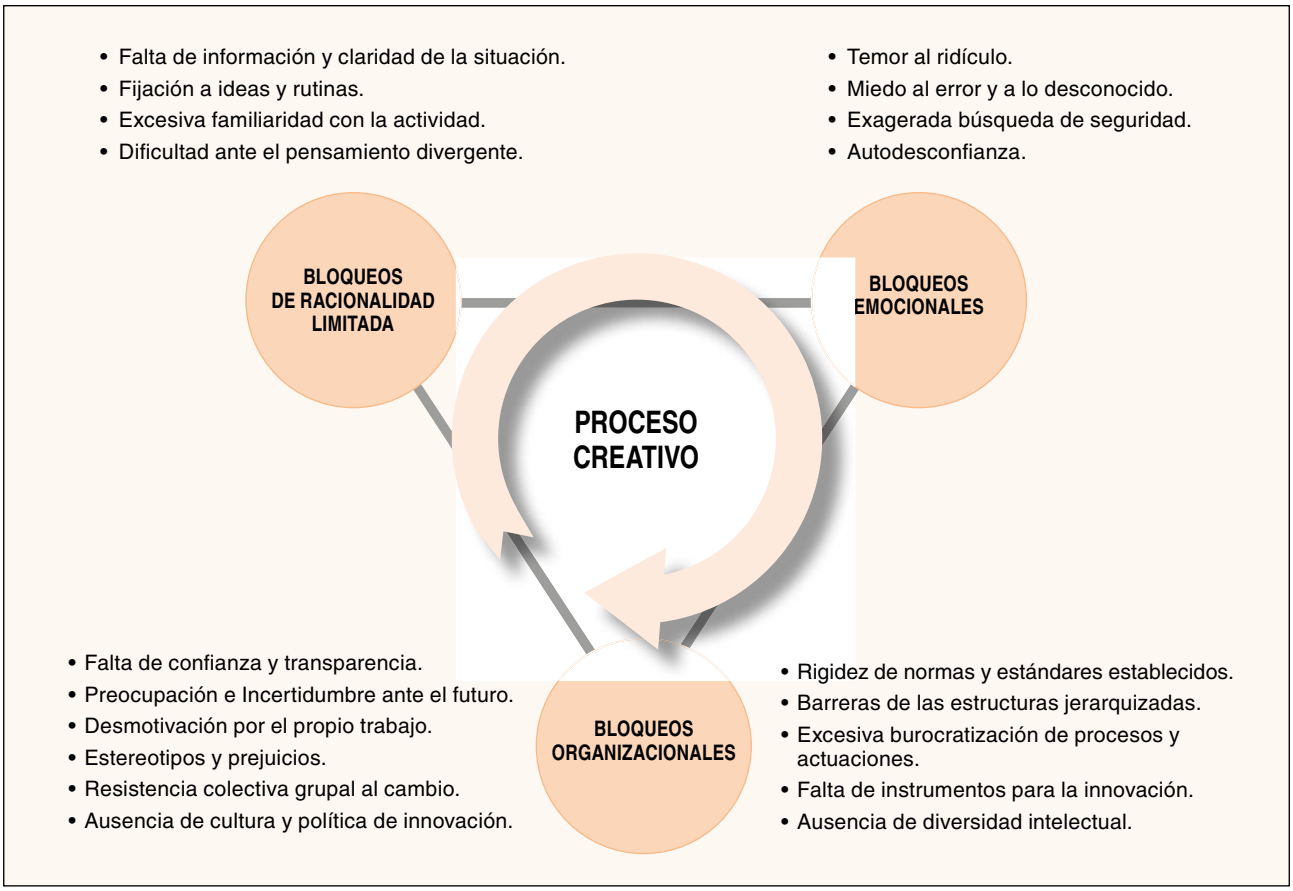


Figura 1. Bloqueos a la creatividad

En el primer grupo se incluyen las limitaciones racionales que no permiten ver íntegramente las condiciones en que se plantea un problema o una situación de potencial mejora, y en consecuencia, la respuesta que se supone habría de ser creativa, o no existe o está recortada. Por tanto, el primer bloqueo que aparece es la falta de claridad para leer y entender completamente las circunstancias de lo que se produce, y más cuando no todas las herramientas de información y análisis de la realidad están al alcance. Evidentemente, el trabajo en equipos multidisciplinarios en un clima de confianza y transparencia habrían de ayudar a superar tal bloqueo.

También la fijación a modos y pautas de actuación tradicionales suele limitar la capacidad en introducir cambios. Las ideas generalmente aceptadas suelen dificultar la aparición de nuevas propuestas. Habría que ponerlas en duda, cuestionándolas con lógica y analizando si continúan teniendo sustento. La excesiva familiaridad con una actividad o asunto al que se viene uno dedicando desde hace mucho tiempo obstaculiza los nuevos planteamientos. Es común que los grandes avances del conocimiento tuvieran que romper esquemas de ideas fuertemente aceptadas y preconcebidas.

El pensamiento unilateral o convergente condiciona que las personas se encierren en un camino a veces trillado, no abierto a nuevas alternativas. De ahí la importancia de lo que se denomina el pensamiento lateral o divergente. Mientras el pensamiento convergente sigue una única dirección, busca una solución concreta, es muy selectivo de ideas, excluye todo lo que parece no estar relacionado y se preocupa por la calidad de las ideas; el pensamiento divergente se mueve libremente en varias direcciones, busca diversas soluciones que pudieran ser apropiadas, da valor a todas las ideas, aunque algunas pudieran parecer descabelladas, explora también lo que parece no estar relacionado y desde luego, importa la cantidad de ideas generadas para analizarlas e interrelacionarlas.

Por otra parte, tenemos los bloqueos emocionales que se desarrollan fundamentalmente al interactuar con el ámbito de lo social. Plantear la necesidad de un cambio significa arriesgarse, enfrentarse a la posibilidad de éxito o de fracaso, con el castigo que ello puede representar, algo mal aceptado en sociedades como la nuestra, frente a otras en donde las pruebas de fracaso éxito no son, ni rechazadas, ni desaprovechadas. Tales bloqueos emocionales representan temores a sanciones, ridículos ante la mirada ajena y en el fondo a una insuficiente confianza en uno mismo, pudiendo existir también una exagerada búsqueda de seguridad. Personas muy competentes se inhiben simplemente por timidez o por su carácter reservado ante otras más osadas con la palabra, y solo en entornos muy cómodos que las estimulen a aportar, precisamente por su valía, son capaces de hacerlo. Tales bloqueos crecen en el seno de las organizaciones que penalizan el fracaso o salirse de los cauces habitualmente conocidos. Pero tal penalización no siempre es explícita ni está institucionalizada; es silenciosa y crece al calor de la rumorología y de los comentarios a veces malévolos contra quienes suelen ser críticos a la manera habitual de proceder y quienes hacen cosas diferentes que se salen de la vulgaridad. Ello contamina a toda la organización y llega formar parte de su quehacer cotidiano, de su cultura. Además, se convierte en factor determinante de expulsión del talento creativo. Las personas creativas son intolerantes a la mediocridad y demandan estar cerca de personas que también lo son, con oportunidades constantes para el intercambio y la construcción de nuevos modos de hacer. Demandan tener la oportunidad de validar su identidad como tales. Sin desmerecer la importancia de la remuneración salarial, tales personas sitúan en un alto nivel de importancia disponer de entornos de trabajo saludable que les supongan un reto.

Quizás uno de los mayores problemas para acceder al potencial creativo de alguien que trabaja dentro de un grupo sea la existencia de estereotipos y prejuicios que éste genera. Las personas suelen ser fácilmente clasificadas y es común escuchar aquello de que “hay gente creativa y otra que no lo es”. Aunque es cierto que algunas personas son más creativas que otras, muchas pueden serlo en entornos estimulantes. A veces, los estereotipos se asocian a profesiones, despreciándose unas frente a otras. Ello no es cierto; todo buen profesional siempre está desarrollando su mente creativa para al mismo tiempo mantener su proceso de aprendizaje permanente y sentirse intelectualmente vivo. Sucede que los estereotipos con respecto a la creatividad se originan en prejuicios, ideas relacionadas con situaciones vividas previamente en las que la gente desarrollaba tareas repetitivas permaneciendo como inmutables, y por tanto, consideradas parte constitutiva de su personalidad. El problema se acrecienta cuando una persona se adormece, convencida de que no es creativa, convirtiéndose tal actitud en el verdadero freno interior.

Muchas organizaciones y personas están tan absortas en el trabajo “productivo”, que se desentienden de los tiempos de reflexión en incluso de planificación, por no considerarlos importantes. Oímos decir a menudo, “a mi me pagan para trabajar, no para pensar”, cuando cabría preguntarse si un trabajo que no favorezca la creatividad puede llegar a tener sentido alguno para quien lo realiza y para la organización. También es cierto que sin estímulos suficientes e instrumentos prácticos que agilicen la creatividad en una organización, ésta puede verse sustancialmente bloqueada.

Son muchas veces los miembros de un mismo grupo –los que deberían estar unidos por un interés común- los que obstaculizan la creatividad. Los argumentos que utilizan los líderes negativos, en su mayoría informales, son múltiples y muchas veces no se limitan a comentarios verbales. Basta una mirada o un gesto para frenar la iniciativa de un compañero de trabajo. En cambio, si ese grupo se transforma en equipo, puede llegar a ser un verdadero dinamizador de la creatividad. Un equipo que da oportunidades de expresarse sin temor al ridículo, que acepta el error como parte del proceso y que es consciente de que las normas y las ideas generalmente aceptadas pueden cuestionarse con argumentos justos, está ofreciendo espacios para liberar el potencial creativo de todos sus miembros.

Lo que contribuye a elevar los niveles de innovación de las organizaciones es el intercambio de estilos personales dentro de equipos multidisciplinarios orientados al proceso creativo. La diversidad es una verdadera riqueza para la creatividad. Cada persona posee un estilo particular que puede ser aprovechado. La dificultad radica en cómo canalizar positivamente las aportaciones ante la disparidad de roles presentes que en vez de facilitar pueden distorsionar y no hacer fructífera la actividad grupal. Es necesario un liderazgo participativo que sea capaz de romper el encasillamiento de las personas, dificultando la cooperación en el grupo. Si no se atajan de lleno aquellos problemas existentes de relaciones personales y diferencias, no se podrá revertir la situación.

Personalmente, siempre he tenido la oportunidad de

vivir y trabajar en entornos creativos, como en el propio INSHT; pero reconozco que momentos de especial creatividad y satisfacción personal los he vivido y aun los sigo disfrutando, cuando un grupo de personas de muy dispares orígenes y profesiones, unidas por nobles intereses, fundamos y desarrollamos una entidad cultural de ámbito territorial sin ánimo de lucro al Sur de Cataluña (Amigos y amigas del Ebro). Entusiasmaba descubrir nuestra capacidad creativa para resolver dificultades, generar ideas y llevarlas a la práctica, desarrollando una entidad de gran proyección cultural y artística con recursos económicos insignificantes, que ya tiene más de veinte y cinco años de historia. Luego, ¿es entonces utópico pensar en el aprovechamiento en nuestras organizaciones del espíritu "voluntarista" que guía a muchísimas entidades sociales y culturales, esenciales en el funcionamiento de la sociedad? Sinceramente, creo que es posible. Peter Drucker lo expresó muy bien cuando dijo que los trabajadores del conocimiento no responden ante los intereses financieros, las órdenes o las sanciones de la misma manera que los trabajadores manuales. Describe que los primeros tienen motivaciones similares a las de los voluntarios, y por ello, habría que tratarlas como "voluntarias de facto".

Es positivo que en todo grupo haya al menos dos estilos diferentes y complementarios de acercamiento al proceso creativo. Están los adaptadores o innovadores y los verdaderamente creativos. Los primeros mejoran lo existente, se preocupan por resolver problemas definidos, aceptan los problemas como son formulados, son precisos y confiables, pero tienen más dificultades en generar ideas muy novedosas. En cambio, los segundos se preocupan por descubrir y redefinir los problemas, cuestionan el statu quo, son visionarios, aunque luego tengan dificultades para implementar las ideas novedosas. Ambos estilos son necesarios. Así, cuando los grupos están integrados por personas con estilos diversos, exista la confianza necesaria entre sus miembros y hay espacio y medios para la crítica, el proceso creativo se acelera. Incluso los conflictos habrían de ser disparadores de transformaciones si prevalece la lógica expuesta, procurando que no se escondan y se resuelvan en el seno de la organización. Una de las claves de éxito de una organización se encuentra en aceptar que las inquietudes de las personas, los problemas y los conflictos sean oportunidades de cambio y que lo convencional y lo rutinario llegue a estar permanentemente cuestionado en búsqueda de la excelencia. La dinámica de cambio es consustancial con la actividad empresarial y especialmente en estos nuevos tiempos. Las primeras actuaciones de la empresa deberían orientarse a intervenir sobre los bloqueos organizacionales, luego será más fácil intervenir sobre los personales y emocionales.

4. EL PROCESO CREATIVO GRUPAL

Desde la creación de las condiciones para que las ideas puedan surgir hasta la implementación exitosa de aquellas que hayan sido asumidas y desarrolladas, transcurre todo un proceso en el que habrán de resolverse satisfactoriamente cada una de sus etapas, que podríamos sintetizar en cinco. Ver fig. 2.

1ª Revisión de la política innovadora de la empresa

Es imprescindible asentar las bases para que el proceso innovador pueda producirse en la organización y en sus grupos de trabajo. Como punto de partida, debería existir entre los principios de la política de empresa, como mínimo uno, dedicado a destacar el compromiso por la innovación a todos los niveles, clave de pervivencia empresarial, y fundamentándolo en la participación y el aporte de todos los miembros de la organización; estando dispuesta la Dirección de la empresa a poner los recursos necesarios para optimizar su desarrollo. Una sencilla manera de expresarlo y que bastantes empresas hacen es diciendo que: "todas las ideas y sugerencias de mejora de los trabajadores han de ser escuchadas y en lo posible aplicadas, en pro de la mejora permanente de la eficiencia, la competitividad y las condiciones de trabajo". La elaboración de tal política fundamentada en valores habría de ser definida por escrito y consensuada con la participación de los representantes de los trabajadores. La mejora permanente y la innovación debería ser uno de los valores de la empresa y los aportes de los trabajadores y demás miembros de la organización, no solo han de ser estimulados, sino también reconocidos.

Sería necesario revisar el sistema de evaluación del desempeño de las personas, basándose en las competencias practicadas por las mismas y establecer indicadores que permitan reconocer desde un principio el aporte individual y colectivo. Debieran establecerse objetivos anuales en materia de innovación en las diferentes áreas y unidades funcionales, los medios para cumplirlos y el reconocimiento por alcanzarlos. Además, la clasificación del nivel de competencias en todo puesto de trabajo debiera reconocer el aporte creativo de las personas para la consideración del nivel de "especialista" o experto en la materia.

También es imprescindible disponer de los recursos necesarios tanto organizativos como procedimentales que faciliten el proceso innovador. Para ello se habría de contar con la persona u unidad organizativa que lidere y coordine tal proceso, disponiendo de los instrumentos o metodologías apropiadas al servicio de los grupos de trabajo. Habrían de establecerse criterios para la conformación de los grupos de trabajo para las mejoras en to-

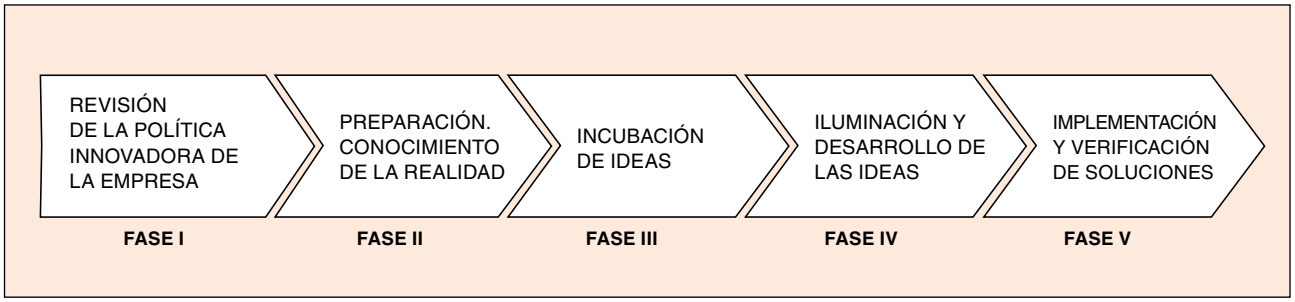


Figura 2. Fases del proceso creativo

das las unidades productivas. Es recomendable ensayar y validar el procedimiento en una o dos unidades piloto antes de su generalización a la organización. En el último apartado se realiza una propuesta orientativa al respecto. Aunque es útil la existencia de un procedimiento individualizado de sugerencias de mejora para que cualquier persona pueda comunicarlas y ser atendida, se considera conveniente que el proceso de mejoras impregne e implique a los cometidos de grupos de trabajo por su mayor trascendencia.

Resuelto lo anterior, se estará en condiciones de iniciar el proceso de concienciación a todos los niveles -empezando por los mandos-, sobre la importancia de la innovación, y cómo ésta habría de producirse aprovechando los cauces ágiles de comunicación y participación establecidos. Habría también que planificar acciones formativas dirigidas a mandos y trabajadores para desarrollar respectivamente las competencias de liderazgo y de trabajo en equipo, con al aporte que representa a las mismas la acción innovadora. Todos los miembros de la organización han de percibir la necesidad de búsqueda conjunta e indisoluble de mejoras de eficiencia, de calidad, de productividad y de condiciones de trabajo. La prevención de riesgos laborales debiera integrarse plenamente de manera unitaria al proceso de innovación.

Se recomienda consultar la NTP 829 sobre factores de éxito en procesos de cambio como el que se plantea en esta NTP, en donde se analizaron los cinco elementos determinantes del proceso generador de una nueva cultura de empresa y que son: la necesidad y urgencia del cambio, la generación de la necesaria visión, la conducción del proceso, las actividades de aporte innovador a implementar, y finalmente, la perseverancia para la consolidación de los cambios.

2ª Preparación. Conocimiento preciso de la realidad del proceso que ejecuta cada grupo de trabajo

Es el momento en el que poner orden y generar los conocimientos necesarios para entender la situación que se trata de mejorar. Parte de la percepción de una realidad con sus problemas o limitaciones e incluye las informaciones correspondientes para su clara comprensión, lo que debería ser tratado en el grupo de trabajo para facilitar desde el primer momento la interacción y la mejor comprensión de las fortalezas y debilidades existentes y poder construir de manera objetiva la situación a mejorar, abiertos a la diversidad de posibilidades de intervención. Todo se ve según el cristal que se mira y todo tiene una razón de ser que se ha de entender, liberándose de prejuicios previos que obstaculizan la comprensión de la realidad. No debiera haber precipitación en los procesos de comprensión. Los indicadores existentes de actuaciones y resultados disponibles deben ponerse sobre la mesa, incluso habría que recabar y generar algunos de inexistentes pero que pueden ayudar a profundizar en el conocimiento de aspectos adversos. Pero los datos generados por los indicadores hay que transformarlos en información sencilla y digerible. Es el momento para formular adecuadamente los desafíos de la innovación. Los esfuerzos debieran ir dirigidos a prestar atención, a observar, a experimentar, a recordar y por supuesto, a analizar. Las protagonistas de esta fase son las preguntas creativas. Ellas son la representación verbal de la brecha entre la realidad y la visión futura. La recompensa posterior será encontrar ideas novedosas y útiles. Las preguntas creativas habrían de exponerse de forma simple y sintética, invitando a la reflexión y abiertos a diferentes opciones. No es la búsqueda de información la finalidad -que de hacer falta, debiera desarrollarse en paralelo-, sino el estímulo a la búsqueda de ideas.

3ª Incubación de ideas

Esta etapa constituye un periodo latente de espera durante el cual, consciente e inconscientemente se buscan soluciones a un problema u oportunidades de intervención. El desafío aquí es aprender a detectar las oportunidades, a ver algo donde comúnmente no se ve, a observar situaciones con perspectivas novedosas. La cantidad de ideas producidas es fundamental para la conexión de conceptos y aspectos aparentemente separados. La creatividad, como el humor, surge del encuentro de dos universos aparentemente discordantes. En esta situación, la mente se esfuerza por encontrar puntos de contacto entre ambos para crear una tercera entidad llamada idea. Para favorecer el intercambio de ideas y puntos de vista dispares es necesario, además de un clima de igualdad y confianza, y de una acertada conducción del proceso, el empleo de alguna técnica básica de creatividad como las que se apuntan en la siguiente NTP.

4ª Iluminación y desarrollo de ideas

En esta etapa ha de irrumpir la solución y por ello constituye la vivencia del hallazgo. Es el momento en el que el material acumulado durante la fase de incubación se transforma en un conocimiento claro y coherente que se manifiesta de manera repentina. Ahora hay que pasar de ideas aisladas a la solución. Convertir la idea en un concepto, es casi como concebir mentalmente un prototipo. En esta etapa el desafío es descubrir lo positivo que representa una oportunidad en lugar de quedarse con las debilidades del concepto. Las debilidades emergentes de la posible solución, más que utilizarse para descartar una propuesta, deben servir para pulirla y transformarla en un concepto más íntegral. No obstante, es imprescindible analizar conjuntamente y de manera ordenada las fortalezas y debilidades que habrán de ayudar en el debate a ajustar y precisar la solución. Posiblemente de una idea surgida inicialmente a la solución final consensuada haya un trecho, pero éste es el camino ineludible para el enriquecimiento conjunto de las propias ideas y por tanto de la solución acordada. El mayor desafío es el de la comunicación, que consiste en traducir la visión subjetiva a formas simbólicas objetivas, ya sea en forma verbal o graficada en papel. Ello ha de permitir el enriquecimiento conjunto de ideas y el necesario consensuado. Al final, debe lograrse que la solución a adoptar sea percibida como propia del grupo y por tanto de mayor calidad y trascendencia que las ideas individualizadas.

5ª Implementación y verificación de soluciones

Se trata de la parte final del proceso, en la que se comprueba, examina y configura la nueva visión. Es la última etapa y en ella se requiere actuar inmediatamente, con economía de recursos, e incorporar al proceso lo aprendido de otros errores lo antes posible. Otro aspecto importante de esta etapa consiste en poder trasladar la idea a un terreno tangible donde experimentar y simular su funcionamiento. Sería conveniente generar indicadores para un mejor seguimiento y control de los resultados de su aplicación. La validación previa de la solución suele ser necesaria antes de su implementación generalizada.

MUESTRA DE PROCEDIMIENTO DE INNOVACIÓN GRUPAL EN LOS PROCESOS DE TRABAJO

OBJETIVO

Garantizar que la innovación y la mejora continua, de productos, servicios, procesos y condiciones de trabajo, se desarrolle en todos los grupos de trabajo de la organización en base a la política establecida que sitúa a la innovación como uno de sus valores esenciales.

ALCANCE

Todos los miembros de la organización tienen la oportunidad de comunicar cualquier deficiencia o sugerencia de mejora que detecten en sus áreas o puestos de trabajo y ante cualquier aspecto que afecte a la organización. Podrán hacerlo comunicándolo directamente a sus mandos directos y a la unidad de innovación, que efectuará un seguimiento del proceso, o bien, trasladarlas personalmente a las reuniones periódicas de los grupos de trabajo si es que forman parte de ellos, con finalidad innovadora y de mejora de los procesos. En todo caso, todas las sugerencias de mejora serán trasladadas a las reuniones de los grupos de mejora de los procesos productivos para su análisis y tratamiento en vistas a su aplicabilidad.

IMPLICACIONES Y RESPONSABILIDADES

El comunicante: Deberá identificarse y describir la deficiencia detectada y la sugerencia de mejora correspondiente, tal como indica el procedimiento establecido

El comunicante y el mando directo: conjuntamente deberán valorar la deficiencia detectada/ mejora propuesta y decidir si por su inmediatez puede ser aplicada directamente en el lugar de trabajo o es aconsejable ser trasladada para su análisis conjunto a la reunión periódica del grupo de mejora, que ha de existir en todos los procesos clave de la empresa.

El director de la unidad funcional o proceso: Deberá controlar que las medidas correctoras acordadas sean ejecutadas en plazo y forma en su ámbito de influencia. Al mismo tiempo, velará en la prestación del apoyo necesario para el buen funcionamiento del grupo, o grupos de mejora establecidos en su medio, y que las medidas surgidas de los mismos se apliquen debidamente. También cuidará que los grupos de trabajo y de mejora dispongan de la información necesaria para poder conocer la realidad de cada uno de los procesos existentes y la efectividad de las medidas de mejora que se vayan aplicando. Trasladará a la Dirección y a la unidad de innovación un balance de actividades y resultados alcanzados en su medio.

Grupos de mejora: Todas las personas pertenecientes a grupos de trabajo tendrán la oportunidad de participar en grupos estables de mejora de los procesos clave de la empresa en los que trabajan y a los que se integrarán de manera voluntaria. Los grupos de mejora estarán constituidos por personas de diferentes funciones y cargos. Los miembros de tales grupos mientras desarrollen su trabajo dentro de los mismos no estarán sujetos a jerarquías u otros condicionantes que pudieran limitar su capacidad de aporte e intercambio de ideas. Recibirán formación específica sobre buenas prácticas de trabajo en grupo y metodologías de análisis de problemas y soluciones. El tiempo invertido en la participación en grupos de mejora es considerado a todos los efectos como tiempo de trabajo. El número máximo de participantes en los grupos de mejora, salvo excepciones, será de diez. Cada grupo de mejora elegirá entre sus miembros a una persona que ejercerá las funciones de coordinador del grupo. La permanencia a un grupo de mejora será como mínimo de un año.

*Coordinador de grupo de mejora: V*elará por el buen funcionamiento del grupo de mejora y un buen clima de trabajo, evitando todo tipo de conflictos y favoreciendo la participación de todos sus miembros. Trasladará las mejoras acordadas a la unidad de innovación

Unidad de innovación: Con el apoyo de la dirección cuidará de la promoción y desarrollo de grupos de mejora en todos los ámbitos de la organización y en los procesos que sean considerados clave. A su vez facilitara la información que se considere útil a la Dirección, responsables de unidades funcionales y de proceso y a los coordinadores de grupos de mejora, sobre la actividad innovadora llevada a término y los resultados generados..

METODOLOGIA

Cualquier deficiencia que se plantee fuera de un grupo de mejora deberá ser trasladada por escrito al mando directo y a la unidad de innovación para su tratamiento en vistas a su estudio o aplicabilidad directa .

Los grupos de mejora establecidos se reunirán con la frecuencia establecida, que en ningún caso superará los tres meses. Las reuniones serán debidamente planificadas, facilitándose conjuntamente por el coordinador del grupo y el director de la unidad funcional o proceso, la información previa necesaria sobre el orden del día y los asuntos a tratar. Se levantará acta de los acuerdos adoptados en cada reunión. La frecuencia de reuniones se podrá alterar en función de las necesidades y planes de trabajo acordados.

CIRCUITO DE COMUNICACIONES DE PROCEDIMIENTO DEL PROCESO CREATIVO

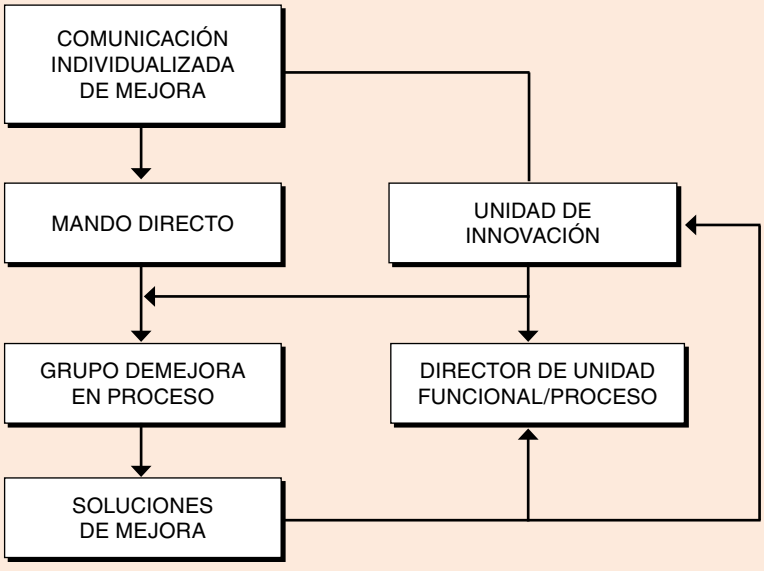


Figura 3. Esquema de procedimiento para la sistematización de la innovación grupal en los procesos

5. ESQUEMA PROCEDIMENTAL PARA LA SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO CREATIVO

En este apartado nos limitaremos a plantear un sencillo esquema de procedimiento documental que permita generar nuevos hábitos de trabajo grupal y así consolidar la actividad innovadora en los propios procesos productivos. Su valor es meramente orientador. Cada empresa en función de sus características y de su cultura propia habría de adaptarlo a sus necesidades. Tal procedimiento va dirigido a empresas que pretendan promover y desarrollar una mayor participación y responsabilidad de la organización en la prevención de riesgos laborales y en general en la mejora de cualquier aspecto de la empresa, dentro del necesario espíritu de mejora continua que habría de impregnar el sistema general de gestión y sus diferentes subsistemas.

Algunos criterios de actuación en la elaboración del procedimiento a tener en cuenta han sido citados en el sub apartado correspondiente a la *"Revisión de la política innovadora de la empresa".* Aclararemos algunos más.

Como se ha dicho, es imprescindible la constitución de una unidad que estimule y coordina el proceso en los diferentes grupos de trabajo. Este rol podrá ser asumido y compatibilizado por la unidad de calidad o el servicio de prevención de riesgos laborales, SPP. Es importante que tal coordinación se ejecute en el seno de la empresa. Precisamente, por el carácter independiente del SPP y su acercamiento natural a las necesidades e inquietudes de los trabajadores, lo hacen acreedor de méritos para asumir tal función, tal como ha sucedido en algunas empresas. En todo caso, es importante que las funciones de gestión de la calidad, de la prevención, del medio ambiente y de la innovación estén integradas al sistema de gestión general de la empresa y todos los miembros de la organización asuman funciones específicas en tales ámbitos. La innovación no debiera ser función exclusiva de unos pocos, sin ir en detrimento que la empresa pudiera disponer de un departamento o unidad específica para el desarrollo interno de la I+D+i o en alianzas con universidades o entidades externas. En cualquier circunstancia, de existir tal unidad especializada, ésta debiera ser compatible con la acción innovadora que de manera natural habría de desarrollarse en los diferentes procesos o ámbitos de la organización.

Tal como se ha dicho anteriormente, de existir ya en la empresa un procedimiento de comunicación de riesgos y sugerencias de mejora, en donde cualquier persona pueda plantear sus inquietudes a sus mandos directos, tal procedimiento debería integrarse en el procedimiento más general de sistematización del proceso creativo grupal que aquí se expone.

Seria muy acertado que tanto en la revisión de la política innovadora de la organización como en la elaboración del procedimiento en cuestión, participaran los representantes de los trabajadores. La primera redacción del procedimiento habría de recaer en la unidad coordinadora de innovación creada. Como todo procedimiento, debería tener indicadores de medición de actuaciones y resultados, que habrían de ser conocidos por todos quienes hayan de verse implicados en el proceso. Previa su implantación generalizada habría de ser validado en alguna unidad de trabajo. Los procesos productivos en los que vaya a aplicarse tal procedimiento han de generar en total transparencia, información sobre la efectividad, calidad y seguridad y salud laboral de los mismos, con el fin de mantener información actualizada de lo que está aconteciendo. En el procedimiento que se detalla (fig. 3) no se hace una referencia expresa a la, o las metodologías a aplicar para la generación de ideas de mejora en los grupos de trabajo, algunas de las cuales sí son descritas en la siguiente NTP.

En este procedimiento habrían de estar implicados todos los miembros de la estructura de la organización y por supuesto todas las personas que estén integradas en grupos de trabajo de acuerdo a las funciones que habrían de establecerse. Desde luego, la efectividad del procedimiento, como instrumento de sistematización de nuevos hábitos de trabajo, requiere de la voluntad decidida de todos los miembros de la empresa en utilizarlo, y en especial del compromiso de la dirección y del personal con mando para su efectiva implementación.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

CAÑEQUE, H.
Alta creatividad. Guía teórico-práctica para producir la innovación y el cambio.
Ed. Pearson, Buenos Aires, 2008

DE BONO, E.
El pensamiento creativo.
Paidós. Barcelona, 1995

FLORIDA, R.
La Clase creativa. La transformación de la cultura del trabajo y el ocio en el siglo XXI
Paidós. Madrid, 2010

FLORIDA, R.
El gran Reset
Paidós. Madrid, 2011

ORDOÑEZ, R.
Cambio, creatividad e innovación
Ediciones Granica. Buenos Aires, 2010

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
NTP 829: Nueva cultura de empresa y condiciones de trabajo: factores de éxito del cambio
INSHT. Colección de Notas Técnicas de Prevención.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
NTP 911-913: Productividad y condiciones de trabajo
INSHT. Colección de Notas Técnicas de Prevención.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

942

Innovación y condiciones de trabajo (III): instrumentos para la creatividad

Innovation et conditions de travail: instruments pour la créativité
Innovation and working conditions: instruments for creativity

Redactor:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial y Arquitecto

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Esta NTP complementa a la anterior, dedicada a la necesaria sistematización del proceso creativo en las organizaciones con atención especial a los factores adversos que lo bloquean. En la presente se exponen algunos sencillos instrumentos para la generación y análisis grupal de ideas y soluciones en las áreas de trabajo. En la siguiente NTP se trata específicamente el análisis y la generación de ideas de mejora de procesos.

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 expuso anteriormente la importancia de sistematizar el proceso creativo en la empresa mediante un conjunto de actuaciones que habrían de culminar con un procedimiento de actuación al respecto para generar y consolidar nuevos hábitos de trabajo en los que la mejora continua llegue a ser parte consustancial de toda actividad laboral considerada de calidad. Ahora vamos a exponer algunos instrumentos sencillos para facilitar la generación y ordenamiento de ideas en los grupos de trabajo, su análisis y el consensuado de soluciones a aplicar. Aunque instrumentos al efecto existen muchos, se han seleccionado y adaptado aquellos que pudieran responder de manera relevante a algunos de los siguientes cuatro planteamientos:

a) Sencillez y utilidad para la identificación de problemas o deficiencias generadores de daños reales o potenciales;
b) Integración del pensamiento divergente o lateral, o sea, el estímulo al aporte de ideas y propuestas no convencionales y estereotipadas, más propias del pensamiento convergente;
c) Oportunidad de incorporar aspectos de prevención de riesgos laborales y de atención a las condiciones de trabajo en el análisis, y
d) Facilidad de neutralizar los factores de distorsión que pueden generar determinados roles de comportamiento que suelen estar presentes en los grupos de trabajo.

Todos estos instrumentos son adaptables a cada realidad empresarial y son complementarios entre si. Aunque cada uno de ellos puede ser más idóneo para una situación determinada, podría ser recomendable en muchos casos aplicar en un mismo contexto una técnica después de haber aplicado otra, para así seguir avanzando en la búsqueda de soluciones. También hay que tener en cuenta que una técnica puede ser más idónea para incorporar mejoras graduales en un proceso y otra, para generar cambios más radicales, abriendo perspectivas a vías alternativas de actuación.

Veámoslo con un ejemplo. Podría ser recomendable empezar aplicando la técnica básica del "*brainstorming"*, complementándola con un "*diagrama de afinidades*", para proseguir aplicando otra técnica que facilite la profundización en el análisis y evite factores distorsionadores de grupo, como: "*siete sobreros para pensar".* Podría concluirse aplicando una técnica de análisis coste-beneficio en procesos como la que se expone en la siguiente NTP, para consensuar las soluciones de mejora a adoptar y los indicadores de seguimiento y control. En todo caso, hay que destacar que antes de abordar una propuesta de soluciones a un problema, es imprescindible agotar el análisis de las ideas que permitan tomar conciencia de las causas que están en el origen del mismo. Es muy corriente que las personas nos precipitemos en el aporte de soluciones cuando todavía no se tiene una verdadera conciencia de donde se originan los problemas. Por ello, es recomendable diferenciar el análisis al menos en tres partes básicas: La identificación de causas de cualquier problema y la valoración de su importancia, la identificación de posibles soluciones, y finalmente, la selección de éstas con un plan de implementación y control.

El valor que pueden aportar tales instrumentos está más condicionado a los objetivos perseguidos, a la calidad de las actuaciones preparatorias del grupo de trabajo y a la buena conducción del mismo para su efectiva aplicabilidad, que a los propios instrumentos en sí. Es como si esperáramos que de un bloque de piedra pudiera salir de nuestras manos una hermosa escultura con solo disponer de unos buenos utillajes y unas cuantas recetas para esculpirla. Aunque los útiles de trabajo son necesarios, la calidad de la obra depende totalmente del esfuerzo y método seguido, y de la creatividad del escultor. En nuestro caso, al tratarse de un trabajo grupal, las exigencias aun son mayores, pues la aplicación eficaz de estas técnicas de creatividad depende, además de la buena conducción del proceso por el coordinador de grupo, de las aportaciones de todos sus miembros, que habrían de ser buenos conocedores

tanto del proceso a analizar como de las técnicas en cuestión. Como sucede en toda actividad exitosa que haya de consolidarse, la voluntad y la práctica sostenida de la innovación puede convertirnos en personas más creativas y lo más importante, en estimuladoras de la creatividad en nuestro entorno.

Ahora bien, si se pretende que la innovación sea uno de los motores de la acción empresarial e impregne a la cultura empresarial, habrá que construir la política y las estrategias que lo hagan posible, eliminar los bloqueos previsibles, tal como se expuso en la NTP anterior y aportar los medios necesarios. Pensemos que es la propia "visón" empresarial y los "valores" consensuados e interiorizados en el seno de la organización, los que deberían encauzar el proceso creativo y guiar el desarrollo empresarial. Llegaremos a donde queramos ir si la meta es clara y los caminos para alcanzarla son transitables, con estímulos que lo hagan posible.

2. TORMENTA DE IDEAS, "BRAINSTORMING"

Por su sencillez, es la técnica más difundida y conocida. Surgió en la década de los años 30. Se trata de una herramienta grupal usada para generar nuevas propuestas en torno a un problema concreto.

Es necesario clarificar previamente las pautas de funcionamiento de la sesión de trabajo del "brainstorming" que se fundamenta en las siguientes normas:

- Debe existir un ambiente agradable y de confianza que estimule la creatividad.
- Dejar claro el tiempo limitado de la sesión de trabajo
- Está prohibida toda crítica dentro del grupo. Hay que evitar discusiones sobre las ventajas e inconvenientes de las ideas
- Toda idea es bienvenida, por descabellada que pudiera parecer.
- Se toma nota de tantas ideas como sea posible. Se enfatiza la cantidad sobre la calidad.
- Animar con preguntas estimulantes de generarse silencios
- Hay que escuchar las ideas que van surgiendo, pensando sobre ellas para generar de nuevas. Así se procura asociar y desarrollar ideas.

La sesión central de trabajo de generación de ideas no debería superar los 15-20 minutos, para no prolongarse más de 60-70 minutos el tiempo total de la sesión y llegar a un consenso sobre las ideas seleccionadas.

El número ideal de personas de una sesión de trabajo es de seis y no debería superarse las ocho para poder avanzar de manera fluida.

Con tales premisas se inicia el proceso que suele constar de las siguientes cuatro etapas:

a) Etapa preparatoria y de calentamiento. Hay que seleccionar el tema y en función del mismo seleccionar las personas más idóneas para la sesión. El lugar en que vaya a desarrollarse la sesión debe ser confortable, tener buena iluminación natural de ser posible, y medios para transcribir las ideas en pizarra o panel. La sesión debería ser conducida por persona experimentada en el método. Luego habrá que convocar y constituir al equipo, clarificar el tema a tratar con las razones que lo motivan, y finalmente, establecer las reglas de funcionamiento. Hay que asegurarse que todos tienen claros los objetivos perseguidos, entienden bien el tema y no hay diversas interpretaciones al mismo. Seguidamente, se busca que los miembros del grupo se relajen y logren la necesaria apertura mental. Un camino para lograrlo puede consistir en plantear un juego previo para desconectar del trabajo habitual o actividades anteriores. Por ejemplo, podría ser realizar un juego de palabras, como las que tengan determinadas letras respecto a un mismo tema, mencionar objetos utilizables en determinados ámbitos, productos que tengan un determinado color o que tengan un precio inferior a determinado valor, etc. Habría que Ir contabilizando las palabras no repetidas que cada miembro del grupo va realizando, en las diferentes rondas. Habría que detener el juego tras unos pocos juegos temáticos y haber constatado que se ha creado un ambiente cordial y afable.

b) Etapa de generación de ideas. Debe volverse a plantear muy bien el asunto a tratar con los antecedentes necesarios para entender la situación a analizar, fijarse un tiempo limitado de trabajo con claridad en las metas perseguidas, tanto en el número máximo de ideas como en los problemas o cuestiones concretas a resolver. Es importante que las ideas que van aportando los miembros del grupo se vayan registrando, respetando las normas básicas de trabajo, entendidas y asumidas con claridad por el grupo. Es recomendable, que sin efectuar todavía priorización alguna sobre las ideas que se van aportando, se vayan anotando de manera ordenada a la vista de todos los miembros del grupo con cierto criterio de clasificación, previamente consensuado. Las ideas se pueden ir generando de diferentes maneras. Puede ser de manera estructurada, aportando los miembros del equipo sus ideas en turnos rotatorios. Puede ser de manera no estructurada, aportando cada persona sus ideas a medida que se le van ocurriendo. Ello puede generar algún inconveniente, como el que algunos quieran asumir un mayor protagonismo e inhiban a otros, ante lo cual es importante que el conductor de la sesión facilite que todos puedan aportar con orden y tranquilidad, sin precipitación. Finalmente, puede recurrirse en una primera instancia a que las personas escriban las ideas en un papel que luego se adhiere en pizarra o cartelera.

c) Etapa de desarrollo y trabajo con las ideas. Cuando ya dejan de generarse ideas habría que clarificar las encontradas. Habría que descartar aquellas ideas que son idénticas, aunque sin precipitarse ya que algunas, aunque pudieran parecer similares, pueden tener matices diferenciales interesantes. Las ideas por supuesto pueden mejorarse, o bien ir agregando de nuevas a las ya planteadas. Deberían aprovecharse estímulos visuales o listas de control y de clasificación que faciliten la propia reflexión sobre las ideas que se han ido generando y el ajuste o afinado de las mismas, el estímulo a otras de nuevas que las primeras han provocado y la posible interrelación e integración de ideas. Podría ser útil incorporar un diagrama de afinidades, tal como se plantea en el apartado 5 de este documento. Esta etapa finalizaría, seleccionando las ideas principales, para luego proseguir con ellas

d) Etapa de evaluación. El propio grupo debería establecer criterios para la evaluación de las ideas seleccionadas en función de las necesidades planteadas y la disponibilidad de medios. Ello es imprescindible para evitar discrecionalidades o falta de objetividad en las ideas o soluciones acordadas. Por ejemplo, factores de rentabilidad, calidad, costes de implementación, recursos necesarios, seguridad y salud, satisfacción de usuarios, etc. o la conjunción de varios de ellos.

3. PMI (Plus-Minus-Interesting)

Esta técnica pretende conducir la atención de los miembros del grupo durante el proceso de aporte de ideas en un determinado tema, teniendo en cuenta los puntos positivos (*plus*), los negativos (*minus*) y sencillamente, los interesantes (*interesting*) del mismo.

No significa hacer tres listas e ir rellenándolas, sino primero, pensar en los aspectos positivos, luego en los negativos y, finalmente, en los interesantes. A cada uno de los tres puntos debiera dedicársele un tiempo similar. Unos pocos minutos pueden ser suficientes.

El PMI no utiliza argumentos para decir por qué es buena o mala cierta idea. Solo analiza para cada una de ellas los aspectos positivos, negativos o interesantes. Esta técnica puede ayudar a ordenar lo surgido en un "brainstorming".

Esta técnica es un antecedente a la de "Seis sombreros para pensar", que más adelante se expone, y en la que todos los miembros del grupo deben actuar de diferente modo en las diferentes rondas de aporte y análisis.

Aunque esta técnica es muy simple de entender, no es tan fácil de usar. Sucede que quienes son más escépticos con respecto a ella tienden a evaluar a priori el tema a explorar, y luego inventar puntos positivos o negativos según el juicio que ya se han hecho. Así, si tienen una evaluación previa negativa –por ejemplo- propondrán puntos positivos ridículos o aparentemente positivos. Esto significa menospreciar la técnica que solo resulta valiosa si se la emplea para explorar un tema sobre el cual no se haya tomado una posición crítica determinada o inflexible.

4. MAPAS RADIALES DE IDEAS. CASO PRÁCTICO

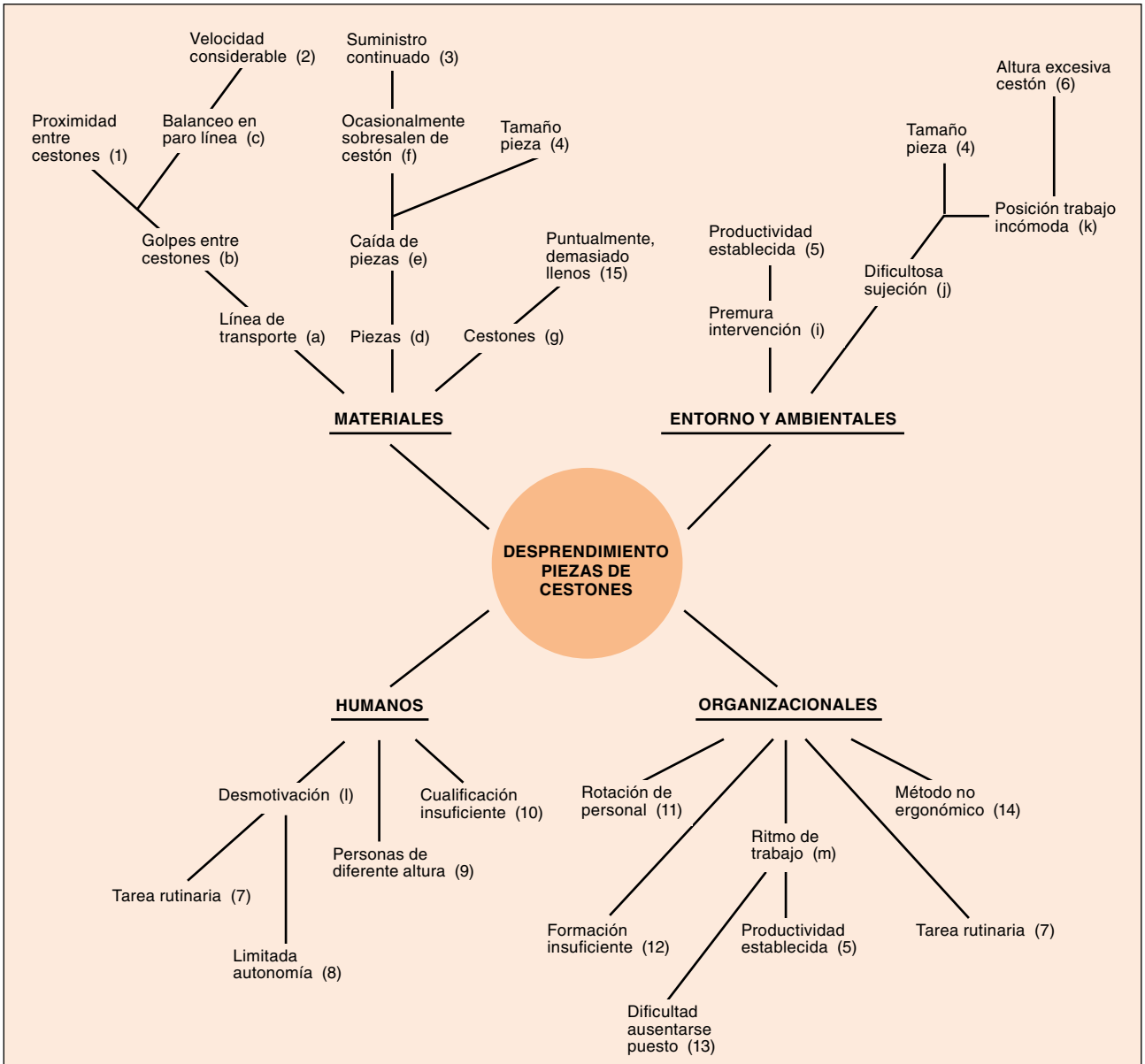
En el ámbito de la prevención de riesgos laborales, el empleo de metodologías de estructuras arbóreas para el análisis de riesgos de accidente y la misma investigación de accidentes, se ha demostrado de gran utilidad. Recordemos que el árbol causal para investigar accidentes es una metodología sencilla que permite ir averiguando los diferentes hechos y causas que han ido aconteciendo, desde las más inmediatas a las básicas u originarias, para tomar finalmente decisiones, seleccionar prioridades de actuación y evitar que tales accidentes se repitan. A su vez, los árboles de sucesos y los de fallos, aunque son técnicas de evaluación de riesgos un poco más complejas, permiten ir desarrollando de manera ordenada los factores determinantes que se van conjugando ante potenciales situaciones graves indeseadas a evitar para eliminarlos o controlarlos debidamente. Tales técnicas, que curiosamente no suelen aplicarse en otros ámbitos de la gestión empresarial, tienen la ventaja de facilitar el análisis a través del ordenamiento y graficado de ideas.

En la misma línea analítica, se indica a continuación un enfoque con dos variantes muy parecidas para la construcción de ideas, representadas gráficamente de una manera radial en la medida que éstas se van generando y que facilitan al grupo el mantener la visión global del proceso analítico y al mismo tiempo, estimulan la generación de las aportaciones con cierto orden.

La primera variante está extraída del clásico método de calidad del japonés Isikawa para el análisis de factores generadores de potenciales daños. Por su sencillez, posiblemente ésta sea la metodología más aplicada para analizar problemas en los lugares de trabajo con la participación de los trabajadores. Se trata del diagrama causa-efecto o diagrama de la espina. Ante un potencial daño, del tipo que sea, se estructura el análisis agrupando los factores que lo pueden generar en cuatro grandes bloques: los derivados de las condiciones materiales de trabajo, los debidos a aspectos de entorno físico y ambiental, los derivados de componentes humanos de comportamiento y finalmente, los debidos a aspectos organizativos deficitarios. Con ello se conduce el análisis facilitando que los miembros del grupo consideren diferentes campos de reflexión, y que la identificación de unos aspectos no vaya en detrimento de otros, debiendo todos ser considerados. Así, dentro de cada de cada uno de tales bloques se van incluyendo los diferentes factores de riesgo o deficiencias que se van identificando. Tal metodología no prioriza la importancia de las ideas, ni asume en una primera acción, la selección de medidas a adoptar para actuar ante los factores de riesgo detectados. Algo que deberá ser realizado con posterioridad.

En la figura 1 se muestra el mapa radial para el análisis de un problema a partir de los cuatro citados bloques de factores generadores. Se ha supuesto el problema de unos determinados defectos de calidad por golpes en la manipulación de un producto metálico al producirse un desprendimiento incontrolado desde los cestones de la línea automática de transporte o bien al extraerlos manualmente de los mismos. Se pueden observar los diferentes factores de riesgos o ideas que han ido apuntándose. Tampoco es imprescindible que el encadenamiento causa- efecto sea muy preciso, lo importante es ir anotando de una manera lo más agrupada posible los factores a tener en cuenta que están en el origen del problema en cuestión. Luego habrían de identificarse todas las ideas con números correlativos, que serían aquellas causas o circunstancias que están en el origen del proceso secuencial del problema, y con letras, las que están en una posición intermedia. Ello nos va a permitir identificar mejor aquellas que son originarías, que tendrían un interés preferente el subsanarlas, frente a las intermedias. Además, de la interrelación o repetición de ideas podemos detectar aquellas que también tienen un peso diferencial por tener una mayor influencia en el proceso de generación del problema, y así poder iniciar el proceso de selección de aquellas consideradas clave sobre las que intervenir, conjugando cuestiones como la posibilidad y facilidad de hacerlo, y la mayor eficacia esperada. Por ejemplo, aquellas ideas que más se relacionan entre si y que de manera más rentable podemos lograr los resultados deseados, que obviamente son evitar el problema y generar por contrapartida, beneficios. También es interesante que complementariamente al mapa radial de ideas ante un problema, el ir anotando ante cada una de ellas posibles alternativas de intervención, desde las más posibilistas a las verdaderamente eficaces. Nunca hay que olvidar en las soluciones el factor rendimiento, el factor de calidad y el factor de seguridad y salud laboral, incluido en este último la percepción de satisfacción presumiblemente esperada en sus usuarios. En la siguiente NTP se muestra una metodología que ofrece vías de reflexión en esta línea para el análisis de procesos productivos.

En el ejemplo en cuestión se puede observar como determinadas ideas han sido descartadas, simplemente porque de asumirse se disminuiría la productividad o por la imposibilidad de modificar las propias piezas, frente a otras, que sí permiten mantener o incluso acrecentar dicha productividad, mejorando simplemente la ergonomía del puesto de trabajo.



A Factores de difícil intervención / Descartada su intervención: (1),(2),(3),(4),(5) y (15)
B Factores de fácil intervención: (6),(9),(12) y (14)
C Factores de intervención acordada, interrelacionados por afinidades: (7,8,10,11,12,13) y (6,9,14)

SOLUCIONES ACORDADAS A ADOPTAR:

- Aumentar ligeramente la capacidad del cestón mediante prolongación de sus laterales.
- Bajar altura de la línea de transporte en puesto de trabajo
- Disponer de plataforma de trabajo para trabajadores de menor altura
- Estudiar el diseño de un utillaje a modo de pinza para extracción manual de piezas
- Rotación de puesto de trabajo cada dos horas de permanencia
- Establecer método ergonómico de trabajo y formación específica al respecto.

Figura 1. Análisis de problema de desprendimiento de piezas metálicas contenidas en cestones colgados en línea automática de transporte

Otra variante del método sería establecer bloques temáticos de análisis en función de las peculiaridades del tema a analizar que facilitan su posible estructuración. Supongamos por ejemplo, una organización que desarrolla un sistema de gestión por competencias y desea analizar en grupo las competencias necesarias en unos puestos de trabajo de atención al público. Se trataría para empezar, que una vez todos los miembros del grupo conocen las características del trabajo que se desarrolla en una unidad funcional, las competencias se distribuyeran en tres bloques: el primero lo constituirían las competencias *específicas* para las diferentes funciones que se rea-

lizan en el puesto, habida cuenta que ante la presión que representa la atención continuada del público se hubiera decidido establecer a priori una rotación de puestos y que por tanto, todo le equipo de trabajo habría de adquirir conocimientos y habilidades para ocupar los tres puestos existentes y en los que solo uno es de atención al público; el segundo bloque, lo constituirían las competencias *transversales* que han facilitar el buen funcionamiento del grupo, tales como, el espíritu de servicio al cliente, la cooperación y el trabajo en equipo, el espíritu de mejora continua en los cometidos, la disponibilidad ante ausencias puntuales, etc. Finalmente estarían las competencias personales, tales como la buena imagen, la resiliencia a la violencia verbal, la confianza y autoestima, etc. El proceso de análisis de ideas conllevaría en los tres bloques citados ir describiendo las tareas y situaciones propias de los tres puestos de trabajo e ir sintetizando los diferentes tipos de competencias, extraídas en una primera aproximación de un listado genérico disponible.

5. DIAGRAMAS DE AFINIDADES DE IDEAS

Esta técnica es complementaria al "brainstorming" y es especialmente útil para situaciones más complejas cuando es previsible que existan diferentes puntos de vista sobre un determinado tema, generándose efectos, circunstancias y opiniones muy diversas al respecto. Persigue ayudar a clarificar e identificar los aspectos en los que centrarse. Las ideas relativas a diferentes perspectivas se agrupan por su cercanía contextual, creando afinidades, De este modo se facilita la convergencia y se evita una dispersión excesiva de planteamientos que podrían hacer perder el necesario ordenamiento mental para avanzar colectivamente con éxito y en un tiempo razonable. En si, los diagramas de afinidades son aprovechables, integrándose en las otras técnicas de creatividad, dado que el agrupamiento de ideas suele ser algo natural en todas ellas.

La sesión no debería superar en ningún caso las dos horas y para limitar su duración seria aconsejable que cada miembro del grupo no dispusiera más de cuatro oportunidades de aporte de ideas concretas por escrito ante el tema en cuestión.

El número ideal de personas del equipo seria de seis a ocho, y en ningún caso debería superar las diez. Para una eficaz aplicación de esta técnica es recomendable que las ideas propuestas por los miembros del grupo se hagan, como se ha dicho, por escrito.

El procedimiento para elaborar diagramas de afinidades se desarrollaría en principio en las siguientes cuatro etapas (ver fig. 2):

a) Etapa preparatoria. En primer lugar, igual a como se planteó en el "brainstorming", habrá de crearse el grupo en función del tema a tratar. Habrá de clarificarse el tema, con los inconvenientes que conlleva, las oportunidades que ofrecería su resolución, los diferentes problemas que están en su génesis, así como los puntos críticos que los determinan y que habrían de atajarse. También habrán de establecerse las reglas en las que sustentar la sesión de trabajo

b) Etapa de generación de ideas. En esta etapa habrán de generarse ideas bajo los mismos principios que ya fueron expuestos en el "brainstorming". Las ideas, sean hechos u opiniones, se escribirán en papeles adhesivos (pueden ser post-it), escribiendo una sola idea por papel. Seria recomendable que el número total de propuestas no fuera muy superior a veinte. Las ideas serán insertadas en un panel visible por todos los miembros. No habría de forzarse el número de ideas a aportar y evitar también la generación de discusiones sobre las ventajas e inconvenientes de alguna idea. Habría de asegurarse que todas las ideas planteadas son comprensibles por el grupo de trabajo y están expresadas en un lenguaje sencillo. Para ello, las ideas habrían de ser comentadas. Así, podría procederse a eliminar las ideas duplicadas y mejorar la descripción de alguna idea en aras a su mejor comprensión.

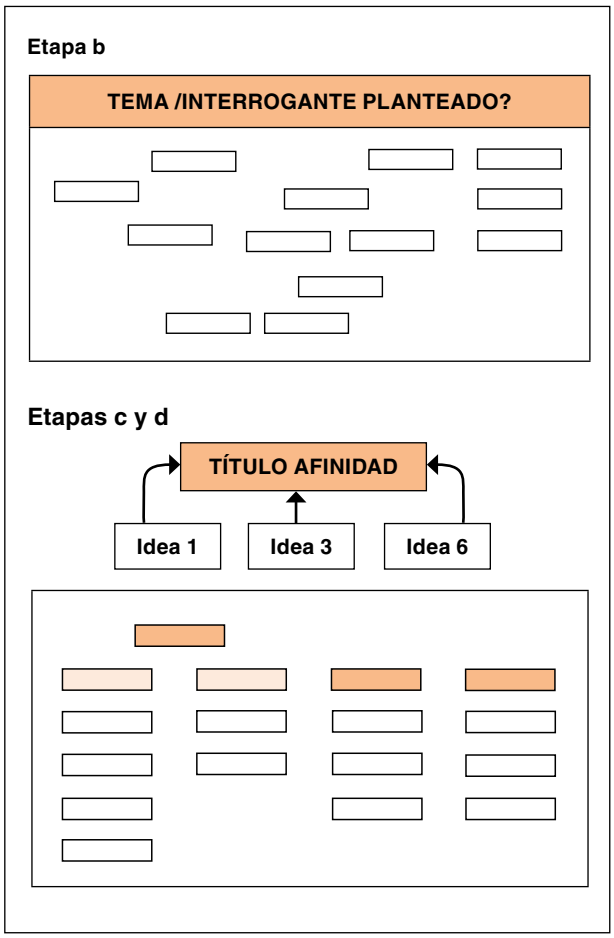


Figura 2. Esquema del método de diagramas de afinidades de ideas

c) Etapa de creación de afinidades. Ahora se trata de agrupar las ideas según su afinidad, buscando similitudes que permitan agruparlas de manera natural, no forzada. Tal agrupación debe basarse en el sentido común y debería ser realizada con la participación de los miembros del equipo. Habría que tomarse algunos minutos de descanso y reflexión, cuando la agrupación no surja instantáneamente. Podría ser que alguna idea no permita agruparse con otras. Luego, habría que buscar un título para cada uno de los grupos de ideas. Cuando en ello haya dificultad, elegir el título de la idea más representativa. El propio proceso de agrupamiento debería ayudar a ir matizando ideas o a generar alguna de nueva que fuera integradora. Es esencial trabajar consensuando lo que se está haciendo.

d) Etapa selectiva de grupos de ideas afines. Finalmente, se trataría de proseguir con las reagrupaciones de ideas para que el número final de grupos de ideas afines no fuera superior a cinco, lo que facilitaría el subsiguiente análisis de posibilidades de intervención para la resolución del tema o del problema planteado.

6. RELACIÓN MATRICIAL DE ESTÍMULO DE IDEAS

Englobaremos en este tipo de técnica a todos aquellos métodos que tienen por objetivo desarrollar el pensamiento lateral o divergente mediante la integración de un conjunto dispar e incluso caótico de ideas, buscando encontrar o hacer surgir luces en la oscuridad. Por tanto, esta técnica está dirigida a procesos de cambio radical en los que hay que estar abiertos con imaginación a nuevas maneras de trabajar y de producir bienes y servicios. A esta técnica habría que recurrirse, especialmente cuando nos enfrentamos a complejos problemas a resolver en donde la mejora de procesos convencional percibimos que ya no es suficiente. Momentos de gran incertidumbre o de crisis requieren aplicar este tipo de técnicas. No obstante, cualquier oportunidad puede ser interesante para replantearse a fondo lo que se está haciendo. Al menos, valdría la pena hacerlo antes de que lo hagan nuestros competidores y sin darnos cuenta nos quedemos dormidos en el pasado. Uno de los "gurús" de la creatividad, E. de Bono manifiesta que arreglar los problemas a medida que surgen no es suficiente para asegurar la supervivencia de una organización.

Método dual de relaciones forzadas

Se vincula un problema con conceptos al azar, intentando encontrar combinaciones interesantes, a partir de las cuales, desarrollar soluciones nuevas. Este método, propuesto por Stephen Grossman puede aplicarse de diversas maneras. Una de las más simples sería representar una matriz de dos columnas que denominaremos "matriz de relaciones" que se irán realimentando en el proceso generador de ideas. Las dos columnas tendrían el mismo tamaño para recoger en cada una de ellas y en muy pocas palabras una síntesis de las ideas. Así, en la columna de la derecha que denominaremos "columna de ideas" se irían recogiendo las que surjan para un producto o proceso que se pretende cambiar o mejorar. A su vez, en la columna de la izquierda, que denominaremos "columna de estímulos" se escribe una expresión tomada al azar, en principio ajena a lo reflejado inicialmente en la columna de ideas, y a partir de tal expresión se irán anotando aspectos remarcables que la vayan describiendo o configurando. Así se irá elaborando una lista de varios estímulos. En lugar de empezar inmediatamente a hallar relaciones, conviene concentrarse sólo en la columna de estímulos. Se trata de encontrar la mayor cantidad de descripciones o características posibles, buscando que el tal columna de estímulos no haya sólo palabras sino frases representativas. Después se completará la "columna de ideas", con conexiones con cada uno de los estímulos de la columna izquierda, analizados por separado. Se intentará al menos una idea por estímulo. Cuantas más ideas, mayor será la contribución al resultado perseguido. El paso siguiente consiste en sintetizar y darle forma práctica a las ideas. Entre las que se consideren más sólidas, se eligen aquellas que parezcan más sugerentes y se busca mejorarlas desarrollando sus aspectos más interesantes. Cualquier concepto que permita extraer matices enriquecedores puede usarse para estructurar una columna de estímulos.

Supongamos que la columna de ideas es encabezada por *"Comedor de empresa"* ya que estamos en la fase de proyecto del mismo, y la de estímulos, por *"Río"*. El que ambos lugares aunque sean diferentes tengan puntos de conexión al suponerse ambos "relajantes", está facilitando por un lado la interrelación de ideas, pero por otro, tiene el inconveniente de limitar la creatividad. Por ello, cuan más dispar sea el punto de partida, es mejor.

Así, la columna de estímulos se iría cumplimentando con ideas tales como: *"Paisaje con árboles de ribera*", "*Rumor del fluir del agua", "Trinar de pájaros", "navegar en balsa a remo".* Ahora se trataría de encontrar cómo tales ideas estimulan a configurar algunas ideas sobre cómo podría ser el nuevo comedor. Respectivamente las ideas que se irían correlacionando podrían ser: "*Pintura de paredes en tonos verdes y amarillos, que además estimulan al apetito, mobiliario de madera de color claro y plantas naturales" "Música ambiental tipo chill-out", Material absorbente en paredes y techo pata aminorar ruido ambiental, "Alguna lámpara colgante en movimiento simulando ave en vuelo", "Pared/mural en ligero movimiento horizontal continuado",* etc. Evidentemente, las ideas generadas serían múltiples. Se trataría de ir anotándolas para al final encontrar entre las propias ideas planteadas, nuevas ideas que den unidad y coherencia a lo que podría ser el nuevo comedor, el cual seguramente tiene condicionantes inamovibles, como sus ventanales, su nivel de ocupación, etc. y un conjunto amplio de elementos en los que poder intervenir. No obstante, seria muy provechoso en este ejemplo en particular, que en el grupo de trabajo estuvieran presentes el o los proyectistas que hayan de dar forma final a la propuesta, facilitándose así el proceso y sobre todo, la mayor satisfacción de sus futuros usuarios.

El método de relaciones forzadas también puede alimentarse de estímulos verbales elegidos al azar. Se puede recurrir a la "técnica del diccionario" que consiste en extraer palabras de una página cualquiera del diccionario y "forzar la relación. También se puede elaborar una lista de palabras que funcionen como estímulos verbales. Generalmente, los sustantivos resultan más efectivos al transmitir imágenes concretas que evocan ritmos, colores y asociaciones diversas.

Una manera de provocar estímulos controvertidos es lo que podría denominarse la "llamada al profano". Se basa en recurrir a una persona que no tenga nada que ver con el problema e incluso con el grupo de trabajo al que se le supone muy conocedor del tema en cuestión. Al preguntarle a alguien no especializado por una cuestión específica, pueden aparecer puntos de vista novedosos ya que, por su condición de extraño al tema, seguramente va a efectuar reflexiones inesperadas.

Puede aplicarse esta variante incorporando, aunque parezca sorprendente, chicos y chicas entorno a los 10-12 años, quienes son capaces de ofrecer perspectivas muy frescas, atrevidas e interesantes. No porque vayan a hacer un enfoque totalmente nuevo, sino porque además de no estar contaminados por tópicos, suelen prestar atención a aspectos evidentes que no suelen ser tomados en cuenta por los adultos.

También puede incluirse en un grupo de especialistas que trabajan sobre un problema a un especialista de una disciplina completamente diferente. El término profano alude en este caso a la carencia de conocimientos en la materia que se está tratando.

Recuerdo con gusto nostálgico aquellas agotadoras noches de estudio, mientras desarrollaba proyectos de Arquitectura, y mi esposa al lado, pero desde la distancia, era capaz de hacer interesantes críticas que fueron reorientando muchos de mis planteamientos. A ella le debo buena parte del título universitario.

Método de relaciones forzadas múltiples. Caso práctico.

El método que se propone a continuación está abierto a diferentes vías de estímulos generadores de ideas que al interrelacionarse favorecen el enriquecimiento de las nuevas ideas, su análisis y una mayor versatilidad.

Se trata de analizar el producto o proceso a modificar separando sus tres componentes: los funcionales, los materiales y los organizativos. En estos últimos se incluyen los humanos. Luego, se incorporarán los diferentes tipos de estímulos para provocar ideas en cada uno de tales componentes. Los estímulos podrán ser -como vimos en el apartado anterior- ajenos y desvinculados al tema, con algún sutil vínculo, o bien, elementos de referencia que se pretende influyan en lo que la empresa persigue; por ejemplo, alguna de sus expectativas clave. Así, se buscarán combinaciones entre estímulos y componentes que hagan florecer ideas, en lo posible, interesantes y originales. En sucesivas aproximaciones se irían conformando las ideas para ser finalmente seleccionadas para su debido análisis en profundidad. Evidentemente surgirán afinidades de ideas, especialmente debidas a la interrelación de "componentes". Normalmente, muchas de las ideas de componentes materiales y organizativos surgirán de las ideas de componentes funcionales.

Nos basaremos en un caso práctico desarrollado por el autor de esta NTP para la mejor comprensión del método. Se considera que el proceso generador de ideas, aunque se desarrolle en un sistema abierto a la improvisación y al azar, es importante, tal como se ha dicho, que disponga de un hilo conductor que estimule y canalice las ideas en coherencia al tipo de empresa y a la situación que se pretende construir. A nuestro modo de ver, es esencial que se haya definido a priori la "visión" de empresa, o sea, qué es lo que la empresa quiere llegar a ser como referente diferencial en el medio en que opera, con los valores esenciales que la caracterizan. Valores, que habrían de haber sido debatidos y asumidos por todos los miembros de la organización y el apoyo de la representación de los trabajadores. Un horizonte empresarial marcado por el respeto a principios morales y con un compromiso claro con las personas, los clientes, y todos los agentes con los que la empresa interactúa, incluida la misma sociedad, habría de ser determinante en el proceso creativo a todos los niveles y en todos los ámbitos de la organización. Ello se convierte inconscientemente en el filtro de lo que percibimos o sentimos y aunque las ideas se transmiten libremente, son en parte tamizadas antes de llegar a la parte consciente de nuestro cerebro. En la figura 3 se ha representado el esquema de funcionamiento de este método.

Supongamos que el caso a estudiar es el de una pequeña cadena de supermercados, de estructura familiar, con un ámbito de actuación territorial en parte de una Comunidad Autónoma, en concreto, en cuatro comarcas que tienen una fuerte identidad cultural, con una población entorno a las 200.000 personas. Ocupa a un total de 47 trabajadores, incluido el gerente y cinco personas que ofrecen servicios centralizados. Dispone de un trabajador designado para funciones preventivas, compatibilizando su función con la de calidad. Tiene un delegado de prevención por centro. Cuenta con el apoyo de un Servicio de Prevención Ajeno. Esta constituida por cinco centros ubicados en locales céntricos de propiedad, en diferentes localidades de entre 12.000 y 30.000 habitantes, no separadas entre si más de 20 Km., y aunque ha tenido un crecimiento gradual y sostenido desde su creación hace 20 años, atraviesa una situación difícil por la coyuntura actual al haberse reducido sus ventas, unido ello a la presión competitiva que ejercen otras grandes cadenas comerciales, algunas de proyección estatal.

La "Visión" de la empresa expresa que pretende "*ser un referente en el sector en productos alimenticios de calidad a un justo precio y comprometida con el territorio al que pertenece"*. Sus valores definidos por escrito son cinco: "*Honestidad, compromiso social y respeto a la legalidad vigente; Compromiso con las personas y su desarrollo; Cooperación y trabajo en equipo; Innovación y mejora continua de la actividad; y finalmente, Excelencia en la calidad de productos y servicios a precios ajustados".*

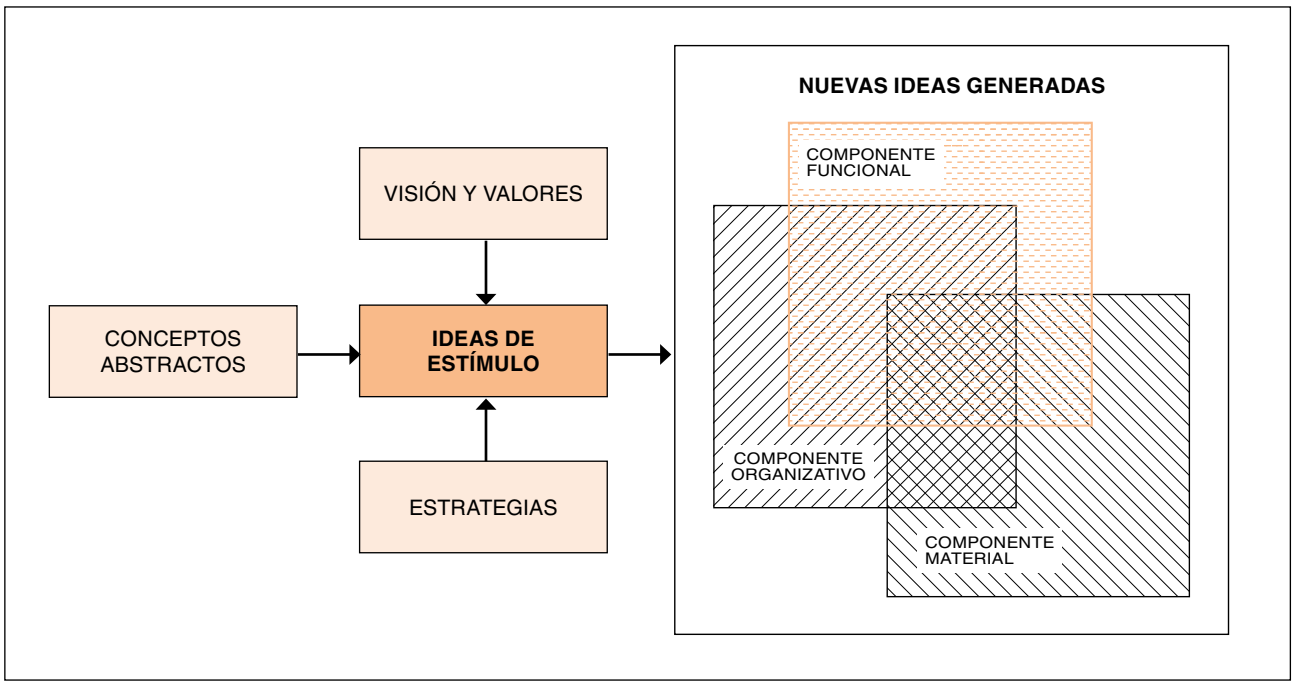


Figura 3. Esquema del método de múltiples relaciones forzadas

El gerente mantuvo una primera reunión de diagnóstico de situación con sus encargados de centro, el responsable de calidad/ prevención y los delegados de prevención, junto a alguna persona más de su confianza, para reflexionar sobre las dificultades que la empresa estaba atravesando y de la que surgieron las siguientes cinco conclusiones:

1. Es difícil poder competir con algunas cadenas. La única manera de ser competitivos para mantener e incrementar clientes sería ofreciendo valores diferenciales atrayentes, sin descartar el precio.
2. En coyunturas como la actual y con limitados recursos para llegar muchas personas a fin de mes, la compra alimenticia está siendo mucho menos grata que antes. La mayoría de clientes están muy atentos al precio de los productos y a las ofertas.
3. Es inadmisible moralmente tener que desechar muchos productos por su fecha de caducidad y contemplar como se recogen para aprovecharse desde nuestros contenedores de residuos.
4. Creemos que a pesar de las dificultades hemos de afianzarnos en nuestros valores y sobre todo en el compromiso con nuestra gente y nuestro medio, estando abiertos a los avances que nos ofrecen las nuevas tecnologías.
5. Estamos convencidos de que este negocio demanda una profunda reestructuración para mantener puestos de trabajo y poder sobrevivir.

Fueron identificadas las siguientes fortalezas actuales del negocio, ante los competidores:

- *Arraigo al lugar, personal fijo con poca movilidad en un buen clima laboral, trato cordial y familiar con elevado espíritu de servicio al cliente, disponibilidad de productos comarcales y tradicionales, y buena reputación.*
- Se cuidó que tales planteamientos fueran el arranque del proceso creativo del grupo de trabajo que se amplio a 25 personas y que lo hicieron voluntariamente.
- Se definieron dos vías estimuladoras de ideas: la primera fue el concepto: “DIVERSIÓN”, elegida como palabra que pudiera abrir nuevas perspectivas a la actividad convencional de compra, y la segunda, el concepto: RESPONSABILIDAD SOCIAL, por su capacidad integradora en coherencia con los valores de la empresa, aunque fue matizado que desde un primer momento, las ideas estimuladoras que surgieran de tal concepto se procuraría en lo posible que fueran diferenciales a lo que estaban haciendo los competidores.

En la figura 4 se han tabulado las ideas que surgieron, recogiéndose aquellas que fueron más relevantes y condujeron a los acuerdos y logros alcanzados.

Aunque no todas las ideas fueron obviamente aceptadas, del análisis conjunto surgieron nuevos planteamientos que permitieron a esta pequeña cadena comercial ampliar su actividad, especializarse, y posibilitar su crecimiento a pesar de las adversidades. Cabría citar como lo más destacable de los logros alcanzados:

a) No limitarse a comercializar productos de la cesta de la compra convencionales, ofreciendo una imagen diferencial.
b) Ofrecer a los clientes un mayor interés de permanencia en sus tiendas
c) Especializarse en productos de calidad de la zona con buenos precios.
d) Desarrollar alianzas estratégicas con proveedores trabajando con ellos de manera conjunta con nuevos planteamientos y actuaciones de mutuo interés.
e) Demostrar un mayor compromiso con la sociedad, acrecentando su reputación.
f) Disponer de un equipo humano idóneo a las nuevas necesidades, con mayores competencias y también, más implicación.
g) Plantearse vías posibilistas de crecimiento a través de franquicias.

7. SEIS SOMBREROS PARA PENSAR

Esta técnica fue creada por Edward de Bono y desarrollada en sus libros citados en la Bibliografía. Es extraordinariamente sencilla y esta dirigida al análisis i consensuado de ideas de mejora, normalmente soluciones a problemas determinados. La idea fundamental de esta herramienta es “ponerse” un sombrero diferente según el rol que se pretende adoptar al analizar una propuesta. Cada sombrero, caracterizado por un color distinto, representa una manera de proceder particular. Las personas deben ponerse el sombrero, o sea, pensar de una manera determinada, haciéndolo con libertad pero de manera guiada para facilitar el proceso.

Sombrero blanco: Representa la objetividad, aporta datos objetivos sin juicios personales. Es el color de la pureza y de la neutralidad. Cuando en la reunión se pide a los participantes que se pongan tal sombrero, se les pide que dejen de lado las propuestas y los razonamientos y se concentren directamente en la información. O sea, ¿Qué información se dispone?, ¿Cuál nos hace falta?, ¿Cuál sería bueno tener?, ¿Cómo la obtendremos?

Sombrero rojo: Es la emoción, el impulso. Es el color del fuego y de la pasión. Abre paso a las intuiciones y a los sentimientos sin necesidad de explicaciones y sin disculpas, que de otra forma podrían quedar escondidos tras razonamientos aparentemente lógicos.

Sombrero negro: Proporciona el juicio crítico, centrado en las desventajas, carencias o factores negativos. Los errores pueden ser desastrosos, por lo que puede ser uno de los sombreros más valiosos, aunque de tener un peso excesivo, fácilmente anularía la creatividad.

Sombrero amarillo: Implica adoptar la visión optimista, concentrada en los factores positivos y las conveniencias del tema que se está analizando. Es la luz del sol. Busca la factibilidad, persigue los beneficios, pero desde una perspectiva lógica.

Sombrero verde: Representa la mirada creativa, la constante generación de ideas. Pensemos en la vegetación que crece, que demanda agua y nutrientes que la alimenten. No solo se requiere pensamiento creativo sino también esfuerzo para generarlo.

Sombrero azul: Prepara la agenda para pensar, indica el próximo paso en el razonamiento, exige conclusiones y resúmenes, y puede comentar el pensamiento que se está usando y pedir otros sombreros. Quien lo tiene adopta un rol equivalente al de director de orquesta, o sea, coordina y guía a los demás sombreros pensantes. Es el color del cielo que nos ofrece una visión panorámica

La fortaleza de esta técnica está en lo que representa de ayuda a enfrentarse a un problema desde seis puntos de vista diferentes, evitando la influencia determinante de algunas personas que tengan asumido de manera natural su propio “yo” y que puede dificultar totalmente el avance del grupo en su proceso creativo. El pensador es desafiado a usar diferentes sombreros y experimentar realmente una sensación de libertad porque ya no tiene que limitarse a adoptar una sola posición. Evidentemente si a alguien no le gusta una idea no se esforzará en buscar sus aspectos positivos.

Otra técnica ideada por de Bono, vinculada a la estructura teórica de “Seis sombreros para pensar” es la que denomina “Seis zapatos para la acción”. En este caso, se parte del supuesto de que diversas situaciones requieren diferentes formas de acción. Los seis zapatos no solo tienen colores, sino también formas que los distinguen. Se recomienda consultar la Bibliografía para conocer la técnica que aquí no se desarrolla.

CONCEPTO	COMPONENTES		
	Componente funcional	**Componente material**	**Componente organizativo**
IDEAS DE ESTÍMULO **“Diversión”** • Ir a espectáculos interesantes • Viajar a lugares especiales • Practicar deporte • Disponer de placeres gratuitos • Jugar aprendiendo • Comprar productos especiales	• Difusión de actividades culturales del territorio, especialmente las gratuitas. • Organizar visitas anuales guiadas a plantaciones y centros de producción (Cooperativas agrarias) típicos de la zona como: arroz, vino, aceite de oliva y miel dirigidas a clientes habituales. • Utilizar el tíquet de compra para aportar información de interés. Plantearse que sea coleccionable y relativa a temática cultural del territorio. • Ofrecer sesiones formativas grupales sobre cocina tradicional, alimentación saludable y promoción de la salud. • Disponer de ofertas de promoción propias y de otras entidades • Ofrecer productos de consumo alto y servicios afines a la actividad. Plantearse la venta de libros de cocina, guías turísticas, diarios, revistas y libros de autores de la zona.	• Adecuar y flexibilizar el uso del vestíbulo del centro para la difusión y promoción de actividades culturales. • Adecuar en lo posible espacio interior para su utilización flexible de venta de productos afines, actividades formativas, reuniones, etc. • Poner atención especial a los aspectos de seguridad y salud de personas y bienes en los centros comerciales, teniendo en cuenta a niños y personas mayores. Asegurar la existencia de botiquín de primeros auxilios. • Facilitar la localización y selección de ofertas	• Desarrollar las competencias de los trabajadores acorde a sus intereses y a los de la empresa, evaluando su desempeño. Potenciar la competencia transversal de empatía y servicio al cliente • Cuidar la selección de personal de acuerdo a los nuevos perfiles requeridos. • Adecuar las nuevas funciones asumidas de acuerdo al talento de las personas y sus preferencias. • Establecer posibles alianzas con determinados productores agrícolas zonales para el suministro de frutas, verduras y otros alimentos, ajustando el beneficio y evitando la cadena de intermediarios. Igualmente para productos tradicionales de la zona. Acordar la organización conjunta de visitas a plantaciones y centros de producción. • Establecer posibles alianzas con entidades culturales para disponer de información actualizada de actividades de la zona y medios de promoción de las mismas. • Establecer posibles alianzas con instituciones que pudieran colaborar en las actividades formativas a desarrollar. • Modificar la imagen de la organización promocionando sus valores diferenciales. Confiar tal tarea al mejor especialista de la zona. Utilizar preferentemente como medio publicitario de difusión las publicaciones periódicas gratuitas de mayor prestigio de la zona con reparto directo a todos los domicilios. • Crear mecanismos para la evaluación continuada de la calidad de las nuevas actividades. • Realizar ensayo y pruebas piloto conjuntas de nuevas actividades en un centro comercial, entre los más importantes. Organizar fiesta con la participación de proveedores en su inauguración, aprovechando el evento para difundir las peculiaridades de la cadena. • Plantearse la posible generación de franquicias para completar la red de supermercados en municipios de la zona y lograr una mejor economía de escala, antes de plantearse acceder a otros lugares más alejados. • Crear el Comité de Seguridad y Salud en el trabajo con representación de todos los centros, viendo la posibilidad de que asuma también funciones asociadas a la Responsabilidad Social Empresarial.
“Responsabilidad social” • Respetar el medio ambiente • Cuidar el talento con trabajadores competentes e implicados • Velar por la seguridad y salud de personas y productos • Promover el desarrollo regional y local • Ayudar a personas desfavorecidas • Patrocinar actividades culturales y sociales	• Ofrecer productos naturales de calidad, como frutas, verduras y hortalizas,, directamente de productores de la zona a un precio excelente. • Ampliar el servicio de atención domiciliar incorporando el teléfono • Ofrecer productos de calidad tradicionales de la zona • Limitar considerablemente la marca propia a determinados productos envasados. • Disponer de una sección de productos de importación de países emergentes de “precio justo”. • Ajustar suministros de productos de fecha de caducidad • Establecer acuerdo de recogida de productos caducados aprovechables con entidad asistencial.		

Figura 4. Selección de ideas generadas en grupo de trabajo de una pequeña red de supermercados

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

CAÑEQUE, H.
Alta creatividad. Guía teórico-práctica para producir la innovación y el cambio.
Ed. Pearson, Buenos Aires, 2008.

DE BONO, E.
Seis sombreros para pensar.
Ediciones Granica. Buenos Aires, 1993.

DE BONO, E.
El pensamiento creativo.
Paidós. Barcelona, 1995

GROSSMAN, STEPHEN R. y otros
Innovation. Unlocking creativity in the workplace.
Wordware publishing. Piano, 1988

ORDOÑEZ, R.
Cambio, creatividad e innovación.
Ediciones Granica. Buenos Aires, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
NTP 911-913: Productividad y condiciones de trabajo.
INSHT. Colección de Notas Técnicas de Prevención.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO:272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

943

Innovación y condiciones de trabajo (IV): creatividad en procesos

Innovation and working conditions: process creativity
Innovation et conditions de travail: créativité dans les processus

Redactor:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial y Arquitecto

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Esta NTP es la última de una serie de cuatro y está dedicada a facilitar el análisis grupal de procesos para generar y consensuar ideas de mejora, asociadas a resultados integrados en cuatro ámbitos esenciales: Rendimiento, Calidad, Seguridad y Salud Laboral, y Satisfacción.

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 expuso anteriormente (NTP 941) la importancia de sistematizar el proceso creativo en la empresa mediante un conjunto de actuaciones que habrían de culminar con un procedimiento de actuación al respecto para generar y consolidar nuevos hábitos de trabajo y lograr que la mejora continua llegue a ser consustancial de toda actividad laboral considerada de calidad. En la anterior NTP 942 se expusieron algunos instrumentos sencillos para facilitar la generación y ordenamiento de ideas en los grupos de trabajo, su análisis, y el consensuado de soluciones a aplicar. En la presente, nos centramos en el análisis de los procesos clave en vistas a optimizar su funcionamiento, teniendo en cuenta factores de eficacia y de rentabilidad. En tal sentido, este documento viene a complementar a las NTP 911-913 en las que se trataron aspectos relacionados con la contribución de la innovación participativa en los procesos productivos a la mejora de la productividad y la competitividad, y especialmente, cómo medir la rentabilidad de las acciones emprendidas y los logros alcanzados.

Un proceso se puede definir como una serie de actividades y tomas de decisiones interrelacionadas y orientadas a obtener un resultado específico como consecuencia del valor añadido que se supone aportan en las diferentes etapas que lo conforman. Se representa esquemáticamente mediante un clásico diagrama de flujo, con las entradas que lo alimentan, la secuencia de actividades o tareas que se ejecutan, y finalmente, los productos y servicios resultantes. En si, podríamos hablar de un macro proceso, que es la representación de lo que una empresa produce y a una escala mucho menor, de un micro proceso, que podría ser la ejecución de una simple actividad con una finalidad determinada. En ambas situaciones extremas hay unas entradas, unos cometidos y unos resultados. Evidentemente, los procesos a mejorar tendrán la suficiente entidad y dimensión que permitan rentabilizar los esfuerzos por lograrlo.

Las personas competentes e implicadas constituyen el valor esencial de una organización de futuro, pero la gestión por procesos y el trabajo en equipo, son los aspectos esenciales para canalizar y potenciar toda su capacidad creativa y asegurar con ello su sostenibilidad. En la primera NTP de este grupo, la 753, dedicada a la innovación y las condiciones de trabajo ya se expusieron algunos factores determinantes para que tal modelo de gestión prevalezca sobre la convencional gestión por funciones que tiende a mantener unidades y departamentos estancos y con limitada cooperación. Pero una gestión eficiente de procesos requiere que la propia filosofía de empresa lo asuma y forme parte de la propia estrategia de la organización, algo aun no debidamente desarrollado por la mayoría de empresas, a pesar de los avances habidos en materia de normalización de sistemas de gestión en los que el concepto “proceso” se convierte en el elemento central que condiciona la mayoría de actuaciones. En este caso, es vital el rol del responsable de cada proceso al asumir la autoridad para reordenar el trabajo en función de los requerimientos establecidos y supeditar las decisiones y cometidos de las estructuras jerárquicas y unidades funcionales a las verdaderas necesidades del proceso productivo con una clara orientación a resultados. No obstante, es necesario encontrar un equilibrio, evitando conflictos, entre el poder de las unidades funcionales y el de los propios procesos, aunque, como se ha dicho, este último debiera prevalecer.

La gestión tradicional de procesos por departamentos o unidades funcionales se ha vuelto caduca por su baja operatividad, en tiempos en los que la oferta casi ilimitada de productos y servicios a costes decrecientes supera con creces la demanda y se exige mucho valor añadido en los mismos y en los procesos que los generan. En una sociedad marcada por entornos cambiantes y de alta competitividad se hace necesaria una gestión por procesos estratégica, capaz de priorizar acciones en base a las múltiples interrelaciones e intereses internos y externos a la organización. La calidad de los productos y

servicios suele darse por sentada y resulta ya insuficiente. Hay que superar con creces las expectativas de clientes y trabajadores en costes, agilidad, eficiencia y satisfacción, o sea, en fondo y forma. Por eso, habrá que centrarse en los procesos que sean claves o críticos. Por otra parte, habrán de eliminarse o simplificar aquellos procesos y tareas que no generen valor y no responden a los intereses de la organización, fruto de rutinas adquiridas que se han vuelto inoperantes. Es frecuente al preguntar a trabajadores los motivos por los que ejecutan determinadas tareas, el que respondan, porque se lo exigen o porque lo vienen haciendo desde hace mucho tiempo, aunque no sepan muy bien su grado de utilidad.

En la figura 1 se pueden apreciar las diferencias más significativas entre una gestión de procesos tradicional y una gestión de procesos estratégica. Las principales ventajas de esta última son las siguientes:

- *Alineamiento de la organización y de sus actuaciones para el logro de sus fines principales. S*e contribuye al mejor cumplimiento de los objetivos estratégicos y operativos, evitando la estanqueidad departamental y la falta de control en espacios intermedios que podrían quedar al margen. Además, es determinante para favorecer y exigir la cooperación a todos los niveles, siempre que realmente las personas tengan la consideración que se merecen.
- *Mejora sustancial de la eficacia de actividades consideradas críticas.* Se facilita una mayor agilidad de actuación para implantar la mejora continua y una mayor capacidad preventiva y de aporte de las personas, lo que repercute en la minimización de posibles problemas.
- *Búsqueda permanente de la satisfacción de clientes y trabajadores*. El cliente y los propios trabajadores pasan a ser el centro de las actuaciones procurándose su satisfacción, tanto presente como futura. Los resultados de rendimiento son enriquecidos con indicadores cualitativos de valor estratégico.
- *Seguimiento continuado de la calidad de las actuaciones y sus logros mediante indicadores*. De esta manera se está atento tanto a los requisitos de eficiencia externa como interna, permitiendo relacionar las diferentes métricas utilizadas y sospesar la influencia en las mismas de las inversiones y acciones realizadas.

Pero no todo es fácil. Para su implantación habrá que superar una serie de dificultades inherentes a todo proceso de cambio, tales como:

- No adecuarse a la cultura de la organización y no facilitar debidamente su evolución.
- No cuidar el estilo de dirección de acuerdo a las nuevas necesidades.
- No potenciar debidamente a las personas para hacerlas plenamente copartícipes del proceso.
- No atender suficientemente todo lo relativo a la comunicación vertical y horizontal.
- No resolver los potenciales conflictos entre las unidades funcionales y los procesos, clarificando roles.
- No establecer los vínculos necesarios entre procesos.

Priorización de procesos

En toda empresa, los procesos que se desarrollan son múltiples en significado, contenido y fines. El primer nivel de clasificación diferencia a los denominados *estratégicos,* ligados a garantizar la pervivencia empresarial y el desarrollo de la misma, de los *operativos*, destinados a materializar los fines específicos para la generación de productos y servicios de la organización, y finalmente, los *de soporte y de gestión,* que prestan la ayuda necesaria para el buen funcionamiento de los procesos operativos. Ejemplos de procesos estratégicos son: Desarrollo de la visión empresarial, diversificación de mercados, internacionalización, I+D+i, etc. Ejemplos de procesos operativos son: Conocimiento del mercado, diseño de productos y servicios, producción y suministro de productos y servicios, comercialización y atención al cliente. Ejemplos de procesos soporte son: Desarrollo y gestión del personal, gestión de la prevención de riesgos laborales, de la calidad y del medio ambiente, gestión de los procesos de cambio, gestión de la información y la comunicación, gestión económica y de recursos materiales. Los procesos soporte, aunque tienen también identidad propia, se desarrollan integrados a los procesos operativos para que estos últimos puedan cumplir los objetivos y estándares establecidos.

A fin de facilitar el análisis, todo macro proceso empresarial habría de subdividirse en partes que tengan la suficiente entidad y coherencia. Luego, habrá que priorizar los procesos que es conveniente tener bajo control e innovar en los mismos. Los criterios de priorización son varios. Habría que empezar por ligar los objetivos estratégicos y también los operativos de la organización con el grado de importancia e implicación de cada proceso en los mismos. De ahí obtendremos algunos de los procesos clave. Ello nos va a permitir también detectar aquellos procesos sin objetivos relevantes, para replantearse qué hacer con ellos. En contrapartida, también nos podríamos encontrar que hay objetivos importantes que no tienen un proceso acorde a los mismos que asegure su materialización.

Otro criterio fundamental de selección de procesos críticos es cuando se identifican en los mismos posibles

GESTIÓN TRADICIONAL	GESTIÓN ESTRATÉGICA
Suele centrarse en los procesos que dependen de una unidad funcional	Se centra en los procesos clave o críticos, independientemente de las unidades funcionales implicadas
Se comparten responsabilidades aunque prevalece la estructura vertical	La responsabilidad es única, compatibilizándose la organización vertical con la horizontal de los procesos.
Se mejoran los procesos ocasionalmente en función de las anomalías generadas	La mejora de los procesos es permanente y se realiza de manera gradual o bien radical
Suelen contemplarse algunos indicadores finales de tipo económico	Los procesos se mantienen “bajo control” con mediciones de rendimiento, calidad, eficiencia, y satisfacción, entre otras.

Figura 1. Diferencias significativas entre la gestión tradicional de procesos y la gestión estratégica

desviaciones o incumplimientos a lo previsto con graves repercusiones, sean de seguridad y salud en el trabajo, como de calidad, rendimiento o de propia pervivencia empresarial. Realmente, los procesos clave a analizar y por tanto a controlar y a mejorar, han de responder plenamente a los objetivos prioritarios de la organización y han de estar bajo control. Obviamente, el personal responsable y ejecutor de tales procesos ha de tener las competencias requeridas.

Uno de los primeros cometidos preventivos habría de ser elaborar el diagrama de flujo del proceso y los procedimientos operativos documentados de aquellos procesos clave que nos los tuvieran. De buen seguro, que tal cometido realizado en grupo va a resultar extraordinariamente enriquecedor ya que permitirá descubrir carencias y sistematizar maneras de proceder, aprovechando la experiencia existente y subsanando al mismo tiempo algunas anomalías previsibles o ya materializadas.

Para que respondan a las expectativas exitosas establecidas, los procesos críticos han de tener un único y claro responsable al que suele denominarse propietario del proceso y que es figura clave en su gestión. Es la persona designada por la dirección para que se responsabilice de la eficacia y eficiencia del proceso. Evidentemente, habrá de ser buen conocedor del proceso en cuestión, tener capacidad de liderazgo participativo y tener la autoridad sobre la totalidad del mismo. No necesariamente su dedicación a esta materia ha de ser total. Puede compatibilizarla con otra función en la estructura jerárquica, aunque es recomendable que sea persona de confianza de la dirección. Una de sus funciones esenciales es la de mantener el proceso clave bajo control.

2.¿QUÉ ES UN PROCESO CLAVE BAJO CONTROL?

Un proceso está bajo control cuando dispone de tres componentes: Es entendido, está documentado, y finalmente está implementado el procedimiento correcto de actuación con sus mecanismo de control y aplicando indicadores para su medición. Decimos que es *entendido* cuando se sabe cuáles son sus objetivos y cómo se desarrolla, quiénes son sus proveedores y sus clientes, quién es el propietario o responsable del mismo y qué rendimiento está generando. Decimos que está *documentado e implementado*, cuando se dispone del correspondiente diagrama de flujo del proceso, están registrados los nombres del responsable y miembros del equipo de gestión del proceso, existe un procedimiento documentado actualizado para su ejecución implementado, y además, hay medidas del rendimiento y calidad de sus logros. Además del diagrama de flujo es útil el empleo de listas y controles de verificación y criterios de actuación ante determinadas situaciones. Decimos que *dispone de indicadores* para su medición, cuando éstos permiten realizar un seguimiento documentado y preciso de los aspectos fundamentales del proceso, no exclusivamente de sus resultados financieros o de rendimiento, para obrar en consecuencia aplicando el principio de mejora continua.

Algunas de las ventajas de tener un proceso bajo control son que:

- Se ayuda a clarificar el trabajo a realizar y lo que se espera de el, incrementando la capacidad de mejora.
- Se facilita la comunicación e interacción entre las personas implicadas, así como el aprendizaje.
- Se reduce el margen de error en las tomas de decisiones.
- Enriquece la visión global de los trabajadores y evita el nefasto papel de personas “imprescindibles”, acaparadoras de información.
- Se facilita el seguimiento del rendimiento, la calidad y la seguridad del proceso, al disponer de métricas documentadas.
- Debería aumentar obviamente la satisfacción del personal y de los clientes.

El diagrama de flujo

Es la representación visual y sintética de las diferentes actividades o tareas que constituyen las distintas etapas del proceso. Ayuda a estandarizar el proceso, visualizando las frecuencias y relaciones entre las distintas etapas y las personas o unidades funcionales implicadas, ayuda a entender mejor el proceso y a poder explicarlo, facilitando de alguna forma, a veces con la ayuda de algún instrumento de apoyo, la identificación de problemas o posibles anomalías. Por tanto, ayuda a detectar los elementos que pueden influir en el rendimiento y la calidad del proceso. En la figura 2 se muestra un esquema teórico de diagrama de flujo con la simbología comúnmente utilizada. Las entradas y salidas del proceso se representan con rectángulos redondeados, la secuencia de actividades o tareas con rectángulos, y las tomas de decisión, con rombos. Otros símbolos que también se indican son complementarios.

Para la elaboración de un diagrama de flujo se apuntan una serie de consideraciones:

- La representación gráfica sería conveniente que quedara reflejada en una sola página. Hay que indicar en cabecera la denominación del proceso, su responsable y fecha de la última revisión.
- Desarrollar el diagrama de izquierda a derecha y de arriba abajo, tal como se escribe.
- Usar el símbolo rectángulo sombreado para indicar la existencia de un mayor detalle en otro diagrama complementario de proceso.
- Las distintas personas o unidades funcionales involucradas estarán diferenciadas en columnas, indicando las distintas actividades o subprocesos que realizan, así como su interrelación.
- Describir las actividades de manera sintética pero clara.
- No aceptar un flujo de proceso actual sin verificar
- Es deseable no abusar del símbolo de decisión y para simplificar la extensión del diagrama, procurar agrupar en una sola actividad o tarea las distintas partes en que esta se subdivide si su separación no tiene un interés especial. Hay que procurar no detallar excesivamente cada paso del proceso, racionalizando el uso del tiempo.
- Indicar los distintos puntos clave de medición en los lugares adecuados del diagrama de flujo.

La conversión de un diagrama de flujo en un procedimiento documentado de trabajo es clara e inmediata.

Indicadores de proceso

El proceso ha de ser medido de forma que conozcamos su nivel de rendimiento y su calidad en un sentido amplio con respecto a las expectativas de sus clientes externos e internos, incluidos por tanto los trabajadores, sean receptores o usuarios del proceso**.**

Las mediciones no son solo para controlar lo esperado,

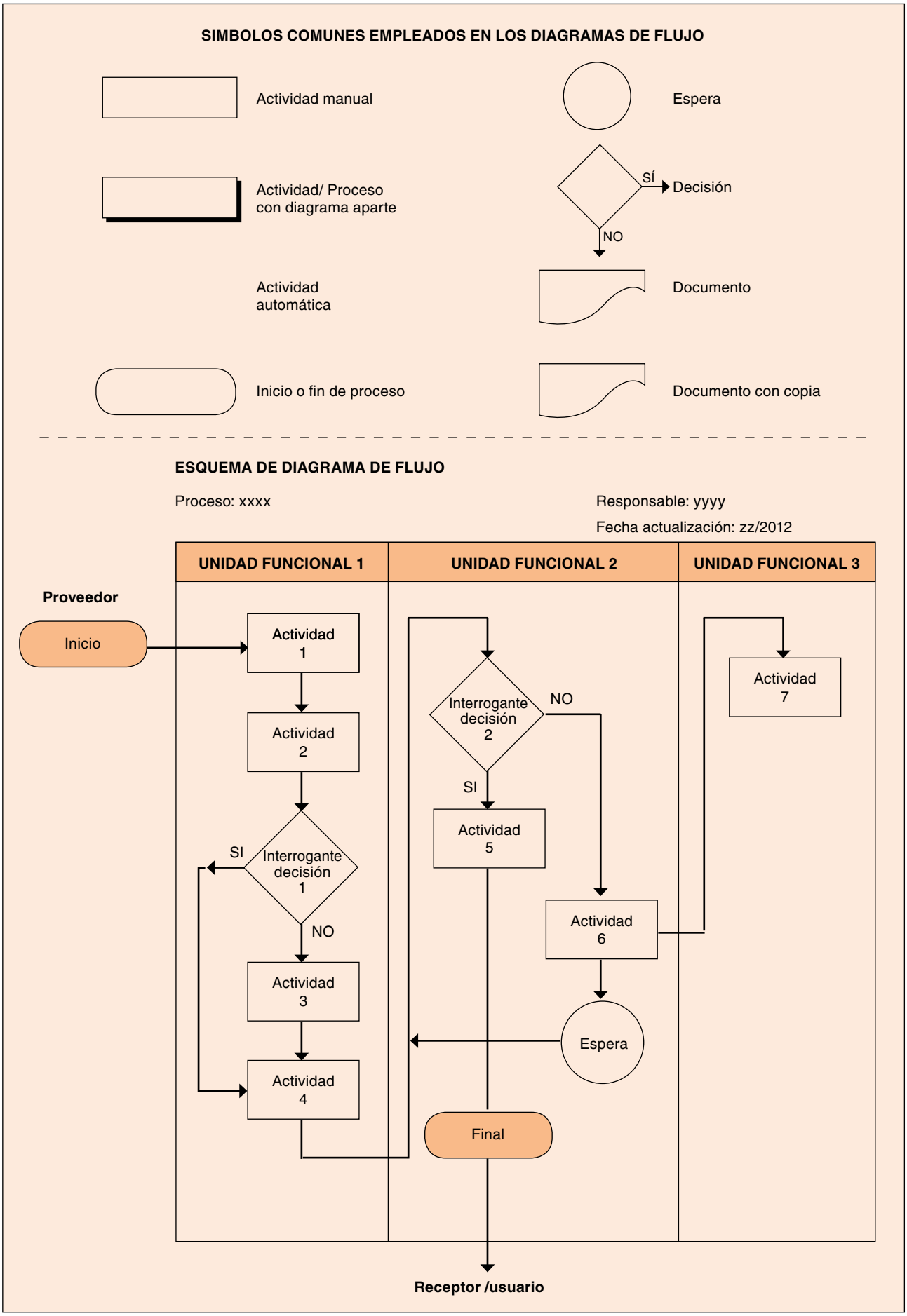


Figura 2. Simbología usada en diagramas de flujo y muestra de uno teórico, estructurado por responsabilidades

sino también para conocer mejor los factores que influyen en su eficiencia y en sus desviaciones, actuando en consecuencia mediante mejoras e innovaciones, sea de la índole que fueren.

Tal como vimos en la introducción, la gestión estratégica de los procesos los ha de vincular estrechamente a la visión y valores de la organización, que son determinante en los objetivos operativos y también estratégicos a alcanzar, que a su vez, tal como se representa en la figura 3, han de estar interrelacionados con los indicadores que permitan medir su cumplimiento. Tales indicadores servirán para evaluar tanto la eficacia y eficiencia de los procesos como el desempeño de quienes son responsables de su ejecución.

Los indicadores deben ser equilibrados, conjugando los de carácter financiero y de rendimiento, con los de calidad de actuaciones, satisfacción de clientes y trabajadores, impacto social, etc. Por tanto, habrá indicadores cuantitativos más fáciles de medir, y otros cualitativos, que habrán de ser traducidos en valores también mesurables, aunque lo sean de una manera "semi cuantitativa", con sus índices de clasificación. Normalmente la clasificación por índices suele hacerse como mínimo con tres niveles de calidad de cumplimiento. Existirían también indicadores que simplemente mostrarían la dualidad entre algo sin valor y algo incorporado, que sí lo tiene. Por ejemplo, haber simplificado un procedimiento o haber incorporado un procedimiento informatizado de control que evitará posibles errores humanos en tomas de decisión. Hay que tener en cuenta que determinados indicadores permiten medir el control de variables clave y en cambio otros, permiten medir avances cualitativos alcanzados fruto de inversiones y acciones realizadas. Ello tiene sentido para medir la rentabilidad integral de las inversiones realizadas, sean en valores tangibles o intangibles. Por ejemplo, la mejora de las condiciones materiales del proceso y la mejora de las competencias de los trabajadores. Ya en la citada NTP 912, desarrollamos cómo la rentabilidad de la acción preventiva tiene su verdadero significado cuando se asocia a la innovación en los procesos productivos.

Los indicadores han de surgir de manera natural de las propias exigencias del proceso, partiendo de que los trabajadores tienen las competencias necesarias para su buen desempeño. Por tanto, los indicadores han de ser realistas y transparentes, o sea, han de surgir del diálogo y con el consenso de sus usuarios. En la figura 4 se apuntan indicadores de resultados de procesos que habrían de ser acordes a los procedimientos documentados establecidos. Una primera aproximación a los mismos ya se incluyó en tal NTP 912, cuya lectura se recomienda.

Es importante establecer una jerarquía entre las métricas usadas en el proceso de forma que en último término podamos asegurar la satisfacción de los requerimientos de los destinatarios del mismo. En general se produce una correlación de indicadores de resultados tras una mejora específica del proceso. Por ejemplo, es normal que tras una mejor definición y control de cometidos, asociados al necesario incremento competencial de los tra-

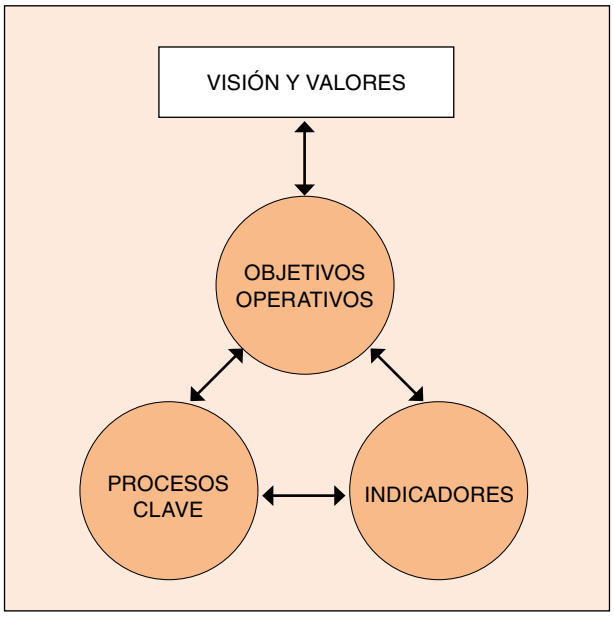


Figura 3. Relación entre Visión/valores, procesos, objetivos e indicadores

CALIDAD

- Reducción de defectos.
- Reducción de quejas.
- Mejora en el cumplimiento de determinados estándares de calidad.
- Mejora en el cumplimiento de procedimientos establecidos.
- Simplificación de cometidos.
- Reducción de documentos en papel.
- Introducción de procedimientos informatizados de control.
- Evitación de posibilidades de error o confusión.
- Eliminación de actividades innecesarias o no generadoras de valor.
- Eliminación o simplificación de controles innecesarios.

RENDIMIENTO

- Reducción de tiempos de procesamiento.
- Reducción de tiempos de espera.
- Reducción de costes.
- Optimización en la utilización de recursos.
- Mecanización y/o automatización de tareas.
- Incremento de producción.
- Incremento de beneficios.
- Rentabilidad de valores tangibles e intangibles de las inversiones y acciones innovadoras realizadas.

SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

- Disminución de accidentes/incidentes
- Minimización de la importancia o gravedad de los riesgos laborales a los que el personal está expuesto. Mejora de aspectos clave de seguridad, higiénicos o ergonómicos.
- Mejora de aspectos organizativos y psicosociales (Mayor autonomía y capacidad de decisión, enriquecimiento de contenidos, …).
- Incremento de competencias de los trabajadores implicados.
- Incremento del nivel de orden y limpieza del entorno.
- Mejora del confort ambiental.
- Mejora en el cumplimiento de estándares.

SATISFACCIÓN

- Satisfacción de los trabajadores implicados.
- Satisfacción de clientes externos receptores de productos o servicios del procedimiento.
- Satisfacción de trabajadores (clientes internos) receptores de resultados del proceso.
- Mejora del impacto social y medioambiental.

Figura 4. Los cuatro bloques de Indicadores de resultados de procesos

bajadores, se produzca un mayor rendimiento y una mayor calidad del proceso. Desde luego, para el seguimiento de las medidas de rendimiento y calidad de un proceso habrá que definir con claridad: el indicador establecido, la unidad de medida, los objetivos y límites de variabilidad, cómo se va a controlar, y quién es el responsable de ello.

Queremos recordar que el concepto procesos bajo control, lo aplicamos en la Guía Técnica de Simplificación Documental de PRL, del INSHT, al considerar que los riesgos laborales tienen la dualidad de estar bajo control cuando existen las condiciones materiales y organizativas debidamente implantadas; y en proceso de corrección, cuando tales medidas preventivas aun están en fase de desarrollo e implantación.

3. INNOVACIÓN GRADUAL Y RADICAL DE PROCESOS

Los procesos en general y los procesos clave en particular requieren estar sujetos a una acción permanente de mejora. Tal acción puede ser gradual para mejorar su eficacia y eficiencia, optimizando los medios disponibles, y puede ser radical, cuando las necesidades de cambio se vuelven acuciantes o simplemente, porque se quieren aprovechar circunstancias favorables, que pueden ser, las propias adversidades.

Los cambios graduales deberían apoyarse en el clásico ciclo PDCA de mejora continua: "*Plan*" (desarrollar objetivos y planes de implementación), "*Do*" (ejecutar los planes de acuerdo a lo establecido), "*Check"* (medir los resultados alcanzados en comparación con los previstos) y "*Act"* (actuar para eliminar las causas de distorsión volviendo a planificar acciones correctoras).

En la figura 5 se representa gráficamente la dualidad entre las etapas que conformarían un proceso de innovación gradual y otro, de innovación radical. Ambos cambios podrían complementarse, pudiendo integrarse en determinadas circunstancias un cambio gradual con otro de radical en un mismo proceso.

Etapas en la innovación gradual

Podrían establecerse a modo de orientación las siguientes cuatro etapas:

Etapa preparatoria

Se supone que el proceso clave ya ha sido determinado en base a los criterios anteriormente expuestos. A partir de ahí, habría de constituirse el grupo de trabajo del que formarían parte personas del propio proceso, con el responsable del mismo al frente. Podrían también formar parte, en función de la complejidad y peculiaridades del proceso, proveedores o clientes del mismo. Puede ser útil, especialmente en las primeras etapas de consolidación del procedimiento de actuación, la integración de profesionales o consultores como miembros no permanentes. El número de personas participantes podrá ser variable en función de la dimensión y complejidad del proceso.

A continuación, habrían de facilitarse los conocimientos e instrumentos necesarios para que el grupo pueda aplicar la metodología PDCA y al mismo tiempo esté en condiciones de disponer de criterios de selección del proyecto de mejora a desarrollar. También habría que facilitar el entendimiento de la situación inicial del proceso. Habrá que elaborar el diagrama de proceso si éste no existiera y disponer de los indicadores de rendimiento, calidad y seguridad del proceso existentes, así como toda aquella información que permita conocer la "salud" actual del proceso en cuestión.

Etapa de análisis

Una vez sentadas las bases de trabajo, esté disponible el diagrama de proceso, aunque no sea exhaustivo, y tomada conciencia de la situación de partida, se inicia el análisis y diagnóstico de situación. Se trata de identificar el origen de los problemas existentes. Para ello podrían utilizarse algunas técnicas como las descritas en la anterior NTP, como el "brainstorming" o el "diagrama causa efecto" con su variante desarrollada, el "mapa radial de ideas".y el "diagrama de afinidades" Se sugiere la utilización de listas de verificación como las propuestas en la figura 6, que serían por supuesto ampliables. La primera es una lista no exhaustiva de aspectos a revisar que pueden convertirse en factores de distorsión o deficiencias tanto del proceso en general como de las diferentes actividades que lo componen, y sobre todo, en sus interrelaciones. La segunda, es una lista clásica de verificación de los cinco por qué, muy divulgada con variantes. En dicha figura se permite recoger de una manera ordenada las limitaciones constatadas o potenciales en las diferentes actividades o tareas que cabrían diferenciarse con algún distintivo. Los resultados disponibles a través de indicadores de proceso habrían de ayudar a constatar tales limitaciones.

En la mayoría de casos se necesitarán datos para validar las causas más significativas de los problemas reales o potenciales. Por tanto, será necesario abrir un espacio temporal para la recolección de datos o incluso la generación de los mismos cuando no existan a partir de un plan establecido. La recolección de datos debería efectuarse en base a la respuesta a los siguientes interrogantes, teniendo en cuenta el factor disponibilidad. Si el esfuerzo para generar algún dato es excesivo, posiblemente haya de ser descartado en primera instancia: ¿Qué datos se precisan y se pretende conseguir con los mismos?, ¿Qué plan de muestreo se usará o cómo se obtendrán de la manera más fácil posible?, Qué cantidad de datos serán necesarios y en cuánto tiempo se recogerán? y ¿Quién será responsable de su recogida y cómo se registrarán?

Para el análisis de datos serán útiles los instrumentos básicos de calidad y seguridad. Cabe citar al diagrama de Pareto para comprobar la concentración de determinados fallos por sus mayores repercusiones nocivas y los clásicos histogramas, diagramas de correlación y gráficos de control con límites de desviaciones.

Etapa de selección y aplicación de medias correctoras

Se trata de identificar las causas principales y más significativas que han sido validadas en la etapa de análisis para poder decidir las acciones a emprender. No existe ningún método para decidir al respecto, aunque el profundo conocimiento del proceso en cuestión y la consideración de factores de disponibilidad, coste y efectividad, deberían ayudar en la selección del conjunto de medidas a adoptar. Es importante integrar las acciones que determinan la efectividad de cualquier medida, teniendo en cuenta los factores materiales y organizativos que habrían de conjugarse. El Plan de acción correspondiente para la implantación de medidas correctoras debería fijar con claridad: qué se va a hacer, cómo, cuándo y quién va a realizarlo. Cuando sean diversas las medidas independientes a adoptar hay que actuar con prudencia para poder sospesar la contribución

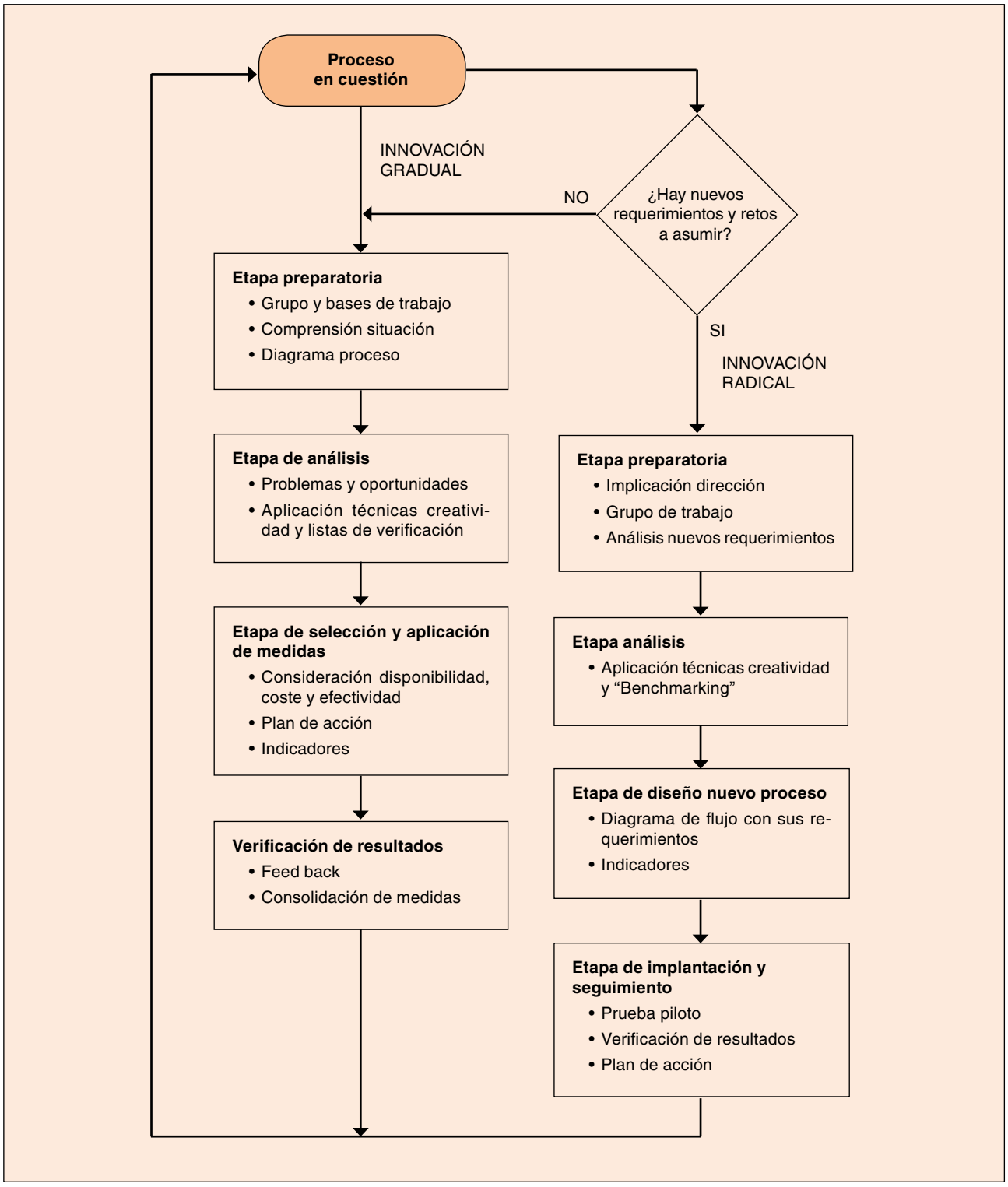


Figura 5. Etapas en la innovación gradual y radical de procesos

diferencial de las mismas en los resultados generados en el proceso. Desde luego, habría que sistematizar la recogida de datos con los indicadores seleccionados tras la aplicación de las medidas acordadas.

Etapa de verificación de resultados y de sistematización de mejoras

En esta última etapa se trataría, con la cautela necesaria, de verificar durante un tiempo corto pero razonable la eficacia y eficiencia generada por las medidas implantadas. Habría que apoyarse con los registros de datos correspondientes, traducidos en lo posible a índices porcentuales de mejora o índices de efectividad. Se recomienda al respecto consultar la NTP 913 sobre el Modelo "Simapro" de la OIT.

A partir de ahí, se tratará de asegurar que las mejoras realizadas se mantengan en el tiempo, evitando que se queden solo en un beneficio temporal. Por tanto, habrían de estandarizarse las mejoras que se han considerado eficaces, incorporándolas en el procedimiento documentado

LISTA DE VERIFICACIÓN DE POSIBLES FACTORES DE DISTORSIÓN DE PROCESO Y ACTIVIDADES

Proceso: xxxx

Responsable: yyyy

Fecha actualización: zz/2012

	PROCESO	ACTIVIDADES				
		Act. 1	Act. 2	Act. 3	Act. 4	Act. 5
A. REQUISITOS • Especificaciones claras y bien comunicadas (a1) • Conocimiento suficiente de la globalidad y objetivos generales del proceso (a2) • Bien estructuradas secuencialmente las tareas a realizar (a3) • Existencia de procedimiento documentado (*claridad y sencillez, concienciados sus usuarios en su necesidad, realizadas las acciones formativas pertinentes, aplicado debidamente, seguimiento periódico de su eficacia) (a4)* • Racionalizados y simplificados los cometidos a realizar (a5) • Actividad necesaria generadora de valor (a6) • Aspectos de seguridad y salud en el trabajo, debidamente analizados y controlados (a7) • Objetivos alcanzables (a8) • Competencias de los trabajadores acordes a las exigencias y requisitos del proceso (a9). • Contemplada la posible aportación de mejoras al proceso con procedimiento al respecto (a10) • Comprensión de la importancia del resultado de la actividad en el contexto del proceso (a11) • Compromiso del personal en su ejecución (a12)						
B. INTERFERENCIAS • Llegada tardía de los *inputs* del proceso (b1) • Velocidad excesiva en la entrada de *inputs* al proceso (b2) • *Inputs* con deficiencias de calidad o defectuosos (b3) • Obstrucciones posibles en el proceso (b4) • Acumulación de materiales en el proceso (b5) • Recursos insuficientes o inadecuados (b6) • Defectos previsibles en la manera de proceder (b7) • Dificultades o errores de comunicación (b8) • Posibles injerencias externas al proceso (b9) • Posibilidades de error de acción u omisión (b10) • Previsible vulnerabilidad de elementos de seguridad (b11) • Errores en el diseño y concepción del entorno físico de trabajo (b12) • Dificultades en el uso de equipos (b13) • Expectativas dificultosas de cumplir (b14)						
C. EJECUTANTES • Perfil profesional correcto (c1) • Competencias exigibles con evaluación del desempeño (c2) • Cubiertas las necesidades formativas en base al desempeño de la actividad (c3) • Actitudes positivas para el desempeño eficaz y la cooperación (c4) • Cumplimiento de los estándares y normas de comportamiento (c5) • Capacidad y facilidad de detección de anomalías (c6) • Capacidad de innovación y auto aprendizaje (c7) • Uso debido de los elementos y útiles de trabajo, incluidos los equipos de seguridad (c8)						
D. FEEDBACK • Información transparente de la actividad, oportuna, concreta y precisa (d1)						
E. CONSECUENCIAS • Entendidas desde el principio (e1) • Conocimiento de los indicadores de medida y su evolución (e2) • Posibles defectos de calidad a evitar y sus repercusiones (e3) • Efectos de las demoras (e5) • Posibles accidentes e incidentes a evitar y sus consecuencias (e6) • Posibles quejas y reclamaciones a evitar (e7) • Posibles sanciones por incumplimientos (e8) • Reconocimientos justos y oportunos al desempeño (e9						

○ Factor de distorsión potencial y en alerta ● Factor de distorsión constatado con indicadores

Figura 6. Listas de verificación para la mejora de procesos y actividades

(continúa en página siguiente)

LISTA CLÁSICA DE LOS CINCO POR QUÉ DE OPERACIONES

Por qué
- ¿Qué se hace?
- ¿Por qué se hace?
- ¿Es necesario?
- ¿Añade valor?
- ¿Podría eliminarse o sustituirse por una operación o proceso más sencillo?
- ¿Podría combinarse con otro?
- ¿Podría subcontratarse mejorando efectividad?

Dónde
- ¿Dónde se hace?
- ¿Por qué se hace allí?
- ¿Podría realizarse en otro lugar mejor?
- ¿Podría realizarse en un entorno mejor?
- ¿En cual?

Cuándo
- ¿Cuándo se hace?
- ¿Por qué se hace en ese momento?
- ¿Es necesario siempre hacerlo?
- ¿Podría hacerse con menor frecuencia?
- ¿Puede generar interferencias con otra operación o proceso?

Quién
- ¿Quién lo hace?
- ¿Por qué lo hace esta persona?
- ¿Qué competencias son necesarias para hacerlo?
- ¿Se mide el desempeño?
- ¿Se podría reemplazar fácilmente por otra persona?

Cómo
- ¿Cómo se hace?
- ¿Por qué se hace de esta manera?
- ¿Podría hacerse de otra manera más eficiente?
- ¿Podría hacerse de manera más segura y cómoda?
- ¿Cómo debería hacerse?

Figura 6. Listas de verificación para la mejora de procesos y actividades

del proceso. Es importante que las medidas de resultados del proceso se mantengan accesibles con el "feedback" correspondiente y sean motivo de reflexión periódica para seguir avanzando en acciones de ajuste y mejora.

Etapas en la innovación radical

La innovación radical, también denominada reingeniería de procesos, es una metodología que se diferencia de la anterior metodología citada PDCA, por el cuestionamiento de todos los aspectos del proceso, como sus salidas, su estructura, sus tareas, su tecnología y sus recursos, y por supuesto los fines perseguidos. En consecuencia, el nuevo proceso y el rendimiento esperado del mismo serán radicalmente diferentes. No obstante, las etapas de tal innovación no serán en esencia muy diferentes a las de la innovación gradual, aunque los planteamientos y las técnicas de creatividad aplicadas sean otras.

El rediseño parcial o total de un proceso viene determinado cuando se precise por exigencias de clientes o por razones de mercado, rendimientos radicalmente diferentes, o bien, la necesidad de generar productos alternativos en condiciones diferentes. Normalmente, la innovación gradual en procesos, aunque ventajosa y con amplios márgenes de maniobra, tiene sus límites También es cierto aquel dicho de que el peor competidor es aquel que aun no existe pero que se está gestando ante las exigencias del mercado.

Etapa preparatoria

Se supone que ha sido determinado el proceso crítico a estudiar en base a las consideraciones previas necesarias, o sea, nuevos requerimientos de clientes u otros factores propiciadores, incluidos los debates previos en los que se hayan aplicado técnicas de creatividad para cambios radicales como las planteadas en la anterior NTP. Por ejemplo: "relaciones forzadas de estímulos e ideas" o "siete sobreros para pensar". Tales técnicas u otras habrían de volver a seguir siendo utilizadas en el proceso que ahora se reinicia.

La decisión de iniciar un proyecto de este tipo habrá de tomarse en el máximo nivel de dirección de una organización. Igualmente, un miembro del comité de dirección deberá velar por el buen desarrollo del proyecto. Una vez el equipo de dirección y el responsable del nuevo proceso lo han decidido, se constituirá el grupo de trabajo. Dado que son previsibles cambios profundos, sus miembros han de tener la libertad y el poder necesario para vencer las más variadas resistencias. Todas las unidades funcionales afectadas por el proyecto habrían de estar representadas, y cubiertas sus necesidades formativas para dedicarse al tema. En alguna de sus fases o en todas ellas cabe considerar el posible apoyo externo. Es importante sentar las bases del grupo de trabajo para que todos se sientan libres y creativos, con un alto nivel de participación y por supuesto, se trabaje de manera ordenada con un programa de reuniones y registro de los avances que se vayan produciendo.

Habrá que analizar los requerimientos de los clientes externos y avances sectoriales producidos. Para conocer lo que piensan los clientes habrá que utilizar diferentes instrumentos cualitativos y cuantitativos: Entrevistas, grupos focales, encuestas, comparación de determinados atributos con la satisfacción generada en clientes actuales y potenciales, etc. En cuanto a requerimientos de negocio y de mercado habrá que identificar los factores que han planteado la necesidad o conveniencia de cambios radicales, como costes, productividad, tecnologías disponibles, competencias del personal, alianzas posibles, etc.

Ello se completaría con la debida integración y clasificación de los diferentes requerimientos contemplados.

No obstante, la innovación radical no supone partir de cero. Es necesario igualmente comprender el proceso actual tal como está funcionando, y por ello, habría que agotar el análisis del proceso "bajo control", o sea, disponiendo del diagrama de flujo e indicadores de resultados.

Etapa de análisis

Hay que tener la precaución de no supeditarse a determinadas ideas de soluciones que flotan en algunas cabezas. Por tanto, hay que empezar con la mente muy abierta y

sin ideas preconcebidas. Las nuevas tecnologías y en especial las de la información pueden ser de gran ayuda, pero no debieran condicionar en exceso; No dejan de ser instrumentos para optimizar la aplicación de determinadas líneas de actuación y de soluciones.

Los instrumentos que pueden aplicarse en esta etapa son múltiples. Unos son más convencionales, como: Identificar desconexiones en el proceso actual o posibles simplificaciones a partir del valor añadido en cada etapa, listas de conceptos e ideas para poder enfrentarse a los obstáculos detectados, etc. La técnica especialmente útil en esta etapa es el "Benchmarking" sistemático dentro y fuera del sector, aplicado a partir del conocimiento de lo que hacen los mejores competidores en el mercado y otros líderes en ámbitos con ciertas afinidades. No se trata de copiar lo que ellos hacen, sino de utilizarlos como elementos de reflexión y estímulo para descubrir en especial nuestras fortalezas y las debilidades de los mejores, que también las tienen. A partir de ellas habrían de poderse encontrar potenciales nichos de mercado en los que desarrollarnos y poder crecer paulatinamente.

Etapa de diseño del nuevo proceso

Tal como se expresa, habría que diseñar el proyecto de nuevo proceso, aunque al principio solo se trate de un esqueleto. No obstante, habría que trabajar con la idea de ponerlo bajo control, o sea cumpliendo los fundamentos expuestos en el sub apartado anterior. O sea, Redefinir la visión, valores y objetivos del nuevo proceso, designar a su propietario o responsable, realizar el nuevo diagrama de flujo identificando los nuevos requerimientos en los diferentes ámbitos; personal, tecnológicos, equipamientos, suministradores, etc. y finalmente establecer en los diferentes niveles jerárquicos las métricas de rendimiento, calidad y seguridad y salud en el trabajo, comentadas en anterioridad.

Etapa de implantación del nuevo proceso y seguimiento de resultados.

Una vez la dirección haya aprobado la puesta en marcha del nuevo proceso, habrían de desarrollarse pruebas piloto, que si ya fueron citadas como convenientes en la innovación gradual, aquí se convierten en imprescindibles. Con ellas adquiriremos la experiencia que aun no tenemos para saber enfrentarnos a los obstáculos que surgirán, y que en lo posible habrían de ser identificados. Obviamente, son muy diversos y se derivan de factores que ya fueron desarrollados en la NTP 941, como: modelos mentales de las personas implicadas en el cambio no suficientemente abiertos, cultura de empresa limitante, falta de habilidades, falta de una visión compartida, escasez de recursos, etc. Por ello, el plan de acción para la implantación del nuevo diseño de proceso habría de tomar conciencia y enfrentarse a ellos con la estrategia y el procedimiento de actuación necesario. También habría que considerar y registrar información de: Procedimientos documentales u otros documentos necesarios, métricas a emplear, cambios en la estructura y en las propias unidades funcionales, mecanismos de comunicación, mecanismos para minimizar el impacto de los obstáculos y barreras ya identificadas, y finalmente, estrategia para la puesta en marcha del nuevo proceso y la eliminación del antiguo. De todos estas aspectos, como en todo plan, habrá que definir: ¿Qué se ha de hacer?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? y ¿Quién?

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

CAÑEQUE, H.
Alta creatividad. Guía teórico-práctica para producir la innovación y el cambio.
Ed. Pearson, Buenos Aires, 2008

DE BONO, E.
El pensamiento creativo.
Paidós. Barcelona, 1995

GROSSMAN, STEPHEN R. y otros
Innovation. Unlocking creativity in the workplace.
Wordware publishing. Piano, 1988

LUECKE, R.
Desarrollar la innovación y la creatividad.
Ediciones Deusto. Barcelona, 2004

ORDOÑEZ, R.
Cambio, creatividad e innovación.
Ediciones Granica. Buenos Aires, 2010

ROURE, JUAN y otros
La gestión por procesos.
Ed. Folio. Barcelona, 1997

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
NTP 911-913: Productividad y condiciones de trabajo
INSHT. Colección de Notas Técnicas de Prevención.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

944

Intervención psicosocial en prevención de riesgos laborales: principios comunes (I)

Psychosocial intervention in oocupational risk prevention: common principles (I)
Intervention psychosocial en prévention des risques au travail: principes communs (I)

Redactora

Sofía Vega Martínez
Licenciada en Psicología

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

La presente Nota Técnica continúa la serie iniciada con la 860, destinada a recopilar recomendaciones prácticas a la hora de hacer intervención psicosocial en las organizaciones. Por razones de espacio, se ha dividido en dos partes, incluyéndose en esta primera la bibliografía común de referencia, así como un cuadro resumen de contenidos.

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 1056.

1. INTRODUCCIÓN

Tanto en la literatura científica sobre evaluación de las intervenciones psicosociales como en las recopilaciones de buenas prácticas y estudios de casos, se identifican una serie de elementos que suelen estar presentes en los programas de intervención exitosos. Estos elementos, con pequeñas variaciones o matices, se repiten en la mayoría de documentos, de lo que se deduce su grado de consistencia a la hora de explicar los requisitos recomendables para actuar sobre los riesgos psicosociales.

Se trata de condiciones necesarias pero no suficientes; es decir, su presencia no garantiza mecánicamente el éxito de una intervención psicosocial, pero sí aumenta sus probabilidades. Por tanto, suponen un referente útil a la hora de diseñar intervenciones, un marco de trabajo basado en la investigación y el análisis de la realidad que puede guiar la actuación de los distintos agentes y facilitar la puesta en marcha de este tipo de programas.

La Agencia Europea de Seguridad y Salud en el Trabajo, la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Trabajo, la Organización Internacional del Trabajo, entre otras, han recopilado y revisado casos prácticos y factores de éxito en este terreno. Sin ánimo de exhaustividad, a partir de las recomendaciones de diversas entidades y autores (ver bibliografía), se presenta un conjunto de requisitos básicos útiles a la hora de diseñar e implementar intervenciones psicosociales en una organización. En latabla 1 se resumen los contenidos expuestos a lo largo de esta NTP y la siguiente.

2. TRATAR LOS RIESGOS PSICOSOCIALES COMO A LOS DEMÁS RIESGOS

Con cierta frecuencia el discurso sobre los riesgos psicosociales en el ámbito laboral ha girado entorno a dos elementos: la vulnerabilidad individual y las exposiciones extralaborales. Se impregna así el contexto en que los agentes de la prevención desarrollan su labor, colocando el foco de atención y actuación más sobre las personas que sobre las organizaciones.

No se niega la existencia de este tipo de problemas, pero se presenta como enormemente complejo su abordaje desde el ámbito de la prevención de riesgos laborales. Se emplean enfoques más propios de la clínica o de los recursos humanos que de la salud laboral, se confunden causas con consecuencias, se utilizan instrumentos que no evalúan las condiciones de trabajo o no lo hacen correctamente, se actúa sobre los comportamientos individuales y no sobre las condiciones organizativas, se intenta disminuir los síntomas pero no los factores de riesgo laboral.

Normalizar, seguir los principios de acción preventiva

Parece necesario remitirse de nuevo a las definiciones y marco conceptual de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, por más que pueda resultar redundante. Un factor de riesgo es aquél que incrementa la probabilidad de que ocurra un daño, patología, enfermedad o lesión. Ello implica que no es necesario que el factor esté presente para que se produzca el efecto, y también que la consecuencia puede producirse en ausencia de dicho factor. La falta de autonomía para tomar decisiones en el trabajo ha demostrado ser un factor potente a la hora de predecir riesgo de estrés y enfermedades derivadas. Sin embargo, ocupar un puesto que dispone de autonomía no equivale a estar blindado contra el estrés. Tampoco todas las personas sometidas a una exposición prolongada e intensa al estrés tienen, necesariamente, carencias en la capacidad de decisión.

Las dificultades que pueda suponer el abordaje preventivo del riesgo psicosocial serían comparables a las que implica el de los agentes químicos. Por ejemplo, los

Recomendaciones		A tener en cuenta
Tratar a los riesgos psicosociales como a los demás riesgos, normalizarlos.	Integrar la prevención psicosocial.	• La evaluación psicosocial no es, en sí misma, una intervención ni resuelve la exposición a los riesgos. • Buscar consenso sobre la necesidad de actuar preventivamente (entre dirección, trabajadores/representantes, SP). • Incluir la intervención psicosocial en los procedimientos preventivos de la empresa, introducirla en la actualización del Plan de prevención. • Introducir procedimientos que garanticen ciertas condiciones psicosociales de trabajo (recoger medidas preventivas en la negociación colectiva, implantar códigos de buenas prácticas, etc.). • Asignar papel a las distintas áreas de la estructura en la definición/aplicación/seguimiento de medidas.
	Seguir los principios de acción preventiva.	• Evitar enfoques exclusivamente clínicos o de recursos humanos. • Priorizar las medidas de prevención en origen, actuar sobre las condiciones de trabajo (básicamente organizativas) que generan la exposición a riesgo psicosocial. • Aplicar acciones de protección y/o terapéuticas como complemento de las anteriores. • No utilizar la ausencia de evaluación psicosocial como disculpa para la inacción: a veces con la identificación es suficiente.
El proceso es tan importante o más que el resultado.	Partir de situaciones reales, buscar soluciones específicas.	• Utilizar instrumentos de evaluación psicosocial válidos y fiables, adecuados para los objetivos y población. • Debe haber equilibrio entre los objetivos de salud laboral y los de otro tipo, si existen. • Evitar la utilización de soluciones estándar, “de manual”. • Buscar acciones preventivas “a medida”, construidas/adaptadas entre todos los agentes implicados en la problemática (trabajadores, dirección, SP, etc.).
	Diseñar estrategias a largo plazo, planificar.	• Acuerdo por escrito con dirección donde se comprometa a estudiar y aplicar medidas una vez finalizada la evaluación psicosocial de riesgos. • Establecer prioridades operativas. No pretender actuar a la vez sobre todos los problemas. • Definir objetivos sencillos, específicos, que inspiren un indicador para medir su consecución. • Evitar las acciones aisladas, superficiales, descontextualizadas y/o improvisadas. • Consensuar, asignar y respetar plazos razonables. No dilatar la aplicación de medidas. • Identificar “grupos diana”, en especial para aplicar cambios organizativos. • Hacer visible la intervención en el conjunto de la organización: Ir aplicando las medidas sencillas y rápidas mientras se estudian las medidas más complejas.
		• Prever los recursos económicos y humanos necesarios. • Prever tiempo para asistir a reuniones, grupos de discusión, GT, responder cuestionarios, asistir a entrevistas (liberar carga de trabajo de trabajadores y mandos, buscar sustitutos, etc.). • Prever tiempo de los TP para dedicar a este proceso, liberándoles de carga de trabajo adicional (tareas administrativas, reconocimientos, visitas seguridad, etc.).
		• Evaluar formalmente la intervención, tanto su resultado, como el propio proceso. • Ir definiendo indicadores (cuantitativos y cualitativos) a medida que se establecen los objetivos de la intervención. • Pensar en herramientas para la evaluación a corto, medio y largo plazo. • Establecer mecanismos de seguimiento de las acciones planificadas; implicar a los agentes más adecuados para que el seguimiento resulte eficaz y no solo aparente.
	Implicar, establecer procesos de participación activa.	• Evitar la participación “ficticia”, las modalidades rápidas y poco comprometidas (a veces sí, pero otras no; sólo comunicando decisiones ya tomadas, etc.). • Cuidar todo aquello que proporcione confianza, credibilidad y transparencia. • Elegir quiénes son “agentes clave” en el proceso de intervención en ese momento y organización concretos. Como mínimo: dirección-RRHH, mandos intermedios, SP, DP, trabajadores. • Establecer mecanismos de participación específicos (no basta con una reunión trimestral del CSS). Se recomienda la creación de un GT para liderar/conducir el proceso de la intervención. Se reunirá siempre en horario de trabajo. • Perfil de los componentes del GT: Personas que crean en el proceso en marcha; que generen respeto, credibilidad y confianza en la plantilla; dialogantes, que sepan comunicar y escuchar. • GT: Debe dotarse de sus propias reglas de funcionamiento, que ayuden a buscar la confluencia de intereses entre los distintos agentes. Deben evitarse los conflictos ajenos a lo psicosocial. • Realizar, si fuera necesario, una fase previa de información-formación sobre riesgos psicosociales y/o funcionamiento en grupos de trabajo. • Dar relevancia a la presentación de resultados de la evaluación: Visualizar compromiso colectivo, conseguir implicación y credibilidad de trabajadores y dirección, recoger propuestas de acciones. • El cómo, qué, cuándo, quiénes y a quién de la presentación de esos resultados deberían ser objeto de consenso, ya que es un momento clave del proceso.

Siglas empleadas: CSS: Comité de Seguridad y Salud; DP: Delegados de Prevención; GT: Grupo de Trabajo; RRHH: Recursos Humanos; SP: Servicio de Prevención; TP: Técnico de Prevención

Tabla 1. Resumen de recomendaciones para una intervención psicosocial

límites de exposición profesional (LEP) que se emplean en higiene industrial son herramientas de gran utilidad preventiva, pero también con limitaciones técnicas evidentes, conocidas y asumidas por los profesionales. No constituyen una barrera definida de separación entre situaciones seguras y peligrosas. Debido a la amplitud de respuestas individuales posibles, son valores de referencia que protegen a la mayoría de la población laboral, pero no a la totalidad. Se establecen a partir de los conocimientos disponibles en ese momento. Son revisados periódicamente en función de los cambios que se vayan produciendo tanto en las condiciones de trabajo, como en los conocimientos científicos o en el marco legal.

Partiendo de esta realidad -los riesgos laborales, que son nuestra "materia prima"-, el enfoque preventivo se basa en una secuencia de acciones concreta: identificar el riesgo, evaluarlo cuando no sea totalmente evitable, intervenir intentando eliminar o reducir la exposición, hacer seguimiento evaluando la eficacia de la intervención, y reajustar lo que sea necesario. Y todo esto constituye un proceso de "mejora continua", común a cualquier tipo de riesgo, e inspirado en los principios de acción preventiva enunciados en el art. 15 de la Ley de Prevención.

Aplicar este esquema preventivo a los riesgos psicosociales implica "normalizarlos", tratarlos igual que a los higiénicos o los ergonómicos, despojándolos de la visión terapéutica (intentamos prevenir riesgos, no enfermedades). También implica liberar a los riesgos psicosociales de una cierta carga de esoterismo, intencionado o no, que aún pervive.

Aplicar este esquema preventivo nos recuerda, y obliga, a algo muy simple pero vital: que se evalúa para actuar, no para acumular datos, ni para aparentar interés por algo que, en el fondo, no se quiere abordar. La Agencia Europea lo resume en esta frase *Una organización no debería comenzar nunca un estudio de las condiciones de trabajo sin que exista la clara intención de tomar medidas en caso de que los resultados así lo aconsejen*. Podríamos añadir que tampoco debería pretender que los resultados del estudio se acomoden a unas intenciones establecidas de antemano.

También son cada vez más frecuentes iniciativas ubicadas en contextos no directamente provenientes de la prevención de riesgos laborales, como la conciliación de la vida familiar y laboral, la responsabilidad social corporativa, la promoción de la salud, etc. que a menudo implican, de hecho, actuar sobre ciertas condiciones psicosociales. Debe valorarse en cada caso si estos programas son congruentes con el enfoque de la salud laboral, y no considerarse automáticamente como buenas prácticas de intervención psicosocial.

Es importante hacer la evaluación de riesgos psicosociales, pero carecer de ella no es disculpa para no actuar en absoluto sobre ese tipo de riesgos. En ocasiones, una mera identificación del riesgo puede proporcionar suficiente información para pasar a la propuesta y discusión de medidas preventivas que permitan eliminar el riesgo. Cuando una necesidad puntual de intervenir se detecte o surja en otros campos distintos al psicosocial o al de la salud laboral, esa puede ser una buena ocasión para plantearse la evaluación psicosocial y las actuaciones que la siguen.

Integrar la prevención psicosocial

Muchas de las acciones preventivas que puede incluir una intervención psicosocial son imposibles sin la colaboración e implicación de diferentes áreas de la estructura de la empresa. El Servicio de Prevención (SP) está lejos de ser quien puede poner en marcha esas iniciativas, especialmente las que suponen cambios organizativos que actúen sobre el origen de la exposición a los riesgos.

Para que las medidas sean sostenibles, debe haber una evaluación continua de la intervención (tanto de sus resultados, como de su propio proceso, como se expone más adelante) y las actividades preventivas deben incorporarse en la gestión regular de la empresa, como parte del sistema de gestión de las condiciones de trabajo. También es recomendable introducir procedimientos que garanticen determinadas condiciones psicosociales (por ejemplo, códigos de buenas prácticas, inclusión de medidas en la negociación colectiva).

El apoyo sostenido de la alta dirección no se limita al proceso de la intervención psicosocial en sí mismo, sino también a incorporar la prevención psicosocial en la gestión cotidiana de la empresa, a menudo como una tarea que afecta directamente a los supervisores y mandos intermedios. Como planteaba la Comisión Europea hace ya más de una década (ver tabla 2), las actividades esporádicas y aisladas son la antítesis de una intervención psicosocial de calidad.

- Enfoque centrado en la respuesta individual y/o en la terapia: modificar la respuesta al estrés, o tratar la enfermedad resultante.
- Falta de ambición de los programas: medidas aisladas, superficiales, de corta duración, no contextuales.
- Programas implantados de arriba abajo y/o sin la implicación activa de los distintos agentes.

Tabla 2. Carencias habituales de los programas de actuación frente al estrés (Fuente: adaptado de la Comisión Europea, 2000)

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.
Cómo abordar los problemas psicosociales y reducir el estrés relacionado con el trabajo.
Luxemburgo: EU-OSHA, 2003. Accesible en: http://osha.europa.eu/es/publications/reports/309

COMISIÓN EUROPEA.
Guía sobre el estrés relacionado con el trabajo. ¿La sal de la vida o el beso de la muerte?.
Luxemburgo. Comisión Europea, Empleo y Asuntos Sociales. 2000.
Accesible en: http://www.ucm.es/info/seas/estres_lab/informes/Informe%20europeo%20Estres%20Laboral.pdf

HOUTMAN, I.
Work-related stress.
European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2007.
Accesible en: http://www.eurofound.europa.eu/ewco/reports/TN0502TR01/TN0502TR01.pdf

JORDAN, J., GURR, E., TINLINE, G., GIGA, S., FARAGHER, B., COOPER, C.
Beacons of excellence in stress prevention. Research Report 133.
Health and Safety Executive, 2003. Accesible en: http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr133.pdf

KARASEK, R.
Prevención del estrés mediante la reorganización del trabajo: Resumen de 19 estudios de casos prácticos internacionales. En: OIT. La prevención del estrés en el trabajo. Condiciones de Trabajo 8. Madrid: INSHT, 1996, p. 43-69.
Tit. original: *Preventing stress at work. Conditions of work digest, 1992, vol. 11, nº 2.*

KOMPIER, M., COOPER, C., GEURTS, S.
A multiple case study approach to work stress prevention in Europe.
European Journal of Work and Organizational Psychology 2000, vol. 9, nº 3, p. 371-400.

LAMONTAGNE, A.D., KEEGEL, T., LOUIE, A.M., OSTRY, A., LANDSBERGIS, PA.
A systematic review of the job-stress intervention evaluation literature, 1990-2005.
Int J Occup Environ Health 2007, vol 13, p. 258-280.

LANDSBERGIS, P., SILVERMAN, B., BARRETT, C., SCHNALL, PL.
Comités sindicales sobre el estrés y reducción del estrés en los administrativos y obreros de los Estados Unidos.
En: OIT. La prevención del estrés en el trabajo. Condiciones de Trabajo 8.
Madrid: INSHT, 1996, p. 201-212. Tit. original: Preventing stress at work. Conditions of work digest, 1992, vol 11, nº 2.

LEKA, S., COX, T. (eds.).
PRIMA-EF Guidance on the european framework for psychosocial risk management. A resource for employers and worker representatives.
Work Health Organization, 2008. Accesible en : http://prima-ef.org/guide.aspx

LLORENS, C. Y OTROS.
Exposición a los riesgos psicosociales y prácticas empresariales de gestión de la mano de obra. Una aproximación. En: V Foro ISTAS de Salud Laboral. Organización del trabajo, Factores Psicosociales y Salud. Experiencias de prevención.
Barcelona: ISTAS, 2007, p. 46-55. Accesible en: http://istas.net/web/abreenlace.asp?idenlace=5865

MONCADA, S., LLORENS, C.
Factores psicosociales. En: Ruiz-Frutos C, Benavides FG, Delclòs J, García AM. Salud Laboral.
Barcelona: Masson, 2007, p. 397-406.

NOGAREDA, C. Y OTROS.
Psicosociología del trabajo.
Barcelona: INSHT, 2006.

VEGA, S. Y OTROS.
Experiencias en intervención psicosocial. Más allá de la evaluación del riesgo.
Barcelona: INSHT, 2009.
Accesible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Instituto/Noticias/Noticias_INSHT/2009/ficheros/Libro%20Experienc

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

945

Intervención psicosocial en prevención de riesgos laborales: principios comunes (II)

Psychosocial intervention in oocupational risk prevention: common principles (II)
Intervention psychosocial en prévention des risques au travail: principes communs (II)

Redactora

Sofía Vega Martínez
Licenciada en Psicología

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

La presente Nota Técnica y la anterior continúan la serie iniciada con la 860, destinada a recopilar recomendaciones prácticas a la hora de hacer intervención psicosocial en las organizaciones. En esta segunda parte se incluyen pautas relativas a las variables de proceso.

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 1056.

1. EL PROCESO ES TAN IMPORTANTE, O MÁS, QUE EL RESULTADO

Algunos autores, cuando describen factores de éxito en el terreno de la intervención psicosocial, hablan de variables de contenido y variables de proceso. Ello da una idea de lo importante que resulta en este ámbito preocuparse del *cómo*, y no sólo del qué.

El procedimiento, "las formas", pasan a ser parte de la solución, o pueden serlo de nuevos problemas. La fórmula técnicamente más idónea puede resultar un auténtico fracaso si la manera de aplicarla no es la adecuada, o si responde a unos objetivos no relacionados en absoluto con la salud. Por ejemplo, la creación de grupos semiautónomos para mejorar la autonomía y el apoyo social de los trabajadores puede generar, si se aplican sin unas condiciones adecuadas, competitividad entre compañeros o sobrecarga de trabajo, lo que estaría empeorando la exposición a factores de riesgo psicosocial.

Las actuaciones deben realizarse con consenso, y con participación activa de todos los agentes en cada una de las etapas de la intervención. Especialmente cuando ésta consista en un cambio organizativo, Karasek afirmaba que, *dada la dificultad del objetivo, es muy importante que el programa de intervención dedique buena parte de sus esfuerzos y recursos al propio proceso de cambio que se pretende poner en marcha*.

A continuación se desarrollan diversas pautas relativas a las denominadas variables de proceso (ver tabla 1)

Partir de situaciones reales, buscar soluciones específicas

La primera condición requerida es que la intervención se base en necesidades reales. Eso conlleva un adecuado análisis de los riesgos, utilizando herramientas y procedimientos rigurosos. Deben evitarse intervenciones unilaterales, que no contengan objetivos de salud y bienestar. Es evidente que actuar sobre las condiciones psicosociales puede tener también otros objetivos estratégicos para la empresa relacionados, por ejemplo, con la ampliación de un servicio, la adaptación a un cambio tecnológico, la introducción de un sistema de calidad total, la mejora de la imagen corporativa, o la diversificación de la producción. Pero debe haber un equilibrio entre unos y otros, entre los objetivos de salud y el resto, y un grado de consenso suficiente sobre la necesidad de actuar.

Las soluciones no siempre están fuera; es más, casi nunca están fuera, a juzgar por los estudios de casos que conocemos. Las recomendaciones en este punto hablan

• Partir de situaciones reales, buscar soluciones específicas	
• Diseñar estrategias a largo plazo, planificar.	Establecer objetivos y grupos diana.
	Prever los recursos necesarios.
	Evaluar la intervención.
• Implicar, establecer procesos de participación activa.	Algo más que dar información.
	Quiénes tienen algo que decir.
	Mecanismos de participación.

Tabla 1. Factores de éxito en intervención psicosocial: Variables de proceso

de usar los recursos del propio contexto, combinadamente con recursos externos. De emplear la pericia de trabajadores y mandos para analizar el problema y desarrollar soluciones adecuadas. De evitar la utilización aleatoria de intervenciones "prefabricadas".

No existe el *vademécum* de la intervención psicosocial que describa el tipo de programas indicados en cada situación. Bien al contrario, revisiones exhaustivas de estudios de intervención encuentran especialmente significativas aquellas experiencias que adoptan un enfoque integral, incluyendo métodos específicos para la situación identificados promoviendo un proceso participativo que implica a trabajadores de todos los niveles de la organización, que generan una cultura de "mejora continua" de la propia intervención (revisión, análisis, corrección, etc), independientemente de que los resultados sean o no exactamente los esperados.

Hay unas pautas de intervención, provenientes de los principales modelos teóricos, y las recomendaciones que pueden extraerse del análisis riguroso de las experiencias y buenas prácticas en empresas reales. Pero a partir de esas líneas generales cada situación, cada contexto, requiere una intervención "a medida", con soluciones específicas que se construyen entre todos los agentes implicados.

Diseñar estrategias a largo plazo, planificar

Debe tenerse claro que la intervención psicosocial es, en general, un proceso a largo plazo. Los cambios duraderos, los efectos consolidados a nivel organizacional, no se logran con actuaciones improvisadas, aisladas y poco duraderas, ni actuando sólo sobre las personas. Se requiere un enfoque global y sistemático, que favorezca las intervenciones a nivel primario: las que actúan sobre los estresores de tipo organizativo.

Apostar por estrategias de intervención a largo plazo, implica establecer programas bien planificados, definir objetivos secuenciados, proveer los recursos necesarios (económicos, pero también humanos y temporales), asignar responsabilidades entre los distintos agentes, delegar tareas, identificar indicadores que permitan evaluar la eficacia de las acciones desarrolladas, y hacer seguimiento de ellas.

Frente a la inmovilidad que puede provocar la lista de necesidades identificada en una evaluación de riesgos, hay que ser consciente de que no es posible solucionarlo todo a la vez y, por tanto, que es necesario abordar los problemas de manera ordenada, estableciendo prioridades, paso a paso. Además de criterios cuantitativos como la prevalencia de exposición o el tiempo de exposición, para el establecimiento de prioridades es útil tener en cuenta también criterios cualitativos como el grado de conocimiento sobre las causas y las soluciones de un problema, la existencia de medios propios para modificar una exposición, o el coste temporal de la solución.

A menudo este es un momento del proceso de evaluación - intervención donde surgen atascos y dilaciones que ocasionan, incluso el abandono. Es recomendable recoger por escrito el compromiso de la dirección de estudiar y aplicar medidas preventivas concretas una vez finalizada la evaluación psicosocial, así como un plazo razonable para hacerlo.

Conviene formalizar la actuación y hacerla operativa, y para ello es necesario planificar. Se trata, ni más ni menos, que de concretar las propuestas de medidas en términos operativos y de forma secuenciada, para ir ganando tiempo, aplicando las actuaciones que estén claras (porque existe ya suficiente información y consenso sobre ellas), mientras se estudian otras propuestas más complejas.

Establecer objetivos y grupos diana

Las dinámicas de cambio que requiere una intervención psicosocial implican tiempo y energías dentro de la organización, por lo que es importante secuenciar objetivos, obtener los recursos necesarios, y evitar la inacción que provoca ser demasiado ambicioso o excesivamente generalista.

Deben definirse unos objetivos concretos, congruentes con los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos. Puede resultar operativo agruparlos según el plazo de tiempo que se les asigna (objetivos a corto, medio y largo plazo). Cuanto menos específicos sean los objetivos, mayores dificultades existirán para su evaluación posterior. Cada uno de ellos se materializará en una o varias acciones específicas objeto de planificación.

Así mismo, se determinará la población diana, común o diferente para los distintos objetivos de la intervención. Puede haber intervenciones "micro", aplicadas en grupos reducidos, que se han identificado como prioritarios tras el diagnóstico de la situación (evaluación psicosocial, resultados colectivos de vigilancia de la salud, etc.). También ocurre a menudo que, para solucionar un problema detectado en un colectivo, se interviene sobre otro diferente; por ejemplo, para mejorar la falta de autonomía de los trabajadores de una sección podría diseñarse formación en técnicas de liderazgo dirigida a los mandos intermedios.

Cuando la intervención implica cambios organizativos, éstos suelen aplicarse primero en "grupos piloto", colectivos o unidades pequeños, que cumplan los requisitos más favorables. Y ¿cuáles son esos requisitos ideales? Pues la respuesta dependerá del tipo de acción que se quiera desarrollar, pero una buena guía sería que reúnan la mayor cantidad posible de elementos que se han identificado como útiles: predisposición, no conflictividad, grupo cohesionado, con presencia de agentes clave involucrados en el proceso (representantes de los trabajadores, mandos intermedios…), que presenten una necesidad real de intervención, etc. Parece recomendable que la decisión sobre cuál/es sería ese colectivo sea consensuada, y no unilateral por parte de la dirección.

Trabajar con un grupo más reducido permite hacer un estrecho seguimiento de la intervención, ajustar sobre la marcha las acciones necesarias y adquirir el rodaje y confianza necesarios para extender/adaptar la acción, por ejemplo, al resto de la plantilla. También permite que se visualicen los resultados, lo que constituye un elemento de refuerzo cara a extender la experiencia, tanto para los agentes involucrados en la implementación de las medidas, como para el resto de la organización.

Prever los recursos necesarios

Los principales recursos necesarios en una intervención psicosocial con frecuencia son los temporales y los humanos, ambos estrechamente vinculados a la participación de los distintos agentes en la organización. Por supuesto, también hay que contar con recursos económicos, sobre los que vale la pena hacer una reflexión.

Es frecuente que las empresas que hacen intervención psicosocial no dispongan de un presupuesto concreto para ello, e incluso que no hagan una valoración

cuantitativa del coste de la intervención, ni en términos reales ni estimativos. Este tipo de actividades continúan viéndose como un gasto y no como una inversión, en la medida que no suelen proporcionar resultados inmediatos ni tangibles.

Los expertos en valoración de intangibles identifican como una primera dificultad el hecho de que los costes de la actividad preventiva son cuantificables, mientras que los ahorros o costes de la no-prevención son difíciles de identificar con claridad. Aunque en el área psicosocial aún no hemos llegado al punto de afrontar este asunto, parece razonable que la actividad de prevención, como inversión intangible, se cuantifique aplicando la metodología económica desarrollada para la gestión y medición de otros activos no tangibles como el I+D, la formación o la publicidad. En ese sentido, una intervención psicosocial podría evaluarse económicamente calculando el gasto/ahorro que producen los resultados en términos de absentismo médico, pérdidas de productividad o calidad, sanciones administrativas o de otro tipo por incumplimientos, deterioro de la imagen corporativa, etc. Pueden encontrarse algunos ejemplos de este tipo en la recopilación de intervenciones psicosociales de Lamontagne et al. (2007) que aparece en la bibliografía de la primera parte de esta NTP.

Evaluar la intervención

La evaluación debería formar parte de la planificación de la intervención desde el principio, para poder ir valorando el proceso sobre la marcha y adoptando ajustes y correcciones, si son necesarios (ver tabla 2). En cuanto a la evaluación de los resultados y la eficacia de las medidas adoptadas, debe realizarse no sólo a corto plazo, sino también a medio-largo plazo, ya que el mantenimiento de los efectos en el tiempo es uno de los aspectos más cuestionados y aún en lid en la literatura sobre prevención psicosocial.

QUÉ	CUÁNDO	CÓMO
Resultados	A corto plazo	Indicadores cualitativos
Proceso	A medio-largo plazo	Indicadores cuantitativos

Tabla 2. Evaluar la intervención

Deben elegirse unos indicadores predefinidos, que pueden ser cuantitativos o cualitativos, y también hay que estar atentos a posibles indicadores espontáneos, que surgen a lo largo del proceso de intervención. Entre los habitualmente empleados para evaluar **resultados** están la dismunición de la exposición a los riesgos, medida a través de la evaluación psicosocial; las tasas de incapacidad temporal, registros propios de la vigilancia de la salud; el índice de rotación de puestos o del número de incidencias en la producción o el servicio. En cuanto a la evaluación del **proceso**, puede utilizarse el índice de participación/usuarios de determinados programas o actividades voluntarios, o el cumplimiento del *planning* establecido. También las opiniones de los agentes más directamente implicados en la intervención, recogidos mediante actas de reuniones, cuestionarios de satisfacción, análisis de grupos de discusión, etc.

Implicar, establecer procesos de participación activa

Esta es una de las recomendaciones más reiteradas en intervención psicosocial y también una de las que menos se practican. Todo el mundo habla de participación pero ésta puede ser de muy diversos tipos (la mera información, la consulta, la codecisión…), y no todos son igual de eficaces. En demasiadas ocasiones se opta por modalidades rápidas y poco comprometidas que, desde el punto de vista técnico –psicosocial, son las menos convenientes. Está asumido que no se pueden evaluar los riesgos psicosociales sin recoger información de los trabajadores, bien sea mediante cuestionarios o utilizando técnicas cualitativas. Pero todo lo que viene a partir de ahí a menudo se convierte en monopolio de "los expertos" (técnicos de prevención y asesores varios), relegando la presencia de los trabajadores a un papel de receptores pasivos, tanto de la información sobre todo el proceso, como de las medidas que finalmente la empresa decida implementar. Sin embargo, una de las recomendaciones en que más entidades y organismos especializados coinciden como factor de éxito de una intervención psicosocial es la de reconocer a los trabajadores como verdaderos expertos. En palabras de la Comisión Europea, *el método "sabemos lo que es bueno para usted, haga lo que le decimos y todo irá bien" no suele funcionar con adultos que conocen su situación mejor que cualquier asesor externo.*

Algo más que dar información

Participación activa implica aportar datos, hacer propuestas, ser consultado y escuchado, tener capacidad de llegar a acuerdos, recibir explicaciones y argumentos cuando las aportaciones propias son desestimadas. Y hacerlo en todas y cada una de las fases de un programa de actuación psicosocial, es decir: la identificación y el análisis de los problemas, pero también la priorización, la propuesta, discusión y diseño de las medidas, su implementación y su seguimiento. Participar en el análisis de las causas de los problemas y discutir sobre cómo resolverlos favorece la implicación y el compromiso en la aplicación de las medidas preventivas. Por tanto, cualquier empresa que quiera realmente actuar sobre el ámbito psicosocial deberá garantizar la participación activa de las personas correspondientes en estas tareas y etapas, para incrementar el grado de adecuación y compromiso con las decisiones que se tomen, y aumentar así las probabilidades de éxito de la intervención.

Por supuesto, estamos hablando de una implicación creible y en positivo, no de buscar la implicación justa –la estrictamente imprescindible- para evitar el rechazo. Un ejemplo: intentar "meterse en el bolsillo" al comité de empresa para que no se convierta en elemento disonante de una intervención no es exactamente lo mismo que propiciar un proceso real de participación colectiva. Hay que ir más allá. Otro ejemplo: un proceso de reorganización de tareas administrativas en un centro de trabajo será tanto más eficaz en la medida que las personas que desarrollan ese tipo de tareas intervengan en el análisis y diseño del cambio; por supuesto, lo harán acompañadas y asesoradas por jefes, técnicos, etc, pero sin su participación activa y consenso es difícil que el proceso sea exitoso, por más que la dirección haya comunicado a los representantes de los trabajadores sus intenciones. En este sentido, en la recopilación de casos prácticos encargada por la Organización Internacional del Trabajo

OIT (ver bibliografía), se identificaba algunas ideas clave, como que *es un obstáculo para los programas de prevención del estrés/reorganización del trabajo que la dirección ostente el control constante del diálogo*; o que es deseable un *compromiso de la empresa en cuanto a asumir los riesgos de renunciar a parte de su control sobre la organización del trabajo.*

Quiénes tienen algo que decir

Además de la calidad de la participación, el otro elemento importante a tener en cuenta son los agentes a los que afecta. Los trabajadores y/o sus representantes, la dirección, y la estructura de la empresa son personajes relevantes en cualquier programa de actuación sobre los riesgos psicosociales, además de los propios asesores técnicos en prevención. Es evidente que la alta **dirección** debe estar convencida e implicada y eso va más allá de, por ejemplo, difundir un escrito a toda la plantilla solicitando su colaboración en la aplicación de un cuestionario, o recibir información puntual de cómo va el proceso hasta que llegue el momento de tomar decisiones. Su participación activa, directa o a través de sus representantes, en todas y cada una de las fases de la intervención sería la forma ideal. Su papel es decisivo, además, en la medida que las intervenciones psicosociales que actúan sobre el origen de la exposición implican cambios que difícilmente podrían ser liderados desde la salud laboral.

Como afirma la Agencia Europea, la dirección, el personal y otros agentes representan a menudo motivaciones e intereses distintos, y es importante dedicar esfuerzos a encontrar un compromiso de intereses coincidentes o paralelos, que deberían constituir la base de la cooperación. Pocas empresas presentan el escenario "ideal" desde el comienzo, pero esa base para la cooperación supone un requisito necesario para que la intervención se desarrolle de la mejor manera. Por tanto, se convierte en un asunto al que conviene dedicar buena parte de la energía y el esfuerzo que supone desarrollar una intervención psicosocial.

Los *representantes de los trabajadores* aportan transparencia al proceso y generan confianza, lo que facilita la implicación de la plantilla. Pero no se les puede invitar a participar sólo cuando conviene (por ejemplo, cuando se está preparando la aplicación de un cuestionario), para después excluirles de otras fases del proceso (por ejemplo, la discusión sobre prioridades de actuación, o el diseño de medidas). Este tipo de maniobras son inequívocamente detectadas e interpretadas en clave de reticencia, convirtiéndose así en un elemento nada favorable para el éxito de una intervención.

Los *trabajadores* son los protagonistas de la propia acción preventiva. Numerosos autores y entidades identifican como factor de éxito *reconocer a los trabajadores como expertos*, puesto que aportan un conocimiento insustituible sobre el origen de la exposición a los riesgos y sobre la viabilidad de las posibles acciones preventivas para corregirlos. Hay unanimidad en que deben estar activamente implicados en el proceso de evaluación-intervención psicosocial, lo que incluye también la definición y concreción de las medidas preventivas a aplicar. Su participación formal debe ir más allá de responder a un cuestionario, y suelen ser la fuente esencial de propuestas preventivas concretas. Como se muestra en la tabla 2 de la NTP-944, las intervenciones psicosociales deben evitar caer en el frecuente error de contemplar a los trabajadores como meros destinatarios pasivos de unas medidas correctoras.

Los *mandos intermedios* son una figura a menudo poco cuidada en este tipo de intervenciones preventivas. Sin embargo, su papel es clave, como conector entre dirección y trabajadores, y también porque se convierten en responsables de la aplicación de muchas de las medidas. Suelen ser agentes determinantes, tanto en positivo como en negativo, en cualquier intervención organizativa, en la medida que buena parte de las actuaciones previstas pueden afectar o modificar su rol.

Actuaciones dirigidas a mejorar la autonomía de las personas, potenciar el trabajo cooperativo, mejorar el apoyo social, el reconocimiento, etc., pasan por cambios en su manera de ejercer el mando, a veces por su propia desaparición. Todo ello debe hacerse contemplando una adecuada adaptación de estos agentes y evitando desconfianzas. Si la estructura de la empresa no se integra y se reconoce en el proceso de intervención, por muy comprometidos que estén los trabajadores y la alta dirección, el programa tiene mayores probabilidades de fracasar.

Por último, en cualquier intervención psicosocial son siempre un interlocutor presente los *técnicos de prevención*, sean propios o externos a la empresa. Su función está definida por ley pero, además, conviene destacar algunas recomendaciones que aparecen en la literatura. Los técnicos de prevención no son los protagonistas, ni están en posesión de las soluciones. Son asesores neutrales que cuentan con un conocimiento técnico que deben poner a disposición de los actores principales dentro de la organización: dirección y trabajadores. Deben facilitar el diálogo entre empresa y trabajadores para que construyan las soluciones y lleguen a acuerdos sobre la forma de aplicarlas. ¿Cómo lo hacen?: aportando datos, proponiendo dinámicas de trabajo, motivando, ofreciendo herramientas adecuadas, generando un clima de confianza.

Obviamente, su posición en la organización, su experiencia, la confianza que hayan generado con otras actuaciones preventivas previas, el conocimiento de los diversos interlocutores en la empresa, etc., condicionan el ejercicio de su papel. Pero no deben caer en el error, a veces inducido por otros agentes, de asumir unilateralmente la detección y análisis de los problemas y la búsqueda y aplicación de soluciones. En intervención psicosocial, son factores de éxito inequívocos el análisis y la construcción colectiva de los problemas y las soluciones. Los remedios impuestos suelen resultar poco eficaces, por mucho que vengan de los expertos. Cuando una empresa actúa como si los riesgos psicosociales fueran "un asunto del servicio de prevención", las probabilidades de éxito de la intervención son escasas.

Mecanismos de participación

No existe una única modalidad posible para conjugar estos dos elementos: agentes intervinientes y nivel de participación. Pero la intervención debe preocuparse de establecer mecanismos de participación de los distintos agentes en cada fase del proceso (ver tabla 3). En la literatura sobre intervenciones psicosociales hay numerosas menciones a las bondades de los *grupos de trabajo*. Se afirma que el diagnóstico de los problemas en grupo supone un verdadero aprendizaje, que es recomendable crear grupos interdisciplinares compuestos por diversos agentes que aporten diferentes puntos de vista. Los grupos pueden ser creados *ad hoc* y para unos cometidos concretos, y adoptar diferentes denominaciones (grupos de trabajo, comisiones de trabajo, círculos de prevención

• **Nivel de participación:** participación de calidad, activa, a lo largo de todas las etapas del proceso, reconociendo a los trabajadores como expertos.
• **Agentes intervinientes**: dirección, trabajadores y sus representantes, mandos intermedios, SP.
• **Mecanismos**: crear un grupo de trabajo. Condiciones necesarias: personas adecuadas, tiempo y formación suficiente, clima de confianza y credibilidad.

Tabla 3. Elementos a tener en cuenta para potenciar la participación

psicosocial, etc.). También pueden tener carácter permanente, por ejemplo, una comisión de riesgos psicosociales dentro de un Comité de Seguridad y Salud (CSS) amplio, a la que asistan además otros agentes clave para la intervención. Independientemente de su duración, se recomienda diferenciarlos de órganos de debate y participación ya existentes (aunque compartan algunos de sus miembros), como el propio CSS, que cuentan con unas competencias y funcionamiento diferentes que conviene no confundir.

Hay algunas cuestiones importantes a tener en cuenta cuando se eligen los mecanismos de participación. Participar requiere tiempo, horas de trabajo dedicadas a otras tareas distintas de las habituales, y por tanto, trabajo habitual que se queda sin hacer. Participar también requiere compartir un lenguaje común, una cierta formación en el tema que nos ocupa (los riesgos psicosociales) y/o en las propias dinámicas colectivas de debate, toma de decisiones, etc. No todo el mundo está capacitado para integrarse con provecho en una dinámica grupal de la noche a la mañana, menos aún si la colaboración que la empresa le ha exigido durante años es la de ser mero ejecutor de órdenes de trabajo sin opción a plantear alternativa ninguna. Esto puede ocurrir, por ejemplo, con las personas que ocupan puestos de baja cualificación y escaso contenido, y por eso algunos autores recomiendan específicamente dedicar esfuerzos a crear un sentimiento de confianza en ese tipo de colectivos.

La falta de confianza también puede detectarse en cualquier otro colectivo ocupacional, estando relacionada sobre todo con experiencias anteriores en las que se hayan incumplido las expectativas generadas, los procedimientos hayan sido menos transparentes de lo deseable, etc. La literatura pone de manifiesto que en ciertas intervenciones organizativas iniciadas por la dirección pueden surgir incertidumbres que supongan un grave obstáculo, por ejemplo, que los empleados sospechen que la intervención conlleva un aumento o intensificación de la carga de trabajo, reducción de la mano de obra, o intentos de evitar la sindicalización. Crear un clima de confianza colectiva es, por tanto, condición necesaria para establecer mecanismos de participación eficaces.

Por último, también es importante que los agentes intervinientes en un grupo de trabajo sean elegidos con atención, buscando a personas representativas de cada colectivo y/o cada variable que resulte determinante en el análisis y modificación de la realidad psicosocial. Esto incluye, por ejemplo, personas de distintos turnos si es que existen turnos; personas con mucha antigüedad, pero también nuevas; trabajadores fijos, pero también con contratos temporales, etc.

En definitiva, para establecer dinámicas verdaderamente participativas en la intervención psicosocial, como los expertos recomiendan, debe ponerse atención en evitar ciertos obstáculos ya conocidos. Es aconsejable que haya una fase previa de enseñanza/aprendizaje para adquirir un conocimiento básico del tema, evitar tópicos y culpabilidades, y crear un lenguaje compartido. Debe preverse cómo se recupera el trabajo cotidiano que no podrán hacer las personas más involucradas en la intervención, evitando la sobrecarga o presión temporal extra sobre ellas mismas o sus compañeros. La modalidad o modalidades participativas que se determinen deberían desarrollarse dentro del horario establecido, para no excluir sistemáticamente a quienes no están disponibles más allá de la jornada laboral. Debe elegirse a las personas atendiendo a criterios básicos de representatividad, conocimiento, confianza y respeto de los compañeros, capacidad de comunicar. Deben detectarse las posibles incertidumbres que amenacen el proceso, y emplear todos los medios necesarios para construir un clima de confianza, no sólo al principio, sino durante todas las fases de la intervención.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

946

Máquinas: diseño de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad

Machinery: Design of safety-related parts of control systems
Machines: Conception des parties des systèmes de commande relatives à la sécurité

Redactores:

Fco. Javier Badiola Aldarondo
Ingeniero Industrial

Ibon Unzueta Estébanez
Ingeniero de Telecomunicaciones

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

En la presente Nota Técnica de Prevención se exponen los aspectos más importantes de la norma UNE EN ISO 13849-1:2008, trasposición de la norma armonizada de tipo B EN ISO 13849-1:2008 "Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño", que como tal, ofrece la presunción de conformidad con los requisitos esenciales referentes al sistema de mando de la nueva Directiva Máquinas 2006/42/CE. Dada su gran repercusión en las normas específicas de máquinas (normas de tipo C) y el carácter novedoso de sus contenidos, requiere una explicación detallada para su correcta aplicación, a lo que pretende contribuir esta nota técnica.

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

Las exigencias de productividad, flexibilidad, disponibilidad, etc. que se plantean a las máquinas hoy en día hacen que éstas incorporen soluciones cada vez más complejas y que dependan en mayor medida del sistema de mando. La seguridad no ha sido ajena a esta evolución y el número de funciones de seguridad que se confían al sistema de mando registra un aumento imparable.

En el año 1996 se publicó la norma europea armonizada EN 954-1:1996 "Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño" (después adoptada como norma nacional UNE-EN 954-1:1997 e internacional ISO 13849-1:1999), en apoyo de la Directiva Máquinas 98/37/CE, para orientar a los fabricantes de maquinaria durante el diseño de las partes del sistema de mando que desempeñan funciones de seguridad.

La creciente complejidad de los diseños de los sistemas de mando relativos a la seguridad obligó a revisar dicha norma, cuyos contenidos empezaban a ser insuficientes, y como resultado se publicó la versión EN ISO 13849-1:2006 y su correspondiente norma nacional UNE-EN ISO 13849-1:2007. Posteriormente la norma ha sufrido una serie de ligeras modificaciones para adaptarla a la nueva Directiva Máquinas 2006/42/CE y corregir algunos errores, plasmadas en la versión EN ISO 13849-1:2008 y su corrigendum AC 2009.

La norma EN 954-1:1996 ha coexistido con la versión EN ISO 13849-1:2006 hasta finales de 2011. A partir de 2012, se encuentra en vigor, únicamente, la versión EN ISO 13849-1:2008 (adoptada como norma nacional UNE-EN ISO 13849-1:2008).

La parte 1 de esta norma fue completada con una segunda parte EN ISO 13849-2:2003 "Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 2: Validación" (adoptada como norma nacional UNE-EN ISO 13849-2:2004), actualizada posteriormente como EN ISO 13849-2:2008 (adoptada como norma nacional UNE-EN ISO 13849-2:2008), que se refiere exclusivamente, como su propio nombre indica, a la etapa de validación del proceso de diseño esbozado en la parte 1.

La presente nota técnica explica el proceso de diseño de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad, expresado de forma abreviada con las siglas SRP/CS, del inglés "Safety-Related Parts of Control Systems", propuesto en la norma UNE-EN ISO 13849-1:2008, haciendo hincapié en los nuevos parámetros utilizados para caracterizar una SRP/CS y en el procedimiento simplificado para estimar los aspectos cuantificables del nivel de prestaciones (PL), del inglés "Performance Level".

2. CAMPO DE APLICACIÓN

La norma UNE-EN ISO 13849-1:2008 proporciona requisitos y orientaciones sobre los principios para el diseño e integración de las SRP/CS que desempeñan funciones de seguridad, incluyendo el diseño del soporte lógico (software). No es pertinente para el resto de funciones encomendadas al sistema de mando.

Esta norma se aplica a las SRP/CS de cualquier tipo de máquina, independientemente de la tecnología y del tipo de energía utilizadas (eléctrica, hidráulica, neumática, mecánica, etc.). No es una norma de producto, por ejemplo, relés, interruptores de posición, electroválvulas, equipos sensibles a la presión, PLCs, etc.). Sin embargo, en el diseño de esos productos, se pueden utilizar los principios generales contenidos en esta norma.
Nota: Para el diseño de productos, es importante remitirse a las normas internacionales específicas, por ejemplo, IEC 60947, ISO 13851, ISO 13856, IEC 61113, etc.

La Comisión Electrotécnica Internacional, en el año 2005, publicó la norma IEC 62061:2005 "Seguridad de las máquinas. Seguridad funcional de sistemas de mando

eléctricos, electrónicos y programables", que establece requisitos para el diseño de sistemas de mando de esas tecnologías. El hecho de reconocer esta norma como norma europea armonizada (EN 62061) en el marco de la Directiva Máquinas, ha creado cierta confusión entre los fabricantes de maquinaria que, cuando diseñan una SRP/CS empleando la tecnología eléctrica, electrónica o electrónica programable, se encuentran ante la disyuntiva de tener que elegir entre dos normas armonizadas de diseño diferentes.

Para ayudar precisamente en esa elección, al menos temporalmente, los organismos de normalización ISO, CEN e IEC acordaron incluir un cuadro con recomendaciones sobre la aplicación de cada norma en el apartado Introducción de ambas normas.

Esas recomendaciones, que fueron escritas durante la elaboración de la norma EN ISO 13849-1:2006, deben considerarse obsoletas y, hoy por hoy, se acepta que no existe ninguna restricción para la aplicación de la norma EN ISO 13849-1:2008, salvo el uso de la norma IEC 61508-3 para el desarrollo del software relativo a la seguridad en determinados casos muy específicos (software empotrado de componentes de tecnología electrónica compleja en el caso de diseño de SRP/CS con PL_r e que no poseen una arquitectura completamente redundante y diversificada).

Esto es lo que viene a confirmar el informe técnico con la referencia ISO TR 23849:2010 e IEC/TR 62061-1:2010 titulado "Guía para la aplicación de las normas ISO 13849-1 e IEC 62061 en el diseño de sistemas de mando relativos a la seguridad en maquinaria", que ofrece pautas adicionales para resolver el conflicto planteado. Está previsto iniciar, próximamente, una modificación de las dos normas (ISO 13849-1 e IEC 62061) a fin de sustituir el cuadro mencionado por una referencia a esa guía.

El enfoque genérico en relación con las tecnologías y el enfoque simplificado en relación con la cuantificación, con el uso de las arquitecturas tipo basadas en el concepto ya extendido de categorías, pueden ser los argumentos decisivos desde el punto de vista del usuario para decantarse por la norma EN ISO 13849-1:2008 como base para la implementación de las funciones de seguridad.

3. CONCEPTOS BÁSICOS

Antes de explicar el proceso de diseño de las SRP/CS, es preciso introducir las definiciones de los términos empleados para especificar las prestaciones de las SRP/CS.

Parte de un sistema de mando relativa a la seguridad (SRP/CS)

Parte de un sistema de mando que responde a señales de entrada y genera señales de salida relativas a la seguridad.

Las partes combinadas de un sistema de mando relativas a la seguridad comienzan en los puntos en los que se generan las señales de entrada relativas a la seguridad (incluyendo, por ejemplo, la leva de accionamiento y la roldana de un interruptor de posición) y terminan a la salida de los elementos de mando de los accionadores (incluyendo, por ejemplo, los contactos principales de un contactor).

Nota: Dado el carácter abierto de la definición, este término se puede emplear para designar a un(os) componente(s) que puede(n) constituir un canal de un subsistema o un subsistema completo, o bien a un conjunto de componentes que constituyen el sistema.

Nivel de Prestaciones (PL)

Nivel discreto utilizado para especificar la aptitud de las SRP/CS para desempeñar una función de seguridad en condiciones previsibles. La aptitud de las SRP/CS se ha clasificado en cinco niveles que se definen en términos de probabilidad media de fallo peligroso por hora (PFH) y en ciertos requisitos contra los fallos sistemáticos (véase tabla 1).

El nivel de prestaciones depende, por tanto, de la probabilidad de que se produzca un fallo en la SRP/CS y que en esas condiciones (antes de detectar el fallo en la SRP/CS y reaccionar) se solicite o demande la función de seguridad.

PL	Probabilidad media de fallo peligroso por hora (PFH) 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ a $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ a $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ a $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ a $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ a $< 10^{-7}$
Para alcanzar un determinado PL, además de la PFH, son necesarias las medidas contra los fallos sistemáticos.	

Tabla 1.Niveles de prestaciones (PL)

Nota: La PFH no es un parámetro (intrínseco) que dependa sólo del equipo, sino que depende también del régimen de demandas de la función de seguridad, es decir, de la aplicación, lo que a priori significa que cada SRP/CS puede ofrecer diferentes valores de PFH en función de la aplicación. No obstante, se ha demostrado que para los valores de fiabilidad de los componentes utilizados en las SRP/CS, las frecuencias a las que se realizan las comprobaciones internas, los tiempos de reparación, etc., la frecuencia con la que se demanda una función de seguridad de las SRP/CS en máquinas (como mínimo una vez por año) no influye significativamente en la PFH de una SRP/CS, salvo en casos excepcionales (determinada estructura), como se explicará más adelante.

La PFH es, en realidad, un término de tasa media de fallos peligrosos de la función de seguridad y se puede interpretar como el número medio de demandas no atendidas de la función de seguridad por hora.

En esta norma se considera que el nivel de prestaciones de una SRP/CS depende de una serie de aspectos que, desde el punto de vista de la evaluación, se pueden agrupar en:

a) aspectos cuantificables (la estructura, el tiempo medio hasta un fallo peligroso $MTTF_d$ de los componentes, la cobertura de los diagnósticos DC, la resistencia a fallos de causa común CCF…), y
b) aspectos cualitativos no cuantificables (el comportamiento de la función de seguridad en condiciones de defecto, el software relativo a la seguridad, la gestión del proyecto, la documentación, la revisión del diseño y los ensayos, la resistencia a las condiciones ambientales…)

Los aspectos cuantificables son aquellos utilizados para caracterizar la propensión o resistencia a que se produzca un fallo de la función de seguridad (pérdida o malfuncionamiento) por causa de un defecto o avería aleatorio del soporte físico (hardware), mientras que los aspectos no cuantificables se refieren a los que valoran el comportamiento en condiciones de defecto y la posible presencia de defectos sistemáticos en el hardware y en el software o la comisión de errores durante el servicio y el mantenimiento, que pudieran producir un fallo de la función de seguridad.

Nota: Los mecanismos que causan los fallos o defectos aleatorios de hardware no son del todo conocidos, pero la experiencia muestra que la variable "tiempo hasta el fallo" sigue una determinada distribución de probabilidad. Por ello, podemos estimar la probabilidad de que se produzca un fallo en la SRP/CS que provoca un fallo en el desarrollo de una misión con una duración determinada (infiabilidad) o la probabilidad de que la SRP/CS se encuentre defectuosa en un instante de tiempo (indisponibilidad), pero no podemos indicar el instante en que se producirá el fallo ni cuales han sido las causas que lo han provocado. En el caso de los fallos o defectos sistemáticos el enfoque es justamente el contrario: se considera que se puede establecer la relación causa-efecto pero no es posible calcular una probabilidad de fallo de la SRP/CS para una misión (por ejemplo, se sabe que un error de dimensionamiento de un contactor, que provoca una sobrecarga de los contactos, tarde o temprano acabará soldando los mismos). Los defectos sistemáticos de los componentes pueden provocar fallos en subsistemas inmediatamente, en el momento en que se ejercitan por primera vez éstos, o después de un tiempo de uso o un número de solicitaciones.

El peso relativo de unos y otros aspectos varía de un diseño a otro. La creciente presencia de software relativo a la seguridad en los diseños inclina la balanza al lado de los aspectos cualitativos por lo que en estos casos habrá que reforzar las medidas adoptadas para evitar y controlar los fallos o defectos sistemáticos.

Categoría

Término utilizado originalmente (norma EN 954-1:1996) para designar la aptitud de las SRP/CS para desempeñar una función de seguridad. En la norma EN ISO 13849-1:2008, se ha mantenido el término de categoría por su gran repercusión en el cuerpo normativo existente (normas de tipo B y C) y, básicamente, se utiliza para designar unas arquitecturas con unos criterios de diseño y unos comportamientos en caso de defecto específicos.

4. ESTRATEGIA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

En la evaluación de riesgos realizada al conjunto de la máquina se identifican los peligros presentes en cada tarea o actividad que efectúan los operarios de la máquina y se estiman los riesgos asociados. Si los niveles de riesgo son inaceptables se intenta eliminar el peligro o reducir el nivel de riesgo mediante la aplicación de las medidas preventivas conocidas, respetando el orden jerárquico que establece la Directiva Máquinas, es decir, aplicando primero las medidas de prevención intrínseca, después, las de protección y las suplementarias y, finalmente, facilitando la información para la utilización.

Una de las medidas pertenecientes al grupo de las medidas de prevención intrínseca es la basada en dotar a la máquina de funciones de mando adicionales, que ofrecen ciertas garantías de funcionamiento, y que contribuyen a reducir el nivel de riesgo en determinadas situaciones peligrosas (por ejemplo, una función de selección de los diferentes modos de mando y funcionamiento, una función de parada de los elementos móviles peligrosos en caso de detectarse el acceso a una zona peligrosa, una función de control de momento de vuelco, una función de control de velocidad reducida durante las pruebas de ajuste…). Esas funciones adicionales reciben el nombre de funciones de seguridad del sistema de mando y deben ser diseñadas conforme a la norma UNE-EN ISO 13849-1:2008.

La identificación (definición) de las funciones de seguridad del sistema de mando no siempre resulta sencilla y puede tener repercusión en sus especificaciones.

El riesgo asociado a una situación peligrosa se puede reducir mediante la aplicación de una o varias medidas de prevención, que, además, pueden pertenecer al mismo tipo de medida o a diferentes tipos. También, es posible que un operario se vea expuesto a varios peligros simultáneamente en una situación peligrosa (peligros superpuestos).

Una vez que se han identificado las funciones de seguridad del sistema de mando de la máquina, comienza el proceso de diseño de cada una de las mismas.

5. PROCESO DE DISEÑO DE LAS SRP/CS

El proceso de diseño de las SRP/CS que realizan una función de seguridad del sistema de mando se inicia especificando los requisitos de seguridad que comprenden las características funcionales y el nivel de prestaciones requerido (PL_r) (véase figura 1).

Etapa 1 Especificación de los requisitos de seguridad

La especificación de las características funcionales de una función de seguridad debe contener suficientes detalles para que se pueda abordar el diseño propiamente dicho de la(s) SRP/CS, incluyendo en la medida que sea pertinente:

- una descripción de la función de seguridad,
- las condiciones de la máquina en las que la función se encuentra activa (por ejemplo, en qué modos de funcionamiento y en qué fases del ciclo de trabajo de la máquina),
- el comportamiento de la máquina cuando se dispara la función de seguridad,
- las condiciones a tener en cuenta para el restablecimiento de la función de seguridad una vez disparada,
- el tiempo de respuesta de la función de seguridad (SRP/CS) y otras características temporales,
- la frecuencia de demanda de la función,
- …

El capitulo 5 de la norma ofrece una lista y detalles de funciones de seguridad típicas implementadas en los sistemas de mando de las máquinas.

Para determinar el nivel de prestaciones requerido (PL_r) para una función de seguridad, la norma UNE-EN ISO 13849-1:2008 ofrece un gráfico del riesgo (véase figura 2) que relaciona los parámetros del riesgo con los niveles de prestaciones.

Si en una situación peligrosa, para reducir el nivel de riesgo, se utilizan más de una medida preventiva, al aplicar el gráfico del riesgo sucesivamente para cada medida

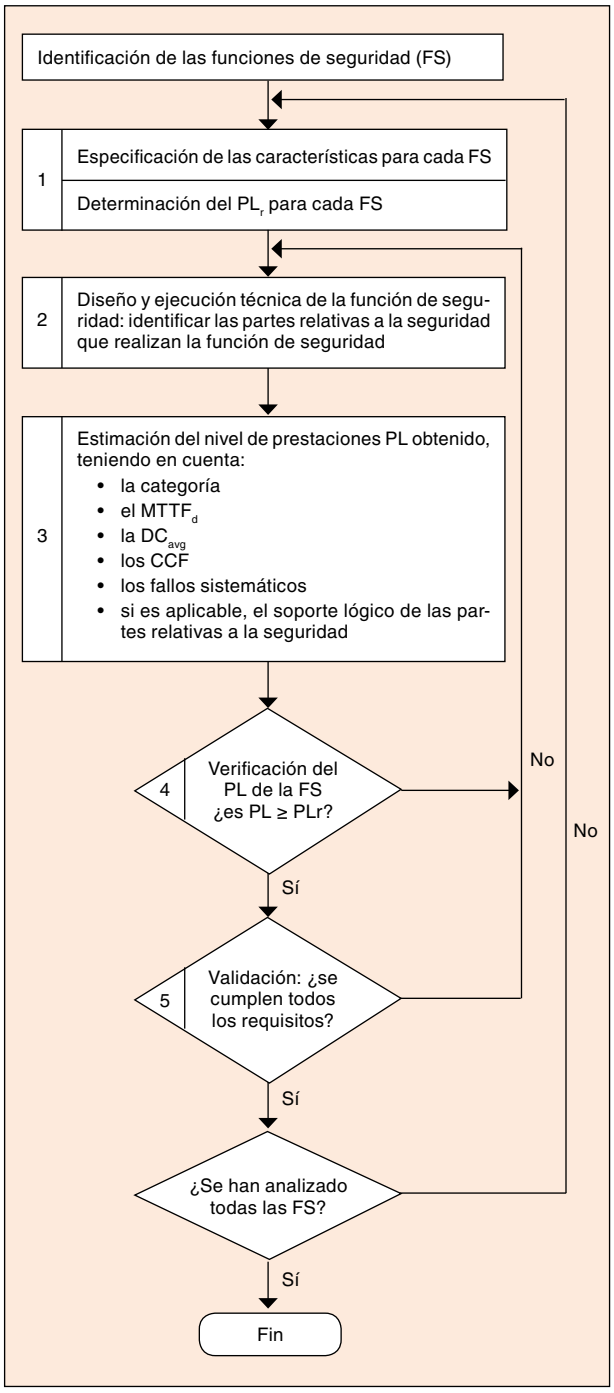


Figura 1. Proceso iterativo para el diseño de las SRP/CS

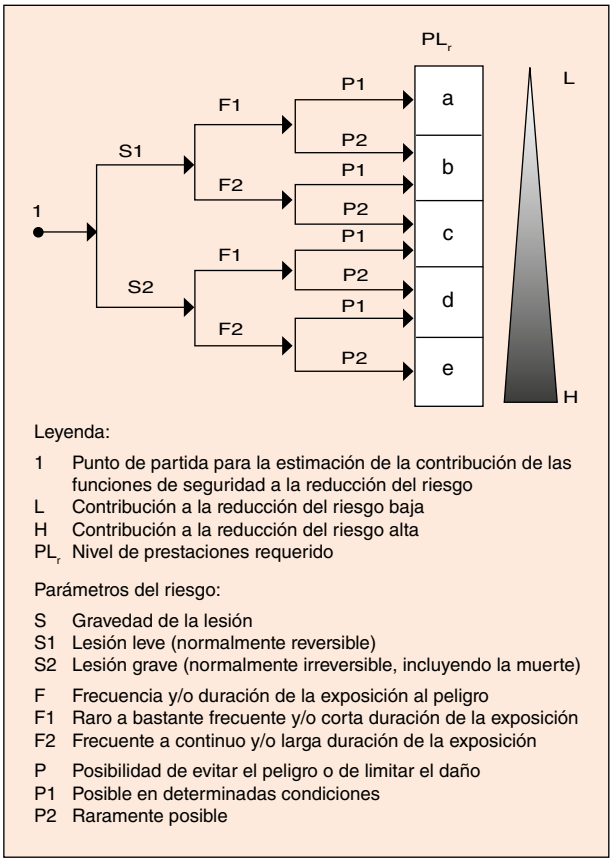


Figura 2. Gráfico del riesgo para determinar el nivel de prestaciones requerido (PL_r) para cada función de seguridad

preventiva se debe tener en cuenta la(s) aportación(es) realizada(s) por la(s) medida(s) preventiva(s) aplicada(s) previamente.

Se trata de un gráfico simplificado en el que no se considera la probabilidad de que ocurra el suceso peligroso desencadenante del accidente, lo que proporciona estimaciones más exigentes de los PLs.

Etapa 2 Diseño y ejecución

Una vez que se han especificado los requisitos para una función de seguridad se inicia el diseño propiamente dicho de las SRP/CS.

El nivel de prestaciones requerido PL_r para la función de seguridad impone ciertas exigencias al diseño de los circuitos (la arquitectura, los diagnósticos, la fiabilidad de los componentes, las medidas para evitar y controlar los fallos sistemáticos…).

El diseño comienza con la descomposición de la función de seguridad en bloques funcionales (generalmente tres: entrada, lógica o tratamiento y salida) seguido de un planteamiento de los circuitos (componentes o subsistemas) que van a implementar dichos bloques y, por último, una agrupación de los circuitos en SRP/CS.

Nota: Según el espíritu de la norma a los componentes comerciales simples no se les debería asignar una categoría (componentes que no poseen una estructura redundante o algún autocontrol, como por ejemplo un detector de posición, un contactor o una válvula hidráulica). No obstante, cuando un componente simple se aplica en un diseño y constituye por sí solo una SRP/CS, a esa SRP/CS se le asigna una categoría.

Según el procedimiento simplificado de estimación de la PFH, una función de seguridad puede ser realizada por una única SRP/CS sólo si la estructura de su implementación se puede aproximar a una de las arquitecturas tipo (véase el apartado Especificaciones de las Categorías).

Cuando se trata de una función de seguridad compleja es posible que los elementos que realizan dicha función en su conjunto no se puedan aproximar a ninguna de las arquitecturas tipo. En tal caso, la cadena de elementos se divide en secciones de modo que éstas se asemejen a las arquitecturas tipo. Estas secciones constituyen las SRP/CS que realizan la función de seguridad (véase figura 3). En este caso, el PL de referencia para cada SRP/CS será igual al PL_r de la función de seguridad.

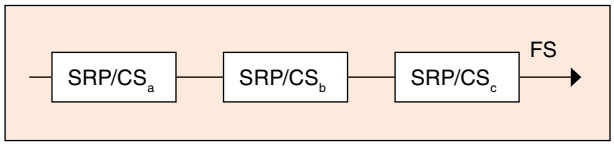


Figura 3. Representación de la implementación de una función de seguridad mediante varias SRP/CS.

Nota: En ocasiones, la descomposición de una función de seguridad en varias SRP/CS viene obligada por el uso de subsistemas comerciales (por ejemplo, un PLC de seguridad), de los cuales sólo se dispone de datos de conjunto (PL) y no de datos detallados (la categoría, el $MTTF_d$ de cada canal, la DC_{avg} y las medidas contra CCF).

Se puede dar el caso también de que varias funciones de seguridad compartan una o más SRP/CS (por ejemplo, una unidad lógica o el elemento de mando del accionador). Entonces, si las funciones de seguridad poseen el mismo PL_r, ese PL_r debe ser el PL de referencia para la SRP/CS compartida, y si las funciones de seguridad poseen PL_r diferentes, el PL de referencia para la SRP/CS compartida debe ser igual al PL_r más alto, a menos que se pueda demostrar que la implementación de las diferentes funciones es suficientemente independiente.

También es posible que una SRP/CS implemente funciones de seguridad y funciones de mando no relativas a la seguridad.

Cuando se ha esbozado el diseño arquitectónico corresponde diseñar el resto de las medidas estructurales como son los diagnósticos (comprobaciones de verosimilitud de señales de entrada, un control temporal de la secuencia del software, etc.) y las medidas contra los fallos de causa común (separación física de las señales críticas, utilización de tecnologías diferentes en canales redundantes, etc.).

A continuación, se dimensionan y eligen los componentes que forman parte de la SRP/CS, teniendo en cuenta los requisitos de fiabilidad, las solicitaciones de funcionamiento (por ejemplo, en unidades de tecnología eléctrica, los tipos de carga, las tensiones, las intensidades y las frecuencias de corte) y las influencias externas.

Durante el diseño del hardware, también se deben considerar los fallos sistemáticos y adoptar las medidas apropiadas.

En el diseño, siempre se deben aplicar los principios fundamentales de seguridad y, dependiendo del PL_r, además, los principios y componentes de eficacia probada (véase la norma UNE-EN ISO 13849-2:2008).

Si alguna de las SRP/CS que realiza la función de seguridad es programable, en el desarrollo de su programa de aplicación relativo a la seguridad se deben aplicar medidas para evitar fallos debido a causas sistemáticas (por ejemplo, errores de diseño del programa, errores de codificación, etc.). Finalmente, se combinan todos los componentes del hardware y el software, y se procede a la integración de ambos soportes para formar la SRP/CS.

Una SRP/CS diseñada de acuerdo con las arquitecturas tipo disfruta de la ventaja de disponer de unas pautas para el diseño y de poder aplicar el procedimiento simplificado para la estimación de la PFH que se describe a continuación. Si por contra, la SRP/CS no respeta las arquitecturas tipo, el diseñador debe proporcionar un cálculo detallado para demostrar que se ha alcanzado el nivel de prestaciones requerido PL_r.

Si la función de seguridad se implementa mediante varias SRP/CS, el diseño finaliza con la combinación de las mismas.

Etapa 3 Estimación del PL obtenido

Cuando se ha completado el diseño de cada SRP/CS, se deben estimar las prestaciones de seguridad conseguidas.

El procedimiento de evaluación de las prestaciones de seguridad de una SRP/CS que ofrece la norma consiste en estimar la probabilidad media de fallo peligroso por hora (PFH) y comprobar la adecuada aplicación de las medidas recomendadas contra los fallos sistemáticos.

Estimación de los aspectos cuantificables

La probabilidad media de fallo peligroso por hora (PFH) debido a un defecto aleatorio del hardware depende principalmente de:

- la arquitectura o estructura de la SRP/CS,
- la fiabilidad de los componentes (tiempo medio hasta un fallo peligroso $MTTF_d$),
- la efectividad de los mecanismos de detección de defectos (cobertura del diagnóstico DC) y
- la resistencia a los fallos de causa común CCF.

Existen otros factores que pueden tener cierta influencia en la probabilidad de fallo peligroso de una SRP/CS, como son la tasa de solicitación o demanda, la tasa de verificación o comprobación, las revisiones o pruebas periódicas y la tasa de restauración, pero se ha demostrado que éstos no son significativos, excepto en el caso de una arquitectura particular, como se verá más adelante.

Nota: La norma no contempla la revisión o prueba periódica de la SRP/CS (que en las normas IEC se designa "proof test") por considerar que la Directiva Máquinas prioriza la aplicación de medidas preventivas adoptadas por el diseñador a las medidas preventivas adoptadas por el usuario y que, en muchas aplicaciones de maquinaria, unos intervalos de revisión o prueba periódica ajustados no son realistas ni practicables.

Se parte de la hipótesis de que el fallo aleatorio de todos los componentes hardware sigue una distribución exponencial (véase la NTP 316) y se propone un método de conversión para aquellos componentes que se ajustan más a una distribución de Weibull (véase la NTP 331).

Para facilitar la estimación de la probabilidad media de fallo peligroso por hora (PFH) de una SRP/CS, la norma proporciona un procedimiento simplificado que ofrece una representación gráfica para la estimación directa de la gama de PFH (PL) y otra tabulada que proporciona valores numéricos concretos de PFH. Este procedimiento se basa en caracterizar la arquitectura del diseño (categoría) y en estimar una serie de parámetros (el tiempo medio hasta un fallo peligroso $MTTF_d$ de un canal, la cobertura del diagnóstico media DC_{avg} y las medidas contra los fallos de causa común).

En realidad, el procedimiento se refiere a un conjunto de arquitecturas tipo, definidas implícitamente en las especificaciones de las categorías de la antigua norma EN 954-1:1996, a las que ahora se añaden requisitos de fiabilidad. De este modo se asegura la continuidad del concepto de categoría, necesario por su gran repercusión como ya se ha señalado.

Especificaciones de las Categorías

Las categorías, se puede decir, representan un conjunto de diseños tipo para las SRP/CS con unas características (arquitectura tipo, fiabilidad del conjunto de los componentes que constituyen un canal, calidad de las pruebas y comprobaciones internas y, en caso de diseños con algún grado de redundancia, la inmunidad de las partes

a los fallos de causa común) que pueden variar dentro de unos márgenes, y un comportamiento ante defectos determinado.

Las arquitecturas tipo reflejan la mayoría de las estructuras que se encuentran en el ámbito de las máquinas. Son representaciones lógicas de las estructuras de las SRP/CS y, por ello, pueden no concordar exactamente con los esquemas de circuito (estructuras físicas) de las SRP/CS.

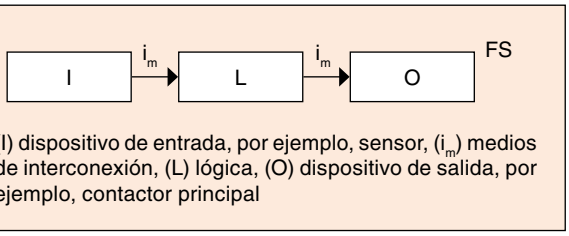
Categoría B

Una SRP/CS de categoría B debe, como mínimo, ser diseñada de acuerdo con las normas pertinentes y utilizar los principios fundamentales de seguridad para la aplicación específica (véase UNE-EN ISO 13849-2:2008), de manera que resista los esfuerzos de funcionamiento esperados, las influencias del material procesado y otras influencias externas relevantes.

Estas SRP/CS no poseen cobertura del diagnostico (DC_{avg} nula) y el $MTTF_d$ del canal puede ser bajo o medio. Al tratarse de sistemas de canal simple, no tiene sentido considerar los fallos de causa común CCF.

Los componentes de la SRP/CS se encuentran organizados en serie, de manera que el fallo de uno cualquiera de ellos provoca el fallo de la SRP/CS. En esta arquitectura tipo no se realiza ningún diagnóstico sobre los componentes/unidades de la SRP/CS.

La arquitectura tipo de las SRP/CS es la que se muestra en la figura 4.



(I) dispositivo de entrada, por ejemplo, sensor, (i_m) medios de interconexión, (L) lógica, (O) dispositivo de salida, por ejemplo, contactor principal

Figura 4. Arquitectura tipo para las categorías B y 1

El PL máximo que se puede conseguir con la categoría B es PL b (véase la figura 7).

Categoría 1

Una SRP/CS de categoría 1 debe ser diseñada conforme a los requisitos de la categoría B y, además, aplicando componentes y principios de seguridad de eficacia probada (véase UNE-EN ISO 13849-2:2008).

Estas SRP/CS no poseen cobertura del diagnostico (DC_{avg} nula) y el $MTTF_d$ de cada canal debe ser alto.

La arquitectura tipo de las SRP/CS de categoría 1 es la misma que las de categoría B (véase la figura 4).

El PL máximo que se puede conseguir con la categoría 1 es PL c (véase la figura 7).

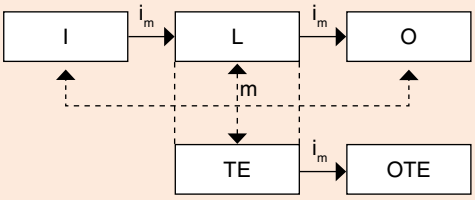
Nota: Este nivel máximo de PL alcanzable con la categoría 1 se debe a la limitación del valor máximo de $MTTF_d$ de un canal.

Tanto en una SRP/CS de categoría B como en una de categoría 1, un defecto puede conducir a la pérdida de la función de seguridad, pero en la categoría 1 dicha pérdida es menos probable.

Categoría 2

Una SRP/CS de categoría 2 debe ser diseñada conforme a los requisitos de la categoría B y aplicando los principios de seguridad de eficacia probada (véase UNE-EN ISO 13849-2:2008). Además, debe ser diseñada de manera que su función se compruebe a intervalos de tiempo adecuados.

La arquitectura tipo de las SRP/CS es la que se muestra en la figura 5.



(I) dispositivo de entrada, por ejemplo, sensor, (i_m) medios de interconexión, (L) lógica, (O) dispositivo de salida, por ejemplo, contactor principal, (m) comprobación, (TE) equipo de comprobación, (OTE) salida del TE

Figura 5. Arquitectura tipo para la categoría 2

La cobertura del diagnostico media DC_{avg} de la SRP/CS puede ser baja o media y el $MTTF_d$ de cada canal de bajo a alto. Dada la arquitectura tipo que posee, se deben aplicar medidas contra fallos de causa común CCF.

Los componentes principales de la SRP/CS se encuentran organizados en serie (I+L+O). Adicionalmente, en esta arquitectura existe un circuito de comprobación (TE+OTE) que realiza diagnósticos sobre todos o ciertos componentes del canal "principal".

El PL máximo que se puede conseguir con la categoría 2 es PL d (véase la figura 7).

En una SRP/CS de categoría 2, un defecto entre dos comprobaciones sucesivas puede conducir a la pérdida de la función de seguridad, pero dicha condición de inseguridad se detecta en la siguiente comprobación.

Categoría 3

Una SRP/CS de categoría 3 debe ser diseñada conforme a los requisitos de la categoría B y aplicando los principios de seguridad de eficacia probada (véase UNE-EN ISO 13849-2:2008). Además, debe ser diseñada de manera que un solo defecto en cualquiera de sus componentes no conduzca a la pérdida de la función de seguridad. Siempre que sea razonablemente factible, el defecto debe ser detectado en o antes de la siguiente solicitación de la función de seguridad.

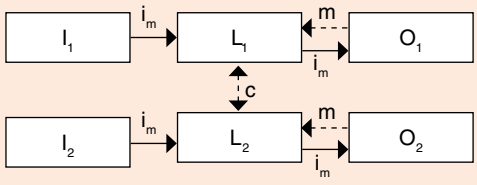
La cobertura del diagnóstico media DC_{avg} de la SRP/CS puede ser baja o media y el $MTTF_d$ de cada canal de bajo a alto. Dada la arquitectura tipo que posee, se deben aplicar medidas contra fallos de causa común CCF.

La arquitectura tipo de la SRP/CS es la que se muestra en la figura 6.

La función de seguridad es ejecutada por dos canales separados y los componentes de cada canal se encuentran organizados en serie (I+L+O). Las SRP/CS incorporan ciertas pruebas y comprobaciones internas para detectar al menos los defectos más probables.

El PL máximo que se puede conseguir con la categoría 3 es PL e (véase la figura 7).

En una SRP/CS de categoría 3, la función de seguridad está garantizada ante un solo defecto. Parte de estos defectos son detectados por los circuitos de prueba y comprobación en o antes de la solicitación de la función.



(I) dispositivo de entrada, por ejemplo, sensor, (i_m) medios de interconexión, (L) lógica, (O) dispositivo de salida, por ejemplo, contactor principal, (c) comprobación cruzada, (m) comprobación

Figura 6. Arquitectura tipo para las categorías 3 y 4

Una acumulación de defectos no detectados puede conducir a la pérdida de la función de seguridad.

Categoría 4

Una SRP/CS de categoría 4 debe ser diseñada conforme a los requisitos de la categoría B y aplicando los principios de seguridad de eficacia probada (véase UNE-EN ISO 13849-2:2008). Además, debe ser diseñada de manera que un solo defecto en cualquiera de sus componentes no conduzca a la pérdida de la función de seguridad. El defecto debe ser detectado en o antes de la siguiente solicitación de la función de seguridad; en caso de que no fuera posible detectarlo, una acumulación de defectos no detectados no debe conducir a la pérdida de la función de seguridad.

La cobertura del diagnóstico media DC_{avg} de la SRP/CS debe ser alta y el $MTTF_d$ de cada canal también alto. Dada la arquitectura tipo que posee, se deben aplicar medidas contra fallos de causa común CCF.

La arquitectura tipo de las SRP/CS de categoría 4 es prácticamente igual a la de las partes de categoría 3, exceptuando la cantidad y calidad de las comprobaciones.

El PL que se consigue con la categoría 4 es PL e (véase la figura 7).

Tiempo medio hasta un fallo peligroso de un canal de la SRP/CS ($MTTF_{dCH}$)

El tiempo medio hasta un fallo peligroso de un componente ($MTTF_{dC}$) es el valor probable del tiempo medio hasta un fallo peligroso. Si la variable tiempo hasta el fallo del componente sigue una distribución exponencial (véase NTP 316), el parámetro $MTTF_{dC}$ es igual a la inversa de la tasa de fallos peligrosos (λ_{dC}).

$$MTTF_{dC} = \frac{1}{\lambda_{dC}}$$

Los fallos de un componente o de un sistema, en una primera subdivisión, se agrupan en fallos seguros (expresados con la sigla s, del inglés “safe”) y fallos peligrosos (expresados con la sigla d, del inglés “dangerous”), y así, la tasa de fallos de un componente resulta $\lambda_C = \lambda_{sC} + \lambda_{dC}$.
Nota: En esta nota técnica, con el fin de evitar confusiones, la tasa de fallos y el tiempo medio hasta un fallo de un componente se designan con el subíndice C y la tasa de fallos y el tiempo medio hasta un fallo de un canal con el subíndice CH.

Si no se facilita directamente la tasa de fallos peligrosos de un componente (λ_{dC}), ésta se puede obtener a partir de la tasa de fallos del componente (λ_C) y de la proporción de fallos peligrosos del componente (λ_{dC}/λ_C), resultando $\lambda_{dC} = \lambda_C.(\lambda_{dC}/\lambda_C)$; o asumiendo que los fallos se reparten por igual en fallos seguros y fallos peligrosos de manera que $\lambda_{dC} = \lambda_C.0{,}5$; o bien se puede realizar un análisis tipo FMEA, para lo cual se necesitan conocer los distintos modos de fallos de cada componente y sus proporciones relativas.

En general, la hipótesis del 50 % proporciona estimaciones conservadoras de la λ_{dC}, mientras que una estimación detallada resulta laboriosa y, por ello, sólo se justifica para componentes que ofrecen tasas de fallos peligrosos altas en una primera aproximación.

El procedimiento jerárquico para buscar los datos para la estimación del $MTTF_{dC}$, debe ser:

a) utilizar los datos del fabricante,
b) utilizar los métodos del anexo C de la norma, o
c) tomar 10 años.

Nota: Los valores de $MTTF_{dC}$ de los componentes se dan para unas condiciones de referencia, por ejemplo, un margen de temperatura. Si en una aplicación determinada se sospecha que un componente estará sometido a unas condiciones o esfuerzos diferentes a las de referencia, se debe convertir el $MTTF_{dC}$ de referencia a un $MTTF_{dC}$ real.

A falta de datos del fabricante, en el anexo C de la norma se ofrece la posibilidad de asumir ciertos valores de MTTFdC y B10dC para componentes mecánicos, hidráulicos, neumáticos y electromecánicos, considerados típicos, siempre y cuando se cumplan una serie de criterios. A este modo de proceder se le denomina método de las buenas prácticas de la ingeniería.

En las tablas C2 a C7, del mismo anexo C, se ofrecen datos típicos de $MTTF_{dC}$ para componentes eléctricos.

En el anexo C se asume que la condición segura de la aplicación se alcanza con una anulación de la energía, de modo que los valores de $MTTF_{dC}$ y B_{10dC} representan fallos del tipo: imposibilidad de cierre de una válvula, imposibilidad de apertura de los contactos NA de un contactor, imposibilidad de corte de un transistor, imposibilidad de cambio a estado bajo de una salida digital de un PLC, etc. Por ello, el diseñador, antes de utilizar los datos del anexo C, debe asegurarse de que la función que trata de diseñar es una función de desconexión.

Para resolver el problema que plantean los componentes cuyos fallos, en lugar de una distribución exponencial, siguen la distribución de Weibull, que se caracterizan con el parámetro B_{10d}, la norma ofrece un método para convertir ese dato en un valor de $MTTF_{dC}$, a partir del régimen de funcionamiento al que se somete el componente en una aplicación determinada.

Nota: El parámetro B_{10} representa el número medio de ciclos realizados hasta que el 10 % de los componentes falla. Del mismo modo, el B_{10d} representa el número medio de ciclos realizados hasta que el 10 % de los componentes falla peligrosamente. Disponiendo del dato de B_{10}, se puede asumir que la proporción de fallos peligrosos es del 50 %, al igual que para la estimación de la $MTTF_{dC}$, de manera que $B_{10d} = 2 \cdot B_{10}$.

En este método se limita la vida útil o tiempo de servicio (tiempo en que la tasa de fallos de un componente que sigue una distribución exponencial permanece constante) de un componente a T_{10d} (tiempo medio hasta que el 10% de los componentes falla peligrosamente), que se estima:

$$T_{10d} = \frac{B_{10d}}{n_{op}}$$

siendo n_{op} el número medio de operaciones que el componente realiza en un año.

Suponiendo que para $t = T_{10d}$ la función de distribución exponencial equivalente debe dar una probabilidad de fallo del 10 %, se obtiene que:

$$MTTF_{dC} = \frac{B_{10d}}{0{,}1 \cdot n_{op}}$$

Si la vida útil de un componente (T_{10d}) que forma parte de la SRP/CS es inferior a la duración de la misión (T_M) de la aplicación, habrá que prever una sustitución del componente a tiempo.

Para estimar el $MTTF_{dCH}$ de un canal, por separado, la norma propone el método de recuento de partes. Este método se basa en la hipótesis de que un fallo peligroso de un componente en un canal conduce a un fallo peligroso de todo el canal.

Una vez se tienen los $MTTF_{dC}$ de los n componentes individuales que forman el canal, el $MTTF_d$ del canal completo se obtiene mediante la fórmula:

$$\frac{1}{MTTF_{dCH}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{MTTF_{dCi}}$$

En las arquitecturas tipo los dos canales de un sistema redundante son iguales y, por tanto, el valor de $MTTF_{dCH}$ de los canales es idéntico. Si una SRP/CS posee una arquitectura redundante formada por dos canales diferentes, existen dos posibilidades:

a) asumir el valor de $MTTF_{dCH}$ de canal más bajo, como hipótesis más desfavorable, o
b) aplicar la fórmula de simetrización que figura en el anexo D de la norma.

En el procedimiento simplificado de estimación de la PFH (PL), el valor del $MTTF_{dCH}$ de cada canal se ha clasificado en tres niveles (véase tabla 2) y se debe tener en cuenta para cada canal individualmente (por ejemplo, el canal en un sistema monocanal o cada uno de los canales en un sistema redundante).

Según esta clasificación, el valor máximo de $MTTF_{dCH}$ para un canal es cien años. No obstante, se pueden utilizar valores de $MTTF_{dC}$ más elevados para los componentes individuales que forman parte del canal.

Esta restricción se establece porque se entiende que las SRP/CS para situaciones de riesgo elevado no deben depender exclusivamente de la fiabilidad de los componentes. En esos casos, se deben aplicar medidas adicionales tales como la redundancia y las comprobaciones internas.

Las gamas de $MTTF_{dCH}$ establecidas están basadas en las tasas de fallo encontradas en campo en el estado actual de la técnica.

$MTTF_{dCH}$	
Índice para cada canal	**Gama para cada canal**
Bajo	3 años ≤ $MTTF_{dCH}$ < 10 años
Medio	10 años ≤ $MTTF_{dCH}$ < 30 años
Alto	30 años ≤ $MTTF_{dCH}$ ≤ 100 años

Tabla 2. Tiempo medio hasta un fallo peligroso de cada canal ($MTTF_{dCH}$)

Cobertura del diagnóstico media (DC_{avg})

La cobertura del diagnóstico (DC) mide la efectividad de una prueba o comprobación sobre una unidad o parte de una unidad (un componente, un subsistema, una memoria de un subsistema programable, etc.) y se puede determinar como la relación entre la suma de las tasas de fallos peligrosos detectados y la suma de las tasas de fallos peligrosos potenciales de la unidad:

$$DC(\%) = \frac{\sum \lambda_{dd}}{\sum \lambda_{dd} + \sum \lambda_{du}} \cdot 100 = \frac{\sum \lambda_{dd}}{\sum \lambda_{d}} \cdot 100$$

donde λ_{dd} es la tasa de fallos peligrosos detectados, λ_{du} es la tasa de fallos peligrosos no detectados y $\lambda_d = \lambda_{dd} + \lambda_{du}$ es la tasa de fallos peligrosos totales.

Nota: Las siglas dd, du y d provienen del inglés y significan respectivamente: "dangerous detected", "dangerous undetected" y "dangerous".

Los sistemas relativos a la seguridad pueden utilizar varias medidas de prueba y comprobación para la detección de defectos (por ejemplo, una unidad de tratamiento puede usar dos señales antivalentes procedentes de una unidad de entrada redundante -dos sensores- y realizar una comprobación de verosimilitud para detectar cualquier defecto en uno de los sensores o en una de las líneas de interconexión o incluso cualquier puente entre líneas; una unidad de tratamiento electrónica puede incorporar una comprobación periódica de los contenidos de la memoria de programa para detectar alteraciones en las instrucciones programadas; una unidad de tratamiento que manda una válvula hidráulica puede utilizar una realimentación del estado de la válvula para comprobar si la válvula actúa tal y como se le ordena …).

Para obtener la cobertura del diagnóstico media de una SRP/CS, en primer lugar, se estiman las coberturas del diagnóstico de las pruebas individuales, a continuación se determinan las coberturas del diagnóstico de cada uno de los bloques o unidades que componen la SRP/CS, y por último, se aplica la fórmula de la DC_{avg}.

Nota: Una prueba generalmente actúa sobre el conjunto del bloque o unidad y se puede asignar el valor de la cobertura de la prueba al bloque. Si se aplican varias pruebas sobre un mismo bloque, la cobertura del bloque será al menos tan buena como la mejor cobertura individual. Y si las pruebas se complementan, se podría asignar una cobertura mejor al bloque. Sin embargo, es posible que las pruebas actúen sobre partes específicas de un bloque o unidad (por ejemplo, sobre la memoria de programa de un sistema electrónico programable). En estos casos, la cobertura del bloque será al menos la cobertura parcial más pobre. Siempre se puede calcular una cobertura media para el bloque si se dispone de las tasas de fallo parciales, del mismo modo que se calcula para el conjunto de la SRP/CS.

La DC media (DC_{avg}) para el conjunto de unidades que componen una SRP/CS, se estima mediante la siguiente fórmula:

$$DC_{avg}(\%) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{DC_i}{MTTF_{di}}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{MTTF_{di}}} \cdot 100$$

donde DC_i y $MTTF_{di}$ representan la cobertura del diagnóstico y el tiempo medio hasta el fallo peligroso de cada bloque o unidad respectivamente.

En esta fórmula se deben incluir todos los bloques o unidades de la SRP/CS, se comprueben o no, excepto aquellos a los que se les ha aplicado la exclusión de defectos ($MTTF_d = \infty$) y aquellos cuya función es exclusivamente de prueba o comprobación de bloques que intervienen en la función de seguridad.

Para la estimación de la DC de cada bloque o unidad se puede utilizar el análisis de los modos de fallo y sus efectos (FMEA, véase la norma UNE-EN 60812) u otros métodos similares. Si no se dispone de suficiente información para aplicar un método de análisis pormenorizado se puede aplicar el enfoque simplificado del anexo E de la norma.

En el procedimiento simplificado de estimación de la PFH (PL) se utiliza una DC media (DC_{avg}) para el conjunto de las unidades que integran una SRP/CS, que se clasifica en cuatro niveles (vease la Tabla 3).

DC_{avg}	
Indice	**Gama**
Nula	DC < 60 %
Baja	60 % ≤ DC < 90 %
Media	90 % ≤ DC < 99 %
Alta	99 % ≤ DC

Tabla 3. Cobertura del diagnóstico (DC_{avg})

Medidas contra fallos de causa común (CCF)

El último parámetro relevante para la cuantificación de la probabilidad de fallo (PFH) concierne a los fallos de causa común.

El fallo de causa común se define como el fallo de varios elementos, que resultan de un solo suceso y que no son consecuencia unos de otros (por ejemplo, el fallo de los dos canales de una SRP/CS redundante por causa de unas condiciones ambientales severas o sobrecargas que no fueron tratadas adecuadamente durante el diseño).

La susceptibilidad de un sistema a los fallos de causa común es difícil de estimar cuantitativamente. La norma, en su anexo F, ofrece un sistema de puntuación que consiste en obtener un mínimo de puntos (65 puntos de 100) mediante la aplicación de una serie de medidas de diseño que poseen unos valores asociados en función de la contribución de la medida a la reducción de los fallos de causa común (separación física entre los caminos de las señales de los diferentes canales - 15 puntos, utilización de diferentes tecnologías/principios de diseño o principios físicos en los canales - 20 puntos, etc.).

Estimación simplificada de la PFH (PL) de una SRP/CS

El procedimiento simplificado es el resultado de la aplicación de las técnicas de Markov a los diseños tipo o categorías.

Nota: En los cálculos realizados se han asumido las siguientes hipótesis:

- *Duración de la misión: 20 años*
- *Tiempo medio de reparación: 8 horas*
- *Tasa de fallo constante durante la misión*
- *Para la categoría 2, tasa de solicitación ≤ 1/100 de la tasa de verificación*
- *Para la categoría 2, $MTTF_{dTE}$ mayor que la mitad de $MTTF_{dL}$*

La representación gráfica (véase figura 7) permite una rápida estimación de la gama de PFH (PL) de una SRP/CS a partir de la determinación de los cuatro parámetros en el diseño realizado: la categoría, el $MTTF_d$ de cada canal, la DC_{avg} y, en caso de las categorías 2, 3 y 4, el grado de fortaleza del diseño frente a los CCF.

La operativa es muy sencilla: una vez comprobada la suficiencia de las medidas contra los CCF, se determina

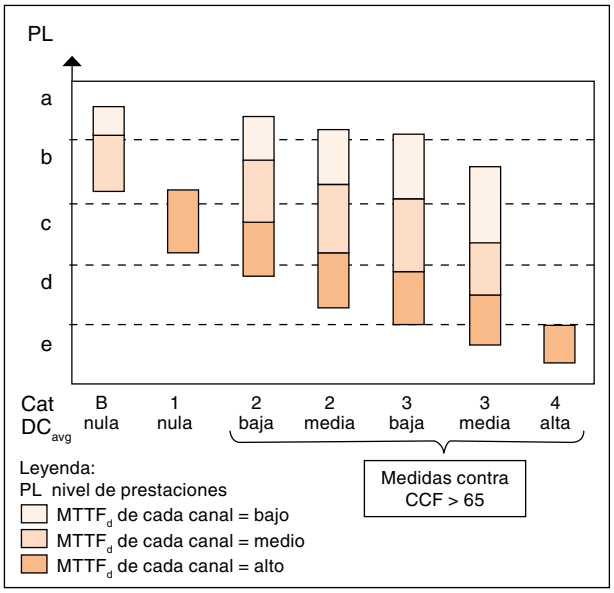


Figura 7. Relación entre las categorías, la DC_{avg}, el $MTTF_d$ de cada canal y la PFH (PL)

la barra correspondiente en el eje horizontal a partir de la categoría y el índice de DC_{avg} obtenido y, sobre dicha barra, se lleva el índice del $MTTF_d$ de cada canal obtenido, lo cual determina la gama de PFH (PL) en el eje vertical.

En el caso de una SRP/CS de categoría 2, además, habrá que comprobar que se cumplen las dos hipótesis asumidas específicamente para esta categoría en el procedimiento simplificado.

Si se requiere una estimación del valor numérico concreto de PFH, se puede utilizar la representación tabulada del anexo K de la norma.

Estimación de los aspectos cualitativos

El conjunto de medidas que se aplican contra los fallos sistemáticos se clasifican en:

- medidas tendentes a evitar fallos sistemáticos (impedir que se introduzcan) causados por errores cometidos en el sistema (hardware, software o documentación) durante cualquier fase del ciclo de vida de la SRP/CS y
- medidas dirigidas a controlar fallos sistemáticos (tolerar) durante el funcionamiento causados por errores que han podido filtrarse en el diseño después de aplicar las medidas anteriores. Además, se incluyen medidas para controlar los errores que pueden producirse durante la utilización del sistema (funcionamiento y mantenimiento).

Las medidas para evitar fallos sistemáticos son principalmente medidas de carácter procedimental y de organización, mientras que las medidas para el control son medidas técnicas que se incorporan en el sistema.

En el anexo G de la norma se han listado las medidas que deben aplicarse, sobre todo, durante el diseño, contra los fallos o defectos sistemáticos, las cuales se

completan con los principios de seguridad básicos y de eficacia probada (véase UNE-EN ISO 13849-2:2008).

Las medidas se clasifican en aquellas a utilizar con independencia del PL_r, siempre que sea pertinente, y aquellas a aplicar en función del PL_r y la complejidad de la SRP/CS.

El software relativo a la seguridad constituye una parte importante en las SRP/CS programables y, por esa razón, merece un tratamiento específico en la norma.

Se viene observando que el número de fallos del sistema provocados por errores de software está aumentando, en contraste con los defectos de origen físico, dada la cada vez mayor complejidad y tamaño de los programas.

La norma establece requisitos en función del tipo de software a desarrollar y el tipo de lenguaje de programación que se vaya a utilizar.

Entre los tipos de software, la norma distingue el software empotrado relativo a la seguridad (SRESW), es decir, el software inalterable (firmware) de los sistemas, que es desarrollado por técnicos que diseñan componentes de seguridad (por ejemplo, el software de una barrera inmaterial o el sistema operativo de un PLC de seguridad), y el software de aplicación relativo a la seguridad (SRASW) que es desarrollado por técnicos que diseñan aplicaciones como son las máquinas, utilizando componentes programables en el sistema de mando.

En cuanto al lenguaje de programación, se diferencia entre el uso de un lenguaje de variabilidad limitada (LVL), como es el lenguaje de diagrama de escalera de los PLCs, y un lenguaje de variabilidad total (FVL), como es el lenguaje ensamblador o el C.

El software SRASW, generalmente, se programa utilizando un lenguaje LVL y se deben cumplir los requisitos definidos en la norma para el software SRASW.

Por último, para el diseño del software de seguridad, la norma propone una variante simplificada del conocido modelo V (figura 8).

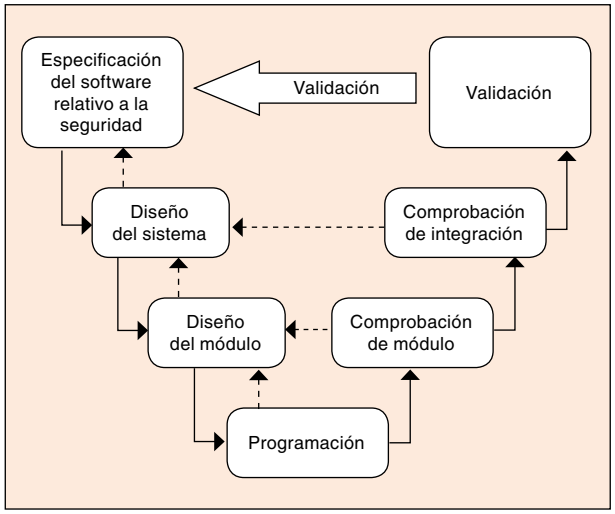


Figura 8. Modelo en V simplificado del ciclo de vida del software de seguridad

Etapa 4 Verificación del PL de la FS

En esta etapa se comprueba que el PL obtenido para cada SRP/CS que realiza la función de seguridad, tras estimar su probabilidad media de fallo aleatorio peligroso por hora (PFH) y comprobar la adecuación de las medidas contra los fallos sistemáticos, es mayor o igual que el PL_r especificado para dicha función de seguridad. En caso negativo, se debe rediseñar la SRP/CS correspondiente y proceder a una re-evaluación del PL.

Si la función de seguridad se implementa mediante varias SRP/CS, se debe calcular el PL global de la combinación de SRP/CS antes de llevar a cabo la verificación ($PL_{global} \geq PL_r$).

Combinación de SRP/CS para obtener un PL global

Con la introducción del concepto de PL, siempre es posible determinar un PL global para una combinación de SRP/CS, sean cuales sean las categorías y los PL individuales, resolviendo así el problema que planteaba la norma EN 954-1:1996 de la dificultad de asignar una categoría global a una combinación de SRP/CS con categorías diferentes.

La norma ofrece un método aproximado para combinaciones en serie de SRP/CS.

El método consiste en identificar el PL más bajo (PL_{low}) de la cadena, definir el número de las SRP/CS con dicho PL (N_{low}) y, con estos datos, entrar en la tabla (ver tabla 4) para determinar el PL_{global}.

Si se ha realizado una estimación más precisa de las prestaciones de seguridad de las SRP/CS y se dispone de los valores de probabilidad media de fallo peligroso por hora (PFH) de cada parte, la probabilidad media de fallo peligroso por hora de la combinación se puede calcular sumando todas las probabilidades de fallo individuales. Entrando en la tabla 11 de la norma con ese valor de probabilidad (PFH) se obtiene el PL_{global}.

PL_{low}	N_{low}	PL_{global}
a	> 3	Ningún PL, no autorizado
	≤ 3	a
b	> 2	
	≤ 2	b
c	> 2	
	≤ 2	c
d	> 3	
	≤ 3	d
e	> 3	
	≤ 3	e

Tabla 4. Cálculo del PL para SRP/CS alineadas en serie

En cuanto a los aspectos cualitativos (medidas no cuantificables) de la combinación de SRP/CS, al cumplirse que los PL individuales son al menos tan altos como el PL_{global}, se considera que las medidas adoptadas contra los fallos sistemáticos son adecuadas para la combinación. No obstante, se debe asegurar que los medios de interconexión de las SRP/CS (conductores, buses de comunicación de datos, etc.) se han considerado como parte de las SRP/CS y que las interfases de las mismas son compatibles.

Etapa 5 Validación

La última etapa del proceso de diseño consiste en demostrar que la implementación de la función de seguridad (la SRP/CS o la combinación de SRP/CS) responde a los requisitos de seguridad especificados, para lo cual se debe revisar el diseño y practicar las pruebas necesarias. La segunda parte de esta norma trata detalladamente este asunto (véase UNE-EN ISO 13849-2:2008).

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

NORMA EN ISO 13849-1:2008
Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mandos relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño

HAUKE M., SCHAEFER M., APFELD R. Y OTROS
Functional safety of machine controls – Application of EN ISO 13849 –
BGIA Report 2/2008e

TAMBORERO J.M.
Fiabilidad de componentes: la distribución exponencial
NTP 316 – Notas técnicas de prevención. Barcelona, INSHT, 1993

TAMBORERO J.M.
Fiabilidad: la distribución de Weibull
NTP 331 – Notas técnicas de prevención. Barcelona, INSHT, 1994

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

947

Valores y condiciones de trabajo (I): identificación

Values and working conditions. Identification
Valeurs et conditions de travail. Identification

Redactor:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial y Arquitecto

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Este documento trata sobre los valores de empresa que interiorizados en un proceso participativo han de guiar pautas de conducta, permitiendo desarrollar una cultura empresarial basada en la plena conjunción de Responsabilidad y Competitividad, algo esencial para la dignificación del trabajo en condiciones saludables y la pervivencia de las organizaciones en un mundo globalizado. Esta primera NTP pretende concienciar sobre la importancia de los valores, facilitando su proceso de identificación en el seno de las organizaciones, y las dos siguientes al proceso de selección e implementación.

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

Son diversas las NTP (Notas Técnicas de Prevención) en las que se han tratado aspectos relativos a la misión, visión y valores de una organización, considerándose punto esencial de partida para poder construir sistemas preventivos eficaces, que yendo más allá del cumplimiento reglamentario permitan conformar una nueva cultura de empresa basada en principios de responsabilidad y competitividad. En la Bibliografía se citan las más significativas, como las NTP 642 y 643, sobre Responsabilidad Social Empresarial y las derivadas de las mismas, entre las que habría que destacar la NTP 693, relativa a los códigos de conducta, que han de regular y controlar el cumplimiento de los valores definidos, la NTP 829, en la que se describieron los factores de éxito en los procesos de cambio cultural, con el papel determinante de los valores; y la NTP 912, en la que se planteó cómo la visión y los valores no son solo marcadores de horizontes, sino también filtros para canalizar el necesario proceso innovador de la empresa.

En esta NTP se pretende facilitar a profesionales de la prevención y a responsables de sistemas de gestión, elementos de reflexión y de trabajo que pueden serles útiles en el proceso de revisión de los valores de su organización, y la consiguiente implantación de la cultura que ellos han de propiciar.

Existen diversos tipos valores a considerar que son permeables entre si: los morales, bienes universales intrínsecos a nuestra naturaleza (libertad, solidaridad, empatía,…), los personales, fruto de la educación y las vivencias (salud, tolerancia, esfuerzo,..), los sociales, propios del entorno social al que se pertenece (familia, competencia, derechos,…) y los organizacionales, propios de la empresa u organización en la que se trabaja, que además integran a voluntad a algunos de los anteriores (cooperación, excelencia, innovación, integridad,…). La organización debiera asumir en su política el respeto a valores morales, incorporando aquellos que crea necesarios por la actividad que desarrolle y el sentido y nivel de importancia que quiera darles. Cada organización, al tener finalidades específicas puede tener valores muy diversos. Habrían de definirse en la fundación de la empresa, pero también ante nuevas orientaciones, o simplemente, cuando sus miembros consideren conveniente actualizarlos.

En la figura 1 se muestra la conjunción de valores de los cuatro tipos para la construcción de una determinada cultura organizacional. La dinámica empresarial debería integrar valores esenciales y alejar los contravalores, aprovechando la fuerza centrífuga generada con lo que podríamos denominar, “el efecto ciclón”, como separador de polvos nocivos.

Por su carácter universal los valores morales no son manipulables y no pueden ser relativizados. Son fundamentales en el crecimiento de la persona y la sociedad, al margen de creencias religiosas. Lamentablemente, con la presión del entorno algunos de ellos se tergiversan,

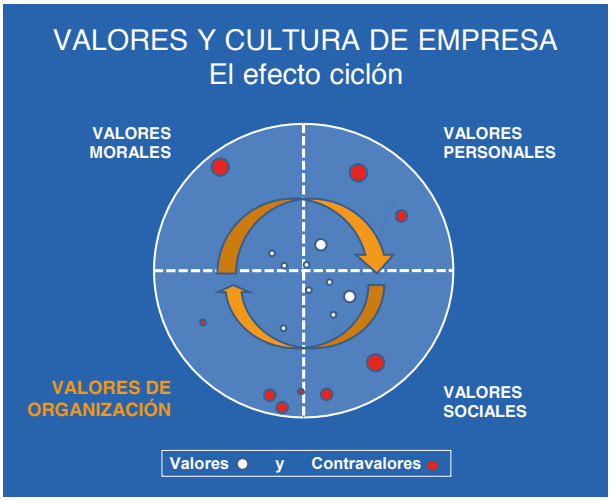


Figura 1. Integración de valores morales, personales, sociales y organizacionales para construir cultura organizacional

salvo que a través de la educación, se cuide de preservarlos y potenciarlos. Así, vemos en muchas ocasiones cómo, niños y niñas que son por naturaleza, generosos, transparentes, creativos y confiados, al cabo de un tiempo menguan en tales valores. Ensayan el engaño para obtener favores, aparecen los comportamientos egoístas, sus dibujos se hacen menos creativos con la edad, y desconfían de la gente por los miedos generados.

De lo que se trata es de lograr que los valores organizacionales, a través de los procesos inherentes al trabajo, reorienten conductas y logren la máxima coherencia entre todos los valores considerados clave, conjugando así intereses personales y colectivos. Lamentablemente, los contravalores generados y transmitidos por la permisividad de actuaciones desacertadas y por el propio entorno llegan a contaminar los comportamientos de las personas y de las organizaciones si no son neutralizados a tiempo. Contravalores frecuentes en el trabajo son: el individualismo, la inequidad, la desconfianza, la desilusión, la falta de compromiso, y otros. Aunque son muchas las empresas que disponen de valores documentados en su política, son pocas las que los aplican con rigor y los exigen a todos los niveles.

No olvidemos que la prevención de riesgos laborales tiene un fundamento eminentemente ético además de legal, y solo con una atención esmerada a determinados valores organizacionales y del trabajo su desarrollo podrá ser exitoso. Más adelante hablaremos de ello.

Vientos de cambio

A partir del último tercio del siglo pasado hemos ido penetrando en la era de la información y del conocimiento con el papel preponderante del sector servicios que está absorbiendo a la mayoría de trabajadores en las sociedades desarrolladas. La visión de servicio del tercer sector y con la ayuda de las nuevas tecnologías va contraponiéndose al pensamiento dominante de la sociedad industrial del siglo XX, en donde el trabajo estaba condicionado por la maquinaria y las rutinas, y sus principales motivaciones eran las gananciales con el incremento de bienes materiales asociados al concepto de bienestar. En cambio, la "participación" en el tercer sector, motivada esencialmente por el servicio a los demás, abre nuevas perspectivas al trabajo, con mayor nivel de implicación y de compromiso, y también, a la búsqueda del equilibrio con el tiempo libre, al disponerse de bienes colectivos: naturales, sociales y culturales a disfrutar. Además, surge la necesidad del desarrollo sostenible del planeta a través del fortalecimiento de las relaciones entre personas, estados y regiones ante los graves deterioros ambientales acontecidos. Así, al actuar en nombre de intereses humanitarios en lugar de hacerlo exclusivamente en nombre de los intereses individuales, se viene a reforzar la solidaridad, lo que representa un freno a la visión que domina la economía de mercado. Ello anticipa cambios en la estructura de la sociedad, aparentemente utópicos pero que no lo son. ¿O es que era imaginable menos de setenta años atrás que la tecnología podría sustituir a gran parte del trabajo y crear tal abundancia de bienes agrícolas, industriales y de todo tipo, así como la disponibilidad de un mayor tiempo libre?

Las organizaciones de esta nueva era están requiriendo personal cada vez más capacitado, siendo la educación integral y el desarrollo de competencias, condiciones para que personas y organizaciones puedan desenvolverse. Las condiciones de trabajo han ido empeorando gradualmente en la última década, al menos eso es lo que demuestran los estudios realizados en nuestro país y a nivel europeo, pero por el contrario, las empresas excelentes entienden, como se verá más adelante, que la salud laboral es un valor coadyuvante para la propia salud de la organización y su futuro.

El capital intelectual, formado por el conjunto del *capital humano*, basado en las competencias, incluidas las actitudinales; del *capital organizacional*, basado en el nivel tecnológico, la capacidad innovadora, los procedimientos y la cultura de empresa; y del *capital relacional*, basado esencialmente en la reputación y la confianza, va adquiriendo en las organizaciones un peso preponderante frente al que tuviera el capital financiero en la era industrial, sin desmerecer su permanente necesidad como valor de liquidez y de crédito a la inversión. La medición de la mejora de la competitividad de una organización habría de realizarse midiendo precisamente el incremento de su capital intelectual.

También han cambiado los factores de poder y las relaciones de intercambio en las organizaciones. Se ha avanzado enormemente en la descentralización de las tomas de decisiones, independientemente de los niveles jerárquicos. Los trabajadores especializados asumen la "propiedad" y el control de los procesos en los que operan, generándose un mayor compromiso hacia su trabajo y la organización. A su vez, las organizaciones y los mandos perciben la importancia de un liderazgo participativo para lograr aunar esfuerzos y conducir con éxito los procesos de cambio. Empieza a prevalecer el trabajo en equipo en donde todos participan en el análisis y la búsqueda de nuevas soluciones, y se suele funcionar eficazmente con muy pocos niveles de supervisión y mando. Se ha descubierto que no se puede incrementar la calidad de productos, servicios y procesos de forma permanente si no se consigue mejorar la calidad humana, la educación y la calidad de vida de las personas que los realizan.

Pero paradójicamente, la tecnología, las nuevas formas de organización, incluida la externalización, la deslocalización de la producción, así como la exigencia de calidad a costes decrecientes están provocando -acelerado por la situación económica- el despido de muchísimos trabajadores. Posiblemente, solo las personas competentes podrán seguir siendo contratadas con relativa facilidad. La escasez de empleo se vislumbra como la tónica dominante en las sociedades "desarrolladas", ante lo cual, los gobiernos habrán de encontrar fórmulas éticas e ingeniosas para dar respuesta a los derechos fundamentales del ser humano como el de trabajar. La economía social y cultural, integrando también a la fuerza del voluntariado, con nuevas fórmulas de trabajo y actuando igualmente con principios de excelencia, habrá de dar respuesta a las necesidades de la sociedad y absorber la mano de obra que no pueda ser ocupada por la economía de mercado. La competencia profesional de hombres y mujeres del siglo XXI será cada vez más exigente y el futuro nos depara el reto que muchísimas personas tendrán que auto emplearse, por lo que será necesario que los jóvenes sean formados para asumir el valor de la emprendeduría que les estimule a crear empresas y al mismo tiempo, a mantener a lo largo de su vida la capacidad de aprender.

Se ha pasado de un mundo estático, localista y predecible, a otro, acelerado, globalizado, repleto de incertidumbres y necesitado de valores universales como base de la nueva civilización. Posiblemente la única certidumbre sea la de que casi todo va a tener que cambiar tras la inflexión producida por la profunda crisis internacional de esta primera década del milenio. El crecimiento económi-

co basado en parte en el endeudamiento a largo plazo, en actividades especulativas no generadoras de valor social, en la extracción agotadora de los recursos naturales, en la contaminación ambiental del planeta, …, y todo ello, a costa de generar desigualdades y abusos de minorías privilegiadas frente a mayorías estresadas con salarios a la baja, pone en evidencia las incoherencias del modelo económico y productivo que ha estado imperando, a pesar de los avances sociales de las últimas décadas. El beneficio económico sin una dimensión de justicia social que permite que solo unas minorías disfruten de los beneficios que generan la economía y la tecnología con sus incrementos de productividad, no tiene sentido alguno.

La responsabilidad social (RS) habrá entonces de impregnar la conciencia de las personas y de las organizaciones, más allá de voluntarismos, para dignificar el trabajo, generar un crecimiento saludable y mantener la cohesión social. En la actualidad es ya una de las materias más consultadas en "Google", muy por encima de la calidad, el medio ambiente y la prevención de riesgos laborales; posiblemente por su función integradora y la conciencia acrecentada por la situación que vivimos a nivel internacional, y que afortunadamente no todos los países sufren por igual. Así, mientras países de América y Asia están creciendo considerablemente, atrayendo inversión y generando empleo, lo que redundará en el incremento de su bienestar, Europa, salvo excepciones, se encuentra en un proceso de relativo estancamiento, mientras se reorganizan sus estructuras económicas y productivas ante sus desajustes internos y su elevado endeudamiento.

A la vista de lo acontecido en el mundo, incluidas las limitaciones mostradas por los mecanismos de regulación en las transacciones (especialmente los especulativos / financieros), la economía de mercado precisa de un fuerte empuje en valores y nuevas reglas que eviten más abusos. Mientras sigan existiendo paraísos fiscales e inexistentes tributos fiscales a las transacciones monetarias especulativas, las desigualdades seguirán incrementándose. Como también lo seguirán haciendo mientras las diferencias salariales en el trabajo puedan seguir incrementándose de manera desorbitada, tal como ha ido sucediendo en las últimas décadas.

Aunque la economía de mercado pareciera ser la senda realista por donde transitar para encontrar nuevos equilibrios, el destino de las personas no puede regirse por sus propias reglas, y sin compromisos éticos son evidentes los efectos destructivos que ésta genera. Por tanto, los valores deben estar en el corazón de las empresas, insertos en su ADN para lograr el buen desarrollo de las mismas y su consiguiente repercusión en la sociedad.

Mientras se pone orden en el buen gobierno del planeta, hemos de seguir confiando en la influencia honesta de los medios de comunicación, en Internet y las redes sociales, en las propias empresas, y en la ciudadanía, a fin de actuar en la dirección requerida y poder disponer de información transparente sobre el comportamiento ético de las organizaciones y obrar en coherencia a nuestros principios. ¿Cómo procedería ante la posible adquisición de un producto importado en la UE, etiquetado con garantías de haber sido fabricado en condiciones dignas, frente a otro que no las tuviera? ¿Es el precio lo único que le haría decidir? Incluso es previsible, que en un futuro cercano, los precios de los productos de las empresas más responsables sean inferiores a los de otras empresas ya que disfrutarán de una mayor confianza de sus consumidores y de otros beneficios legales y financieros que se habrán de establecer.

Pero en especial, la clave de la evolución está en nuestras acciones directas en el seno de las organizaciones, procurando que los valores sean redefinidos y se apliquen con rigor. El nuevo entorno globalizado nos obliga a actuar con apertura y gran dosis de creatividad. Por un lado, para salvaguardar valores esenciales, pero por otro, para aprovechar la riqueza de la pluralidad, tanto en nuestro entorno más próximo como para respetar culturas ajenas en las que las organizaciones hayan de operar. Ya nada puede ser ajeno en un mundo interconectado. Nuestros marcos de referencia y nuestra filosofía de vida han de coexistir con otras creencias, desvaneciéndose como dogmas inamovibles, y presumiblemente, los valores universales compartidos y desarrollados con las especificidades del lugar sean lo que haya de permitir encontrar la unidad y el equilibrio necesario para el buen gobierno de las empresas.

No obstante, tal como Peter Drucker plantea (ver Bibliografía), nos encontramos ante lo que denomina: "el *sueño esquizofrénico por la tensión desesperada en sus extremos: desesperación por mantener el bienestar alcanzado por los países más desarrollados, con desesperación por acceder al trabajo y mantener el empleo, mientras tres cuartas partes de la humanidad se desespera y sueña con tan solo sobrevivir*". Tal es la escena del drama en el que nos encontramos y al que hemos de hacerle frente por dignidad. Pero los vientos son favorables. Se está tomando conciencia de la necesidad de evolución del modelo productivo y de cambios a todos los niveles en una sociedad cada vez más despierta e interconectada. En este nuevo orden, los valores morales, unidos a la innovación y otros valores clave organizacionales, habrán de ser el principal motor de cambio. Solo trabajando para las personas, con las personas, el desarrollo sostenible de las organizaciones y de la humanidad es posible.

2. ORGANIZACIONES EN EL CAMINO DE LA EXCELENCIA Y LA SOSTENIBILIDAD

Las empresas del siglo XXI se están gestando por las profundas transformaciones derivadas de las exigencias del libre mercado, de la tecnología, de los planteamientos e inquietudes de trabajadores y ciudadanos, y de los problemas económicos y sociales a los que hemos hecho referencia en el apartado anterior.

La responsabilidad social (RS) es un requisito imprescindible como respuesta a las necesidades de la humanidad y de las propias empresas al haberse convertido en medio necesario para la competitividad y la sostenibilidad. A su vez, éstas solo son posibles cuando además se conjuga en la empresa una cultura de productividad y eficiencia, una cultura de calidad integral de productos y de organización con plena orientación de servicio, y una cultura de innovación permanente en todos los ámbitos. Estos cuatro pilares son los que permiten sostener una cultura de excelencia empresarial. La visión empresarial y los valores son los que canalizan y optimizan todos los esfuerzos para desarrollar dicha cultura cuyo principal activo organizacional son las personas y el capital intelectual derivado de las mismas; el que ha de producir las necesarias ventajas competitivas para avanzar en el camino de la excelencia y la sostenibilidad. Una sostenibilidad entendida, no solo como garantía de pervivencia empresarial, sino también, como contribución a un desarrollo sostenible en lo social y cultural, lo ambiental y lo económico, valga la redundancia, con mayores y mejores empleos, fin primordial de nuestra sociedad europea. En

la figura 2 se muestra esquemáticamente como los valores habrían de fundamentar tal cultura organizacional de excelencia. Precisamente, la atención a las condiciones de trabajo, una de las prioridades de la RS es imprescindible para generar la calidad y la innovación que toda empresa requiere, y con éstas, obtener la productividad necesaria. No debiera sorprendernos que empresas con políticas reales de RS sean especialmente innovadoras y competitivas. La prevención de riesgos laborales forma parte destacable de tal Responsabilidad Social. Veremos más adelante qué prevención diferencial hacen las empresas excelentes.

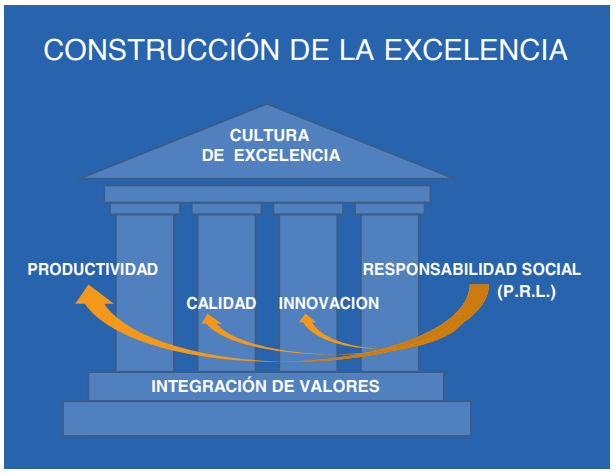


Figura 2. Valores y cultura organizacional en pro de la Excelencia y la Sostenibilidad empresarial

En un mundo en el que la ciencia y la tecnología avanzan a toda velocidad, las empresas competitivas han de fundamentarse en dos de sus valores más preciados, el conocimiento y la innovación. Las empresas y sus grupos humanos habrán de estar generando y transmitiendo información y nuevos conocimientos de manera continuada. Ello comporta asentarse sobre un proceso interno de formación permanente que haga posible el desarrollo de la innovación tecnológica y organizacional en todos los ámbitos. Estas organizaciones inteligentes requieren de una altísima capacidad de adaptación a las exigencias del mercado y a las nuevas realidades. Precisan de la necesaria agilidad para generar nuevos productos, modificar con rapidez sus procesos, dar servicios personalizados con inmediatez y bajo coste, etc.; O sea, necesitan tener una gran adaptabilidad, la cual va en detrimento de las estructuras piramidales que suelen frenar los procesos de cambio. De esta forma se da paso a una estructura en la que cada unidad de la empresa adquiere la suficiente autonomía para analizar su entorno desde su especialidad y poder tomar decisiones con la libertad necesaria para estar a la vanguardia, sin depender totalmente de decisiones centralizadas. Requerirán por tanto, de personal altamente cualificado que habrá de trabajar con buenas condiciones de trabajo y en entornos altamente participativos, armonizándose los intereses personales y de organización, condiciones éstas indispensables para retener el talento.

El camino para poder actuar con celeridad ante un futuro incierto, es también convertirse en organización "proactiva", adelantándose a los hechos, pero sin improvisación, controlando riesgos y provocando acontecimientos en la dirección requerida. Y también es necesario cooperar y crear "alianzas estratégicas" que permitan ampliar horizontes y generar nuevas oportunidades con una mayor productividad y competitividad. Precisamente, para las *pymes* éstas son imprescindibles a fin de complementarse y lograr metas que serían inalcanzables de actuar aisladamente. Afortunadamente las *pymes* se caracterizan por tener una mayor adaptabilidad y rapidez de respuesta, al tener a su conjunto de trabajadores más implicados que en las grandes empresas y sus procesos de decisión ser más cortos. Pero las alianzas no solo tienen un interés económico, lo tienen también social. Es curioso que la raíz etimológica latina de la palabra "competitividad" exprese el valor de cooperar para crecer juntos, muy diferente al sentido de fagocitarnos unos a otros para crecer. Cada empresa debería poder optar al tamaño que considere óptimo sin que sus capacidades hayan de menguarse.

En este proceso, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) juegan un papel importante, favoreciendo nuevas formas de organización del trabajo y nuevas formas de cooperar. Han llegado para que la información y el conocimiento estén a disposición de quien los necesita y con ellos poder auto gestionar y sobre todo auto controlar con mayor eficiencia la actividad laboral.

Por otra parte, la actividad empresarial en el sector servicios ya no requiere de espacios cerrados en donde ubicar a sus trabajadores de manera permanente. Los negocios se pueden hacer en cualquier lugar y muchas actividades laborales pueden realizarse en lugares no convencionales entre los que se incluye el domicilio familiar, con las ventajas y limitaciones que ello comporta. Pero las repercusiones negativas, personales y sociales, no pueden ser obviadas irresponsablemente con la transferencia unitaria de servicios y de riesgos laborales incluidos. Las organizaciones tendrán cada vez más un funcionamiento virtual basado en la confianza y en el respeto a colaboradores propios y ajenos bajo un principio que lo favorece: Si queremos ser excelentes hemos de trabajar con personas y organizaciones excelentes. La excelencia es fruto de la cooperación.

El reto de las organizaciones sostenibles es conjugar permanentemente rentabilidad con responsabilidad, con la mirada en un horizonte a medio y largo plazo. Una rentabilidad que no es mesurable exclusivamente en términos de beneficio económico dados los fines también sociales de toda organización responsable, y la importancia de sus activos intangibles, mesurables con la ayuda de indicadores. Tengamos además en cuenta, como se dijo, el peso creciente de las empresas de la economía social, regidas por las mismas bases culturales de excelencia expuestas. El autor citado, Drucker, planteaba así la transición de lo que llama: de la era del poder a la era de la responsabilidad: "*Las organizaciones tienen que hacerse responsables del límite de su poder, es decir, del punto en que el ejercicio de sus funciones deja de ser legítimo. Tienen que asumir responsabilidad social ya que no hay nadie más en la sociedad de organizaciones que pueda cuidar de la sociedad misma. Pero esto tienen que hacerlo con sentido de la responsabilidad, es decir, dentro de los límites de su competencia, sin poner en peligro su capacidad de rendimiento*".

La prevención de riesgos laborales, coadyuvante de la excelencia

Existe una correlación directa entre la prevención de riesgos laborales que desarrolla una organización y el nivel de excelencia empresarial alcanzado. O sea, que solo con una atención especial a la salud laboral es alcanzable una excelencia efectiva según el modelo europeo

EFQM. Un estudio dirigido por el INSHT y realizado en el año 2011 en 50 empresas pequeñas y medianas de nuestro país, seleccionadas por tener índices de siniestralidad muy bajos, no haber estado afectadas por procesos de regulación de plantilla manteniendo un proceso de crecimiento en los últimos años, y disponer de certificación OHSAS 18001 u otros distintivos de calidad o excelencia, ha dejado clara constancia de ello, y además, ha demostrado que tales empresas tienen unas peculiaridades que las hacen acreedoras de su éxito, incluso en periodos difíciles. (Ver Bibliografía).

Aunque las motivaciones principales hacia la PRL de tales empresas es la reducción de daños derivados del trabajo y la satisfacción de los trabajadores, asumen también que la PRL ayuda a mejorar la calidad, aportando valor añadido a los productos y servicios, y a la mejora de la productividad. Además, el grupo con mayor nivel de excelencia entre ellas destaca que la PRL sirve también para reducir costes, O sea, lo que identifica a tales empresas que caminan hacia la excelencia es que perciben la PRL como un valor para su futuro.

Algunos elementos diferenciadores en su gestión empresarial son:

- Cuidan las relaciones con los grupos de interés externo, implicándolos en su política empresarial
- Su gestión interna está orientada a la gestión del cambio y a la innovación
- Cuentan con programas que potencian el liderazgo y la comunicación
- Se implica a mandos y trabajadores en las estrategias empresariales
- La gestión de personal es especialmente cuidada, con políticas de desarrollo humano, de reconocimiento y de implicación con la misión y visión empresarial.

Por otro lado, algunos elementos diferenciadores en la gestión de la PRL son:

- Existe un considerable compromiso de la dirección con implicación directa en actividades preventivas
- Se integra la PRL en todos los niveles y en todas las actividades, destacándose aspectos como; Tratar sistemáticamente temas de prevención en las reuniones operativas, participación directa de trabajadores en cuestiones de PRL que les afecten, integrar el Servicio de prevención o trabajador designado en los aspectos operativos y en las decisiones desde las fases de proyecto.
- Formación continuada e impartida por personal interno con seguimiento de su eficacia
- Trabajar de forma conjunta en la procedimentación desde la parte de operaciones, prevención y los trabajadores
- Realizar revisiones periódicas en los lugares de trabajo e investigar accidentes, participando mandos y trabajadores.
- Buena coordinación empresarial con actividades preventivas conjuntas.
- Fomento de incentivos preventivos, dando notoriedad a la PRL

3. CULTURA ORGANIZACIONAL Y VALORES

La globalización en si misma y desde el punto de vista de los valores es un hecho neutro. En un mundo globalizado, las personas y las sociedades pueden ser fáciles presas de diversas formas de dominación, pero a su vez, ser motivo para desenvolverse y crecer en auténtica solidaridad. Precisamente, la influencia de la globalización sobre la condición humana vendrá determinada por la cultura que sistematice los significados y los valores sobre los que construir las relaciones entre las organizaciones y los pueblos, sin descuidar a los más desfavorecidos. En estados sociales de derecho, democráticos, y con sentido de responsabilidad, la globalización debe ayudar a resolver los desequilibrios existentes en el mundo. El compromiso y la responsabilidad de las sociedades más desarrolladas es por tanto mayor.

La cultura es un modo indispensable de ordenar la realidad para entenderla y actuar sobre ella, a pesar de que se puedan cometer errores. Históricamente, todas las culturas se han provisto de significados para hacer posible que los grupos sociales que las conforman pudieran perdurar, a pesar de que con la evolución producida ciertos principios que parecían inamovibles se han vuelto caducos, también en el mundo empresarial. Así, la cultura se transmite de manera natural a través del lenguaje, de los símbolos y de los comportamientos. Viene así determinada por el conjunto de valores, creencias, hábitos, normas y conductas que dan identidad a una organización para el logro de sus fines económicos y sociales, transmitiéndose e interiorizándose de manera natural a sus miembros. Los valores están por tanto en la esencia de la cultura organizacional y tratan de salvaguardar lo fundamental de ella. Por ello, es necesario que los valores esenciales de los cuales depende el éxito de una organización estén perfectamente identificados y socializados, y a su vez, los contravalores sean neutralizados.

Actuar en coherencia a los valores establecidos permite a las personas sentirse aceptadas y que reciben protección de los miembros del grupo; lo que además de generar satisfacción contribuye activamente al logro de los fines colectivos, ello siempre que tales valores tengan un nivel considerable de integración. En el fondo, los valores, en especial los morales, ayudan a las personas a dar un sentido a sus vidas, o sea, a vivir de manera más plena y a poder enfrentarse mejor a los avatares y dificultades inherentes a la vida misma, sintiéndose además socialmente útiles.

Según autores como Victor E. Frankl, (ver Bibliografía), la dinámica de los valores y su influencia en el comportamiento parecen inscribirse en la necesidad absoluta de la persona de vivir en un mundo de significados, o sea, de encontrar siempre un sentido a lo que hace: *"… el verdadero sentido de la vida debe encontrarse en el mundo y no dentro del ser humano, como si se tratara de un sistema cerrado. Por idéntica razón, la verdadera meta de la existencia humana no puede hallarse en lo que se denomina autorrealización, la cual no puede alcanzarse cuando se considera un fin en si misma, sino cuando se la toma como efecto secundario de la propia trascendencia".*

Entonces, crear, descubrir y cuidar el sentido de las acciones se convierte en preocupación permanente del ser humano. El sentido del trabajo nos ayuda a ejercerlo con dignidad, siendo eficientes y creativos; así como el de empresa en relación con la sociedad, nos debería ayudar a sentirnos artífices de nuestra modesta aportación a su desarrollo. La dificultad en sociedades occidentales como la nuestra radica en la presión de los contravalores como el individualismo, con la fuerte disociación existente entre lo colectivo y lo personal, algo que no sucede en las culturas orientales en las que lo colectivo prevalece. Es por tanto necesario encontrar un equilibrio entre fuerzas centrípetas que mantienen unido al grupo entorno a valores compartidos, y centrífugas, que diferencian a los individuos por el diferente sentido que pueden dar a las

situaciones. Lo importante es que sin un alineamiento con el pensamiento único se llegue a respetar la disparidad de puntos de vista, siendo los valores por su universalidad lo que realmente aproxime e identifique. No obstante, la realidad es siempre compleja y ante las decisiones que puedan generar conflicto se requiere siempre de análisis y de diálogo previo.

La educación en valores a edades tempranas en el entorno familiar y escolar es lo que marca a las personas, pero la empresa no es ajena a este proceso, y desde su posición de privilegio, actuando sobre el propio trabajo y los procesos humanos inherentes al mismo, (el control de riesgos laborales, la comunicación, la capacitación, el liderazgo, etc.) ha de contribuir a generar cultura organizacional y al desarrollo personal y profesional de las personas, de las que además depende su éxito (ver NTP 745 y 829, "Nueva cultura de empresa y condiciones de trabajo").

Reequilibrio y límites de valores

Los valores que una organización debería plantearse potenciar en función de sus características y del medio en el que opera, son múltiples. En este documento y el siguiente nos limitamos a citar aquellos que creemos más relevantes por responder a virtudes y derechos universales, y a la vez, por ser coherentes con el modelo de empresa responsable y competitiva al que se debería aspirar. No se pretende condicionar en absoluto el proceso de selección, que aunque importante, más lo es su debida interiorización e implementación con mecanismos de control; lo que requiere de un cuidado proceso docente y de su aplicación práctica continuada. Nos viene a la cabeza la máxima aristotélica: *"Las virtudes como los vicios se desarrollan practicándolos".* Quien las va practicando sistemáticamente las integra plenamente en su manera de proceder y acaba enorgulleciéndose de ello.

En los tiempos actuales se habla con razón de "crisis de valores". La presión de contravalores sociales lo ha favorecido. En efecto, ha prevalecido el individualismo frente al valor de lo colectivo y el trabajo en equipo. También, el tener bienes materiales frente a los inmateriales, el conocimiento y las "experiencias", que son la verdadera riqueza del ser humano. Los especuladores y malos gestores se han estado mezclando con los buenos empresarios, desprestigiando su imagen. El valor del esfuerzo, esencial para el desarrollo humano y de la sociedad se ha ido reduciendo, buscándose el beneficio en el corto plazo, a veces a costa de valores morales que han sido subjetivados y relativizados. La participación, a pesar de vivir en democracia, no se ha desarrollado suficientemente, con una notoria desimplicación cívica en el sistema político y también en el propio funcionamiento de las empresas, lo que ha generado ineficiencia y abusos al no controlarse debidamente que individuos carentes de valores y de competencias pudieran dirigir organizaciones o colectivos humanos, con el consiguiente daño generado. El valor de la innovación, clave para el futuro de las organizaciones no ha tenido el debido peso en nuestro país. Y en medio de todo ello, la seguridad y salud en el trabajo sigue siendo considerada más una obligación que un valor por la falta de cultura preventiva.

En realidad, los valores morales, que como se dijo al principio, son universales e incuestionables, se han visto enmascarados por valores personales y colectivos, que la sociedad ha ido generando. El desarrollo de la humanidad se ha fundamentado sobre el valor del esfuerzo y la perseverancia, lo que ha requerido de un considerable compromiso personal. Las personas a través de los logros alcanzados, reciben la satisfacción y los estímulos para proseguir esforzándose y crecer como individuos y sociedad. Esta ansia de superación ha generado el deseo permanente, estimulado por el proceso de educación y el entorno social, de que es posible tener cada vez más. Los padres quieren que sus hijos tengan más de lo que ellos tuvieron y en este proceso se pueden cometer errores. El elogiable valor de búsqueda del progreso personal puede entrar entonces fácilmente en contradicción con el valor de la solidaridad, que es el que ha mantenido y sigue manteniendo a las sociedades, en especial a las más necesitadas, y que es esencial para la humanidad. Así, el deseo del "cada vez más" desarrolla la codicia humana para convertirlo en un contravalor que limita a otros valores esenciales para el bienestar de las personas y el buen funcionamiento de la sociedad. Diríamos que se ha perdido el control de sus límites.

De la misma forma, ante los valores de libertad y de justicia, habría de plantearse el necesario equilibrio entre los correspondientes derechos y obligaciones, especialmente en las sociedades desarrolladas. El uso abusivo de derechos individuales entra en conflicto con obligaciones y derechos colectivos. Existen además situaciones provocadoras de desequilibrios entre valores necesarios y el esfuerzo en respetarlos. Tal es el caso de la falta de conciencia de los costes de bienes y servicios, asociada a la pérdida de los valores de austeridad y de solidaridad. Tales bienes son asumidos como derechos individuales que pueden ser utilizados irresponsablemente y hacer peligrar su viabilidad. Así, el valor de la gratuidad de un servicio puede conllevar al despilfarro sin una gestión ejemplar y rigurosa de sus recursos. También son muchos los que han tratado de beneficiarse fraudulentamente de recursos o ayudas públicas, cegándose en ver en que apropiarse de lo público es robar a todos.

La vulneración de derechos individuales está regulada, pero en cambio, la de los derechos colectivos, lo está mucho menos o no lo está. Si la legislación es la única norma de conducta, se puede llegar a incurrir en comportamientos deshonestos y dañinos para la sociedad, sin ser ilegales. Así, se han constatado comportamientos inmorales de individuos y grupos que se han aprovechado de su posición y de las circunstancias sin ser castigados judicialmente. La desregulación en algunos campos, el poder bordear la legalidad con informaciones privilegiadas, la lentitud de la justicia con la prescripción temporal de delitos y la falta de transparencia han ayudado a ello.

Finalmente, habría que considerar el enriquecimiento personal a través de actividades que no aportan ningún valor a la sociedad y no requieren esfuerzo alguno, tan solo el aprovechamiento de ciertas informaciones. Ahí se encuentran las actividades especulativas y de mera intermediación dentro de la legalidad, que lo único que hacen es incrementar costes a sus usuarios. En ocasiones, la confidencialidad de informaciones personales que es un derecho entra en contradicción con el necesario valor de la transparencia.

De todo ello se desprende la necesidad de recuperar valores y que éstos reencuentren su punto óptimo. Las organizaciones deben marcarlo y controlarlo. En sus límites extremos estarían los contravalores. Aristóteles lo expresaba así: "*La virtud (valor) es un punto medio de equilibrio entre dos extremos".* Por ejemplo, el valor del "Respeto" tendrá en sus extremos por exceso a la veneración y por carencia a la indiferencia o incluso el desprecio. El valor de la "Generosidad" tendría en sus contrapuntos al egoísmo y a la dejadez.

Identificación y ordenamiento de valores

La lista de valores a considerar por una organización es larga. Creemos que puede ser útil disponer de algún mecanismo de agrupación para agilizar el proceso de análisis. Hay valores que por naturaleza son integradores. Veamos algunos de ellos. Así el valor universal de la solidaridad que se considera uno de los esenciales, podría integrar a diversidad de valores como: la generosidad, el civismo, la empatía, la ecodulia (respeto bajo principios éticos del medio ambiente y del entorno), e incluso la austeridad, como uso racional de recursos y bienes tanto personales como colectivos, además de otros. El valor de la integridad moral, a su vez podría integrar a un conjunto de valores éticos como: la honestidad, la humildad, la coherencia, el humanismo, e incluso la reputación, un activo primordial de personas y organizaciones. Y el valor del trabajo habría de integrar valores tales como: la dignidad, la calidad, la profesionalidad, la eficiencia, la perseverancia, etc.

De esta forma, en la siguiente NTP se muestra y se describen el conjunto de valores que se han considerado esenciales en el mundo empresarial por su carácter aglutinador. Son doce de especialmente relevantes por su estrecha relación con derechos universales en pro de la excelencia y la sostenibilidad. Teniéndolos en cuenta en el análisis podremos identificar cuales de ellos o de sus componentes habrían de resultar vitales para nuestra organización. Estos son: *Libertad, justicia, solidaridad, salud, trabajo, integridad, compromiso, conocimiento, participación, cooperación, transparencia e innovación.* Todos ellos integran valores morales, y varios de ellos, conjugan valores personales y organizacionales de especial interés. El valor clave de "excelencia", que suele citarse muchas veces en las organizaciones es por naturaleza integrador de otros valores como los citados, que a su vez también lo son, como: la innovación, la cooperación, la participación, el conocimiento, la laboriosidad, la calidad, la responsabilidad social, etc.

A su vez, todos los valores están de una forma u otra entrelazados interactuando entre si, siendo todos dignos de consideración. Todos orbitan próximos a los principales considerados aglutinadores. El que se seleccionen unos no quiere decir que se vaya en detrimento de otros. Simplemente la experiencia indica que es aconsejable focalizarse en aquellos que respondan mejor a los comportamientos que se consideran prioritarios en su desarrollo dada la situación de cada empresa y el horizonte trazado. Sería muy conveniente identificar también los contravalores que han estado imperando fuera de control en una organización para seleccionar los valores que han de hacerles frente. Un diagnóstico inicial de la cultura organizacional ayudaría a tal empeño.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

BESTRATÉN, Manuel y PUJOL Luis
Responsabilidad Social y condiciones de trabajo,
Prevención, Trabajo y Salud, nº 31, INSHT. 2004

BESTRATÉN, Manuel y Pujol Luis
Ética empresarial y condiciones de trabajo
Seguridad y Salud en el Trabajo, nº 42, INSHT, 2007

DRUCKER, Peter F.
La sociedad postcapitalista
Norma. Bogotá, 1997

FRANKL, V.E.
El hombre en busca de sentido
Herder. Barcelona, 1994

MAJÓ, Joan
Després de tocar fons
La Magrana. Barcelona, 2010

MELÉ, Doménech
Ética en la dirección de empresas
Folio. Barcelona, 1997

RIFKIN, Jeremy
El fin del trabajo
Paidós, Barcelona, 2010

RUIZ-ESCRIBANO, Teresa, POY, Xavier
Estudio de campo sobre la contribución de la eficacia del sistema de prevención de riesgos laborales a la excelencia empresarial
INSHT, Madrid, 2012

SILICEO, Alfonso, CASARES, David, GONZÁLEZ, José Luis
Liderazgo, Valores y Cultura Organizacional.
McGRAW-HILL. México. 1999.

STIGLITZ, Joseph E.
Caída libre.
Edit. Santillana, Madrid, 2011

TORRALBA, Francesc
Cent valors per viure.
Pagés editors, Lleida, 2001

VELÁZQUEZ, Manuel
Ética en los negocios
Pearson Educación, México, 2006

AENOR
Guía ISO 26000-2010 sobre Responsabilidad Social

INSTITUO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Colección de Notas Técnicas de Prevención:
NTP 642 y 643. Responsabilidad Social Empresarial
NTP 693. Códigos de conducta y condiciones de trabajo
NTP 745 y 829. Nueva cultura de empresa y condiciones de trabajo
MTP 753, 941, 942 Y 943. Innovación y condiciones de trabajo
NTP 810 y 817. Transparencia y condiciones de trabajo
NTP 830. Integración de la prevención y desarrollo de competencias
NTP 911 y 912. Productividad y condiciones de trabajo

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

948

Valores y condiciones de trabajo (II). Selección

Values and working conditions (II). Selection
Valeurs et condition de travail (II). Selection

Redactor:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Este documento, que complementa a la NTP 947, se centra sobre doce valores organizacionales considerados integradores de otros valores. Su análisis habría de facilitar el proceso de selección de aquellos que hayan de ser considerados esenciales por una organización determinada. La siguiente NTP se dedica al proceso de implantación.

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. VALORES INTEGRADORES ESENCIALES

En la NTP anterior e expusieron elementos suficientes para tomar conciencia de la importancia de la interiorización de valores en una organización ante la excelencia requerida, al mismo tiempo que iniciar un proceso de identificación y ordenamiento de valores. A continuación se describen lo que a nuestro modo de ver serían el conjunto de los doce valores considerados esenciales por su carácter integrador para que una organización pueda conjugar principios de excelencia en pro de la responsabilidad y la competitividad, garantes de su sostenibilidad. Tales valores son a su vez integradores de otros valores también importantes y que merecen ser considerados, tal como se muestra en la figura 1. La reflexión sobre tal conjunto de valores en un proceso de debate interno en el seno de la organización habría de ayudar a priorizar y seleccionar los valores fundamentales que se decidan asumir. Una vez seleccionados habría que proceder a elaborar su política y su estrategia para implementarlos. No olvidemos que los valores deben estar plenamente asociados a la misión y visión de empresa.



Figura 1. Valores significativos que determinan una cultura de Excelencia empresarial

Salud

La vida es el bien fundamental del ser humano y consustancial con la naturaleza. A la tendencia natural de auto conservación individual y colectiva manifestada por los propios instintos de alimentarse, reproducirse y de protegerse de los peligros, se suma la actuación racional a preservarla de la mejor manera posible. Por tanto, la salud es el valor más preciado del ser humano, aunque a veces los comportamientos por motivos diversos pudieran desviarse de tal fin y asumir riesgos a perderla, como fumar, alimentarse indebidamente, asumir conscientemente riesgos laborales, etc. La salud, tal como expresa la OMS, representa un estado de equilibrio entre lo físico, lo psíquico y lo social. Por tanto, el trabajo ha de ser fuente de integración a la sociedad y de salud, evitándose que ésta pueda ser alterada por factores, materiales, ambientales y organizativos adversos. Es necesario profundizar sobre los riesgos laborales y sus potenciales daños mediante la evaluación de riesgos, actividad esencial del sistema preventivo que asociada a la planificación preventiva asegurará su debido control. La organización debe evitar todo tipo de daños a la salud y no debería desentenderse de la reparación de las lesiones ocasionadas por el trabajo Pero la salud como hecho integral requiere de comportamientos, dentro y fuera del trabajo, saludables. La conciliación de la vida laboral y la familiar y de ocio debiera contribuir a ello, habiéndose demostrado que reduce el absentismo laboral. La seguridad y salud laboral es un derecho de los trabajadores y una obligación de los empresarios, quienes deben desarrollar acciones preventivas, no solo para prevenir y controlar los riesgos laborales, sino también para promover comportamientos y una cultura saludables. Deben prevalecer siempre los principios de seguridad ante razones de productividad, no debiendo considerarse un trabajo aceptable o bien hecho si no se han respetado los estándares de seguridad y salud en el trabajo. La salud laboral y la calidad de vida en el trabajo son determinantes de la salud organizacional y ésta a su vez de la competitividad empresarial. Pero ello requiere, no solo que se respeten los derechos de los trabajadores, sino también que se sientan satisfechos de su trabajo e implicados. El alargamiento de la edad hace necesario el acrecentamiento de la prevención para una vejez saludable, con acciones específicas ante el envejecimiento de la población laboral.

Justicia

Según el Diccionario de la Academia de la Lengua Española (DLE)*: "Es una de las cuatro virtudes cardinales, que inclina a dar a cada uno lo que le corresponde o pertenece. Es también aquello que debe hacerse según derecho o razón".*

El concepto de dar a cada uno lo suyo, tiene significados muy amplios, puede significar entregar, reconocer, respetar, y otras acciones parecidas. Y a cada uno lo que le corresponde, es lo mismo que reconocer sus derechos, que son diversos y aunque están recogidos en gran medida en el ordenamiento jurídico, éste no es suficiente. Citemos algunos de esenciales en el trabajo: El derecho a la vida, a la integridad física y a llevar una vida digna (prevención de riesgos laborales, razonable descanso, conciliación laboral); el derecho al propio desarrollo personal y laboral (formación continuada en el trabajo); el derecho a la intimidad (confidencialidad de datos personales); el derecho a actuar en conciencia y en libertad (objeción de conciencia en el trabajo ante situaciones inaceptables); el derecho a un justo juicio (evaluación de las aportaciones en el trabajo y reconocimiento de sus logros); el derecho de participación (información y consulta en todo lo que afecte a sus condiciones de trabajo, negociación colectiva, etc.), el derecho a la igualdad, evitando discriminaciones por razones de sexo, origen o ideología; Etc.

Hay una justicia *general*, relativa al cumplimiento legislativo, pero hay también una justicia *conmutativa* que viene exigida por los intercambios de manera objetiva y normalmente establecida por la negociación entre las partes y que puede verse alterada cuando se producen asimetrías en el poder negociador. Tal justicia obliga a cumplir estrictamente los contratos tanto los formalizados por escrito como de palabra. La retribución salarial debe producirse sobre principios de equidad y de transparencia en base a las competencias, responsabilidades y desempeño de las personas. Las organizaciones deben velar para que en su seno no se produzcan diferencias salariales injustificables, evitándose que quienes más ganan puedan arbitrariamente subirse sus salarios o generarse prebendas a costa de otros. También deberían establecerse mecanismos para el reconocimiento sistemático de los logros de sus miembros.

Por último, la justicia *distributiva* debería dar la debida respuesta con criterios objetivos a los repartos que hayan de realizarse en las organizaciones, ya sean ventajosos (cargos, gratificaciones) o no lo sean tanto (horarios incómodos, reducciones de plantilla, amonestaciones y sanciones). Tal equidad obliga a evitar amiguismos y tratos de favor, actuando con rectitud. La gratitud que no debe confundirse con el amiguismo, lleva a corresponder por los beneficios recibidos y siempre que no se hayan generado daños a terceros. Existen muchas acciones contrarias a la justicia en el ámbito económico y empresarial que hay que evitar a toda costa: Pagar salarios injustos por exceso o por defecto; Elevar los precios a costa de la ignorancia o necesidades ajenas; Apropiarse de bienes sociales o emplearlos para uso personal sin permiso; Gestionar el trabajo y los recursos indebidamente con baja eficiencia y productividad; Efectuar gastos excesivos o despilfarrar recursos; No reparar daños generados; Realizar acciones fraudulentas, como evadir impuestos, aprovecharse de informaciones privilegiadas en beneficio propio, realizar contratos ilegales, etc.; Aceptar regalos o sobornos que puedan condicionar tratos de favor, o realizar amenazas o extorsiones para condicionar comportamientos ajenos; Etc. Es imprescindible que los códigos de empresa limiten con rigor los comportamientos injustos, más allá de lo dispuesto reglamentariamente.

Solidaridad

Según el DLE es: *"Adhesión circunstancial a la causa o a la empresa de otros. Modo de derecho u obligación asentada con razones fundamentales y verdaderas."*

La solidaridad es una concreción del bien fundamental de la sociabilidad. Surge de las interdependencias con nuestros semejantes con quienes nos sentimos inclinados a ayudar en sus necesidades como personas. Mediante tales interdependencias sociales contribuimos al bien común, que en un sentido amplio es el bien personal de todos y cada uno de los miembros de la sociedad. Como elementos básicos del bien común están los derechos humanos junto al desarrollo, bienestar y estabilidad social, dentro de un orden justo. En tal sentido, la solidaridad alcanza a todo el planeta ya que en el fondo todos dependemos unos de otros. Sin embargo, debiera

ser ordenada empezando con las interdependencias más inmediatas. Así, los directivos han de ser solidarios con los trabajadores, con los accionistas, con los clientes y proveedores, y con la comunidad local; y luego con la sociedad en su conjunto. Ser solidario exige ponerse en el lugar del otro para descubrir sus necesidades y esforzarse en satisfacerlas de acuerdo con las posibilidades, detectándolas a tiempo, incluso sin esperar a que sean planteadas.

El respeto a la naturaleza y a sus recursos, actuando con principios de austeridad, de minimización de emisiones y residuos con su debido aprovechamiento, y de eficiencia energética, estarían integrados en el valor ecodulia, en coherencia con el valor solidaridad.

Lo más elemental es evitar acciones legales insolidarias (acoso moral o sexual en el trabajo, actos de violencia, contaminación ambiental, no controlar la corrupción en los negocios, etc.). Después, la solidaridad debería empujar a dar el máximo servicio posible a cada grupo interdependiente como: esforzarse en mantener los puestos de trabajo, realizar inversiones para mantener y crear empleo, facilitar en lo posible la reinserción laboral tras situaciones de regulación de empleo, mejorar las condiciones de trabajo prestando especial atención a los riesgos ergonómicos y psicosociales, causantes de la mayoría de bajas laborales, cuidar los detalles con los clientes, contribuir a iniciativas sociales y educativas, ayudar al compañero o persona próxima que lo necesita, etc. La solidaridad debiera ir asociada a otro valor que es el de la amabilidad, lo que representa trasmitir empatía y necesidad del otro; o sea, en un sentido amplio, amor. Una manera educada de pedir algo, un saludo o una sonrisa oportuna ante cualquier contacto de proximidad o al cruzarnos en un pasillo, dar siempre las gracias por toda respuesta satisfactoria,… son magníficas maneras de expresar nuestro espíritu solidario. No obstante, la solidaridad también reclama un sentido de reciprocidad. No se puede seguir ofreciéndola a quien reiteradamente y de manera consciente la rechaza.

La solidaridad y la generosidad humana son la cara a veces oculta con la capacidad suficiente de hacer frente al egoísmo humano. Para que ello sea posible es necesario crear un marco legislativo muy exigente y principios claros en el seno de las organizaciones para poner límite a la codicia humana. No debiera escandalizarnos que en graves momentos de crisis económica afloren infinidad de abusos habidos. Sirva esta para evidenciar los errores del sistema e implantar un nuevo orden fundamentado en valores. La mayoría absoluta de personas son honestas, solidarias y trabajan con laboriosidad, y aunque los sabios apunten que las miserias en el comportamiento humano no desaparecerán, los estados, las instituciones y las organizaciones pueden y debieran contribuir a crear este nuevo orden, aunque ello no sea tarea fácil. Pensemos que personas escrupulosas en sus principios han sido sutilmente aparcadas en organizaciones de todo tipo.

La práctica de la solidaridad ha de respetar la iniciativa, creatividad y sentido de responsabilidad de los demás, sin absorberlos ni privarles de lo que ellos son capaces de hacer. Lo contrario no sería respetuoso con la identidad de las personas como seres libres, ni favorecería su desarrollo personal. La solidaridad es una acción cívica, consustancial con la naturaleza humana. La mayoría de personas sienten el impulso de poder ejercitarla en cualquier oportunidad que se les presenta. La empresa por interés propio tiene la obligación de desarrollarla. El espíritu de servicio en el trabajo ante los compañeros y los clientes, la cooperación intergeneracional, ser generoso en nuestros cometidos y transmitir jovialidad y alegría, forman parte del valor solidaridad. En cambio, la filantropía como tal, no sería una prioridad de tal valor, aunque una organización o persona decida ejercerla.

Libertad

Según el DLE la palabra tiene varios significados complementarios. Destacamos algunos: *"Facultad natural que tiene la persona de obrar de una manera u otra, y de no obrar, por lo que es responsable de sus actos. Estado o condición de quien no está preso o esclavo. Falta de sujeción y subordinación. Facultad que se disfruta en las naciones bien gobernadas de hacer y decir cuanto no se oponga a las leyes ni a las buenas costumbres".*

La libertad es un valor consustancial con la naturaleza humana. En ella se fundamenta el desarrollo de las personas para pensar y obrar en base a su libre pensamiento, a sus derechos y a los de los demás, con espíritu de tolerancia. A su vez, la libertad es la base para el desarrollo de la sociedad en un marco democrático que valora la libre iniciativa, fuente de creatividad y de riqueza. Lamentablemente, no siempre la democracia es plena y sufre recortes, posiblemente los más severos son fruto de los miedos que coartan comportamientos libres y favorecen actuaciones autoritarias o arbitrarias con la excusa del necesario "orden". No existe otro orden que el surgido de un estado de derecho, con instituciones independientes que velen por el cumplimiento de la legislación y la salvaguarda de derechos, junto a ciudadanos en permanente observación que lo exijan. Por tanto, la libertad solo puede adquirir su verdadera dimensión cuando la justicia la favorece y la regula. La corrupción, con su gran diversidad de matices, es la principal fuente de daños de nuestra sociedad que contamina a personas y organizaciones y a la que se le debe hacer frente con contundencia y nula tolerancia. En contrapartida, el valor de la "democracia" debería desarrollarse en las organizaciones para evitar abusos de todo tipo y desarrollar vías efectivas de participación y de diálogo en su seno. Personas vulnerables, por circunstancias diversas, personales o coyunturales, pueden verse expuestas fácilmente a situaciones de dependencia injustas, que les coarten su libertad para actuar en su trabajo de la manera más conveniente y a denunciarlo. Ante ello, se precisan de claras reglas y de procedimientos preventivos para evitarlo y controlarlo, apoyados en la necesaria transparencia de la información. Lo importante es "sentirse libres", sin coacciones o impedimentos. Tengamos en cuenta que cualquier encargo de trabajo dado de manera improcedente a una persona, sin tener en consideración alguna su opinión o la de sus representantes, puede convertirse en una sutil "esclavitud", evitable por razones humanitarias y de eficiencia en el trabajo. La creatividad, uno de los valores más preciados de toda organización sostenible, solo es posible en entornos laborales en los que las personas se sientan libres, sin angustias, miedos e incertidumbres, y con una organización del trabajo que la facilite. También tal valor de libertad, unido a la necesaria capacidad de decisión en base a las competencias de las personas en el trabajo, precisa de suficiente autonomía en el trabajo y del valor de la "emprendeduría", esenciales para el desarrollo de iniciativas y proyectos de futuro. Ella es posible mediante la delegación de competencias por parte de los mandos, que además de evitar dependencias innecesarias favorezcan el crecimiento profesional de los trabajadores.

Trabajo

El esfuerzo humano ha sido determinante en el desarrollo de la humanidad. Todo el bienestar social que disfrutamos procede del esfuerzo de nuestros antepasados, el cual ha requerido de una administración justa de los recursos generados y de los ahora disponibles. Lamentablemente, el trabajo como tal no ha tenido la consideración social necesaria por su trascendencia y más en nuestra cultura originaria que lo ha asociado a castigo y como tal, a penoso. Diferentes culturas le han ido otorgado diferente valor a lo largo de la historia. En la antigüedad fue algo solo propio de esclavos. Más tarde, artesanos, comerciantes y otras profesiones pudieron irse evadiendo de sus penalidades. En la sociedad industrial, el trabajo fue también duro y centró todos los intereses por encima de los demás. Y en la sociedad del bienestar el trabajo ha ido adquiriendo un valor relativo ante otros valores en la vida también loables. En la actualidad, con un peso preponderante del capital financiero/virtual, como una de las principales fuentes de negocio, el trabajo tampoco está recibiendo el respeto que se merece. A la vista está el limitado salario que recibe la mayoría de personas por su trabajo, y por otra parte, las dificultades con las que se encuentran quienes necesitan trabajar y no pueden. También fácilmente nos encontramos con personas que se vanaglorian públicamente de no trabajar, estando en condiciones de hacerlo, aprovechándose del patrimonio recibido o incluso de beneficios o ayudas sociales. También hay muchas personas que en base a sus competencias podrían aportar en el trabajo mucho más de lo que hacen, pero se excusan en razones diversas al amparo de otros que silenciosamente hacen lo que deben. Por tanto, el trabajo es un derecho pero también un deber hacia si mismos y hacia la sociedad. Entenderlo como deber es comprender su universalidad para enfrentarnos a toda forma de parasitismo y de explotación. La educación ha de suscitar el convencimiento de que el ocioso no solo se daña a si mismo, sino que perjudica también al que trabaja y sobre todo a la comunidad.

No se entiende aun suficientemente que nuestro trabajo ha de ser, además de una fuente de recursos para vivir y un medio esencial para integrarnos a la sociedad y desarrollarnos personal y profesionalmente, la manera natural de devolverle a ésta una parte de lo recibido. Afortunadamente, muchas personas lo entienden así y cuidan en su tiempo libre e incluso cuando están fuera del mercado laboral de seguir contribuyendo con su esfuerzo voluntario y en base a sus posibilidades al bien de la sociedad. Aunque esto último no ha sido un hecho destacable en nuestra cultura, ello está cambiando al tomarse conciencia de las necesidades. El voluntariado es la respuesta solidaria de las personas a las carencias existentes, habiéndose demostrado que resulta esencial para el funcionamiento de las sociedades tanto desarrolladas, como en especial, de las que lo son menos y con mayores desigualdades.

Es necesario recuperar en nuestra sociedad el valor de la laboriosidad y la cultura del esfuerzo, con la necesaria perseverancia para alcanzar metas personales y colectivas dignas. Un trabajo, como propugna la OIT, ya sea con preponderancia de lo manual o de lo intelectual, debe ser ante todo digno con nobles objetivos, adecuándose su contenido al perfil de quien lo realiza, estimulándole a crecer y hacer posible una vida saludable y equilibrada dentro y fuera del mismo. El valor de la profesionalidad asociado al de la laboriosidad es el que estimula a la autoformación y al crecimiento. El trabajo ha de tener una retribución justa que permita cubrir las necesidades vitales y sociales, y ha de ser realizado en condiciones saludables, favoreciendo que las personas puedan aportar lo mejor de sí mismas. Pero el trabajo ha de cumplir objetivos realistas y asequibles, ha de estar orientado a resultados, respetando plazos establecidos, y ha de ser eficiente, asegurando la calidad necesaria de productos y procesos, minimizando costes y optimizando logros. Ello obliga a saber priorizar y a gestionar el tiempo disponible. El trabajo no puede limitarse al cumplimiento de rutinas, se necesita coraje, constancia y resiliencia (capacidad de recuperarse y de adaptarse) para enfrentarse continuamente con creatividad y flexibilidad a los nuevos retos. Será entonces, cuando la necesaria productividad basada en la generación continuada de valor hará posible ser competitivos, y no en base al equívoco imperante de creer alcanzarse incrementando el esfuerzo de la mayoría de los que trabajan y la reducción de sus salarios. Esa es la productividad asfixiante que no conduce a ninguna parte en un mundo globalizado. En sociedades democráticas y bajo principios de justicia social, los salarios deberían irse incrementando en función de su nivel de desarrollo, respetando los mínimos que el Estado ha de garantizar y las organizaciones deberían velar por su parte en evitar diferencias salariales impropias.

Los avances tecnológicos y una organización adecuada del trabajo, junto a razones morales, deben facilitar que el trabajo deje de ser penoso y se convierta en gratificante y estimulante.

Integridad

Según el DLE, se considera que una persona es íntegra cuando es *"Recta, proba e intachable"* También añade, que algo íntegro es que: *"No carece de ninguna de sus partes".*

En tal sentido, nos referimos a la integridad como valor de una organización cuando ésta propugna que todos sus miembros tengan comportamientos éticos tanto en sus decisiones como en sus actuaciones, respetándose las normas y buenas costumbres establecidas, y además, vela y controla su cumplimiento. La integridad moral debe impregnar tanto la intención como la elección. Es el resultado de un largo proceso en el cual las personas han demostrado a sus seres más allegados, a sus compañeros de trabajo y a la sociedad en general, que sus actuaciones han sido coherentes con los valores morales imperantes. Por tanto, la integridad y el reconocimiento social que comporta se gana por el conjunto de decisiones y actuaciones realizadas a lo largo de una trayectoria personal y profesional. También es cierto que una actuación desacertada puede poner e entredicho todos los logros alcanzados y perderse de inmediato la confianza generada. En la actualidad, la ética, que está en la esencia de la actividad preventiva de riesgos laborales y del respeto a la dignidad del trabajo, no es un conjunto de normas legales y morales a cumplir, sino que es algo consustancial con la misma actividad empresarial y su aceptación como tal por la sociedad. Los trabajadores, los clientes y los ciudadanos en general, rechazan estar cerca de organizaciones que no se hayan regido por principios éticos. La calidad moral de las personas de una organización es parte fundamental del activo humano y del capital intelectual de la misma.

Las empresas y la sociedad deben protegerse de los comportamientos inmorales de directivos mediante legislación y normas, acordes a la realidad, asociadas a mecanismos de transparencia, Ello, además de culturalizar, ha

de evitar que personas que hayan dañado gravemente a la sociedad puedan seguir impunemente haciéndolo. Ser tolerantes ante los comportamientos no éticos en instituciones y empresas desmorona los mismos cimientos de la sociedad fundamentados en la confianza. La reputación de una organización, lo que supone haber generado confianza de obrar bien y mostrar garantías de seguir haciéndolo, tiene por tanto un valor extraordinario y debe ser preservada a toda costa ante la posibilidad de que una actuación indebida de alguno de sus miembros y en especial de sus directivos lo pueda dañar.

Pero la complejidad de condicionantes que determinan el comportamiento puede tergiversar lo que pudiera entenderse por comportamiento ético. El ser humano, con una mezcla de racionalidad subjetiva y ceguera inconsciente puede llegar a justificarlo todo. Para evitarlo, es imprescindible fundamentar las relaciones en el trabajo en el diálogo permanente y la transparencia. O sea, en un diálogo sin asimetrías entre sus partes que permita a todos ser escuchados. La aplicación de la ética empresarial requiere de un esquema de actuación triangular: a) la elaboración de códigos éticos y su aplicación ejemplarizante, b) la organización de comités de ética en el seno de las empresas en permanente escucha para velar por su cumplimiento y c) la realización de auditorias éticas. Todo ello apoyado de una carga docente que conciencie de su importancia y clarifique los límites de lo que es excelente o aceptable y de lo que no lo es.

Todo buen profesional y en particular el personal directivo debieran asumir un liderazgo participativo, siendo parte integrante de sus requisitos como tales, los valores de honestidad, templanza, y sensibilidad, esenciales para alcanzar la integridad. El comportamiento ético, además de ser un valor de presente y de futuro para una organización, permite el sentirse bien con uno mismo y con su entorno, y como no, dormir sin problemas de conciencia.

Compromiso

Según el DLE, la palabra compromiso tiene diversos significados: *"Obligación contraída", "palabra dada",* o también*, "dicho de una solución, de una respuesta dada entre partes por obligación o necesidad para complacer".*

Como valor, representa una obligación ante los demás, pero también con uno mismo. Los grandes avances de la humanidad se han producido por el esfuerzo de personas con empeño, comprometidas en logros que han trascendido a sí mismas. O sea, el compromiso por respetar, además de normas u acuerdos, principios morales o alcanzar metas en beneficio de la sociedad, habría de incluirse en tan significativo valor. Por tanto, el valor compromiso no se limita solo a dar respuesta a una determinada obligación formal contraída, sino también a encontrar la mejor manera de complacer a otros y a uno mismo, respetando principios éticos y superando el nivel de expectativas generado. Eso seria mostrar un compromiso excelente.

En el léxico empresarial se suele recurrir también a su sinónimo: "lealtad", al referirse a la relación con otros. Es la virtud que lleva a cumplir la palabra dada, ejecutando lo que se ha dicho, o sea, lo que tácitamente se ha asumido al contraer determinados compromisos. La lealtad conduce a defender los intereses de la empresa para la que se trabaja (lealtad de empresa, lealtad a los proveedores o clientes), corresponder a la confianza depositada por alguien (lealtad a una persona, como un trabajador o grupo de trabajadores), o actuar en el mercado respetando las normas establecidas, lo que se denominaría competir con lealtad. El espíritu de servicio a los clientes y la cuidada relación con proveedores han de estar impregnados de tal lealtad, que ha de ser permanentemente demostrada a través del comportamiento y en especial ante cualquier incidencia que lo pudieran poner en entredicho. En los momentos de la dificultad es cuando realmente se demuestra quienes somos y nuestro compromiso con los demás.

La lealtad ha de ser reflejo de la verdad y por tanto no puede oponerse a ella. La primera lealtad es, pues, con el bien, o sea con la verdad moral. Si lo acordado fuera algo indebido, dejaría de obligar. La sinceridad en todo lo transmitido y la seriedad en el cumplimiento de lo acordado son por tanto atributos esenciales para que toda persona al desarrollar el valor del compromiso pueda generar la confianza necesaria y con ella, el buen funcionamiento de una organización. Lo hará posible un liderazgo participativo basado en el respeto de las opiniones de los demás al tomar decisiones, y la asunción de los compromisos acordados, siendo rigurosos en plazo y forma en cumplirlos, avisando previamente y justificando cualquier demora.

Participación y cooperación

La palabra "participación" tiene multitud de acepciones según la sociedad o cultura en la que nos encontremos. La OIT intentó en su día, sin éxito, consensuar un significado universal. Lo que si es cierto, es que en un derecho y un valor indiscutible en el mundo del trabajo. Los trabajadores tienen el derecho a ser informados y consultados directamente o a través de sus representantes en todo lo que les afecte a su seguridad y salud en el trabajo. También el marco legislativo de prevención de riesgos laborales establece las vías y los mecanismos de participación de los trabajadores a través de los delegados de prevención y los comités de seguridad y salud en el trabajo, con amplios derechos, no solo a ser informados y consultados, sino también a participar en el diseño y seguimiento de los planes de actuación preventiva en la empresa. El derecho de los trabajadores a participar en la empresa se concreta así en diversidad de leyes como el Estatuto de los trabajadores, reglamentos: y el marco de la negociación colectiva, de especial trascendencia. El empresario tiene la obligación de facilitar los medios necesarios para que se produzca la exigible representatividad sindical con la que desarrollar los mecanismos de participación previstos por la legislación.

Pero la participación debiera asumirse, más allá de lo reglamentado, como un proceso natural de democratización del trabajo, en coherencia con los valores de una sociedad democrática, sin menoscabo de que la organización sea de propiedad privada y puedan tomarse decisiones libres dentro de los límites que fija la ley.

En todo caso, se trata de que las personas, en consideración a sus inquietudes personales e intereses de empresa, habrían de ser escuchadas y en lo posible, sus aportaciones tenidas en cuenta. La armonización de intereses es una necesidad organizacional, y por ello, la empresa debe velar porque se produzca a través de los cauces participativos que se estimen más convenientes. En total coherencia con ello, el estilo de mando debe favorecer un modelo de gestión empresarial participativo basado fundamentalmente en el trabajo en equipo, desarrollando la participación e implicación de las personas en todo lo que les afecte. Tengamos en cuenta que mediante la información, las personas saben lo que hacer y su por

qué; mediante la formación aprenden a hacerlo; pero es mediante la participación que se implican en hacerlo de la mejor manera posible. Una participación responsable representa disponer de los conocimientos necesarios, de autonomía suficiente y de delegación de competencias que permitan tomar decisiones. Las nuevas formas de organización del trabajo, asociadas a una gestión por procesos que evite barreras departamentales, habrían de hacer posible que la participación sea un valor clave para el éxito empresarial y que las personas se sientan a gusto en su actividad.

Pero la participación debe ir ligada a la cooperación. Cooperar es compartir en posición de igualdad para avanzar conjuntamente en el logro de beneficios colectivos y de las partes implicadas. Compartir siempre beneficia, ya sea para engrandecer y colectivizar los éxitos como para resarcirse mejor de los fracasos. Las organizaciones deberían compartir información que sea útil a sus miembros, esfuerzos para superar dificultades y beneficios por los resultados alcanzados. Mediante alianzas estables o coyunturales, los grupos de trabajo y las empresas han de complementarse y multiplicar sus capacidades. Las redes de cooperación constituyen una vía que sin alterar las estructuras formales de las organizaciones, favorece que personas y empresas puedan avanzar de manera grupal en la generación de conocimiento y en la mejora de prestación de servicios. Compartir requiere también corresponsabilizarse.

Conocimiento, Innovación y Transparencia

A diferencia de los anteriores, que son valores universales asociados a derechos humanos, estos tres valores interrelacionados son determinantes para la eficacia de la gestión empresarial, y por tanto, debieran también ser considerados. En apartados anteriores ya destacamos la importancia de su aplicación y su influencia en la sostenibilidad empresarial.

El conocimiento es lo que nos permite conocernos mejor como personas y entender la realidad compleja que nos rodea para mejorarla. En la empresa el valor del conocimiento se materializa en lo que se denomina el capital intelectual, que es como se dijo, su principal activo. El conocimiento debe estar a disposición de quien lo necesite y no convertirse en fuente de poder, discriminación o dependencia. La generación de conocimiento requiere comprensión de distintos pareceres y prudencia como base del saber, anteponiéndose a la arrogancia y a la soberbia del que se cree sabedor. Las personas sabias no suelen tener tal vicio. Suelen ser modestas y su sabiduría les lleva a plantearse permanentemente interrogantes. La objetividad en el conocimiento de la realidad se ha de construir con la conjunción de las diferentes subjetividades.

Pero el conocimiento debe ir asociado al valor de la veracidad, manifiesta a través de la sinceridad en la comunicación. Es lo que genera la necesaria confianza en las relaciones. Un aspecto importante de la veracidad es esforzarse por suministrar la información relevante y necesaria a la que cada persona tiene derecho para su buen desempeño en el trabajo. En este sentido, todo directivo ha de empezar por plantearse qué información hay que dar a cada uno de los grupos implicados con la empresa: los accionistas (la verdad sobre el uso del capital y razonables expectativas que pueden albergar); los trabajadores (la verdad sobre los riesgos laborales a los que están expuestos y las medidas para evitarlos, la verdad sobre sus aportaciones en el buen funcionamiento de la empresa y la verdad sobre la situación de la misma, la verdad sobre las necesidades y exigencias de productividad y de eficiencia a resolver, etc.); los clientes y consumidores (información sustancial sobre sus productos y servicios, sobre las medidas de seguridad en su uso, sobre su compromiso social, sobre garantías de servicios y suministro de repuestos, ventajas reales y no ficticias de lo ofertado, etc.); y al público en general (evitando la publicidad engañosa o subliminal o dar información sectaria para desacreditar a competidores, etc.). Pero la veracidad debe ir también asociada a la virtud de la prudencia. Antes de tomar decisiones hay que reflexionar de las repercusiones que éstas pudieran tener y continuar haciéndolo tras los resultados de nuestras acciones.

El conocimiento como valor de futuro ha de estar en permanente desarrollo, demandándose de la organización en coherencia a ello, el desarrollo de competencias de los trabajadores (ver NTP 830), lo que contribuirá al crecimiento profesional de sus miembros, algo a lo que tienen derecho, y al crecimiento organizacional para ser competitivos. Tal desarrollo de competencias realizado en un marco de transparencia va asociado a la evaluación del desempeño de las personas en sus cometidos. De ahí podrá extraerse un reconocimiento justo a sus aportaciones y sus logros, y permitirá detectar necesidades para desarrollar una formación permanente basada en criterios de eficacia.

La innovación (tecnológica y organizacional) representa la vitalidad de una organización por adaptase con rapidez y de la mejor manera posible a las nuevas realidades, y por ello, constituye un valor fundamental de futuro. Va asociada plenamente para materializarse con efectividad al aprendizaje permanente, a la generación de conocimiento y al desarrollo de competencias (ver NTP 911 y 912). La innovación requiere de entusiasmo, coraje, fe en las ideas y un entorno positivo y de libertad que la estimule y la conduzca. El ser humano es por naturaleza innovador debido a su espirito de curiosidad, de adaptación a realidades adversas y de aprendizaje. Lamentablemente, tal valor se adormece en las organizaciones por diversidad de factores, especialmente ambientales y organizativos. La innovación requiere de unas condiciones de trabajo que la favorezcan. Ver el conjunto de NTP sobre innovación y condiciones de trabajo citadas en la Bibliografía.

Finalmente, la transparencia constituye el valor esencial e indispensable que permite el autocontrol de comportamientos, acordes a los otros valores definidos y en la dirección trazada para el cumplimiento de las metas individuales y colectivas establecidas. Las actividades de la empresa y en especial las actividades relacionadas con la prevención de riesgos laborales y la mejora de las condiciones de trabajo deben estar marcadas por la transparencia, dejando la debida constancia de lo realizado (ver NTP 810). La transparencia no debe ir en detrimento de las garantías de confidencialidad de determinadas informaciones.

BIBLIOGRAFÍA

BESTRATÉN, Manuel y PUJOL Luis
Responsabilidad Social y condiciones de trabajo
Revista: Prevención, Trabajo y Salud, nº 31, INSHT. 2004

BESTRATÉN, Manuel y Pujol Luis
Ética empresarial y condiciones de trabajo
Revista: Seguridad y Salud en el Trabajo, nº 42, INSHT, 2007

DRUCKER, Peter F.
La sociedad postcapitalista
Edit. Norma. Bogotá, 1997

FRANKL, V.E.
El hombre en busca de sentido
Edit. Herder. Barcelona, 1994

MAJÓ, Joan
Després de tocar fons
Edit. La Magrana. Barcelona, 2010

MELÉ Doménech
Ética en la dirección de empresas
Edit. Folio. Barcelona, 1997

RIFKIN, Jeremy
El fin del trabajo
Edit. Paidos, Barcelona, 2010

RUIZ-ESCRIBANO, Teresa y POY, Xavier (SGS Tecnos, SA)
Estudio de campo sobre la contribución de la eficacia del sistema de prevención de riesgos laborales a la excelencia empresarial
INSHT, Madrid, 2012

SILICEO, Alfonso, CASARES, David y GONZÁLEZ, José Luis
Liderazgo, Valores y Cultura Organizacional
Edit. McGRAW-HILL. México. 1999.

STIGLITZ, Joseph E.
Caída libre
Edit. Santillana, Madrid, 2011

TORRALBA, Francesc
Cent valors per viure
Pegés editors, Lleida, 2001

VELASQUEZ, Manuel
Ética en los negocios
Edit. Pearson Educación, México, 2006

AENOR
Guía ISO 26000-2010 Sobre "Responsabilidad Social"

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Colección de Notas Técnicas de Prevención:
NTP 642 y 643. Responsabilidad Social Empresarial
NTP 693. Códigos de conducta y condiciones de trabajo
NTP 745 y 829. Nueva cultura de empresa y condiciones de trabajo
NTP 753, 941, 942 Y 943. Innovación y condiciones de trabajo
NTP 810 y 817. Transparencia y condiciones de trabajo
NTP 830. Integración de la prevención y desarrollo de competencias
NTP 911 y 912. Productividad y condiciones de trabajo

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

949

Valores y condiciones de trabajo (III): implementación

Values and working conditions (III): Implementation
Valeurs et condition de travail (III): Implantation

Redactor:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Este documento complementa a las NTP 947 y 948 y se dedica al proceso de diseño e implementación de una política empresarial basada en valores. Se apuntan algunas experiencias de interés de cómo hacerlo.

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. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE VALORES

Habida cuenta de que el proceso de análisis de valores habría de culminar con la selección de los que se consideren esenciales, con una clara descripción de su significado, se plantea seguir metodológicamente un esquema como el que a continuación se indica, basado en experiencias exitosas. En todo caso, los valores habrían de ser definidos a partir de la "visión" de la organización, o sea, del horizonte que esté marcando su camino. La visión viene a reflejar lo que se quiere que la organización llegue a ser, sin descuidar su dimensión social; algo que todos los miembros de la organización y quienes de una forma u otra interactúen con la misma deberían saber para obrar en consecuencia.

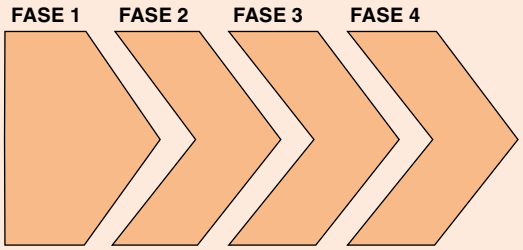
El comité de dirección es el responsable de abrir en su seno el debate y tomar conciencia de la necesidad de una política basada en valores. Puede ser recomendable contar con apoyo externo, tanto para realizar un diagnóstico de la situación inicial de partida como para ayudar en el proceso de selección de valores y estrategias para su implementación. Una vez el comité de dirección ha asumido tal necesidad y ha decidido la línea de trabajo a seguir, habría que proceder a la constitución del grupo de trabajo que lidere el proceso de selección e implementación de valores. En dicho grupo estará representada la dirección, junto a personas que representen a los diferentes colectivos de la empresa, entre los que no deberían faltar los representantes de los trabajadores. Dado que se trata de una acción de valor estratégico, la dirección debe estar especialmente implicada marcando metas, actividades para alcanzarlas, plazos de ejecución, e incluso destacar algunos valores que considere conveniente que hayan de ser incluidos, lo que no por ello deben dejar de ser debatidos. Se podrían ampliar los grupos de trabajo en función del tamaño y diversidad de actividades de la organización para extender el debate a todas las áreas de trabajo. Hay que tener en cuenta la importancia crucial de que tal proceso de debate interno sea altamente participativo por el nivel emocional de implicación y compromiso que comporta.

La identificación y selección de valores clave requiere de un proceso de debate pausado, sin prisas, conducido desde la dirección y en el que se planteen claramente los objetivos que se persiguen. Posiblemente, sea recomendable aportar elementos previos de análisis y de reflexión para estimularlo, como es el conocimiento de la realidad socioeconómica de la empresa en el medio en que opera, sea local - territorial, nacional o internacional, con su evolución y las perspectivas de cambio que la coyuntura propicia, sean favorables o desfavorables. También sería recomendable un análisis de la cultura organizacional. Hay que tener muy en cuenta lo que hacen al respecto otras empresas líderes del sector u otras de reconocido prestigio.

Por pequeña que sea la empresa, no puede ser ajena a las exigencias de la sociedad, más allá de localismos y ante la necesidad de enfrentarse a nuevos retos para su pervivencia bajo principios de responsabilidad. Es a partir de las limitaciones y dificultades existentes, que se habría de reencontrar, precisamente en los valores, la energía y la carga emocional necesaria para su superación, con la que poder generar nuevos planteamientos y nuevos horizontes. Las personas estamos necesitadas de metas esperanzadoras para mantener nuestra vitalidad y caminar por la senda de la ilusión por un futuro mejor. Recordemos que las dificultades y su superación son las que una vez positivadas van forjando la personalidad y las fortalezas de las personas. También las organizaciones están marcadas por hitos y cambios de rumbo que forman parte de su memoria histórica y que se recuerdan con agrado al haber favorecido cambios trascendentales en pro del éxito empresarial, como por ejemplo, aquella alianza con una organización que nos permitió evolucionar, las circunstancias que propiciaron una nueva línea de

productos o la apertura de un nuevo mercado, o como no, la incorporación de un directivo que infundió cambios significativos en la organización y en la manera de proceder. Posiblemente, de realizarse tal proceso de implantación de valores con el entusiasmo necesario, este pueda llegar a convertirse en uno de tales hitos.

En la figura 1 se indica el proceso secuencial para la selección y definición de valores y en la figura 2, las acciones estratégicas para su implantación.



FASE 1. Análisis de la cultura organizacional

FASE 2. Concienciación del grupo de trabajo sobre la importancia de los valores y conocimiento del significado y límites de los mismos.

FASE 3. Análisis de valores y sus componentes, y su repercusión en la organización.

FASE 4. Selección y definición de valores.

Figura 1. Proceso de análisis y selección de valores

El grupo o grupos de trabajo habrían de ser concienciados sobre la importancia de los valores y su papel determinante en los comportamientos de las personas, así como de su trascendencia en la cultura de la organización y la imagen que esta proyecta. Hay que tomar conciencia del significado de los diferentes valores, su necesaria traducción en las actividades que la empresa desarrolla y las repercusiones que puedan generar en la propia organización. Habría que analizar también los contravalores que están perjudicando los fines de la organización; esté su origen en el entorno social o en el seno de la propia organización y que por razones históricas o circunstanciales han ido tomando peso. Es imprescindible superar los miedos que pueda suponer conocer las carencias culturales más significativas. La mayoría de personas evolucionarán positivamente en sus comportamientos cuando se asuman colectivamente unos valores y unas maneras determinadas de proceder. La evaluación de los riesgos psicosociales es un instrumento esencial para tal conocimiento que habría de ayudar enormemente a mejorar la salud de las personas y de las organizaciones. Lamentablemente, estamos viendo las dificultades notorias que su aplicación efectiva comporta, así como las limitadas actuaciones de intervención psicosocial derivadas de tal evaluación. El desarrollo creciente de los riegos psicosociales, constatado en las sociedades más avanzadas, así como la limitada eficacia por controlarlos, solo puede verse alterada con una actuación decidida sobre los valores morales y organizacionales, con una organización del trabajo y un estilo de mando que los interiorice y vigile su cumplimiento.

Una vez seleccionados y consensuados los valores esenciales, que la experiencia nos dice que, por razones estratégicas, no deberían ser menos de cinco y no más de diez, habrá que definirlos en términos claros y fáciles de entender por todo el mundo. Esta es labor del grupo que lidera el proceso junto al comité de dirección, a quien le corresponde tener la última palabra para su aprobación. Los valores deberían ser plasmados, además de documentalmente, de manera gráfica o visual para así facilitar la sensibilización en los mismos.

Una vez aprobados, debiera diseñarse un plan para su implementación, el cual requiere de un conjunto de estrategias que podríamos sintetizar en cinco (ver fig. 2).

La primera es su divulgación a todos los niveles. Tal divulgación será específica con cauces exclusivos: reuniones por áreas o unidades funcionales, campaña para publicitarlos internamente con actividades de promoción imaginativas, o referenciando o integrando los valores en actividades estratégicas de la organización, por ejemplo, el plan de igualdad, el plan y el programa de prevención de riesgos laborales, el plan de marketing, etc.

La segunda, es la elaboración de códigos éticos y de buenas prácticas. Es imprescindible, que los valores sean traducidos en actuaciones concretas previsibles, diferenciando las que sean consideradas loables y las que sean inaceptables. Su catalogación y consiguiente divulgación facilitará enormemente la interiorización de los valores y el reforzamiento de conductas y hábitos acordes a los intereses de la organización. Para la elaboración de tal código ético es necesario abrir un proceso de atenta escucha a la diversidad de situaciones en las que mandos y trabajadores puedan encontrarse en su actividad y cuales debieran ser las respuestas esperables ante las mismas. No obstante, por ricos que sean tales códigos éticos, es difícil que puedan recoger la multiplicidad de situaciones potencialmente conflictivas que puedan acontecer. Por ello, deben complementarse con la creación del Comité de ética, grupo estable de trabajo en el que habrían de participar los responsables del Servicio de prevención y los delegados de prevención. Es normal que el grupo de trabajo encargado de seleccionar y dar forma a los valores se transforme luego y se adecue como comité de ética, el cual efectuará un seguimiento del proceso de implantación de valores, siendo al mismo tiempo medio de reflexión continuada sobre todo lo relativo a esta materia en la organización.

Una vez se dispone de códigos éticos puede acometerse la tercera acción estratégica que es la formación de las personas. Una formación inicial de corta duración para que todo el mundo sepa lo que debe hacer y cómo hacerlo. No obstante, la formación habrá de proseguir a través del diálogo en los ámbitos de trabajo. Ello debería ir asociado en paralelo a la elaboración de indicadores que permitan evaluar el desempeño de las personas y con ello, configurar la competencia transversal genérica de respeto a valores, exigible a todos los niveles de la organización.

La cuarta acción estratégica para la implantación de valores es integrarlos adecuadamente en los procesos operativos de la organización, empezando por aquellos que sean considerados clave. Se trata de revisar el conjunto de tareas para considerar cómo éstas pueden verse afectadas por los valores asumidos. Esta es una actividad más sutil, que para acometerse eficazmente requiere profundizar más en el cómo que en el qué, y favorecer la escucha de los responsables de proceso mediante un diálogo abierto y transparente para conjugar eficiencia y responsabilidad en las actividades y decisiones habituales. El respeto a los valores definidos, como se ha dicho, habría de ser una competencia exigible y evaluable a través del desempeño, y que tal vez en algunos puestos de trabajo por sus especiales características cabría ser matizada.

Finalmente, la quinta acción estratégica es el seguimiento y control de la política y actividades desarrolladas

en el plan de actuación. Mediante una auditoría ética se podrá efectuar un seguimiento del nivel de implementación logrado con el que efectuar las correcciones necesarias. Es la revisión sistemática de todo lo realizado con la implicación de la dirección lo que va a garantizar que dicha política sea efectiva, acorde a lo previsto, y las personas la asuman como algo intrínseco y natural a la cultura de la organización. O sea, que finalmente se asuma el valor y la satisfacción colectiva de tener valores.

Fruto de tal revisión y cuando se considere oportuno, los valores habrían de ser actualizados para seguir profundizando en lo que en todo momento sea esencial para conjugar intereses personales y organizacionales.

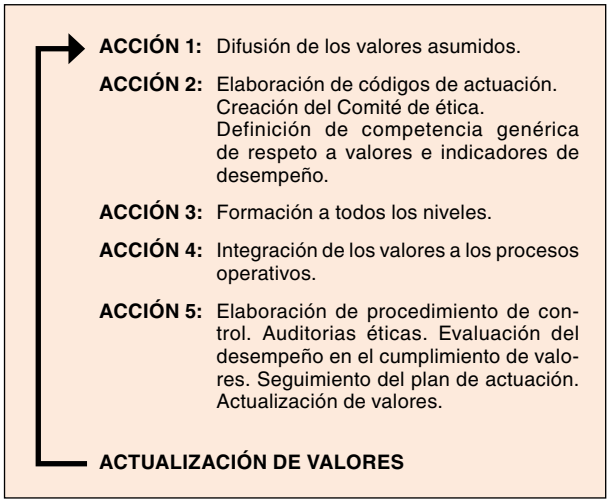


Figura 2. Plan de implantación de valores

2. ALGUNAS EXPERIENCIAS RELEVANTES

A continuación se indican tres apuntes de experiencias de organizaciones que se han seleccionado por algunas de sus peculiaridades, pero destacando las tres, por su compromiso social, por la calidad de sus condiciones de trabajo y por haberse fundamentado históricamente en valores. Se recomienda consultar las web de las empresas citadas. Precisamente, los valores de tales empresas han sido actualizados en el año 2012, cuando se redactaba esta NTP. Se muestran en la fig. 3. No obstante, son muchísimas las empresas y en especial pequeñas en nuestro país que destacan por su espíritu de responsabilidad y excelencia empresarial y se enorgullecen por sus valores.

Empresa de servicios en España considerada reiteradamente un lugar excelente para trabajar

La empresa DKV-ERGO es una empresa de seguros personales, especializada en salud, comprometida con las personas y orientada al desarrollo sostenible. En los últimos años, se ha convertido en una de las primeras compañías de seguros médicos del país, está entre las compañías líderes en el seguro de Subsidio y se ha introducido con fuerza en el ramo de los Decesos. Es de origen español, aunque forma parte de Munich Health, la división del grupo Munich Re, dedicada a seguros, reaseguros y servicios de salud. Destaca por ser líder en satisfacción de clientes y trabajadores. Precisamente en el año 2012 ha obtenido por cuatro años consecutivos el distintivo de ser uno de los mejores lugares para trabajar en España, en base al proyecto europeo de participación voluntaria "The Best Place to Work", con un índice de satisfacción del 85%, y de sentido de orgullo y de compromiso, por separado, del 82%. Sus valores son ser: *Sincera y abierta, Emprendedora y viva, Confiable y cercana, Responsable y comprometida, Ejemplar y atractiva, Trabaja en Equipo, Orientada a resultados*. Tales valores y la propia actividad empresarial giran alrededor del valor integral, "Salud", desarrollando programas de promoción de la salud a todos los niveles y para todos sus grupos de interés (DKV 360º). Su política de valores se traduce en una amplísima diversidad de acciones, muchas de ellas en el campo de la responsabilidad social (política de igualdad y conciliación laboral, beneficios sociales para empleados, voluntariado corporativo), además de su plena integración en las actividades y decisiones fomentando la comunicación interna en todos los sentidos. Tal modelo de gestión de personas emana del Departamento de RR.HH de quien depende también el Servicio de PRL. Fue de las primeras empresas en obtener la certificación del estándar OHSAS 18001:2007. Organiza programas de desarrollo, como el programa Avanza (para futuros puestos directivos) o el programa Enseña (formadores internos), así como el Grupo de Creatividad, que desarrolla proyectos singulares como el record Guiness que obtuvo la empresa al celebrar el día de la creatividad con un concurso de ideas y una participación simultánea de más de 500 empleados. Es destacable como método de formación innovador, la "cocina de valores", que asocia el catering con los valores de la empresa. Es también remarcable su sistema de evaluación directa del desempeño en el respeto a los valores de la empresa en todos los puestos de trabajo, que es complementario a otras evaluaciones. Uno de sus lemas institucionales es que "La actitud se enseña por contagio y el entusiasmo se contagia" (Victor Küppers), aunque también asumen lo que dijo Gregorio Marañón: "La capacidad de entusiasmo es signo de salud". Resaltar, por último, que la visión de DKV es "Nos esforzamos por hacer un mundo mejor y por eso estamos realmente interesados en ti", refiriéndose no sólo a los empleados sino a todos sus grupos de interés que, en definitiva, son personas.

Organización internacional no gubernamental, con reconocimiento social

Intermón Oxfam es una de las ONG más prestigiosas por su labor de lucha contra la pobreza y la injusticia. Trabaja desde diferentes ámbitos, puesto que la complejidad del mundo global en el que vivimos demanda una acción integral. Llevan a cabo programas de desarrollo en sociedades empobrecidas y de acción humanitaria, actuando rápida y eficazmente en situaciones de catástrofes naturales o conflictos bélicos para salvar las vidas de las personas que las sufren y para que puedan, después de pasado el desastre, retomar su vida en condiciones dignas. Fomentan el comercio justo como una herramienta más de desarrollo. Promueven campañas de sensibilización y movilización social en la sociedad española. Impulsan valores y actitudes positivas, tanto en la sociedad como en los gobiernos, para generar cambios en las políticas nacionales e internacionales que afectan a la vida de millones de personas.

Tienen una estructura de funcionamiento descentralizada para actuar con celeridad y eficiencia en donde crean necesario, lo que no es obstáculo para que sus

VALORES DE DKV ESPAÑA

El secreto para generar confianza está en los valores

***S** incera y abierta*
***E** mprendedora y viva*
***C** confiable y cercana*
***R** esponsable y comprometida*
***E** jemplar y atractiva*
***T** rabajo en equipo*
***O** rientada a resultados*

SINCERA Y ABIERTA
- Transparente en sus acciones y procesos con todos sus grupos de interés.
- Comunica con claridad sus aspiraciones, decisiones, productos y servicios.
- Favorece una apertura responsable para compartir y dialogar constantemente.
- Fomenta la curiosidad y la valentía.
- Humilde, admite y perdona el fracaso.
- Especialmente pendiente de las necesidades de sus clientes y empleados (antes: respeta que los clientes y empleados tienen el poder)

EMPRENDEDORA Y VIVA
- Innova: genera e implementa nuevas ideas sin miedo al error para diferenciarse.
- Considera la agilidad, rapidez y la proactividad en el desarrollo su actividad y toma de decisiones como un motor de crecimiento.
- Sin burocracia, dinámica y con vocación de progreso.
- Valiente y proactiva frente al cambio.
- Fomenta el cambio desde la pasión por la mejora continua.
- Favorece la implicación y el esfuerzo de todos frente a los retos.
- Facilita la asimilación del cambio a través de la comunicación.

CONFIABLE Y CERCANA
- Honesta. Cumple lo que promete.
- Escucha, es próxima y accesible.
- Cumple con las expectativas y se interesa por las experiencias de sus grupos de interés.
- Empática, sabe ponerse en el lugar del otro, habla su mismo idioma para comprender su realidad y prever y detectar sus necesidades.
- Permeable, respetuosa y recíproca

RESPONSABLE Y COMPROMETIDA
- Determinada a mantener un comportamiento ético, transparente, sostenible y coherente en todas sus acciones.
- Da respuesta por el impacto sus decisiones y acciones.
- Desarrolla prácticas de protección del medioambiente.
- Supera los requisitos legales anticipándose a las necesidades de la sociedad.
- Sensible a los problemas sociales y medioambientales.

EJEMPLAR Y ATRACTIVA
- Invita a la imitación como modelo a seguir
- Pulcra en sus presentaciones y seductora en sus propuestas frente a otros
- Proyecta una imagen de autenticidad, una personalidad reconocible por los Grupos de Interés.
- Con clara vocación al servicio al cliente, a la calidad y al éxito (ésta antes estaba en orientación a resultados).

TRABAJA EN EQUIPO
- Dialoga, respeta, comparte y aporta como actitud permanente.
- Coordinación colaborativa y transversal: sin fronteras entre áreas, unidades y territorios.
- Con tendencia a compartir más que a restringir.
- Propicia la participación y la comunicación formal e informal.
- Facilita la unión y cooperación entre distintos líderes para un objetivo común.
- Reconoce el esfuerzo de todo el equipo.

ORIENTADA A RESULTADOS
- Práctica y coherente en sus compromisos.
- Planifica, desarrolla, verifica y optimiza evitando la improvisación y aprendiendo del pasado.
- Centrada con rigor en alcanzar unos objetivos concretos y realistas.
- Prudente y coherente en el desarrollo de la actividad y planteamientos.
- Conoce y respeta el carácter finito y restrictivo de los recursos administrando el gasto de manera coherente.
- Con dinámicas de gestión y actuaciones comunes.
- Con criterios para la toma de decisiones conocidos y respetados.
- Con visión global, integradora y que ve más allá de los objetivos a corto plazo.

VALORES DE INTERMON-OXFAM

SU VISIÓN:

Las personas que forman parte de Intermón Oxfam creen que es posible un mundo en el que hombres y mujeres —dotados de los mismos derechos y deberes y pudiendo ejercer esa igualdad de manera efectiva— dispondrán de los recursos y de las oportunidades para llevar una vida digna y para desarrollarse como individuos y como miembros activos de sus comunidades.

Creemos en la **Justicia**, que entendemos como el reconocimiento y la creación a escala universal de las condiciones que permitan a todas las personas el pleno ejercicio de todos y cada uno de los derechos humanos. Justicia es la puesta en valor del individuo –de cada ser humano y sus capacidades– en un marco de equidad colectiva.

Defendemos la **Dignidad Humana** como un valor inherente a todas y cada una de las personas que les confiere el derecho inalienable de vivir en libertad y en unas condiciones adecuadas para desarrollarse como individuos y miembros de su comunidad en todas las dimensiones del ser humano.

Creemos en la **Solidaridad** que hace que nos sintamos responsables de la situación de nuestros semejantes –especialmente de los más vulnerables y desfavorecidos– y que nos impulsa a actuar y a mover a otros a la acción para poner fin a las situaciones de injusticia.

Declaramos nuestro **Compromiso** con las personas y la causa de la justicia porque tenemos la convicción de que la continuidad y la fuerza de nuestras acciones transformadoras es el resultado de la responsabilidad que asumimos y de la profundidad de nuestras convicciones.

Finalmente, y como consecuencia de lo anterior, buscamos la **Coherencia** porque nuestra capacidad para cambiar la vida de las personas que sufren será mayor si nuestras acciones y declaraciones se ajustan a nuestras convicciones. Aspiramos a creer en lo que hacemos, a hacer lo que decimos y a decir lo que creemos, tanto dentro como fuera de nuestra organización.

VALORES DE CENTRAL ROMANA CORPORATION LTD. DE REPUBLICA DOMINICANA

CIVISMO. Apoyamos el desenvolvimiento organizado de las comunidades donde habitamos y del país, a través de pautas de comportamiento que nos permiten convivir en decencia y paz, guardando respeto por las demás personas, los bienes públicos y el entorno natural.

COMPROMISO ORGANIZACIONAL. Estamos altamente comprometido con la empresa, sus valores, metas, objetivos y filosofía. Mantenemos acciones permanentes para fortalecer su cultura y contribuir a su desarrollo a través de procesos de Gestión Humana de alto impacto, convencidos que las personas son nuestro principal activo.

ESPÍRITU DE SERVICIO. Atendemos a nuestros clientes y a las demás personas con rectitud y disponibilidad. Nos anteponemos a sus necesidades y ofrecemos soluciones de alta calidad.

EFECTIVIDAD DE EQUIPO. Entendemos que el resultado del esfuerzo de todos trabajando en equipo es muy superior a los resultados individuales

INTEGRIDAD Y CONFIABILIDAD. Practicamos la honestidad y la honradez. Mantenemos el más alto grado de confidencialidad en las informaciones que manejamos.

CREATIVIDAD E INNOVACIÓN. Adoptamos y desarrollamos la creatividad y la innovación como procesos de mejora continua de nuestro trabajo, como factor esencial para nuestra sostenibilidad.

Figura 3. Descripción de los valores esenciales de las tres organizaciones referenciadas, actualizados en el año 2012.

valores lleguen a todas partes y sobre todo, sus voluntarios los interioricen, bajo una política unitaria al respecto. Sus valores (*justicia, dignidad humana, solidaridad, compromiso y coherencia*) son sus componentes identitarios, junto a su misión y visión, así como la guía del camino como organización y el ideal para conseguir un mundo más justo y solidario. Camino e ideal que cada una de las personas que forman parte de Intermón Oxfam quieren vivir buscando la coherencia entre lo que piensan y lo que hacen.

El proceso para integrar los valores en sus líneas estratégicas y en sus prácticas organizativas y operativas es constante desde el principio, realizándose periódicamente balances para comprobar su nivel de implementación**.** Es destacable ver cómo interrelacionan documentalmente todo lo que hacen y los instrumentos que utilizan, con los valores y las líneas estratégicas de la organización**.** Les preocupa en especial el seguimiento de sus logros mediante indicadores**.** Su Plan de "Vivencia de valores" muestra la interrelación de sus diferentes valores con cinco acciones clave: 1) Rendición de cuentas, transparencia y evaluación, 2) Diversidad y género, 3) Participación y actitud de escucha y cultura interna de respeto, 4) Equilibrio entre tareas, recursos y calidad y 5) Gestión responsable**.**

El Comité de Dirección ha estado implicado en la revisión de la efectividad de la política de valores. Para la difusión de sus principios de actuación en los diferentes campos como el de la PRL, suelen realizar cortos audiovisuales sobre proyectos y campañas específicas, destacándose en todos ellos los valores en cuestión afectados, pudiendo llegar así de manera intermitente a lugares bien lejanos. Por ejemplo, la campaña actual de PRL entre trabajadores y voluntariado se denomina "Súmate a la salud laboral", fundamentada en los valores "dignidad, justicia y coherencia". Y también cada año realizan la acción de captación y sensibilización "Trailwalker" que consiste en realizar una larga caminata con el objetivo de recaudar fondos y sensibilizar y hacer copartícipe a la sociedad en los proyectos. En dicha acción la PRL se integra bajo la promoción de la salud ya que los participantes deben entrenarse previamente siguiendo consejos preventivos.

El proceso de aprendizaje de valores se fundamenta en actividades conjuntas en que el voluntariado participa activamente en encuentros periódicos compartiendo actividades. Su estrategia comunicativa en el afán de rentabilizar al máximo sus esfuerzos se sintetiza en la palabra "*KiSSS",* (Keep it "*Simple*"- sencillo*,* práctico, "*Sexy*" - atrayente, divertido, gratificante y "*Smart*" –inteligente, avispado, aprovechando las nuevas tecnologías).

Empresa dominicana del sector agropecuario, industrial y turístico con reconocimiento social

Central Romana Corporation Ltd. es una empresa dominicana en su totalidad, clave en la economía isleña, que desarrolla su actividad en el sector agropecuario e industrial (azucarero, furfural, embutidos, agregados de construcción, ganadería) y en el sector turístico, en uno de los mejores complejos residenciales y vacacionales, considerado como el mejor resort del área del Caribe: Casa de Campo. Ocupa entorno a 25.000 personas entre ejecutivos, profesionales, técnicos medios y trabajadores en general, siendo así el mayor empleador privado del país. Consciente de las carencias del medio ha construido un centro hospitalario con las más avanzadas tecnologías al servicio de sus trabajadores y accesibles también a ciudadanos de la región y del país. Por igual, mantiene una de las mejores escuelas bilingües de Republica Dominicana, que abarca desde el nivel maternal hasta el bachillerato, así como también ha promovido y patrocina las más diversas obras sociales. Sus valores son: *Civismo, Compromiso Organizacional, Espíritu de Servicio, Efectividad de Equipo, Integridad y confiabilidad, y Creatividad e Innovación.* Tales valores son representados visualmente para su difusión de manera especialmente atractiva. Además, un grupo de trabajadores han compuesto una canción basada en los valores, que se ha convertido a modo de himno conmemorativo en cualquier evento de empresa, con un significativo valor emocional. El proceso de implantación de valores ha tenido algunas singularidades destacables, como el hecho de que todo el personal directivo ha sido concienciado sobre los valores organizacionales en las diferentes instituciones sociales con las que la empresa colabora y otras, asumiendo de esta forma directa las necesidades humanitarias y el cómo los valores resultan esenciales para contribuir al bienestar de la sociedad a la que la empresa pertenece. También el personal directivo recibe formación específica sobre los valores, con evaluación de su cumplimiento en los lugares de trabajo. Es muy interesante poder escuchar a los ejecutivos y contactar en los hechos, el respeto que allí sienten por sus colaboradores y el trato igualitario, sin importar el nivel, la procedencia o condición de cada uno. En la visita realizada por el redactor de esta NTP a diferentes centros de trabajo de la organización, con motivo de participar en un Congreso

Nacional e impartir un curso de Excelencia empresarial y PRL a su cuerpo directivo, se pudo constatar, no solo la hospitalidad y alegría de su gente (estudios científicos evidencian que la Republica Dominicana es uno de los países en los que a pesar del bajo nivel de renta, las personas son más felices), sino la efectividad de tales valores, manifiestos en los comportamientos y conversaciones mantenidas con muchos de sus trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA

BESTRATEN, Manuel y PUJOL Luis
Responsabilidad Social y condiciones de trabajo
Revista: Prevención, Trabajo y Salud, nº 31, INSHT. 2004

BESTRATÉN, Manuel y Pujol Luis
Ética empresarial y condiciones de trabajo
Revista: Seguridad y Salud en el Trabajo, nº 42, INSHT, 2007

DRUCKER, Peter F.
La sociedad postcapitalista
Edit. Norma. Bogotá, 1997

FRANKL, V.E.
El hombre en busca de sentido
Edit. Herder. Barcelona, 1994

MAJÓ, Joan
Després de tocar fons
Edit. La Magrana. Barcelona, 2010

MELÉ Doménech
Ética en la dirección de empresas
Edit. Folio. Barcelona, 1997

RIFKIN, Jeremy
El fin del trabajo
Edit. Paidos, Barcelona, 2010

RUIZ-ESCRIBANO, Teresa y POY, Xavier (SGS Tecnos, SA)
Estudio de campo sobre la contribución de la eficacia del sistema de prevención de riesgos laborales a la excelencia empresarial
INSHT, Madrid, 2012

SILICEO, Alfonso, CASARES, David y GONZALEZ, José Luis
Liderazgo, Valores y Cultura Organizacional
Edit. McGRAW-HILL. México. 1999.

STIGLITZ, Joseph E.
Caida libre
Edit. Santillana, Madrid, 2011

TORRALBA, Francesc
Cent valors per viure
Pegés editors, Lleida, 2001

VELASQUEZ, Manuel
Ética en los negocios
Edit. Pearson Educación, México, 2006

AENOR
Guía ISO 26000-2010 Sobre "Responsabilidad Social"

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Colección de Notas Técnicas de Prevención:
NTP 642 y 643. Responsabilidad Social Empresarial
NTP 693. Códigos de conducta y condiciones de trabajo
NTP 745 y 829. Nueva cultura de empresa y condiciones de trabajo
MTP 753, 941, 942 Y 943. Innovación y condiciones de trabajo
NTP 810 y 817. Transparencia y condiciones de trabajo
NTP 830. Integración de la prevención y desarrollo de competencias
NTP 911 y 912. Productividad y condiciones de trabajo

Agradecimientos por sus reflexiones y sugerencias a esta serie de NTP sobre valores:

Jorge Díez-Ticio
director de RR.HH. de DKV, España

Sonia García
técnica de Prevención de Riesgos L. de Intermon-Oxfam, España

Eladio Uribe
director de RR.HH. de Central Romana Corporation, Ltd. (Rep. Dominicana)

Luis Pujol
ex funcionario del INSHT, con quien compartí valores y proyectos innovadores en este campo.

Pere Galobardes
ex funcionario del INSHT, que inició conmigo su andadura en la Administración pública y me transmitió tantos valores.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

950

Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición

Strategies for measuring and assessing noise exposure (I): Measurement uncertainty.
Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (I) : l'incertitude de mesure.

Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 951 y 952, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. Esta NTP se centra en el cálculo de la incertidumbre. La bibliografía se ha incluido al final de la NTP 952.

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 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, introdujo el concepto de incertidumbre en su articulado. Este hecho ha obligado a considerar el dato de la incertidumbre en la expresión final del resultado de una medición de ruido, tal y como ya reflejaba la Directiva europea 2003/10/CE, de la que emana la citada norma española.

En su Anexo II, el citado real decreto establece la necesidad de comparar el resultado de la medición de ruido con los valores de referencia teniendo en cuenta el intervalo de incertidumbre asociado. Asimismo, dispone que la determinación del referido intervalo de incertidumbre se llevará a cabo *de conformidad con la práctica metrológica*.

En el marco de esa práctica metrológica, la Norma UNE EN ISO 9612:2009 aporta un método para la medición de la exposición al ruido de los trabajadores y para el cálculo del nivel de exposición y de la incertidumbre asociada.

Durante el proceso de redacción de la mencionada norma, se elaboró la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006, publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el año 2008. El Apéndice 5 de dicha Guía Técnica, que recoge los aspectos relativos a las mediciones del nivel del ruido, se inspiró en un borrador de la mencionada norma que, finalmente, no coincidió con la versión definitiva de la misma.

2. CONCEPTOS RELATIVOS A LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO

El resultado de la medición de cualquier magnitud física, como es el ruido, debe ir acompañado de una indicación de la *calidad* de dicho resultado, de manera que quienes manejen ese dato puedan evaluar la idoneidad del mismo. Sin esta indicación, que es precisamente la incertidumbre, las mediciones no podrían compararse entre sí ni con valores de referencia.

La incertidumbre de medida se define como el parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (siendo el mensurando la magnitud particular objeto de la medición). En el caso de la medición de la exposición laboral al ruido, el mensurando es el nivel de exposición diario equivalente, $L_{Aeg,d}$.

Por lo general, en la realización de cualquier medición (no sólo de la exposición al ruido) se cometen imperfecciones que dan lugar a un error en el resultado de la medición.

Los términos error e incertidumbre no son sinónimos, sino que se trata de conceptos diferentes.

El *error* se define como la diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mensurando. Se trata, por tanto, de un valor y de un concepto ideal que, como tal, puede no conocerse con exactitud jamás. La *incertidumbre*, en cambio, es un rango, se estima para un procedimiento de medición y, posteriormente, se aplica

a todas las determinaciones descritas en el mencionado procedimiento. Es una expresión del hecho de que, para un mensurando y un resultado de medida dados, no existe un único valor, sino un infinito número de valores dispersos en torno al resultado que son compatibles con todas las observaciones, datos y conocimientos que se poseen y que, con diferentes grados de credibilidad, pueden atribuirse al mensurando.

En la realización de una medición de la exposición al ruido existen numerosas fuentes posibles de incertidumbre debidas tanto a errores como a alteraciones naturales de las condiciones de trabajo. La exactitud y precisión de la medición de la exposición al ruido, objetivos primordiales, van a depender fundamentalmente de un conocimiento profundo de la/s exposición/es, de los aparatos empleados y de la estimación de los tiempos de exposición.

Entre las posibles fuentes de incertidumbre cabe destacar:

- La instrumentación empleada y su calibración.
- La posición del micrófono.
- Las variaciones en el trabajo diario, en las condiciones operativas, etc.
- El tipo de muestreo llevado a cabo, como tal.
- Falsas contribuciones, tales como el viento, corrientes de aire o impactos en el micrófono.
- Un análisis inicial de las condiciones de trabajo deficiente.
- Las contribuciones de fuentes de ruido atípicas tales como conversaciones, música, señales de alarma o comportamientos anormales.

Los errores derivados de los posibles impactos sobre el micrófono, las corrientes de aire o las contribuciones anómalas deben ser controlados y minimizados al máximo, en la medida de lo posible.

Las demás fuentes de incertidumbre en la medición de ruido, por su parte, deben ser también controladas pero en algunos casos imposibles de minimizar. Para su evaluación, son tratadas matemáticamente de forma independiente. Cada componente de incertidumbre se expresa como una desviación estándar y se denomina incertidumbre estándar, u_i.

Para el resultado de la medición de ruido, se calcula la incertidumbre estándar combinada, *u*, que proviene de la combinación de todas las componentes de la incertidumbre estándar, u_i. Las contribuciones de cada componente se calculan utilizando los correspondientes coeficientes de sensibilidad, c_i. El cálculo es mediante la ecuación:

$$u^2 = \sum c_i^2 \, u_i^2$$

La incertidumbre estándar combinada, *u,* de una función, *y*, es la raíz cuadrada de la suma de ciertos términos que son las varianzas de las variables medibles ponderadas de acuerdo a la importancia, que la variación de cada una, tiene en el resultado final. Los coeficientes de sensibilidad (también llamados de ponderación) son las derivadas parciales de la función respecto a las variables medibles.

$$u^2(y) = \left(\frac{\partial y}{\partial x_1}\right)^2 u^2(x_1) + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2}\right)^2 u^2(x_2) + \ldots \left(\frac{\partial y}{\partial x_n}\right)^2 u^2(x_n)$$

La incertidumbre estándar combinada *u* de la función *y* es una estimación de la desviación estándar y caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mesurando, y $u(x_i)$ es la incertidumbre estándar asociada a las variables medidas. Esta última, cuando se han realizado varias mediciones y se dispone de N valores se calcula a partir de la desviación estándar (σ) de la muestra de la siguiente manera:

$$u(x_i) = \frac{\sigma(x_i)}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N} \left[x_{i_j} - \overline{x_i}\right]^2}{N(N-1)}}$$

A partir de la incertidumbre estándar combinada, *u*, se obtiene la incertidumbre expandida, *U*, que aporta el intervalo dentro del cual se encuentra el valor del mensurando con un determinado nivel de confianza. Se calcula multiplicando la incertidumbre estándar combinada, *u*, por un factor de cobertura, *k*, que es función del nivel de confianza que queramos asumir.

$$U = k\,u$$

En este punto se puede escoger entre un intervalo de confianza unilateral o un intervalo de confianza bilateral simétrico. De este modo, el resultado de la medición de la exposición al ruido vendría dado, en el primer caso, por la expresión:

$$L_{Aeq,d} + U$$

Y en el segundo caso por la expresión:

$$L_{Aeq,d} \pm U$$

En cada caso, el valor del factor de cobertura, *k*, varía, adoptando los valores de la tabla 1 para una distribución logarítmica normal, como es la que se asume para los valores de exposición al ruido.

Nivel de confianza	k	
	Intervalo bilateral simétrico	Intervalo unilateral
90	1,645	1,2816
95	1,96	1,645
95.45	2	-
97.5	-	1,96

Tabla 1. Valores del factor de cobertura, k, para una distribución normal y en función del intervalo

Este es el proceso matemático habitual y adoptado en la Norma UNE EN ISO 9612:2009, que propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza.

3. COMPONENTES DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DEL RUIDO

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 propone tres estrategias de medición (tareas, puesto de trabajo (función) o jornada completa) de cara a garantizar la representatividad de una medición de la exposición al ruido, aportando también los cálculos necesarios para la obtención de las correspondientes incertidumbres.

Para cada estrategia de muestreo existe un trata-

miento matemático diferente de las componentes de la incertidumbre asociada al resultado. Sin embargo, las incertidumbres debidas tanto a los instrumentos de medida empleados como a la posición del micrófono son comunes a las tres estrategias, tal y como se describe a continuación.

Incertidumbre debida a los instrumentos de medida empleados, u_2

En función del instrumento de medida utilizado, se aplicará un valor de incertidumbre estándar diferente.

La utilización de un sonómetro de clase 1, según las especificaciones de la norma UNE EN 61672-1:2005, conlleva un menor valor de incertidumbre estándar, al tratarse de equipos más precisos y con límites de tolerancia menores.

Sin embargo, el empleo de un sonómetro de clase 2, según las especificaciones de la norma UNE EN 61672-1:2005, o de un dosímetro, que cumpla con la norma UNE EN 61252/A1:2003, supone aplicar un valor mayor de incertidumbre estándar.

Los valores a aplicar según la Norma UNE EN ISO 9612:2009 se recogen en la tabla 2.

Como ya se comentó al inicio del presente documento, para la elaboración de la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 del INSHT se empleó un borrador de la Norma UNE EN ISO 9612:2009. Dicho borrador incluía valores inferiores a los reflejados en la tabla 2 para la incertidumbre estándar de los instrumentos de medida, tal y como recoge la citada Guía Técnica.

Tipo de instrumento	u_2
Sonómetro Clase 1	0,7 dB
Dosímetro personal	1,5 dB
Sonómetro Clase 2	1,5 dB

Tabla 2. Incertidumbre estándar de los instrumentos

Para el posterior cálculo de la incertidumbre expandida, estos valores de incertidumbre estándar debida a los instrumentos de medida se multiplican por un coeficiente de sensibilidad, c_i. En el caso de las estrategias de muestreo basadas en el puesto de trabajo (función) y en la jornada completa, este coeficiente tiene un valor de 1. En el caso de la estrategia de muestreo basada en la tarea, requiere de un cálculo matemático específico que se desarrolla en la parte II de esta NTP.

Incertidumbre debida a la posición del micrófono, u_3

La Norma UNE EN ISO 9612:2009, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB.

Sin embargo, conviene señalar que la Guía Técnica refleja diferentes valores para esta incertidumbre estándar, en función del instrumento empleado y la ubicación del trabajador.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

951

Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias

Strategies for measuring and assessing noise exposure (II): Types of strategies
Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (II) : types de stratégies

Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 950 y 952, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. Esta NTP trata de la planificación de las mediciones. La bibliografía se ha incluido al final de la NTP 952.

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. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO CON EXPOSICIÓN AL RUIDO

El desconocimiento de las características de las exposiciones, es decir, de las condiciones de trabajo en lo que respecta a la exposición al ruido es una de las fuentes de incertidumbre más importantes. Se trata asimismo de una fuente de incertidumbre no evaluable o medible por lo que su control y minimización son muy importantes. Por todo ello, es imprescindible un análisis previo de dichas condiciones en el que deberá participar activamente la empresa en cuestión, tanto los mandos como los trabajadores expuestos, en estrecha colaboración con el técnico de prevención.

La figura 1 muestra el diagrama de flujo de la metodología global aquí descrita.

El objetivo básico de esta metodología es preparar un plan de medición que permita obtener una evaluación representativa y fiable de la exposición.

En primer lugar, conviene realizar un análisis de las condiciones de trabajo lo más exhaustivo posible, estudiando las características de la empresa. El técnico de prevención deberá, asimismo, contrastar los datos aportados con las siguientes fuentes de información:

- Observaciones propias de las condiciones existentes.
- Entrevistas con los mandos y los trabajadores expuestos.
- Si existe una evaluación de la exposición al ruido previa, es importante su consulta.
- En algunos casos, incluso resultará conveniente el realizar medidas puntuales "exploratorias", sobre todo en el caso de situaciones en cierto modo desconocidas.

Con todo ello, el técnico de prevención debe:

1. Delimitar en qué áreas de trabajo deberá llevarse a cabo la evaluación de la exposición al ruido.
2. Sobre qué puestos de trabajo o trabajadores deberá realizarse la evaluación y si existe la posibilidad de constituir Grupos de exposición homogénea (en adelante GEH).
3. Tener en cuenta si existe la posibilidad de que ocurran episodios de ruido significativos en la jornada de trabajo.

2. GRUPOS DE EXPOSICIÓN HOMOGÉNEA (GEH)

Un Grupo de exposición homogénea (GEH) es un grupo de trabajadores asignados a puestos de trabajo o tareas similares que están expuestos de forma análoga a fuentes de ruido semejantes. La definición de un GEH requiere del criterio profesional de un técnico de prevención en base a la información recabada con anterioridad.

Los GEH pueden constituirse siguiendo diferentes criterios: en función del puesto de trabajo, de la tarea a desarrollar, del área de trabajo o incluso según el proceso productivo. Su constitución permite muestrear sobre un número representativo de trabajadores de exposición similar. Sin embargo, se trata de un proceso complejo ya que, por un lado, GEH demasiado grandes supondrán exposiciones no del todo homogéneas y, por otro lado, GEH demasiado pequeños conllevarán un mayor esfuerzo de medición. Un GEH puede estar constituido por un solo trabajador, si su exposición es muy específica.

3. ESTUDIO DE UNA JORNADA DE TRABAJO NOMINAL

Con el objetivo de obtener una visión general y una comprensión global de todos los factores que van a influir en

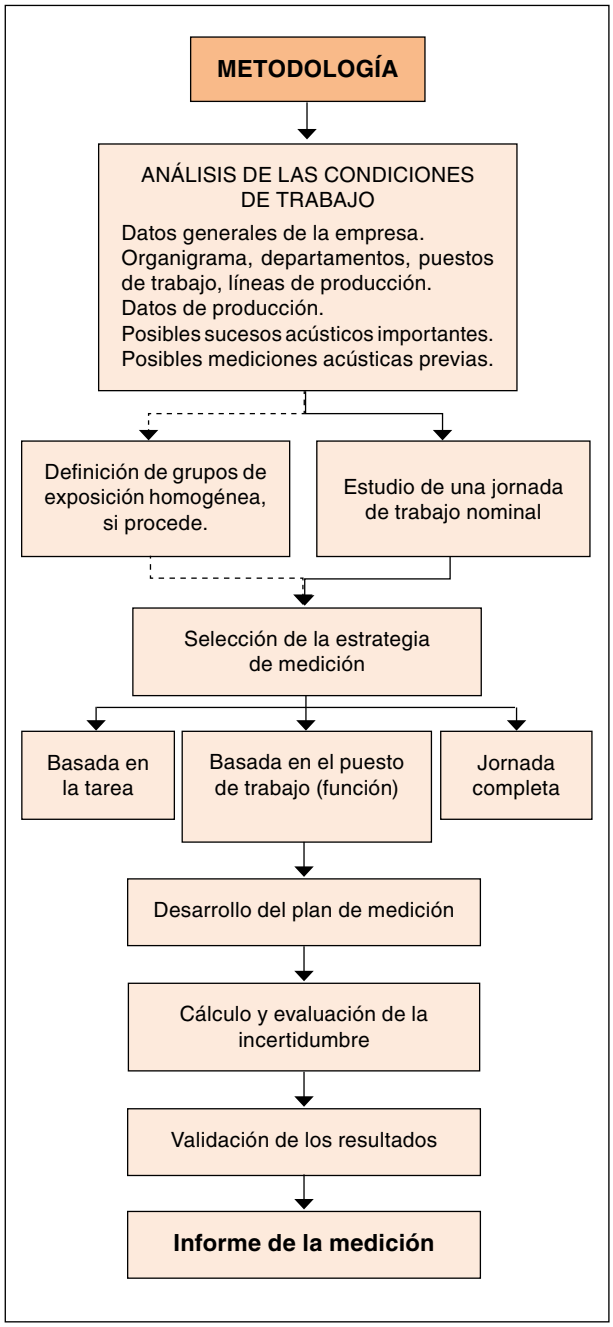


Figura 1. Metodología de actuación para la medición del ruido

la exposición al ruido, conviene determinar una jornada de trabajo nominal, contemplando los siguientes aspectos de la misma:

- Tareas que se realizan, incluyendo sus características y su duración, y variaciones entre las diferentes tareas.
- Principales fuentes de ruido y áreas de trabajo más ruidosas.
- Patrón de trabajo y episodios de ruido significativos que puedan influir en el nivel de ruido.
- Número y duración de posibles descansos, reuniones, etc. y su inclusión o no dentro de la jornada de trabajo habitual.

Esta jornada de trabajo nominal será objeto de la medición para determinar la exposición al ruido, pudiendo tratarse de la jornada en la que se prevea una exposición mayor. En aquellos casos en los que el trabajo varíe notablemente de una jornada a otra, puede ser necesario el utilizar el promedio semanal, definido en el Real Decreto 286/2006.

4. SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

Las tres estrategias de medición desarrolladas para la determinación de la exposición al ruido en el trabajo son:

a) Basada en la tarea: el trabajo a realizar en la jornada laboral se subdivide en un determinado número de tareas representativas que son medidas independientemente.
b) Basada en el puesto de trabajo (función): la medición se realiza sobre trabajadores que desarrollan diferentes tareas en su puesto de trabajo, difícilmente subdivisibles y, por lo general, en el marco de un GEH.
c) Jornada completa: la medición se lleva a cabo a lo largo de toda la jornada laboral.

La selección de la estrategia de medición más apropiada va a depender de muchos factores tales como el objeto de la medición, la complejidad de las condiciones de trabajo, el número de trabajadores expuestos, la duración de la exposición a lo largo de la jornada de trabajo, e incluso del tiempo disponible por el técnico de prevención para la medición en sí misma y para el posterior análisis de los resultados.

Asimismo, la selección se basará en el conocimiento previo de la exposición al ruido de que se disponga. Cada una de las estrategias presenta diferentes peculiaridades que la hacen más o menos apropiada para cada situación y que se desarrollan en los siguientes apartados.

5. ESTRATEGIA BASADA EN LA TAREA

La jornada de trabajo nominal estudiada debe poder dividirse en tareas u operaciones diferentes y concretas, de manera que durante la realización de cada una de ellas el trabajador tenga una exposición al ruido similar, es decir, que se obtengan valores de $L_{Aeq,T}$ homogéneos.

Ejemplos de aplicación:

- Taller de corte de piezas y posterior soldadura de las mismas.
- Cadena de montaje de la industria del automóvil.

Las claves del enfoque por tareas son las siguientes:

- Amplio y profundo conocimiento de las condiciones de trabajo.
- Tener en cuenta los posibles episodios de exposición a ruido significativos y asegurarse de que están incluidos en las tareas definidas y en los períodos de medición.
- La estimación de la duración de la tarea es fundamental y es un factor de incertidumbre a calcular posteriormente.
- Tiempos de medición cortos, menor esfuerzo de medición que las otras estrategias.

Cuando resulta aplicable, esta estrategia aporta una valiosa información sobre las contribuciones de las diferentes tareas u operaciones al nivel de exposición diario global. Esto supone una gran ventaja si el objetivo es priorizar actuaciones preventivas en el marco de un programa de control de la exposición al ruido.

Asimismo, esta estrategia permite la posibilidad de calcular el nivel de exposición al ruido de jornadas de trabajo diferentes a aquéllas en las que se han llevado a cabo las mediciones propiamente dichas, en función

de la distribución y la duración de las tareas definidas y medidas.

Duración de la tarea

La duración de la tarea puede ser estimada a partir de la información obtenida de los trabajadores y demás personal entrevistado o bien puede medirse tras repetidas observaciones.

Se calculará entonces la media aritmética, $\overline{T_m}$ de la duración de cada tarea *m* a partir de los *J* valores obtenidos, $T_{m,j}$, aplicando la siguiente ecuación:

$$\overline{T_m} = \frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J} T_{m,j} \qquad (1)$$

La suma de las duraciones de las diferentes tareas, T_m, se corresponderá con la duración de la jornada de trabajo nominal, T_e , según la ecuación:

$$T_e = \sum_{m=1}^{M} \overline{T_m} \qquad (2)$$

donde T_m es la duración media de la tarea *m* y *M* es el número total de tareas identificadas.

Obtención de $L_{Aeq,d}$ en la estrategia basada en la tarea

Para cada tarea, *m*, se medirá el $L_{Aeq,T,m}$ correspondiente.

La duración de cada medición se prolongará lo suficiente como para que sea ésta representativa de la exposición al ruido durante el desarrollo de la tarea en cuestión.

En este sentido, se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Si la tarea dura menos de 5 minutos, la duración de cada medición será equivalente a la duración de la tarea.
- Para tareas de más de 5 minutos, la medición durará, al menos, 5 minutos.
- Si el ruido es cíclico a lo largo de la tarea, cada medida debe cubrir, al menos, 3 ciclos bien definidos. Si la duración de 3 ciclos definidos es menor de 5 minutos, cada medida debe durar, al menos, 5 minutos. La duración de cada medición debe corresponderse siempre con la duración de un determinado número de ciclos enteros.
- También puede optarse por tiempos de medición menores en los casos en los que el nivel de ruido sea constante o bien la tarea contribuya muy poco al nivel de exposición global[1].

En cuanto al número de mediciones a realizar, la norma considera que deben llevarse a cabo, al menos, 3 medidas. Atendiendo a los resultados de estas 3 mediciones, si los valores difieren en 3 dB o más se deberá:

a) Llevar a cabo 3 o más mediciones de la tarea,
b) o bien revisar la definición de las tareas y subdividir en tareas más sencillas,
c) o bien repetir las medidas pero con mayores tiempos de medición.

Con ello lo que se pretende es reducir la incertidumbre asociada.

1. A título orientativo, el NORDTEST METHOD (ver referencia bibliográfica al final de la parte III de esta NTP) considera que si el nivel de presión sonora es inferior en 10dB al valor de referencia su contribución es mínima

Ejemplo: *Un trabajador realiza dos tareas A y B bien definidas a lo largo de su jornada laboral de 8h, con una pausa de 30 minutos. La tarea A se realiza durante 5 h. Se trata de una tarea cíclica, cuyos ciclos duran 6 minutos. La tarea B no es cíclica y se lleva a cabo durante 2,5 h.*

¿qué tiempos de medición se deberían emplear?

Para la tarea A se tienen que cubrir al menos 3 ciclos en la medición, es decir, la duración mínima de la medida sería de 18 minutos. Y se deben realizar 3 mediciones de dicha duración.

Para la tarea B se llevarán a cabo 3 mediciones de al menos 5 minutos.

A continuación, se calcula el $L_{Aeq,T,m}$ correspondiente a cada tarea mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,T,m} = 10\lg\left[\frac{1}{I}\sum_{i=1}^{I} 10^{0,1\times L_{Aeq,T,mi}}\right] \text{dB(A)} \qquad (4)$$

donde $L_{Aeq,T,mi}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y *I* es el número total de mediciones de la tarea llevadas a cabo.

A partir de aquí, para calcular el nivel de exposición diario equivalente global, $L_{Aeq,d}$, hay dos opciones:

1. Por un lado, puede calcularse el nivel de exposición diario equivalente para cada tarea *m*, $L_{Aeq,d,m}$ mediante la siguiente expresión (5):

$$L_{Aeq,d,m} = L_{Aeq,T,m} + 10\lg\left[\frac{\overline{T_m}}{T_0}\right] \text{dB(A)} \qquad (5)$$

   Y a continuación, calcularse el nivel de exposición diario equivalente global, $L_{Aeq,d}$, mediante la ecuación (6):

$$L_{Aeq,d} = 10\lg\left[\sum_{m=1}^{M} 10^{0,1\times L_{Aeq,d,m}}\right] \text{dB (A)} \qquad (6)$$

   donde *M* es el nº total de tareas.

2. O bien, obtener directamente el nivel de exposición diario equivalente global, $L_{Aeq,d}$, a partir de los $L_{Aeq,T,m}$ correspondientes a cada tarea, calculados según ecuación (4), mediante la expresión matemática (7) a continuación:

$$L_{Aeq,d} = 10\lg\left[\sum_{m=1}^{M}\left(\frac{\overline{T_m}}{\overline{T_0}}\right)\times 10^{0,1\times L_{Aeq,T,m}}\right] \text{dB(A)} \qquad (7)$$

   donde T_0 es el tiempo de referencia, en este caso siempre 8 horas.

Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la tarea

Teniendo en cuenta lo recogido en la parte I de esta NTP la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario $u(L_{Aeq,d})$ se calcula a partir de las distintas contribuciones $c_i u_i$ de las diferentes componentes de incertidumbre, según la siguiente ecuación (8):

$$u^2\left(L_{Aeq,d}\right) = \left(\sum_{m=1}^{M}\left[c_{1a,m}^2\left(u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2\right) + \left(c_{1b,m}u_{1b,m}\right)^2\right]\right) \qquad (8)$$

donde *m* corresponde a cada tarea definida y *M* es el número total de tareas y además:

$u_{1a,m}$ es la incertidumbre estándar debida al muestreo por tareas.

$u_{1b,m}$ es la incertidumbre estándar debida al cálculo de la duración de la tarea.

$u_{2,m}$ es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medida empleado.

u_3 es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono.

$c_{1a,m}$ y $c_{1b,m}$ son los diferentes coeficientes de sensibilidad. La Norma UNE EN ISO 9612:2009 considera que los coeficientes de sensibilidad debidos tanto al instrumento de medida empleado, $c_{2,m}$, como a la posición del micrófono, $c_{3,m}$, son iguales al del muestreo por tareas, $c_{1a,m}$, de forma que en la fórmula se ha simplificado y sólo queda reflejado éste último.

Los valores de $u_{2,m}$ y u_3 son los recogidos en la parte I de esta NTP.

A continuación se muestra el cálculo para los restantes parámetros de la fórmula (8).

Los coeficientes de sensibilidad se calculan según:

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1\times\left(L_{AeqT,m} - L_{Aeq,d}\right)} \qquad (9)$$

$$c_{1b,m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m} \qquad (10)$$

Las incertidumbres estándar se calculan según:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)}\left[\sum_{i=1}^{I}\left(L_{Aeq,T,mi} - \overline{L}_{Aeq,T,m}\right)^2\right]} \qquad (11)$$

siendo *I* el número total de mediciones de la tarea.

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)}\left[\sum_{j=1}^{J}\left(T_{m,j} - T_m\right)^2\right]} \qquad (12)$$

siendo *J* el número total de observaciones de la duración de la tarea.

Asimismo, cuando se trate de rangos de tiempo, es posible aproximar la incertidumbre estándar debida a la duración de la tarea mediante la fórmula:

$$u_{1b,m} = 0,5 \times \left(T_{máx} - T_{\min}\right) \qquad (13)$$

Por último, la incertidumbre expandida se calcularía según lo recogido en la parte I de esta NTP.

6. ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO (FUNCIÓN)

Esta estrategia es útil cuando no es sencillo describir el patrón de trabajo y dividirlo en tareas bien definidas. También se aplica cuando no resulta práctico llevar a cabo un análisis de las condiciones de trabajo muy detallado y, por lo tanto, no es necesario un conocimiento de las mismas tan exhaustivo como ocurría en el caso de la estrategia por tareas.

Se realizan mediciones aleatorias entre los diferentes trabajadores que ocupan puestos de trabajo equivalentes o de exposiciones al ruido muy similares, por lo general, en el marco de un GEH.

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 no recomienda el empleo de esta estrategia cuando el trabajo consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas.

El desarrollo de esta estrategia conlleva un mayor tiempo de medición pero el resultado final suele presentar una incertidumbre menor.

Ejemplos de aplicación:

- Línea de emblistado, encajado y empaquetado de una industria farmacéutica.
- Línea de plegado/tren de acabados de una imprenta.

Al igual que en el caso de la estrategia basada en la tarea, es imprescindible no descuidar los posibles episodios de elevada exposición al ruido durante el tiempo de medición.

Ambas estrategias - la basada en la tarea y la basada en el puesto de trabajo (función) – no son excluyentes y puede haber casos en los que puedan aplicarse ambas, con resultados igualmente representativos de la exposición.

Plan de medición en la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)

Una vez identificados los puestos de trabajo a evaluar, deben definirse los GEH que correspondan.

En función del número de trabajadores que constituyan de cada GEH, existe una duración mínima de la duración de la medición, a distribuir entre los miembros de dicho GEH. La tabla 1 muestra el cálculo a realizar.

Número de trabajadores del GEH n_G	Duración mínima acumulada de la medición a distribuir entre los miembros del GEH
$n_G \leq 5$	5h
$5 < n_G \leq 15$	5h + (n_G – 5) x 0,5 h
$15 < n_G \leq 40$	10h + (n_G – 15) x 0,25 h
$n_G > 40$	17h ó subdividir el GEH

Tabla 1. Duración mínima del muestreo en función del nº de trabajadores del GEH

A continuación, teniendo en cuenta que según esta estrategia, deben realizarse, como mínimo, 5 mediciones, se determina el número de medidas y la duración de las mismas de manera que se cumpla la duración mínima obtenida de la tabla 1 o bien se supere.

Ejemplo de cálculo de duración de la medición para un GEH dado, según tabla 1:

Se constituye un GEH de 15 trabajadores. El plan de medición será como sigue:

- La duración mínima acumulada de la medición es de 10 h, según la tabla 1
- Se decide realizar 5 mediciones de 2 h cada una
- Se escogen aleatoriamente 5 trabajadores sobre los realizar las mediciones del tiempo estipulado y a lo largo de la jornada de trabajo.

A la vista del ejemplo de cálculo de duración mínima acumulada, se aprecia el mayor esfuerzo de medición que

supone la estrategia basada en el puesto de trabajo (función), frente a la estrategia basada en la tarea. Además, en el cómputo posterior de la incertidumbre no se contempla la componente debida al cálculo de la duración de la tarea (a menudo muy importante).

Obtención de $L_{Aeq,d}$ en la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)

El $L_{Aeq,Te}$ correspondiente a cada puesto de trabajo definido en el marco de un GEH se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,Te} = 10\lg\left[\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} 10^{0,1\times L_{Aeq,T,n}}\right] \text{ dBA} \qquad (14)$$

donde $L_{Aeq,T,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y N es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

Es importante señalar que el valor de T_e se define como el correspondiente a la duración efectiva de la jornada de trabajo y, por lo tanto, NO es el de la duración de cada medición individual realizada sobre los miembros del GEH, según los cálculos de la tabla 1.

A continuación, se promedia a 8 horas para obtener el $L_{Aeq,d}$ en el marco de la estrategia basada en el puesto de trabajo:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,Te} + 10\lg\left(\frac{T_e}{T_0}\right) \text{ dB(A)} \qquad (15)$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)

Teniendo en cuenta lo recogido en la parte I de esta NTP, la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario $u(L_{Aeq,d})$ se calcula a partir de las diferentes contribuciones $c_i u_i$ de las diferentes componentes de incertidumbre, según la ecuación (16):

$$u^2\left(L_{A,eq,d}\right) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2\left(u_2^2 + u_3^2\right) \qquad (16)$$

El valor del factor $c_1 u_1$ es función del número de mediciones, N, llevadas a cabo durante el muestreo y del valor de la componente de incertidumbre u_1 asociada a los valores de $L_{Aeq,T,n}$ obtenidos.

De esta manera, el valor de u_1 se calcula según la fórmula (17):

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)}\left[\sum_{n=1}^{N}\left(L_{A,eq,T,n} - \overline{L}_{A,eq,T}\right)^2\right]} \qquad (17)$$

donde:

$L_{Aeq,T,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición.

N es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

$\overline{L}_{Aeq,T}$ es la media aritmética de las N muestras de nivel de presión sonora equivalente realizadas.

Cabe destacar que este valor de u_1 sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la tabla 3 [2], junto con el valor de N, y obtener el valor del factor $c_1 u_1$.

De cara a una validación de los datos obtenidos, al igual que en el caso de la estrategia por tareas, la norma establece que si el factor $c_1 u_1$ obtenido de la tabla 3 es superior a 3,5 dB (resaltados en negrita) se debe revisar el plan de medición diseñado y estudiar la posibilidad bien de modificar los GEH definidos o bien de aumentar el número de mediciones, N, con objeto de reducir la incertidumbre.

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 debidos, respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad. Por su parte, los valores de u_2 y u_3 son los recogidos en la parte I de esta NTP.

Por último, la incertidumbre expandida se calcularía según lo recogido en la parte I de esta NTP.

7. ESTRATEGIA BASADA EN LA JORNADA COMPLETA

Esta estrategia cubre la jornada de trabajo por entero, incluyendo tanto exposiciones elevadas al ruido como períodos de menor nivel o "silenciosos".

La estrategia basada en la jornada completa resulta útil cuando no es sencillo o práctico el describir o "diseccionar" el patrón de trabajo, al igual que ocurría en el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo. Por ello, requiere un menor esfuerzo de análisis de las condiciones de trabajo pero, a cambio, supone mayor esfuerzo de tiempo de medición.

Se recomienda especialmente cuando la exposición al ruido se desconoce en mayor o menor grado, o bien es impredecible o excesivamente compleja. Se emplea también cuando quieren cubrirse todas las contribuciones a la exposición al ruido con total seguridad. Sin embargo, precisamente por este motivo, hay un mayor riesgo de registrar contribuciones falsas (impactos en el micrófono, interferencias deliberadas o no, etc). Para minimizar este riesgo, conviene observar al trabajador durante el desarrollo de la medición, en la medida de lo posible, o bien preguntarle a la finalización de la jornada por las tareas desarrolladas y/o las ubicaciones en las que ha trabajado.

Los instrumentos más comúnmente empleados en esta estrategia son los dosímetros. Se recomienda además el empleo de instrumentos de medición personal dotados con registro temporal de la exposición, con el objeto de repasar dicho historial con el trabajador al final del turno y confirmar la actividad laboral desarrollada por éste. De esta forma, además, podrán eliminarse contribuciones irrelevantes e incluso detectar las tareas de mayor exposición.

Asimismo, es recomendable la realización de entrevistas con los trabajadores y los supervisores e incluso la realización de mediciones puntuales para verificar los niveles de exposición al ruido registrados por los dosímetros, todo ello con el objetivo de confirmar, en la medida de lo posible, la validez de las mediciones. También se contempla la posibilidad de medir determinadas tareas con objeto de contrastar los datos obtenidos, siguiendo la estrategia correspondiente del apartado 3 del presente documento.

---

*2. En Abril de 2011 se publicó un erratum de la Norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor c_1*u_1 sin necesidad de recurrir a la tabla 3 aquí reproducida.*

N	Incertidumbre estándar u_1											
	0,5	**1**	**1,5**	**2**	**2,5**	**3**	**3,5**	**4**	**4,5**	**5**	**5,5**	**6**
3	0,6	1,6	3,1	**5,2**	**8,0**	**11,5**	**15,7**	**20,6**	**26,1**	**32,2**	**39,0**	**46,5**
4	0,4	0,9	1,6	2,5	**3,6**	**5,0**	**6,7**	**8,6**	**10,9**	**13,4**	**16,1**	**19,2**
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	**4,4**	**5,6**	**6,9**	**8,5**	**10,2**	**12,1**
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	**4,2**	**5,2**	**6,3**	**7,6**	**8,9**
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	**4,3**	**5,1**	**6,1**	**7,2**
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	**3,6**	**4,4**	**5,2**	**6,1**
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	**3,9**	**4,6**	**5,4**
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	**4,1**	**4,8**
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	**4,0**
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Tabla 3. Valores (en dB) del factor c_1u_1.

PATRÓN DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
		Basada en la tarea	**Basada en el puesto de trabajo (función)**	**Basada en la jornada completa**
Puesto fijo	Tarea sencilla o única operación	RECOMENDADA	-	-
Puesto fijo	Tarea compleja o varias operaciones	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas tareas	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Trabajo definido con muchas tareas o con un patrón de trabajo complejo	APLICABLE	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto móvil	Patrón de trabajo impredecible	-	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto fijo o móvil	Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible	-	RECOMENDADA	APLICABLE
Puesto fijo o móvil	Sin tareas asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	-	RECOMENDADA	APLICABLE

Tabla 4. Selección de la estrategia de medición según el patrón de trabajo

Obtención de $L_{Aeq,d}$ en la estrategia basada en la jornada completa

Deben realizarse tres mediciones en tres jornadas de trabajo representativas de la exposición al ruido. Aunque, siempre que sea posible, debe cubrirse la jornada completa de trabajo, hay ocasiones en las que esto no es posible. En esos casos, se medirá la mayor parte de la jornada que sea factible, asegurándose de cubrir todos los períodos de exposición significativa.

Si los resultados de las tres jornadas medidas difieren en 3 dB o más, deberán medirse, al menos, dos jornadas más.

Se empleará la ecuación (14) para calcular la "media energética" de los diferentes $L_{Aeq,T}$ registrados y posteriormente, mediante la ecuación (15) se obtiene el $L_{Aeq,d}$.

Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la jornada completa

El procedimiento es el mismo que el descrito para el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo.

En primer lugar, se calculará el valor de u_1 mediante la ecuación (17). Con el valor así calculado y con el número, N, de mediciones realizadas, se obtendrá el valor del factor c_1u_1 mediante el empleo de la tabla 3. Por

último, se empleará la ecuación (16) para el cálculo de la incertidumbre estándar y posteriormente, mediante la multiplicación por el factor de confianza que se considere, se obtendría el valor de la incertidumbre expandida, *U*.

8. OBSERVACIONES ADICIONALES

Existe la posibilidad de emplear más de una estrategia de medición en alguna ocasión. Pueden ocurrir casos en los que durante las jornadas en las que se llevan a cabo las mediciones, bien siguiendo la estrategia basada en la jornada completa o la basada en la tarea, no se desarrollen algunas tareas que pueden contribuir significativamente a la exposición a ruido. En ese caso, se requerirán mediciones adicionales de dichas tareas.

También es posible que determinados trabajadores desarrollen su jornada laboral de manera desigual y durante la mañana se les aplique una estrategia para el cálculo de su exposición y durante la tarde otra estrategia diferente.

La tabla 4 recoge una guía para la selección de la estrategia de medición en función del patrón de trabajo.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

952

Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación

Strategies for measuring and assessing noise exposure (III): Examples of application
Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (III) : exemples d'application

Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 950 y 951, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. En esta NTP se muestran casos prácticos y se incluye la bibliografía correspondiente al documento completo.

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. CONSIDERACIONES PREVIAS

El decibelio es la unidad adimensional empleada para medir niveles de presión acústica. Es el logaritmo decimal de la razón entre el valor eficaz de la presión acústica medida y una presión acústica de referencia, expresadas ambas en Pascales. Se trata por tanto de una unidad (decibelio) que fluctúa en una escala logarítmica con una amplitud de rango de 0 a 140 frente a otra (Pascal) que varía en una escala aritmética normal con una amplitud muchísimo mayor, cuyo rango va de 20 a 200.000.000.

Debido a la diferencia de escalas entre ambos parámetros, pequeñas diferencias en la medición de un ruido expresadas en decibelios, representan un importante aumento de la energía asociada a ese ruido. Pero al mismo tiempo, esa diferencia en la amplitud de ambas escalas supone que las variaciones en decibelios expresadas a nivel de decimales se corresponden con variaciones poco significativas en la presión acústica.

Por ello, mientras en los cálculos de decibelios se puede emplear un decimal, al expresar el resultado final en las mediciones de ruido conviene redondear al número entero que corresponda.

Lo mismo ocurre en lo referente a la expresión de la incertidumbre asociada. No obstante, en los ejemplos de la presente NTP se ha optado por mantener un decimal para hacer notar las ligeras variaciones entre la aplicación de los diferentes factores de cobertura, *k*.

En lo que respecta a la valoración de los resultados, una vez calculado el nivel de exposición diario equivalente y el intervalo de incertidumbre asociado se debe comparar el resultado con los valores de referencia. La Norma UNE EN ISO 9612:2009 sólo considera un intervalo de confianza unilateral, de manera que lo que compara con el valor de referencia es la suma $L_{Aeq,d} + U$.

Sin embargo, la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 asume un intervalo de confianza bilateral, de forma que se compara el valor de referencia con el intervalo comprendido entre $L_{Aeq,d} - U$ y $L_{Aeq,d} + U$. En este caso, puede darse la situación contemplada en el Anexo II del Real Decreto 286/2006, en la que el valor de referencia se sitúa dentro del intervalo de incertidumbre, esto es entre los valores $L_{Aeq,d} - U$ y $L_{Aeq,d} + U$. Se puede optar entonces bien por suponer que se supera dicho valor de referencia o bien por incrementar el número de medidas y/o su duración con el objetivo de reducir el intervalo de incertidumbre.

Esta filosofía queda resumida en la tabla 1, extraída del Apéndice 5 de la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006.

Si $L_{A,eq,d} - U \leq L_{ref} \leq L_{A,eq,d} + U$	No se puede extraer una conclusión respecto a la superación del valor de referencia. Debe repetirse o ampliarse el muestreo y conseguir mayor precisión. Se puede optar, a efectos de prevención, por considerar que se sobrepasa el valor de referencia, L_{ref}
Si $L_{A,eq,d} + U \leq L_{ref}$	No se sobrepasa el valor de referencia
Si $L_{A,eq,d} - U > L_{ref}$	Se sobrepasa el valor de referencia

Tabla 1. Intérvalos de decisión

Es importante señalar en este punto que el intervalo bilateral es el adecuado para conocer y expresar el valor de la exposición a ruido. Sin embargo, para la comparación con los valores de referencia, resulta más práctico emplear el intervalo unilateral superior, que para el mismo valor de coeficiente *k*, aporta un mayor nivel de confianza.

En los ejemplos de esta parte III de la NTP se reflejan ambos para dejar constancia de las diferencias que puede llegar a haber.

2. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LA ESTRATEGIA BASADA EN LA TAREA

Se desea valorar la exposición a ruido en un puesto de trabajo de recuperación de vidrio en el que se realizan las siguientes operaciones:

- transporte con traspalé del material de vidrio
- descarga en tolva de molino con polipasto
- control del molino de triturar
- descargar molienda en container

Se puede optar por preguntar el tiempo de duración de cada tarea pero para mayor seguridad, en esta ocasión se mide el tiempo de duración de las operaciones que se indica en la tabla 2.

TAREA	Tiempo (minutos)		
Transporte con traspalé	10	9	9
Descarga en tolva	7	10	9
Control del molino	30	31	30
Descargar molienda en container	5	7	6

Tabla 2. Tiempo de duración de las tareas

Los trabajadores que ocupan el puesto a estudiar realizan el trabajo en tres turnos durante 8 horas por turno con 30 minutos de descanso, donde el nivel de presión sonora es menor de 72 dBA.

Se calcula que en cada turno realizan 7 ciclos completos del conjunto total de las cuatro tareas identificadas, repitiéndose tras la descarga el transporte con los transpalé vacíos. De este modo, las duraciones totales de las tareas serían las que se indican en la tabla 3.

TAREA	Tiempo (horas)		
Transporte con traspalé	2,33	2,10	2,10
Descarga en tolva	0,82	1,17	1,05
Control del molino	3,50	3,50	3,62
Descargar molienda en container	0,58	0,82	0,72

Tabla 3. Tiempo acumulado de duración de las tareas

Se decide realizar mediciones del $L_{Aeq,\,T}$ durante las distintas operaciones, diferenciando bien entre ellas para conocer la aportación de las diferentes fuentes de ruido, con dosímetros personales y se obtienen los resultados indicados en la tabla 4.

TAREA	$L_{Aeq,\,T}$ (dBA)		
Transporte con traspalé	79,0	81,9	80,2
Descarga en tolva	90,6	92,2	90,0
Control del molino	85,8	86,2	85,0
Descargar molienda en container	85,4	80,2	79,5

Tabla 4. Niveles de presión sonora medidos en las tareas

Como la diferencia entre los valores obtenidos al descargar la molienda es demasiado grande se hacen otras tres mediciones aumentando un poco la duración de cada una. Los resultados se indican en la tabla 5.

TAREA	$L_{Aeq,\,T}$ (dBA)		
Descargar molienda en container	80,1	82,4	80,6

Tabla 5. Mediciones adicionales en la tarea de descarga

Cálculo de la duración de la tarea

Se calculan las medias aritméticas, *T*, de la duración de cada tarea a partir de los valores obtenidos (*Ecuación (1) de la parte II de esta NTP)* (tabla 6).

TAREA	T (h)
Transporte con traspalé	2,2
Descarga en tolva	1,0
Control del molino	3,5
Descargar molienda en container	0,7

Tabla 6. Duración media acumulada de cada tarea

Cálculo de los niveles de exposición equivalentes y diarios de cada tarea en dB(A)

(*Ecuaciones (4) y (5) de la parte II de esta NTP*) (tabla 7).

TAREA	$L_{A,eq,T}$	$L_{A,eq,d}$
Transporte con traspalé	80,5	74,9
Descarga en tolva	91,0	82,1
Control del molino	85,7	82,2
Descargar molienda en container	81,9	71,3

Tabla 7. Niveles de presión sonora medios por tarea

Cálculo del nivel de exposición diario de la jornada habitual

(*Ecuación (6) de la parte II de esta NTP*)

El $\mathbf{L_{A,eq,d}}$ obtenido es de 86 dB(A)

Cálculo de la incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

El cálculo de los *coeficientes de sensibilidad* se realiza según las ecuaciones (9) y (10) de la parte II de esta NTP, los coeficientes de sensibilidad debidos al muestreo por tareas, $\boldsymbol{c_{1a}}$, y al cálculo de la duración de la tarea, $\boldsymbol{c_{1b}}$, para cada una de las cuatro tareas identificadas son los indicados en la tabla 8.

El cálculo de las *incertidumbres estándar de cada tarea* se efectúa según las ecuaciones (11) y (12) de la parte II de esta NTP, las incertidumbres estándar debidos al

TAREA	c_{1a}	c_{1b}
Transporte con traspalé	0.08	0.17
Descarga en tolva	0.43	1.86
Control del molino	0.44	0.55
Descargar molienda en container	0.04	0.23

Tabla 8. Coeficientes de ponderación C_{1a} y C_{1b} por tarea

muestreo por tareas, $\boldsymbol{u_{1a}}$, y al cálculo de la duración de la tarea, $\boldsymbol{u_{1b}}$, para cada una de las tres tareas identificadas se indican en la tabla 9.

TAREA	u_{1a}	u_{1b}
Transporte con traspalé	0,85	0,08
Descarga en tolva	0,66	0,10
Control del molino	0.35	0.04
Descargar molienda en container	0.93	0.07

Tabla 9. Incertidumbre estandar u_{1a} y u_{1b} por tarea

Según la parte I de esta NTP, los valores de la *incertidumbre combinada estándar* debidas al instrumento de medida empleado, u_2, y a la posición del micrófono, u_3, en este caso serían: $u_2 = 1,5$ y $u_3 = 1$.

Según la ecuación (8) de la NTP 951 la incertidumbre combinada estándar, $\boldsymbol{u}$, sería la indicada en la tabla 10.

Resultando $\boldsymbol{u^2 = 1,44}$ y $\boldsymbol{u = 1,2}$

Cálculo de la incertidumbre expandida, U

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura, *k*, para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 86 + 2,0 \text{ dB(A)}$$

Si aplicamos un factor de cobertura, *k*, para un intervalo bilateral simétrico, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} \pm U = 86 \pm 2,3 \text{ dB(A)}$$

Al comparar con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006, en el primer caso el nivel de exposición diario equivalente es menor o igual que 88dB(A) en el 95% de los casos, de manera que se supera el nivel superior de exposición, sin lugar a dudas.

En el segundo caso, tendríamos un nivel de exposición diario equivalente que oscilaría entre los valores de 83,7 y de 88,3 dB(A). Siguiendo con la filosofía de la Guía Técnica, a efectos de prevención, se optaría por considerar que se supera el nivel superior de exposición.

3. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LA ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO (FUNCIÓN)

Se trata de una pequeña empresa de artes gráficas con varios equipos de impresión offset en una misma nave. Los 5 trabajadores son considerados como un Grupo de Exposición Homogénea, desarrollando todos ello su trabajo en diferentes puntos de la nave y estando expuestos de manera similar a las máquinas en funcionamiento. Realizan jornadas de 8 horas con media hora de descanso en una zona donde el nivel de ruido se estima inferior a 70 dB(A). Se desea valorar la exposición al ruido de los trabajadores.

Según la Norma UNE EN ISO 9612:2009, la duración mínima acumulada de la medición para un GEH de 5 trabajadores es de 5 horas. Por lo tanto el plan de medición consiste en medir 1 hora a cada uno de los trabajadores de la empresa. Se emplean dosímetros personales.

Se obtienen los siguientes valores de nivel de exposición equivalente indicados en la tabla 11.

$L_{Aeq,T}$ (dBA)	85,5	84,8	86,2	83,9	82,9

Tabla 11. Mediciones sobre un GHE

Para el cálculo del nivel de exposición equivalente y diario del puesto de trabajo en dB(A) se emplean las ecuaciones (14) y (15) de la NTP 951), obteniéndose $L_{Aeq,Te}$ (dBA) = 84,8 y $L_{Aeq,d}$ (dBA) = 84,5.

Cálculo de la incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

Según la ecuación (17) de la NTP 951, se calcula el valor de la *incertidumbre debida al muestreo basado en el puesto de trabajo (función)*, $\boldsymbol{u_1}$, para luego obtener el valor del factor $\boldsymbol{c_1 * u_1}$ en la tabla 3 de dicha NTP[1].

$$\boldsymbol{u_1} = 1,30$$
$$\boldsymbol{c_1 * u_1} \approx 1$$

1. *En abril de 2011 se publicó un erratum de la norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor $c_1 * u_1$ sin necesidad de recurrir a la tabla 3 de la parte II de esta NTP y aproximar. El valor en este caso es de 0,94.*

TAREA	$(u^2_{1a} + u^2_2 + u^2_3)$	$c^2_{1a} * (u^2_{1a} + u^2_2 + u^2_3)$	$c_{1b} * u_{1b}$
Transporte con traspalé	3,97	0,03	0,01
Descarga en tolva	3,69	0,69	0,19
Control del molino	3,33	0,67	0,02
Descargar molienda en container	4,12	0,01	0,02

Tabla 10. Factores para el cálculo de la incertidumbre combinada

Según la ecuación (16) de la NTP 951, se calcula el valor de la *incertidumbre combinada estándar, **u***, teniendo en cuenta que en esta estrategia $\boldsymbol{c_2} = \boldsymbol{c_3} = 1$, obteniéndose:

$$\boldsymbol{u^2} = 4{,}13 \qquad \boldsymbol{u} = 2$$

Para el cálculo de la *incertidumbre expandida, U l*a norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura, *k*, para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 85 + 3{,}3 \text{ dB(A)}$$

Si aplicamos un factor de cobertura, *k*, para un intervalo bilateral simétrico, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} \pm U = 85 \pm 4 \text{ dB(A)}$$

En el primer caso, al comparar con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006 asumiríamos como nivel de exposición diario equivalente muy probable un valor de 88 dB(A) aproximadamente, de manera que se supera el nivel superior de exposición, sin lugar a dudas.

En el segundo caso, el nivel de exposición diario equivalente oscilaría entre los valores de 81 y 89 dB(A). Siguiendo con la filosofía de la Guía, a efectos de prevención, se optaría por considerar que se supera el nivel superior de exposición.

4. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LA ESTRATEGIA BASADA EN LA JORNADA COMPLETA

Se desea valorar la exposición al ruido de los trabajadores del departamento de mantenimiento de una industria. Se trata de un equipo de 6 trabajadores que realizan labores a demanda y muy diversas a lo largo de su jornada laboral. Trabajan en turnos de 8 horas, por las mañanas y por las tardes.

Tras analizar las condiciones de trabajo se destacan las siguientes tareas:

- Arreglos en despachos de oficinas de la industria
- Arreglos con radial en el taller
- Sala de calderas
- Transporte con carretillas elevadoras
- Mantenimiento de instalaciones (cambio de luminarias, electricidad, etc)

Se deben muestrear tres jornadas de trabajo diferentes. Por lo tanto, el plan de medición consiste en medir a tres trabajadores: dos en turno de mañana y uno de tarde durante 7,5 horas, que es lo que se considera que dura la jornada efectiva de trabajo. Se emplean dosímetros personales.

Se obtienen los siguientes valores de nivel de exposición equivalente:

$L_{Aeq,T}$ (dBA)	83,4	81,5	78,9

Como los resultados obtenidos difieren en más de 3 dB(A) se miden dos jornadas más, dos trabajadores, uno en turno de mañana y otro de tarde.

Se obtienen los siguientes valores de nivel de exposición equivalente:

$L_{Aeq,T}$ (dBA)	82,8	80,4

Cálculo del nivel de exposición equivalente y diario del puesto de trabajo en dB(A)

(*Ecuaciones (14) y (15) de la NTP 951***)**

$L_{Aeq,Te}$ (dBA)	81.7
$L_{Aeq,d}$ (dBA)	81.4

Cálculo de la incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

Para el cálculo *de la incertidumbre estándar debida al muestreo basado en la jornada completa* se siguen los mismos pasos que en el caso del muestreo basado en el puesto de trabajo (función). Así que según la ecuación (17) de la NTP 951, se calcula el valor de la incertidumbre debida al muestreo, $\boldsymbol{u_1}$, para luego obtener el valor del factor $\boldsymbol{c_1}^*\boldsymbol{u_1}$ en la tabla 3 de dicha NTP[2].

$$\boldsymbol{u_1} = 1{,}82$$
$$\boldsymbol{c_1}^*\boldsymbol{u_1} \approx 1{,}5$$

Para el cálculo de la *incertidumbre combinada estándar*, según la ecuación (16) de la NTP 951, se calcula el valor de la incertidumbre combinada estándar, ***u***, teniendo en cuenta que en esta estrategia $\boldsymbol{c_2} = \boldsymbol{c_3} = 1$.

$$\boldsymbol{u} = 2{,}3$$

Para el cálculo de la *incertidumbre expandida, U,* la norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura, *k*, para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 81 + 3{,}8 \text{ dB(A)}$$

Si aplicamos un factor de cobertura, *k*, para un intervalo bilateral simétrico, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 81 \pm 4{,}5 \text{ dB(A)}$$

En el primer caso, para comparar con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006 asumiríamos como nivel de exposición diario equivalente un valor máximo de 84.8 dB(A), de manera que no se supera el nivel superior de exposición. Siguiendo con la filosofía del Anexo II del Real Decreto 286/2006, se optaría tomar más medidas para intentar estrechar el intervalo de incertidumbre y así quedar por debajo del nivel superior de exposición con mayor nivel de seguridad.

En el segundo caso, tendríamos un nivel de exposición diario equivalente que oscilaría entre los valores de 76,5 y de 85,5 dB(A). Siguiendo con la filosofía de la Guía Técnica, a efectos de prevención, se optaría tomar más medidas para intentar estrechar el intervalo de incertidumbre y así quedar por debajo del nivel superior de exposición con mayor nivel de seguridad.

2. En Abril de 2011 se publicó un erratum de la Norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor $c_1{}^*u_1$ sin necesidad de recurrir a la tabla 3 de la parte II de esta NTP y aproximar. El valor en este caso es de 1,49.

BIBLIOGRAFÍA

CANETTO, P., THIÉRY, L.
Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit.
INRS. 2009:77.

GRZEBYK, M., THIÉRY, L.
Confidence Intervals for the Mean of Sound Exposure Levels.
AIHA Journal. 2003;64(5):640-645.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Calculadores para la prevención. 2011.
Disponible en: http://calculadores.insht.es:86/Incertidumbredelruido/Introducción.aspx.

MAUE, JH.
Messunsicherheit bei Lärmmessungen an Arbeitsplätzen nach ISO 9612.
In: *Deustche Jahrestagung für Akustik, Dresden*.; 2008:2.

NORDTEST METHOD NT ACOU 114.
Measurement of occupational noise exposure of workers: Part I: Survey method. 2003:12.

NORDTEST METHOD NT ACOU 115.
Measurement of occupational noise exposure of workers: Part II: Engineering method. 2003:19.

OIML. G 1-100
Evaluation of mesaurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement. 2008:120.

NORMA UNE EN ISO 9612
Acústica - Determinación de la exposición al ruido en el trabajo – Método de ingeniería. 2009:51.

NORMA UNE EN ISO 9612:2009 ERRATUM
Acústica - Determinación de la exposición al ruido en el trabajo – Método de ingeniería. 2011:1.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

NTP
Notas Técnicas de Prevención

953

Trabajos con amianto friable: diseño y montaje de un confinamiento dinámico (I)

Work with friable asbestos: Design and assembling a dynamic containment (I)
Travaux avec amiante friable : conception et montage d'un confinement dynamique (I)

Redactores:

Asunción Freixa Blanxart
Licenciada en Ciencias Químicas

Isabel Varela Iglesias
Licenciada en Biología

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Luis Mallart Casamajor
Licenciado en Geografía
Técnico Higienista industrial

Jorge Vidal Sanmartín
Ingeniero Químico
Técnico Higienista industrial

ACM-TBK 2020, SL.

Uno de los aspectos más importantes de los trabajos con materiales con amianto es evitar la dispersión de fibras del material al aire, bien por que el amianto se encuentre en estado friable o bien por que los métodos empleados para su retirada implican el corte o la rotura. Para que esto no ocurra, deben utilizarse métodos como el saco guante (glovebag) o el confinamiento en presión negativa. En esta Nota Técnica de Prevención (NTP) se dan las indicaciones básicas para diseñar de forma correcta un confinamiento de este tipo, teniendo en cuenta todos los aspectos preventivos de este tipo 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 retirada de amianto friable, utilizando el método de confinamiento (burbuja) en presión negativa, requiere de conocimientos específicos y experiencia por parte del personal que realiza el diseño, dimensiona dicho confinamiento y realiza el seguimiento del comportamiento del mismo hasta su deconstrucción controlada (desmontaje). Es preciso pues, que estas personas, dispongan de capacitación técnica suficiente para garantizar la estabilidad del montaje (durante todo el proceso de retirada y limpieza), la renovación periódica del aire interior y el diseño de la estrategia de muestreo más favorable para disponer de evidencias tangibles del impacto ambiental en el exterior del confinamiento durante los trabajos.

Es recomendable que promotores y contratistas, antes de la contratación de los servicios de una empresa inscrita en el Registro de Empresas con Riesgo de Amianto (RERA), se aseguren de que esta empresa posea suficiente experiencia en trabajos de desamiantado y cumpla con todos y cada uno de los requisitos legales de aplicación. Es potestad de promotores, contratistas y coordinadores de seguridad y salud (si ha lugar), realizar un seguimiento del desamiantado en cuestión y verificar el cumplimiento de todos y cada uno de los requisitos legales de aplicación.

El objeto de esta NTP es orientar a profesionales del desamiantado, a promotores, contratistas, coordinadores de seguridad y a técnicos higienistas sobre los aspectos colaterales a considerar ante la posibilidad de tener que actuar sobre amianto friable en presión negativa.

2. CONSIDERACIONES PRELIMINARES PREVIAS AL DESAMIANTADO

Antes de iniciar cualquier trabajo que pueda entrañar riesgo de exposición al amianto es preciso disponer de la información y documentación suficiente.

El primer paso es disponer de un informe que identifique los materiales con amianto existentes, realizado por un técnico competente. Este informe pone en antecedentes a la propiedad sobre las actuaciones a seguir con el amianto identificado e instalado en el lugar inspeccionado. Además servirá de orientación para la elaboración del futuro Plan de Trabajo en lo referente a los métodos, equipos y técnicas a emplear en los trabajos que se definan: retirada y/o confinamiento / estabilización.

Los materiales con amianto considerados friables se caracterizan por su elevada facilidad de dispersar fibras en el ambiente, estos materiales normalmente los encontramos como calorifugados, proyectados o revestimientos de edificios, en ellos, el amianto se encuentra en concentraciones elevadas y forma parte de una matriz poco consistente.

En cambio el fibrocemento normalmente se considera un material no friable debido a que el amianto se encuentra fuertemente ligado al cemento. En según qué casos y circunstancias, el fibrocemento, puede considerarse como amianto friable; a modo de ejemplo, cuando se encuentra en muy mal estado de conservación (por efectos ambientales agresivos) o cuando el único método de retirada es la rotura masiva del material (por ejemplo el fibrocemento empleado como encofrado perdido).

La manipulación para la retirada de estos materiales se puede realizar mediante distintos métodos de trabajo: confinamientos en depresión (véase figura 1) y saco guante, *glovebag* en terminología sajona. La elección de un método de trabajo u otro va a depender de las particularidades de la obra en cuestión, del escenario, de lo descrito y definido en el alcance del plan de trabajo a criterio de los técnicos redactores y de la autoridad laboral competente.



Figura 1. Confinamiento a presión negativa

En algunos casos puede ser interesante tratar todo el material como residuo y de este modo minimizar la manipulación del amianto como puede ser el caso de un calorifugado que pueda desmontarse por tramos, desamiantando únicamente las secciones de corte. En algunos escenarios es posible plantear la opción de construir un "confinamiento taller" para acopiar un número significativo de tramos de calorifugados, adecuadamente acondicionados, para finalmente ser desamiantados.

3. PROCESO DE MONTAJE DE UN CONFINAMIENTO

Principios preventivos mediante los cuales se argumenta la construcción de un confinamiento en presión negativa

Para aplicar con éxito el método de trabajo mediante confinamientos debe disponerse de un conjunto de equipos, instalaciones y materiales sin los cuales es imposible el confinamiento en presión negativa del espacio / área en el que se prevé realizar los trabajos. Todo ello para alcanzar los siguientes objetivos:

- Proteger a terceras personas que se encuentren fuera del espacio/área de trabajo (geoentorno inmediato). El aire contaminado no puede salir del confinamiento en depresión sin ser previamente filtrado en varias fases pasando finalmente por un filtro absoluto.
- La limpieza del aire contaminado del interior mediante extracción y filtrado continuo (durante las 24 horas de todos los días programados, se trabaje o no en el interior de la confinamiento), para reducir la concentración de fibras de amianto en aire y facilitar la limpieza de las zonas afectadas.
- Aislar la envolvente del confinamiento (suelos, paredes, techos, instalaciones, …) de los materiales con amianto a manipular para evitar que se contaminen durante los trabajos, y de este modo facilitar la limpieza final.

Descripción de los equipos de trabajo, medios auxiliares, y materiales para el desamiantado en confinamientos

Para que los trabajos que se realicen en su interior sean seguros, los confinamientos en presión negativa necesitan estar dotados de una serie de elementos que garanticen, no solo la eficacia del confinamiento sino también la seguridad de los trabajadores. En el siguiente listado se incluyen los elementos mínimos que se necesitan para trabajar de forma segura dentro de una burbuja (véanse imágenes en el cuadro de la página siguiente):

- Depresores (extractores) de capacidad suficiente para el volumen de trabajo confinado. El filtro absoluto de alta eficacia integrado ha de ser conforme a las exigencias de la clase HEPA. Disposición de un depresor de reserva para solucionar problemas puntuales de mantenimiento de la depresión. (Figura 2)
- Monitor de medida y control de la depresión con sistema de alarma sonora y telefónica GSM, máquina para la producción de humo artificial para comprobar el correcto funcionamiento del confinamiento y detectar posibles fugas incontroladas. (Figura 3)
- Unidad de descontaminación del personal de 5 compartimentos y dos unidades de gestión de las aguas sucias, una para cada ducha, mediante el filtrado en varias etapas. (Figura 4)
- Unidad de descontaminación del residuo embolsado de dos compartimentos y una unidad de gestión de las aguas contaminadas mediante el filtrado en varias etapas. (Figura 5)
- Equipo generador eléctrico de emergencia para garantizar el suministro eléctrico en todo momento, dimensionado adecuadamente en función de la potencia instalada o en su caso una línea independiente a la de uso normal. (Figura 6)
- Sistemas independientes de suministro de agua de red: se debe verificar su correcto funcionamiento, y en caso de que no existan, instalarlos. (Figura 7)
- Aspiradores con filtro absoluto de alta eficacia (clase H) (figura 8)
- Extintores adecuados al tipo de fuego y dispuestos estratégicamente en el interior y exterior del confinamiento.
- Instalación de cuadros eléctricos para la distribución de todas las líneas eléctricas. Instalación de iluminación adicional lavable en el caso de que esta sea necesaria (figura 10)
- Ventanas transparentes y en su caso sistema de circuito cerrado de TV para que los recursos preventivos y técnicos, desde el exterior de la confinamiento, puedan verificar el cumplimiento del plan de trabajo y control de calidad del desamiantado respectivamente (figura 11)
- Materiales: cinta aislante, bolsas y sacas para la recogida del residuo, líquido humectador, poliuretano, porexpan, madera,… según escenario, prediseño.
- Medios auxiliares: andamios, estructuras singulares, escaleras, plataformas elevadoras, carretillas elevadoras, grúas,… (figura 12)
- Líneas de vida, redes de protección, barandillas, rodapiés, pasarelas, y otros medios auxiliares para evitar en primera instancia, o en su defecto minimizar el riesgo de caída a distinto nivel, caída de objetos, etc. (figura 13)
- Materiales para el aislamiento: polietileno de elevada densidad (envolvente), láminas de plástico según escenario: interior / exterior: 400, 800 galgas: trenzado, liso, trasparente, opaco, en cantidad suficiente. (Figura 14)



Figura 2. Depresor



Figura 3. Sistema de control y vigilancia

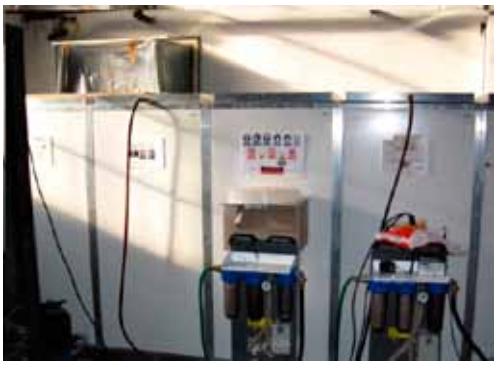


Figura 4. Unidad de descontaminación del personal



Figura 5. Unidad de descontaminación del residuo



Figura 6. Generador eléctrico de emergencia



Figura 7. Sistemas independientes de suministro de agua de red



Figura 8. Aspirador de alta eficiencia



Figura 9. Indicaciones de actuación en caso de emergencia



Figura 10. Cuadro eléctrico



Figura 11. Sistema de circuito cerrado de TV.



Figura 12. Medios auxiliares



Figura 13. Líneas de vida, barandillas, y otros medios auxiliares



Figura 14. Material de aislamiento

Todos los equipos deben ir acompañados del manual de uso suministrado por el fabricante. La persona que actúe como recurso preventivo durante el desamiantado conservará en obra, toda la documentación relacionada con equipos, medios auxiliares utilizados para el montaje, mantenimiento y desmontaje del confinamiento.

La empresa desamiantadora dispondrá, con anterioridad al Plan de Trabajo y en base al Informe de Identificación y Diagnóstico de amianto (que la propiedad o el contratista ha de suministrar), la evaluación de todos los riesgos asociados a la obra o en su caso tener en cuenta el Estudio Básico de Seguridad y Salud o Estudio de Seguridad y Salud.

Otros aspectos a tener en consideración

Como se ha comentado anteriormente, la depresión negativa debe mantenerse 24 horas al día, fines de semana y festivos incluidos hasta el desmontaje del confinamiento[1]. La empresa responsable del desamiantado debe garantizar y poder evidenciar en todo momento a propios y terceros que el sistema funciona de forma estable y que los valores de depresión alcanzados en el tiempo se mantienen dentro de los limites superior e inferior establecidos en el plan de trabajo.

Para el control y monitorización de la depresión se utiliza un equipo manométrico diferencial que mide de forma digital la diferencia de presión del interior del confinamiento respecto de la presión atmosférica. Las sondas que miden la presión interna del sistema deben localizarse lejos de los extractores para que los valores medidos sean representativos (véase figura 15). En función del volumen de confinamiento y las particularidades del sistema es recomendable colocar más de una sonda estratégicamente ubicadas.



Figura 15. Sonda

Las lecturas de los valores de depresión son continuas y con una elevada frecuencia en el registro en papel de los valores, aproximadamente un registro cada minuto (programable).

Las desviaciones en los valores alcanzados, respecto del límite superior e inferior, hacen que el monitor dispare la alarma sonora y telefónica, avisando en todo momento sobre la incidencia detectada. La empresa responsable del desamiantado debe prever las posibles causas de las desviaciones mediante instrucciones técnicas y formación a sus trabajadores y capacitación de sus técnicos, para paliar inmediatamente la desviación.

Los valores de depresión[2] deben conservarse legibles y ser archivados y custodiados por la empresa desamiantadora, como un registro de referencia de higiene y salud laboral, de calidad en el proceso, de control operativo y como evidencia del seguimiento y medición.

Antes del inicio de cada jornada es imprescindible la comprobación de que no existen fugas mediante inspección visual, prueba de humo, etc. También es imprescindible la revisión y sustitución, si se requiere, de los filtros primario y secundario de los depresores. Es recomendable que tanto las inspecciones de control de fugas como la sustitución de filtros de los depresores queden registradas por escrito.

Otro aspecto a considerar en la fase de diseño del confinamiento (teniendo perfectamente delimitado el escenario sobre el cual se realizará la actuación), es la localización, la ubicación, de las entradas / salidas de los trabajadores (cabina de descontaminación de 5 compartimentos) y salida de residuos (dos compartimentos). También deben definirse la/s zona/s intermedias donde ubicar temporalmente los residuos en el interior del confinamiento, antes de su descontaminación y salida del mismo.

No menos importante es localizar los puntos críticos del exterior de la confinamiento sobre los que se cree conveniente realizar muestreos estáticos ambientales (véase figura 16) para evidenciar la correcta estanqueidad del confinamiento y/o filtrado del aire. Siguiendo las indicaciones expuesta en la Guía del INSHT[3], es recomendable que se realice un muestreo estático ambiental, cada cinco jornadas de trabajo. De todas maneras deberá tenerse en cuenta y corresponderse con la particularidad del escenario.



Figura 16. Muestreo estático ambiental

Tanto en la fase de diseño como en la de obra (montaje del confinamiento) no se puede obviar nunca las siguientes cuestiones y aspectos:

- Señalización de seguridad adecuada a las circunstancias y correctamente situada (se debe evitar el uso excesivo de señalización). Si ha lugar, se puede diseñar algún cartel dirigido a terceras personas.,
- Acordonamiento, delimitación de la zona de paso. Di-

1. Nunca antes de conocer el Índice de Descontaminación (por debajo de 0,01 f/cm3). Guía Amianto, Apéndice 2; 3.4; c)

2. Normalmente se diseña el sistema para una depresión máxima de 20 pascales. En la práctica se estima que los valores óptimos oscilan entre los 10 y los 16 pascales.

3. Pág. 17 y Apéndice 2

seño e implantación de una sistemática de control de accesos.
- Localización, acondicionamiento y señalización de la zona intermedia (interior y exterior del confinamiento), para estocar correctamente el residuo de amianto, aislado e identificado.
- En el supuesto de tener en el interior del confinamiento medios o equipos auxiliares para trabajos en altura: andamios, plataforma elevadora, etc. se debe disponer de espacio suficiente para su descontaminación previo al desmontaje del confinamiento.
- Diseñar y localizar el punto de carga (zona de acopio temporal), así como del proceso de carga en si mismo, en función al medio de transporte elegido para el traslado del residuo al vertedero homologado (véase figura 17)



Figura 17. Disposición correcta del residuo

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

EUROPEAN COMMISSION, SENIOR LABOUR INSPECTORS COMMITTEE (SLIC)
A practical guide on best practice to prevent or minimise asbestos risks in work that involves (or may involve) asbestos: for the employer, the workers and the labour inspector. 2006
Disponible en: http://osha.europa.eu/fop/czech-republic/en/topics/files/final_guide_en.pdf

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET SECURITE (France).
Le bilan aéraulique des chantiers d'amiante.
Cahiers de notes documentaires-N°181, 4e trimestre 2000.
Disponible en: http://www.inrs.fr/accueil/dms/inrs/CataloguePapier/ND/TI-ND-2137/nd2137.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la Exposición al Amianto, que desarrolla el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo de 2006, por el que se establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
INSHT. Madrid. 2008
Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/Guía%20Técnica%20Exposición%20al%20Amianto.pdf

AGRADECIMIENTOS A:

Barcelona d'Infraestructures Municipals de Barcelona (BIM/SA)

Asociación Coordinadores de Seguridad y Salud (ACSYS)

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

954

Trabajos con amianto friable: diseño y montaje de un confinamiento dinámico (II)

Work with friable asbestos: Design and assembling a dynamic containment (II)
Travaux avec amiante friable : conception et montage d'un confinement dynamique (II)

Redactores:

Asunción Freixa Blanxart
Licenciada en Ciencias Químicas

Isabel Varela Iglesias
Licenciada en Biología

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Luis Mallart Casamajor
Licenciado en Geografía
Técnico Higienista industrial

Jorge Vidal Sanmartín
Ingeniero Químico
Técnico Higienista industrial

ACM-TBK 2020, SL.

A continuación y enlazando con la Nota Técnica de Prevención nº 953, se define el método de cálculo para el diseño fluido dinámico del sistema de trabajo en confinamientos en depresión negativa, determinando la capacidad extractora requerida por el sistema y las entradas controladas de aire necesarias para optimizar el caudal de aire de entrada y maximizar la renovación volumétrica de aire.

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

Cuando los trabajos de retirada de amianto se realicen dentro de un confinamiento a presión negativa se deben realizar de forma metículosa los cálculos para determinar que capacidad de extracción necesitará el sistema y que entradas de aire serán necesarias, ya que así se garantiza que dentro del confinamiento existe la renovación de aire adecuada. De este modo se maximiza la limpieza continuada del aire sucio del interior del confinamiento y se reduce la concentración en el aire de trabajo de fibras de amianto u otros materiales que puedan ser aspiradas por los trabajadores.

2. DISEÑO DE CONFINAMIENTOS EN PRESIÓN NEGATIVA

Antes de comenzar los cálculos se definirán las zonas que se encuentran en un confinamiento:

- Zona elemental: área/zona homogénea que requiere un estudio individualizado que garantice la renovación del aire en todos los rincones del confinamiento.
- Zona muerta: área/zona aislada del resto del confinamiento que no tiene aportaciones de aire que faciliten su renovación periódica (vacío). Requiere una aportación complementaria.

Método de cálculo aerodinámico

Un confinamiento puede aprovechar una estructura del edificio en el que se instale o ser una estructura provisional independiente. El cálculo aerodinámico dependerá de una serie de variables en función de las características intrínsecas de la zona a desamiantar. En este apartado se procede a establecer un método de cálculo[1] por etapas incluyendo anotaciones prácticas.

Etapa 1. *Estudio previo de las instalaciones y del entorno*

La primera fase se realizará mediante el estudio del entorno de trabajo, determinando:

Las características de los recintos que van a ser objeto de los trabajos: dimensiones, cerramientos, suministro eléctrico, suministros de agua, y las posibles salidas de emergencia. En algunos casos, como los edificios que se encuentran en uso, o los centros de trabajo con varios contratistas, se deben extremar las medidas de seguridad. Además se debe establecer una adecuada comunicación con todas las partes implicadas para definir una coordinación eficaz de las actividades empresariales.

En el caso de confinamientos en el exterior o con peligro de ignición se tendrá en cuenta en el diseño la elec-

1. Institut National de Recherche et Securité (France)

ción de los materiales de confinamiento a emplear. Para interiores se utiliza polietileno de 400 y 800 galgas. En exteriores es necesario colocar plásticos reforzados que resistan a las inclemencias del tiempo y en su caso el uso de polietileno ignífugo.

Localizar en el futuro escenario de trabajo, en planos, croquis, etc., todos los materiales con amianto a manipular / tratar, haciendo uso del informe de diagnóstico y verificar el riesgo potencial de los materiales con amianto.

Se debe elegir la ubicación de las unidades de descontaminación, los depresores, y la zona limpia (vestuario de los trabajadores), área provisional de residuos (en interior del confinamiento y en el exterior de la misma). La elección de las distintas ubicaciones, para las distintas funciones, deben estar justificadas.

Etapa 2. *Delimitar la zona a confinar y subdividir los espacios en zonas elementales*

Un aspecto importante a tener en cuenta es el análisis de las dificultades de circulación del aire en las zonas a confinar. Las "zonas muertas" deben tenerse en cuenta en el momento de definir las zonas elementales para optimizar las aportaciones de aire y la renovación volumétrica.

Etapa 3*. Determinar el volumen a confinar, la tasa mínima de renovación del aire y el valor teórico de depresión*

El volumen total a confinar se obtiene mediante la suma de los volúmenes de las zonas elementales.

El aire de renovación proviene del exterior del confinamiento y compensa el aire filtrado por los depresores. Para un volumen dado, la tasa de renovación de aire, representa el número de veces por hora que se renueva el volumen de aire confinado. Optimizar la tasa de renovación es importante para facilitar la dilución de las concentraciones en aire de amianto en el interior del confinamiento. La tasa de renovación nunca será inferior a 4 volúmenes por hora. Como base de cálculo es recomendable establecer una tasa de entre 4 y 6 renovaciones por hora.

La depresión en el sistema debe diseñarse para un valor teórico de 20 pascales. En la práctica se estima que los valores óptimos se encuentran entre 10 y 16 pascales. En según qué casos un exceso de depresión puede ser causa de pérdidas de estanqueidad en el confinamiento y consecuentemente caídas de depresión incontroladas. También pueden darse fluctuaciones en la medida de la depresión por efectos atmosféricos adversos. La empresa que realiza los trabajos debe implantar procedimientos eficaces para mantener la depresión estable y para corregir inmediatamente todas aquellas incidencias que puedan alterar el correcto funcionamiento del sistema. Es conveniente registrar todas estas incidencias y acciones tomadas. Esta información es fundamental para la mejora de los procedimientos y actuaciones futuras.

Etapa 4. *Determinar los caudales de aire nuevo que accede al confinamiento a través de las unidades de descontaminación*

El aire nuevo de renovación penetra en el sistema prioritariamente a través de las esclusas (Q_U). Las características aerodinámicas de las unidades de descontaminación de personas y residuos deben ser proporcionadas por el fabricante, y en su defecto se pueden hacer mediciones de la velocidad del aire mediante un anemómetro a un valor de depresión determinado.

Obsérvese en la figura 1 el efecto de la depresión en la esclusa. Existe una corriente de aire continua a través de las ventanas de las esclusas. Para unas esclusas tipo se estima en 400m^3/h y 350 m^3/h, respectivamente para la unidad del residuo y de las personas.



Figura 1. Efecto de la depresión en la exclusa

Etapa 5. *Entradas controladas de aire limpio. Cálculo del caudal de aportación*

En el caso que sea necesario para un determinado volumen de confinamiento se deben instalar entradas controladas de aire para alcanzar las renovaciones de aire establecidas como complemento a las aportaciones de aire a través de las esclusas.

Las entradas de aire de compensación funcionan de forma forzada. El flujo de aire se produce gracias a la diferencia de presión entre el interior y el exterior del confinamiento. La localización de las entradas de aire debe ser estratégicamente elegida en función a las características intrínsecas del confinamiento, dando prioridad a la aportación de aire en las "zonas muertas" y facilitando la fluidez dinámica del confinamiento con el fin de crear corrientes homogéneas de circulación del aire desde todas las zonas y rincones del confinamiento.

Existen varias posibilidades cuando hay que elegir el tipo de mecanismo para la aportación. Los cálculos se realizaran para una entrada de aire tipo compuerta anti-retorno de acero galvanizado. También es posible utilizar un prefiltro del depresor o una entrada de aire reglada con servomotor que regula automáticamente la depresión y las aportaciones de aire. Para cada caso es imprescindible calcular aerodinámicamente su comportamiento.

La compuerta anti-retorno de acero galvanizado (véase figura 2) permite la entrada de aire limpio al confina-



Figura 2. Compuerta anti-retorno

miento, asegura un flujo de aire homogéneo, facilita la medición de la velocidad de aire a su través, y tiene una sección de paso determinada (véase figura 3). Además el sistema anti-retorno garantiza ante una caída de la depresión que la compuerta se cierre y no permita la salida de aire contaminado. De todos modos ante una eventual caída de la depresión es importante verificar el correcto funcionamiento de la compuerta.
Para una compuerta de acero galvanizado en el sistema aerodinámico propuesto:

$\Delta P = \zeta * \rho * (v^2 / 2)$ y $Q = S*v*3600$
v = velocidad del aire de entrada (m/s)
ρ = 1,2 kg/m^3 densidad del aire a 20°C y presión atmosférica
ΔP = valor de la depresión teórica (20Pa)
ζ = coeficiente de pérdida de carga por rozamiento del aire con el conducto. Se basa en la viscosidad del fluido, la rugosidad del conducto y el régimen de movimiento del aire.
S = sección transversal del cilindro: $\pi * r^2$

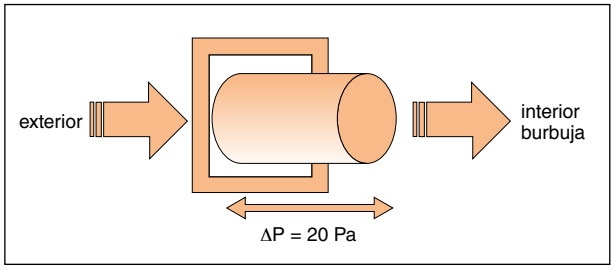


Figura 3. Funcionamiento de una compuerta de acero galvanizado

A modo de ejemplo, para regímenes turbulentos, un diámetro de compuerta de 315 mm y ζ = 3Pa/m

$v = \sqrt{(2 * AP / \zeta * \rho)} = 3,3$ m/s
$S = 0,078$ m^2
$\Big\}$ $Q_{EC} = 927$ m^3/h

Cada compuerta de este tipo en base a las condiciones descritas aporta un caudal de aire limpio de 927 m^3/h

Etapa 6. *Localizar todas las entradas de aire existentes al recinto para posteriormente aislarlas y confinar el espacio confinado del modo más estanco posible. Cálculo estimativo del caudal de fugas (Q_F)*

Los trabajos previos al montaje (figura 4) del confinamiento son clave para alcanzar un aislamiento del exterior lo mas estanco posible. Una vez definidas las zonas elementales a confinar es fundamental, para cumplir los cálculos teóricos, anular todas las posibles entradas de aire (figura 5) y en su caso, aislar y anular el servicio de los sistemas de ventilación y climatización. En función del riesgo potencial de los materiales con amianto existentes puede darse el caso que estos trabajos previos deban realizarse con riesgo de exposición al amianto, con todo lo que ello conlleva: equipo de descontaminación personal, equipos de protección respiratoria, etc.



Figura 4. Trabajos previos al confinamiento



Figura 5. Identificación de posibles entradas de aire.

La tasa de fugas se define como el número de renovaciones por hora del volumen confinado que son aportadas por el caudal de aire limpio proveniente de este tipo de entradas de aire. La unidad es h^{-1}

La tasa de fugas depende del volumen confinado, de la permeabilidad al aire de las estructuras de la envolvente y de la experiencia de la empresa en la construcción de un confinamiento que reúna las condiciones de calidad y seguridad. La tasa de fugas de un volumen confinado es indispensable para el dimensionado de la capacidad de extracción.

El cálculo se estima en base a métodos de cálculo reconocidos. El cálculo propuesto por el INRS[2] define cuatro tipos de comportamientos aerodinámicos para una depresión dada en función a la presencia de fugas estructurales que no pueden ser aisladas y de la complejidad en la instalación de plásticos en la envolvente del confinamiento.

Etapa 7*. Cálculo del caudal de aire de extracción y del número de entradas controladas de aire*

Este cálculo se realiza en base al balance aerodinámico para un sistema dado.

Para cada zona elemental:

$Q_i = (V_i*N)-Q_U$ dónde V_i = volumen;
N = renovaciones hora; Q_U = caudal esclusa

Este caudal Q_i es caudal mínimo de aire limpio a introducir a cada zona. Hay que tener en cuenta en su caso el caudal aportado por las esclusas. A partir de este valor calculamos el número de entradas controladas de aire en esta zona (N_{EC})

$$N_{EC1} = Q_i/Q_{EC}$$

siendo Q_{EC}: caudal de una entrada controlada

2. *Institut National de Recherche et Securité (France)*

Se redondea el valor de N_{ECi} de cada zona y se calcula el caudal de aportación total de cada zona, y mediante el sumatorio de los caudales de cada zona, se calcula el caudal total de compensación

Para cada zona: $Q_{T,ECi} = (N_{ECi} * Q_{EC})$

Caudal total de compensación $Q_{T,EC} = \Sigma (N_{ECi} * Q_{EC})$

Seguidamente se calcula el caudal total de aportación de cada zona $Q_{T,i}$ teniendo en cuenta en su caso los caudales de aportación a través de las esclusas Q_U.

Una vez que se ha obtenido este valor por zona, se hace el sumatorio para calcular el caudal total de aportación:

$$Q_{E,T} = \Sigma Q_{T,i}$$

Así pues, teniendo en cuenta el caudal de fugas (Q_F), el caudal total de extracción es de:

$$Q_{EX,T} = Q_{E,T} + Q_F$$

Una vez obtenido el caudal total de extracción se calcula el numero de extractores necesarios dividiendo este valor por el caudal de extracción de un depresor. Para finalizar el diseño sólo queda ubicar los depresores.

Etapa 8. *Balance aerodinámico. Caso práctico*

Para facilitar la comprensión de los cálculos realizamos un caso práctico:

Confinamiento dividido en dos zonas elementales en el sótano de un edificio. Existen 3 tipos diferentes de materiales con amianto (MCA). La zona 1 tiene un volumen total de 270 m^3 y la zona 2 de 410 m^3 .Sólo hay espacio para ubicar las unidades de descontaminación en la zona 2. Se establece como base de cálculo: 4 renovaciones de aire a la hora, y un valor de depresión de 20 pascales. Se dispone de entradas de aire controladas que nos da un caudal unitario de 927 m^3/h. y depresores de 1200 m^3/h de capacidad máxima.

Q_i: caudal mínimo de aire limpio a introducir a cada zona
$Q_1 = 270 m^3 * 4h^{-1} = 1.080 m^3/h$
$Q_2 = 410 m^3 * 4h^{-1} - Q_U = 1.640\ m^3/h - 350\ m^3/h$ (esclusa personas) $-400\ m^3/h$ (esclusa residuo) $= 890\ m^3/h$

N_{ECi} de cada zona:
$N_{EC1} = 1.080 / 927 = 1,17 \approx 1$ unidades
$N_{EC2} = 890 / 927 = 0,96 \approx 1$ unidades
$Q_{T,EC1} = 1*927 = 927\ m^3/h$ $\quad Q_{T,EC2} = 1*927 = 927\ m^3/h$
$Q_{T,1} = 927\ m^3/h$ $\quad Q_{T,2} = 927 + 350 + 400 = 1.677\ m^3/h$

Calculo total de aportación controlada:
$Q_{E,T} = \Sigma Q_{T,I} = 927 + 1.677 = 2.604\ m^3/h$

Cálculo del caudal de fugas:

El sótano tiene una estructura en forma de galerías con muros y techos de piedra. Se aprovecha la estructura de las galerías para construir el confinamiento. No existen fugas estructurales que no puedan ser confinadas y el confinamiento de la envolvente del confinamiento es fácil de construir.

El tipo de este confinamiento es ideal, de tipo I y el volumen total es de 680 m^3:

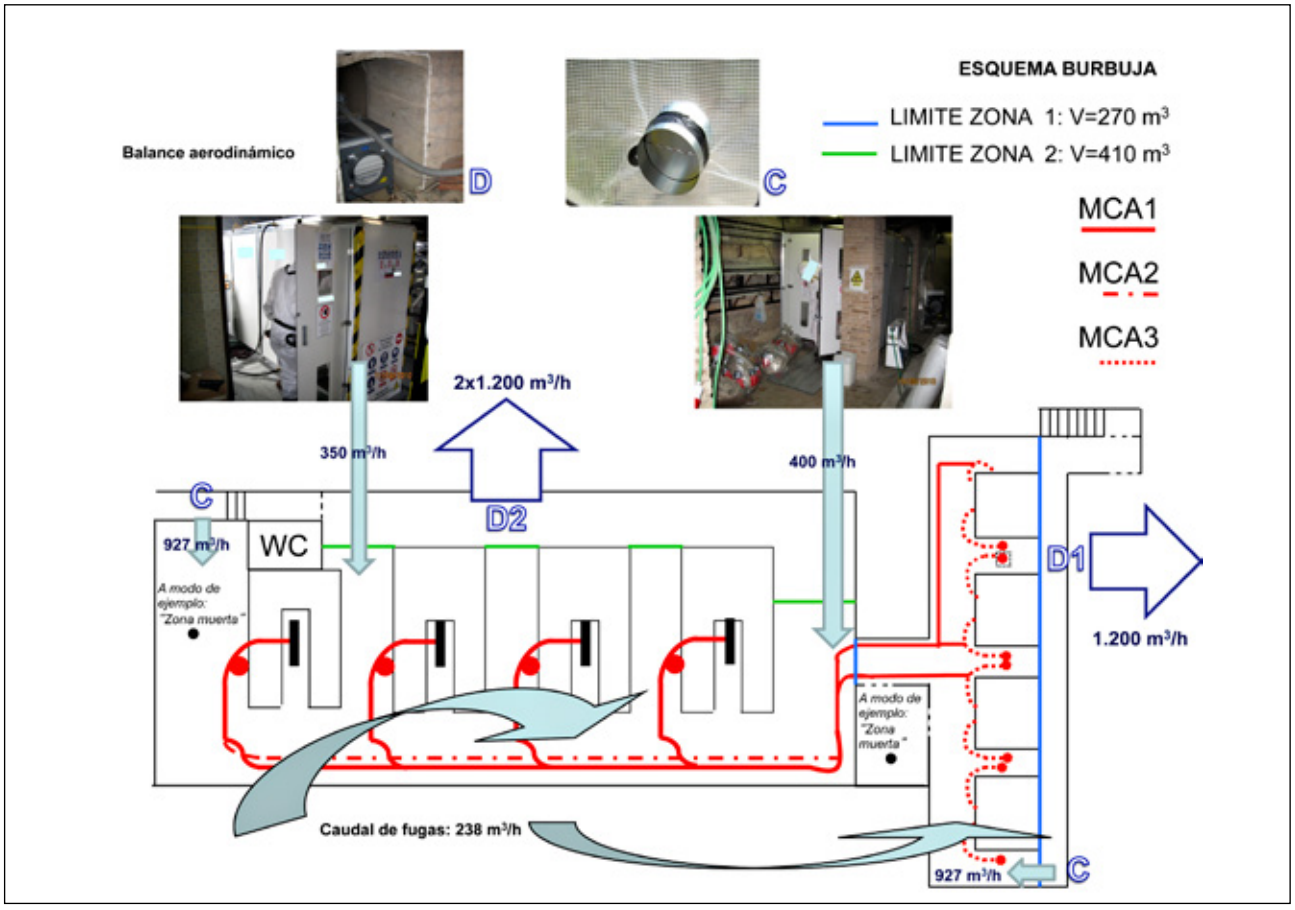


Figura 6. Diseño del funcionamiento de la burbuja

En la ficha 2 del anexo I de la publicación del INRS referenciada (ver bibliografía), obtenemos en el gráfico la tasa de fugas de 0.35 h^{-1}

Q_F= 0.35*680 = 238 m^3/h

Y el caudal total de extracción:

$Q_{EX,T} = Q_{E,T} + Q_F$ = 2.604+238 = 2.842 m^3/h

Número de depresores

Es conveniente realizar un buen mantenimiento de los filtros de los depresores, de todos modos se realiza el diseño estimando que los depresores con filtros sucios tienen una eficiencia del 85%, la capacidad de extracción por unidad con los filtros sucios se estima en 1020 m^3/h, así pues:

2.842 m^3/h / 1020 m^3/h = 2,78 unidades ˜ 3 unidades

Para el caso práctico en cuestión con el fin de facilitar la depresión en las dos zonas elementales, se instalan tres depresores. Podrán darse otras soluciones con depresores de potencias varias. Resumiendo, se necesita: tres depresores de 1200 m^3/h, uno de reserva para situaciones de emergencia y dos entradas de aire (ver figura 6: balance aerodinámico). Estas entradas de aire y los depresores, deben localizarse para facilitar la dilución del aire contaminado, en todas las zonas, en especial, las zonas muertas. Estas zonas sin aportaciones de aire adicional quedan fuera del alcance de la renovación.

Los cálculos teóricos sirven como diseño previo. De todos modos es necesario recalcular el sistema "in situ" para las condiciones reales. En el supuesto de no alcanzar la depresión óptima se deberá reducir volúmenes de confinamiento o aumentar la capacidad de extracción.

3. MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

El tipo de montaje de la envolvente del confinamiento dependerá de cada caso. Siempre que sea posible debe aprovecharse la estructura del mismo edificio, habitáculo, sala, etc. como envolvente. En caso que sea necesario se construirán estructuras auxiliares para este objetivo (atención los con riesgos colaterales: caída en altura, objetos desprendidos, desplome, etc.).

La envolvente del confinamiento (suelos, paredes y techos) debe aislarse con polietileno para evitar contaminaciones de la zona, siempre que las tareas de confinamiento no supongan otros riesgos. Es conveniente retirar de la zona todo el mobiliario, instalaciones, equipos, y materiales que puedan ser trasladados. En el caso que no sea posible estos elementos deben ser aislados

Tal como se indicaba anteriormente es de suma importancia localizar y aislar todas las posibles entradas de aire al confinamiento. Seguidamente se instalaran los equipos descritos anteriormente. Una vez se ponga en marcha el sistema se comprobará el nivel de depresión alcanzado. Antes de comenzar los trabajos de desamiantado el sistema debe haber estado funcionando al menos 24 horas de forma estable. Se recomienda custodiar todos los registros en papel del monitor de control de la depresión tal y como se ha mencionado anteriormente.

Al finalizar los trabajos una vez se verifique la idoneidad del resultado en los controles de calidad (control visual de superficies desamiantadas) y los índices de descontaminación en el interior del confinamiento, la depresión se mantendrá al menos 48 horas más para garantizar una limpieza óptima de las zonas desamiantadas.

En función de las características de los edificios e instalaciones dónde deba construirse el confinamiento pueden darse diferentes posibilidades de localización de los equipos necesarios para el confinamiento:

"Túneles" hacia las unidades de descontaminación

Por motivos de espacio puede ser necesario construir "túneles" de conexión entre el confinamiento y las unidades de descontaminación. Estas estructuras auxiliares deben estar en depresión. Durante su construcción se debe tener en cuenta los riesgos asociados al montaje: caída al mismo nivel, cortes, golpes... Durante el uso, estos túneles, permanecerán libres de obstáculos. No deben considerados espacios para almacenaje temporal.

Localización de los depresores

La localización de los depresores será preferentemente en el exterior del confinamiento para facilitar el control de rendimiento. Los filtros siempre se cambiarán desde el interior (Ver figura 7). La empresa debe disponer de procedimientos e instrucciones con evidencias de implantación (personal técnico y operativo), sobre el correcto cambio de filtros primarios y secundarios y del filtro absoluto cuando sea necesario.

Siempre que sea posible se ubicaran los depresores en el sentido opuesto a las entradas de aire de mayor aportación. Por motivos de espacio puede ser necesario instalar los depresores en el interior del confinamiento o de un modo combinado.

Una manera de facilitar el mantenimiento de los equipos de depresión es reducir el régimen de funcionamiento de todos los depresores y poner en marcha el depresor de reserva. De este modo se reducen las revoluciones por minuto de todos los depresores y el mantenimiento es más fácil. Basta con desconectar un depresor y poner a pleno rendimiento todos los demás. La capacidad del depresor de reserva se calcula de forma que pueda cubrir el fallo de un equipo depresor



Figura 7. Localización de los depresores

Descontaminación de medios y equipos auxiliares, herramientas utilizadas para la construcción (montaje) deconstrucción (desmontaje) del confinamiento.

Buena parte de los medios y equipos utilizados para el montaje del confinamiento quedan en su interior durante el proceso de retirada del amianto. Alguno de estos medios y equipos también han sido útiles, en uno u otro momento de dicha retirada. Todos estos medios y

equipos deben ser debidamente descontaminados en el interior de la confinamiento y debidamente protegidos antes del control final de superficies desamiantadas y de los correspondientes muestreos finales: indice de descontaminación en el interior del confinamiento. La empresa desamiantadora debe disponer e implantar procedimientos e instrucciones específicas sobre estas tareas.

BIBLIOGRAFÍA

HEALTH, SAFETY AND HYGIENE AT WORK
A practical guide on best practica to prevente or minimise asbestos risks in work that involves (or may involve) asbestos: for the employer, the workers and the labour inspector.
European Commission, 2003

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET SECURITE (FRANCE).
Le bilan aéraulique des chantiers d'amiante.
Cahiers de notes documentaires-N°181, 4e trimestre 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la Exposición al Amianto, que desarrolla el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo de 2006, por el que se establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto,

AGRADECIMIENTOS:

Barcelona d'Infraestructures Municipals de Barcelona (BIM/SA)

Asociación Coordinadores de Seguridad y Salud (ACSYS)

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

955

Plataformas para elevación de personas acopladas a equipos de elevación de cargas (I)

Platforms for perssons on forklift trucks and cranes (I)
Plataformes pour l´elevation de personnes sur equipes de manutention de charges (I)

Redactores:

José Mª Tamborero del Pino
Ingeniero Industrial

Tomás Piqué Ardanuy
Ingeniero Técnico Químico
Licenciado en Derecho

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Se presentan dos NTP que tienen como objetivo exponer los criterios de utilización excepcional de equipos de trabajo diseñados para elevación de cargas utilizados para la elevación de personas y las características técnicas que deben reunir las plataformas o cestas no integradas acopladas a dichos equipos.
En esta primera se describen el marco normativo específico en el que se basan ambas NTP, el análisis de los supuestos de excepcionalidad y los riesgos comunes, todo ello aplicable a ambas; así como su aplicación concreta a las plataformas acopladas a carretillas elevadoras.

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

Los equipos de trabajo diseñados específicamente para la manutención de cargas, no están concebidos para la elevación de personas, aunque sus mecanismos para la elevación y transporte de cargas son en general robustos y fiables. En este sentido los equipos de elevación de cargas carecen de los sistemas adecuados que en función del nivel de riesgo deberían exigirse para cuando transportan personas. Por otro lado, en los equipos específicos para elevar personas los coeficientes de seguridad de los diferentes mecanismos son netamente superiores

La vigente Directiva de Máquinas 2006/42/CE distingue claramente entre los requisitos para máquinas para elevar cargas de los que se exigen a las máquinas para elevar o desplazar personas. La propia Directiva, en su *considerando (7)* informa que *"la presente Directiva no debe aplicarse a la elevación de personas mediante máquinas no diseñadas para ese fin"*. No obstante, admite que los estados miembros puedan adoptar medidas nacionales respecto de dichas máquinas en aplicación de la Directiva 89/655/CEE del Consejo. Esta última Directiva se ha transpuesto al marco reglamentarios español mediante el RD. 1215/1997.

El objetivo de esta NTP es dar a conocer principalmente, en que circunstancias excepcionales se podrán utilizar plataformas o cestas acopladas a equipos de elevación de cargas, descripción de los equipos y plataformas utilizadas y normas de utilización segura. Todo ello con el fin de facilitar la interpretación y la más correcta aplicación de las disposiciones emanadas del RD. 1215/1997 en relación con este tema.

No son objeto de esta NTP los equipos diseñados y construidos para uso mixto, es decir para la elevación de cargas y para la elevación de personas, puesto que la utilización de tales equipos no constituye ninguna excepcionalidad, ya que la máquina base es multifunción con el auxilio de equipos intercambiables. Tales equipos están contemplados en el Apéndice N de la Guía Técnica de utilización de Equipos de Trabajo.

2. MARCO NORMATIVO

En este ámbito son relevantes las siguientes disposiciones:

- *Comercialización y puesta en servicio de las máquinas:* RD. 1644/2008 por el que se transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2006/42/CE.
- *Seguridad general de los productos:* RD. 1801/2003, por el que se transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2001/95/CE.
- *Utilización de equipos de trabajo:* RD. 1215/1997, por el que se trasponen a nuestro ordenamiento jurídico las Directivas 89/655/CEE y 95/63/CEE. Este RD, en su Anexo II Apartado 3 contempla literalmente: *"La elevación de trabajadores sólo estará permitida mediante equipos de trabajo y accesorios previstos a tal efecto. No obstante, cuando con* ***carácter excepcional*** *hayan de utilizarse para tal fin equipos de trabajo no previstos para ello, deberán tomarse las medidas pertinentes para garantizar la seguridad de los trabajadores y* ***disponer de una vigilancia adecuada***.
  Durante la permanencia de trabajadores en equipos de trabajo destinados a levantar cargas el puesto de mando deberá estar ocupado permanentemente. Los trabajadores elevados deberán disponer de un medio de comunicación seguro y deberá estar prevista su evacuación en caso de peligro.

Esta aplicación excepcional, y según el RD.1215/1997, solo se podrá materializar si a su vez el equipo de trabajo no presenta esta operación como contraindicada por el fabricante en su uso previsto, como se indica en el Anexo II, apartado 1, punto 3."

Así pues, el citado real decreto prohíbe con carácter general la elevación de personas con equipos de trabajo diseñados para elevar cargas, si bien admite con carácter excepcional su uso, siempre que para ello se tomen medidas encaminadas a garantizar la seguridad de los trabajadores implicados en la operación y ésta se realice bajo vigilancia. En esta NTP se propone concretar tales aspectos, fijando pautas para su ejecución.

- *Necesidad de recurso preventivo:* La necesidad de presencia de recurso preventivo en determinadas actividades se recoge en el artículo 32 bis de la Ley 31/1995 y se desarrolla y concreta en el artículo 22 bis del RD. 39/1997 con sus respectivas modificaciones.

  Dada la finalidad que persigue la presencia del recurso preventivo (artículo 22 bis punto 4 del RD 39/1997); consideramos que esta figura, en los supuestos en que tal presencia sea preceptiva, debería aunar y asumir todos aquellos aspectos de supervisión y vigilancia de la correcta ejecución de la operación que se citan a lo largo de la NTP.
- *Comprobaciones:* De acuerdo con el artículo 4 del RD. 1215/1997, los equipos de trabajo cuya seguridad dependa de sus condiciones de instalación se sometan a una comprobación inicial, tras su instalación y antes de la puesta en marcha por primera vez, y a una nueva comprobación después de cada montaje en un nuevo lugar o emplazamiento, con el objeto de asegurar la correcta instalación y el buen funcionamiento de los equipos. Igualmente deben comprobarse después de realizar cualquier transformación, (como es el caso del acoplamiento de una plataforma o cesta de trabajo a un equipo previsto para elevar cargas), que puedan afectar a las condiciones de seguridad del conjunto.

  En cumplimiento de lo dispuesto en el citado artículo, las comprobaciones serán realizadas por personal competente, deberán documentarse y estar a disposición de la autoridad laboral y los resultados conservarse durante toda la vida útil del equipo.

3. EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CONDICIONES DE USO EN SUPUESTOS DE EXCEPCIONALIDAD

Consideraremos separadamente la evaluación de riesgos y las condiciones de uso en condiciones de excepcionalidad.

Evaluación de riesgos

Con independencia de la obligación general de realizar una evaluación de riesgos, establecida por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Cap. III) y por el Reglamento de los Servicios de Prevención (Cap. I y II), el RD 1215/1997, sobre equipos de trabajo, Anexo II.1.3, segundo párrafo dice que: *"Los equipos de trabajo sólo podrán utilizarse de forma o en operaciones o en condiciones* ***no consideradas*** *por el fabricante si previamente se ha realizado una evaluación de riesgos que ello conllevaría y se han tomado las medidas pertinentes para su eliminación o control".*

Es en esta evaluación en la que se debería justificar la necesidad del trabajo en altura, qué equipo se considera el más idóneo y el porque del uso de un equipo no previsto para elevar personas. Además se decidirá el tipo de habitáculo y se describirán las medidas complementarias que se van a aplicar en la operación.

Las medidas pertinentes engloban la adopción de medidas preventivas, procedimientos de trabajo y la supervisión por persona competente.

Condiciones de uso de equipos de trabajo para elevación de cargas utilizados para elevación de personas en supuestos de excepcionalidad

Distinguiremos entre la utilización de equipos de trabajo para elevar cargas y para elevación de personas en condiciones de excepcionalidad.

Utilización de equipos de trabajo para elevar cargas

La utilización de cualquier tipo de equipo de trabajo y, en particular, de los equipos para la elevación de cargas, tales como carretillas elevadoras, grúas móviles autopropulsadas, grúas torre, grúas montadas sobre camión, máquinas multifunción que presentan la posibilidad de elevación de cargas, etc., está regulada por el Real Decreto 1215/1997.

El Anexo II establece las disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo. El primer párrafo del punto 1 b) del apartado 3 de este anexo establece el principio fundamental que para la elevación de personas sólo están autorizados equipos de trabajo específicamente diseñados para tal fin.

Por otro lado el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, viene a reforzar esta disposición, ya que, en el Anexo IV, parte C, punto 6 "Aparatos Elevadores", apartado d), indica expresamente que los aparatos elevadores lo mismo que sus accesorios no podrán utilizarse para fines distintos de aquellos a los que estén destinados y, en el punto 8 "Instalaciones, máquinas y equipos", apartado b) 3º indica que éstos deberán utilizarse exclusivamente para los trabajos para los que hayan sido diseñados.

Por lo tanto, con carácter general, un equipo diseñado para la elevación de cargas no se puede utilizar para la elevación de personas.

Asimismo, conforme a las disposiciones de la Directiva 98/37/CE modificada (texto refundido de la Directiva 89/392/CE y sus modificaciones, transpuestas por el Real Decreto 1435/92, de 27 de noviembre, modificado por el Real Decreto 56/95 de 20 de enero), sustituida por la Directiva 2006/42/CE (transpuesta por el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, en vigor a partir del 29/12/2009), todas las máquinas para la elevación de personas, comercializadas y/o puestas en servicio por primera vez en la Unión Europea, a partir del 1/1/1997, deben estar específicamente diseñadas y fabricadas para dicho uso.

De acuerdo con el apartado anterior, las jaulas construidas independientemente, que consisten en una simple estructura, prevista para alojar a una o varias personas, sin los mandos (órganos de accionamiento) y dispositivos necesarios para poder gobernar los desplazamientos de la propia plataforma y, en ciertos casos, de la máquina a la que está acoplada, no responden a la definición de máquina, ni de componente de seguridad, ni de equipo intercambiable (ya que, por su mera inclusión en una

máquina destinada a elevar cargas, no convierte a ésta en una máquina para elevar personas), establecidas por el RD. 1644/2008 y, por lo tanto, no están contempladas en el campo de aplicación de este RD. En consecuencia, cualquier mención a dicho RD o a la Directiva 2006/42/CE en la información utilizada para presentar o comercializar tales productos; o cualquier marcado CE, o declaración CE de conformidad con dicho RD, es improcedente.

Utilización para elevación de personas en supuestos de excepcionalidad

Los párrafos segundo y tercero del punto 1 b) del apartado 3 del Anexo II del R D.1215/1997, establecen las condiciones que se deben cumplir cuando, excepcionalmente, se tengan que utilizar para la elevación de personas equipos de trabajo no previstos para esta función. Es la Autoridad Laboral competente quien tiene la facultad de definir y/o autorizar o no dicho uso excepcional, concretando cuales son los supuestos para tal autorización en aplicación de la disposición final segunda del RD 1215/97. En ningún caso el fabricante de dichos equipos está autorizado para ello.

En principio, no pueden considerarse como excepcionales operaciones rutinarias, repetitivas o previsibles, tales como:

- elevación de personas de un nivel a otro;
- reparación de alumbrado público o privado;
- acceso a zonas de almacenamiento para preparación de pedidos;
- manutención manual de materiales en altura;
- operaciones de instalación, montaje o desmontaje en altura;
- otros trabajos en altura, incluso de tipo ocasional, para limpieza, mantenimiento, etc.

Sin embargo, podrían considerarse situaciones excepcionales y, por lo tanto, no rutinarias, ni repetitivas, aquellas en las que sea técnicamente imposible utilizar equipos para la elevación de personas o en las que los riesgos derivados del entorno en el que se realiza el trabajo o de la necesidad de utilizar medios auxiliares a bordo del habitáculo de las máquinas para elevar personas, son mayores que los que se derivarían de la utilización de las máquinas para la elevación de cargas, acondicionadas para elevar personas.

Asimismo, serían situaciones excepcionales las de emergencia, debidas, por ejemplo, a la necesidad de evacuar personas o de realizar una reparación inmediata para evitar un posible accidente o daños materiales irreparables.

En todas estas situaciones, siempre será más seguro utilizar una plataforma o jaula diseñada para esta función, siguiendo un procedimiento de trabajo específico previamente establecido y supervisado por una persona competente, que utilizar otros medios improvisados (por ejemplo de pie sobre las horquillas de la carretilla o en un palé amarrado a las horquillas), cuya utilización conlleva siempre un riesgo alto de caída de altura. En tales situaciones excepcionales, además de cumplir los restantes requisitos indicados en el Real Decreto 1215/1997, antes de realizar el trabajo será necesaria una evaluación previa de los riesgos y la adopción de las adecuadas medidas preventivas, conforme al artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el artículo 4.2 del Reglamento de Servicios de Prevención (RD. 39/1997) y el Anexo II, apartado 1, punto 3 del RD. 1215/1997.

4. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Los principales riesgos y factores de riesgo asociados a la utilización excepcional de equipos de trabajo para elevación de cargas en la elevación de personas situadas sobre una plataforma, un habitáculo o una cesta son:

- *Caída de la plataforma con las personas en su interior debido a:*
  - Vuelco del equipo, en el caso de carretillas elevadoras por sobrecargas, conducción o traslación incorrectas, etc., realizar trabajos, desplazamientos o giros en pendientes, choques o golpes contra otros vehículos, desplazamientos sobre terrenos irregulares.
  - Pérdida de sujeción de la plataforma al equipo de elevación por ausencia de medios de sujeción o diseño incorrecto de los mismos, resistencia mecánica insuficiente, sobrecargas, mantenimiento deficiente, errores en el montaje o sujeción de la plataforma al equipo.
  - Fallos en los mecanismos de elevación del equipo (cables, cadenas, uñas, etc.), en los sistemas de mando o del suministro de energía, o utilización incorrecta de tales mecanismos o sistemas de mando.

- *Caídas a distinto nivel de personas mientras se encuentran sobre la plataforma o cesta debidas a:* además de las anteriormente descritas:
  - Falta, insuficiencia, deficiencia o daños de los medios de protección colectiva o falta de mantenimiento de los mismos.
  - Errores de mando que provocan una inclinación indebida de la plataforma
  - Salida de los trabajadores de la plataforma para efectuar trabajos o acceder a zonas elevadas, con riesgo de caídas a distinto nivel.
  - Efecto catapulta al liberarse intempestivamente después de engancharse contra algún obstáculo fijo.

- *Caída de objetos, herramientas u otros utensilios sobre personas o equipos situados en la vertical de la zona de operación debido a:*
  - Aberturas indebidas en la plataforma por ausencia, deficiencias, falta de resistencia o mantenimiento de los medios de protección colectiva de la misma.
  - Operaciones en las que se sujetan y utilizan tales objetos, herramientas o utensilios más allá del perímetro de la plataforma de ubicación del operario y la sujeción o prensión de los mismos no es correcta.

- *Atrapamiento de extremidades entre alguna parte de la plataforma y partes del equipo de trabajo debidas a:*
  - Errores de posicionamiento del operario, elementos móviles del equipo accesibles.

- *Atrapamiento entre alguna parte del equipo y el suelo debido a:*
  - Inclinación o vuelco del equipo por causas diversas.

- *Contacto eléctrico con líneas eléctricas aéreas debido a:*
  - Trabajar en las proximidades de líneas eléctricas en tensión.

- *Golpes de las personas o de la plataforma/cesta contra objetos móviles o fijos situados en su vertical debidos a:*
  - Uso incorrecto del equipo.
  - Falta de orden y limpieza en vertical de la zona de trabajo.
  - Falta de estructura de protección superior si el emplazamiento lo requiere (lugares con vigas o forjados contra los que se pueda chocar).

5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Para controlar los riesgos descritos se exponen las condiciones técnicas exigibles a los equipos de trabajo utilizados, a las plataformas, habitáculos o cestas, los equipos de protección individual, el mantenimiento, las inspecciones y la formación.

Condiciones técnicas exigibles al equipo de trabajo de elevación

Es esencial que la *plataforma de trabajo sea compatible con el tipo de equipo a utilizar.* Antes de utilizar cualquier combinación se debe consultar con los fabricantes, importadores o suministradores de plataformas y equipos base para tener la seguridad de que:

- La combinación equipo base - plataforma tiene la estabilidad adecuada en todas las circunstancias en las que esté prevista su utilización.
- La plataforma puede fijarse de forma segura al equipo base.
- El personal que utilice la plataforma está protegido frente a los riesgos por atrapamiento con partes móviles.
- Se cumple que el peso conjunto de la plataforma junto con el de las personas, herramientas, materiales, etc. no puede superar el 50 % de la carga máxima admisible por la carretilla elevadora contrapesada y el 40 % para carretillas elevadoras de alcance variable, hasta la altura máxima de elevación según la tabla de cargas aplicable a las mismas. En la práctica, se asume que una persona adulta pesa 80 kg y la masa de las herramientas y materiales a bordo es de 40 kg.

Para el caso de grúas, la carga máxima admisible debe estar por debajo del 50 % para grúas fijas y del 40 % para grúas móviles en la configuración de la grúa mas desfavorable prevista en su utilización.

Reuniones previas

Con carácter general antes de la utilización excepcional de un equipo de trabajo para elevación de cargas habilitado para la elevación de personas mediante el acoplamiento de una cesta o plataforma al equipo base, se debería tener una reunión previa entre el operador del equipo, el o los trabajadores a elevar y el responsable de vigilar la correcta ejecución de la operación. En esta reunión se deberían revisar los requisitos y los procedimientos a seguir para cada caso particular, con el fin de planificar la operación de elevación.

Utilización de carretillas elevadoras

Deberá prestarse particular atención a los aspectos señalados en los párrafos siguientes:

Tipo de carretilla a utilizar

Solo se deberían utilizar carretillas elevadoras contrapesadas de horquilla en voladizo, de mástil retráctil, de alcance variable o todo terreno (Figura 1).

La capacidad de carga de la carretilla no debe ser inferior a cinco veces la carga a elevar en la configuración más desfavorable y en ningún caso será inferior a 1000 kg.

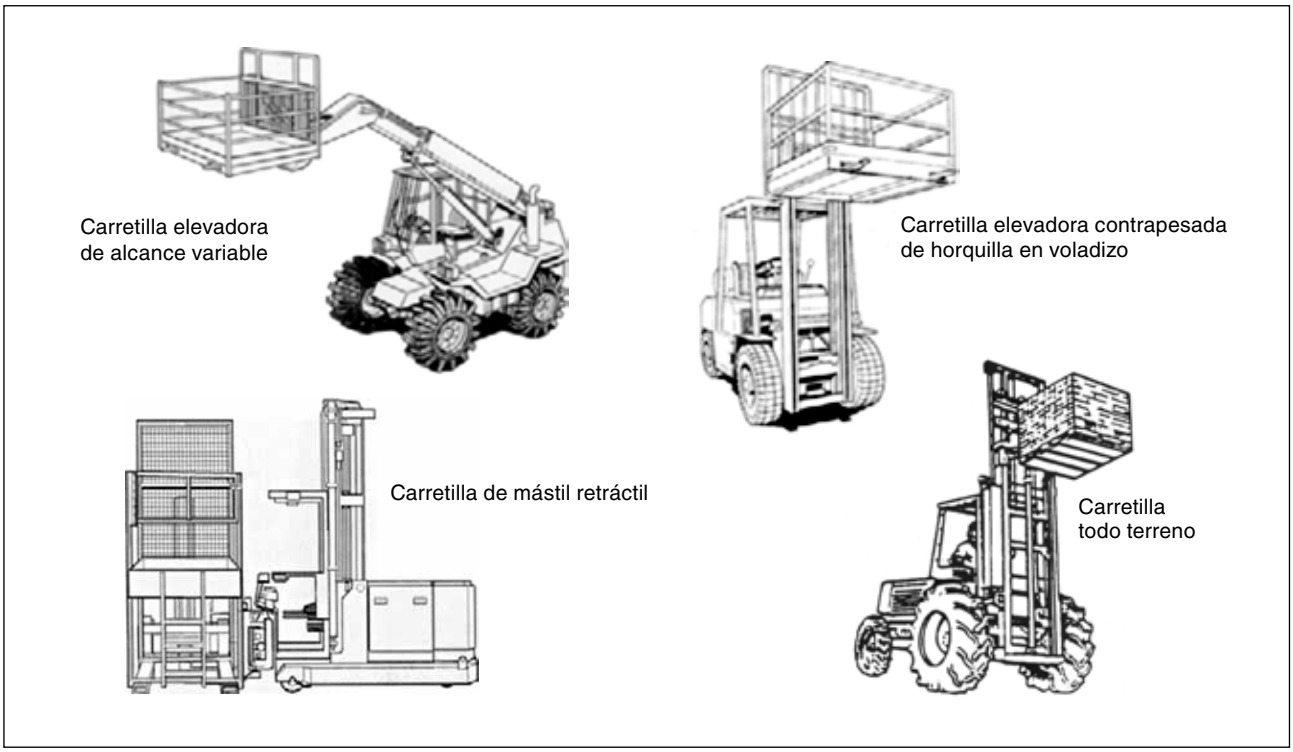


Figura 1. Vista general de distintos tipos de carretillas elevadoras con plataforma acoplada



Protección perimetral y trasera

Protección perimetral, trasera y superior



Figura 2. Sistemas de protección perimetral, trasera y superior de una plataforma de trabajo

Condiciones del acoplamiento

El usuario debe asegurarse, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del equipo y de la plataforma, que la misma está unida de forma segura a las horquillas del equipo.

Los brazos de las horquillas deberán estar completamente introducidos en los canales situados en la parte inferior de la plataforma. Si esto no es posible, la plataforma deberá estar introducida hasta al menos el 75 % de su longitud, medida de forma paralela a los ejes de las horquillas.

Después de realizar la operación de fijación o acoplamiento, se debe realizar una revisión de que la plataforma está correctamente fijada y asegurada sobre las horquillas.

Protección de acceso a partes móviles de la carretilla

Una vez fijada la plataforma a la carretilla, se debe comprobar que las rejillas o pantallas situadas en la plataforma proporcionan una protección adecuada frente al riesgo de atrapamiento con las partes móviles del mecanismo de elevación de la carretilla.

Indicaciones de advertencia

El usuario incorporará indicaciones de advertencia visibles desde el puesto de conducción que informen que antes de proceder a elevar la plataforma se debe accionar el freno de estacionamiento y situar la transmisión en punto neutro. Asimismo que el conductor debe permanecer en el puesto de conducción durante todo el tiempo en que la plataforma esté operando. Las citadas indicaciones de advertencia las debería suministrar el fabricante de la plataforma.

Plataforma de trabajo: Características de diseño y construcción

Los principales aspectos a considerar en este ámbito son los referentes al diseño, elementos de amarre, dispositivos de anclaje de arneses, dimensiones, resistencia y aberturas de la plataforma, entre otras que se relacionan a continuación:

- Diseño
  La plataforma debe llevar información para identificar adecuadamente los modelos de carretillas a las que puede acoplarse.
  La plataforma debe diseñarse para que sea posible su acoplamiento a las horquillas de las carretillas elevadoras que determine su fabricante.
  Deben disponer de una protección consistente en dotar a la parte trasera de un resguardo fijo de acuerdo con la norma UNE EN 953 que tenga la resistencia y rigidez adecuada para evitar su deformación peligrosa y que cumpla con las distancias de seguridad indicadas en la norma UNE EN ISO 13857 y, en su caso la UNE EN 349. (Figura 2).
  El fabricante o suministrador de la plataforma debe proporcionar un manual de instrucciones que indique el modo operativo para su fijación segura.
  En general para el diseño de la plataforma de trabajo, puede resultar de interés tener en cuenta lo que a este respecto indica la norma UNE-EN 280, punto 5.6. Plataforma de trabajo.

- Características de los elementos de amarre plataforma-equipo base
  La plataforma debe tener canales cerrados en su parte inferior de unas dimensiones adecuadas a las horquillas de forma que se asegure una holgura suficiente.
  La plataforma debe incluir un dispositivo de bloqueo positivo, para retener la plataforma en las horquillas cuando se utilicen. Cualquier componente desmontable del dispositivo de bloqueo deberá fijarse a la plataforma de forma que no pueda desprenderse cuando no se utilice (Figura 3).
  Los canales de la plataforma deben ser continuos a lo largo de toda la longitud de la plataforma.

- Dispositivos de anclaje de arneses
  La plataforma de trabajo puede incorporar, en su caso,

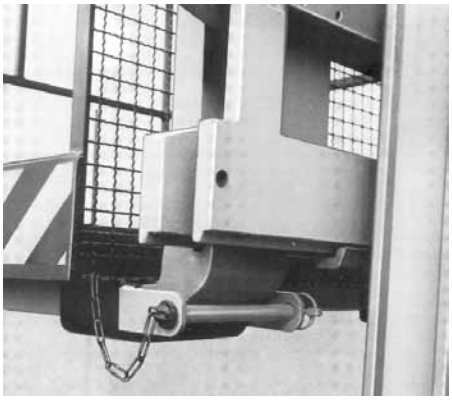


Figura 3. Dispositivo de bloqueo de los canales de la plataforma

dispositivos de anclaje para los arneses que puedan llevar los operarios. Los anclajes deben tener una resistencia suficiente de acuerdo con la norma UNE-EN 795 para ser utilizados como puntos de anclaje y estar señalizados indicando **que no se pueden utilizar como equipos contra caídas de altura en caso de vuelco de la carretilla**. Si la evaluación de riesgos determina que la carretilla puede volcar (situación que no debiera poder producirse ya que la carretilla debe estar parada y estabilizada), la seguridad del operario solo estará garantizada si éste está sujeto a otro punto de anclaje ajeno al equipo.
Así pues, el anclaje y amarre al dispositivo de anclaje de la plataforma (caso de existir) solo tiene sentido como medida para evitar que el operario trate de llegar a puntos alejados. Es decir, serán dispositivos de retención encaminados a restringir y limitar movimientos, y no constituirán nunca protección para caída de altura.

- Dimensiones de la plataforma
  Las dimensiones de la plataforma deben ser tan pequeñas como sea posible, compatibles con el número de personas que la vayan a utilizar y con el tipo de trabajo a realizar.
  La longitud de la plataforma paralela a las horquillas no debe ser superior a dos veces la distancia al centro de carga nominal de la carretilla. El centro de carga debe estar marcado en las horquillas de la carretilla o, al menos, en la placa de la carretilla, (para que el usuario pueda saber si su plataforma sirve o no para esa carretilla) Asimismo la anchura de la plataforma no sobrepasará los 250 mm por cada lado la anchura delimitada por los límites exteriores de las ruedas de la carretilla.

- Resistencia de la superficie
  La superficie de la plataforma debe tener una resistencia adecuada, mantenerse horizontal cuando este en su posición máxima de elevación, ser antideslizante y diseñada para evitar la acumulación de líquidos vertidos.
  La resistencia del suelo debe ser capaz de soportar una masa de 125 Kg. aplicada sobre un área de 0,16 m^2 sin presentar una deformación permanente y, asimismo soportar una presión uniforme de 1500 N/m^2 sobre toda la superficie sin presentar una deformación permanente.

- Aberturas de la superficie
  Las aberturas máximas de la superficie de la plataforma, entre ésta y los rodapiés o la puerta de acceso deben ser tales que no pueda pasar una esfera de 15 mm. de diámetro.

- Barandillas y rodapiés
  El perímetro de la plataforma debe estar protegido mediante una *barandilla superior* situada a una altura entre 1000 y 1100 mm. de la superficie del suelo; un *rodapié* de una altura mínima de 150 mm; una *barra intermedia*, situada a una distancia equidistante de la parte inferior de la barandilla y la parte superior del rodapié.
  La abertura máxima debe ser de 475 mm. si la barandilla tiene una altura de 1100 mm y de 425 mm si la barandilla tiene una altura de 1000 mm. La protección perimetral puede ser también de otros materiales tales como paneles metálicos, vidrio templado de seguridad, etc.

- Puerta de acceso
  La puerta de acceso a la plataforma debe abrir hacia el interior y deberá estar diseñada de tal forma que retorne a la posición de cerrado automáticamente. La puerta debe quedar auto bloqueada en la posición de cierre.

- Asideros
  Como medida de seguridad complementaria se pueden instalar asideros horizontales en las partes fijas de la plataforma dejando un espacio libre interior que permita al operario sujetarse llevando guantes. La distancia libre mínima recomendada entre el asidero y el lateral interior de la plataforma debe ser de 90 mm.

- Pintado
  La plataforma debe pintarse de un color fácilmente perceptible, siendo recomendable hacerlo a franjas alternas amarillas y negras con una inclinación aproximada de 45°.

Placa de identificación

Es recomendable que la plataforma disponga de una placa de identificación que proporcione la siguiente información:
- Nombre y dirección del fabricante.
- Nº de serie y año de fabricación.
- Modelo y número de identificación.
- Peso neto de la plataforma, capacidad nominal y dimensiones y distancia entre canales de fijación.
- Carga máxima admisible en kg.
- Nº máximo de personas a transportar.
- Tipo de carretillas compatibles.

Manual de instrucciones

La plataforma como equipo de trabajo, para su comercialización debería cumplir con lo requerido por el RD 1801/2003, por lo que se debe suministrar con un manual de instrucciones de montaje, fijación, uso y mantenimiento. Adicionalmente debe indicar los tipos de carretillas en las que puede ser montada y utilizada de forma segura. Si es para montar en una carretilla de alcance variable se deberían dar instrucciones para el bloqueo del mecanismo de inclinación de las horquillas.

Normas de uso

En aplicación del artículo 5 del RD. 1215/1997, de conformidad con los artículos 18 y 19 de la LPRL, tanto el conductor de la carretilla como el trabajador situado en la plataforma deben estar instruidos en el manejo de la/s misma/s, informados y formados de los riesgos asociados y de las medidas de prevención específicas relacionados con la elevación de personas. Dado que el RD. 1215/1997 exige que esta operación excepcional debe disponer de una "vigilancia adecuada" y dada la finalidad que persigue la presencia del recurso preventivo (artículo 22 bis punto 4 del RD 39/1997); tal figura, en los supuestos en que tal presencia sea preceptiva, podría y debería asumir la vigilancia de la correcta ejecución de la operación.

De entre las *medidas de información/formación* a impartir para estas tareas, cabe destacar:

- Los lugares de intervención estarán limitados por la autonomía de elevación de la carretilla y, en todo caso, las de alcance variable no deberían sobrepasar los 6 m de altura medidos desde la superficie del suelo y la base de la plataforma.
- Las carretillas a utilizar solo pueden ser las contrapesadas, de mástil retráctil, las de alcance variable y las todo terreno que cumplan con las siguientes condiciones:
  - Capacidad nominal de carga mínima 1000 kg.
  - Peso total de la plataforma y carga útil: máximo el 20 % de la capacidad de carga nominal de la carretilla.
  - Provista de dos órganos de elevación independientes (por ejemplo, doble cadena).
  - Dispositivo de seguridad que evite la caída de la plataforma en caso de rotura de algún conducto hidráulico o fallo hidráulico.
- Utilizar sólo sobre superficies uniformes, horizontales y de suficiente resistencia.
- El mástil debe permanecer en posición vertical, no cambiar de posición y, las de alcance variable, tener bloqueado el mecanismo de inclinación.
- Antes de subir o bajar la plataforma, la carretilla debe asegurarse contra cualquier movimiento descontrolado. Para ello debe garantizarse que se active el freno de mano y en su caso calzar las ruedas.
- El operador de la carretilla debe permanecer en su puesto de conducción mientras se efectúan trabajos desde la plataforma.
- Ninguna persona debe permanecer sobre la plataforma en posición elevada cuando la carretilla efectúe algún movimiento. En el caso de que se precisen y autoricen pequeños movimientos de ajuste en la aproximación al punto de operación, éstos no superarán la velocidad máxima de 2,5 km/h. En cualquier caso, al efectuar cualquier movimiento por pequeño que sea, se deberá tener especial cuidado para evitar cualquier tipo de atrapamiento entre la plataforma y la zona de operación; para ello el operador de la carretilla estará en comunicación continua con el operario situado sobre la plataforma para coordinar los movimientos.
- La zona de trabajo ocupada por el conjunto carretilla-plataforma debe delimitarse con conos, luces o señales siempre que exista la posibilidad de acercamiento de otros vehículos o puedan caer objetos desde la plataforma o por el tipo de trabajo que se efectúa. En caso necesario durante la realización de trabajos debe cesar cualquier actividad u operación que se esté realizando en sus proximidades.
- Los trabajos a realizar desde la plataforma se ceñirán al área delimitada por las protecciones. En ningún caso el operario se asomará o inclinará con parte de su cuerpo fuera de los límites de la plataforma. Asimismo no se pueden utilizar elementos auxiliares (cajas, escaleras, etc.) para ganar altura.
- Todos los operarios de carretillas así como las personas que deban trabajar sobre las plataformas deberán ser adiestradas adecuadamente proporcionándoles instrucciones completas sobre la forma segura de trabajar que deberían incluir la secuencia de acciones a realizar en caso de emergencia, entendiendo como tales movimientos bruscos de la carretilla o de bajada de la plataforma entre otras posibles.
- Es esencial que la carretilla sólo se utilice sobre superficies en buen estado y horizontales. Los operarios no debieran olvidar que cualquier pendiente puede afectar negativamente a la estabilidad de la carretilla.
- En lugares de trabajo o áreas sometidas a un ruido elevado se deberá disponer de un sistema de comunicación, por ej. intercomunicadores de radio, entre el conductor de la carretilla y el o los operarios situados sobre la plataforma elevada de trabajo. En este caso será necesario que se disponga de algún sistema de atención complementario como puede ser un silbato o claxon para un caso de emergencia. Si se utilizan sistemas de señales, deben utilizarse señales claras y concretas previamente conocidas por todos los implicados de acuerdo con las reglamentariamente establecidas por el RD.485/1997, sobre señalización de seguridad y salud.
- En trabajos en proximidades de líneas eléctricas aéreas se deberán tomar las medidas de prevención contempladas y exigidas por el RD. 614/2001.
- Para la realización de las distintas tareas autorizadas, el/los operario/s situado/s en la plataforma dispondrán y utilizarán de los EPI que se precisen y que vendrán determinados por la previa y preceptiva evaluación de riesgos.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

956

Plataformas para elevación de personas acopladas a equipos de elevación de cargas (II)

Platforms for perssons on forklift trucks and cranes (II)
Plataformes pour l´elevation de personnes sur equipes de manutention de charges (II)

Redactor

José Mª Tamborero del Pino
Ingeniero Industrial

Tomás Pique Ardanuy
Ingeniero Técnico Químico
Licenciado en Derecho

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En la presente NTP, complementaria de la anterior se describe la aplicación a cestas suspendidas de grúas, así como un apartado sobre Inspección y Mantenimiento común para ambas. Asimismo el apartado de Normativa y Bibliografía es común a ambas NTP.

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. UTILIZACIÓN DE UNA CESTA SUSPENDIDA DE UNA GRÚA[1]

Deberá prestarse atención al tipo de grúa y su estabilidad, así como a las características de la cesta a emplear.

Tipos de grúas

Los tipos de grúas a utilizar pueden ser una grúa-torre, grúa móvil autopropulsada, grúa cargadora etc. Al seleccionar una grúa para esta función se debería verificar que cumple, como mínimo con las siguientes condiciones:

- La carga a elevar, en el habitáculo o cesta, incluyendo a las personas, los materiales y el propio peso del habitáculo, debería ser, como máximo, el 50% de la carga nominal de la grúa para grúas fijas y del 40 % para grúa móviles en la configuración más desfavorable prevista en su utilización.
- La carga nominal de la grúa debe ser de al menos de 1000 kg.
- Debe estar diseñada para evitar la caída libre de la carga o que esté provista de dispositivos apropiados si dicha posibilidad existe, y que además evite la caída libre de la carga en caso de fallo total o parcial de su energía o cuando cesa la acción del operador de la máquina sobre los mandos.
- Debe estar provista del adecuado sistema de mando, que impida que la velocidad lineal del habitáculo sea superior a 0,5 m/s en todos los movimientos.
- El movimiento de descenso del habitáculo no se puede efectuar mediante el control del freno exclusivamente; es decir, que el movimiento de descenso debe estar siempre controlado mediante un sistema de accionamiento (por ejemplo, en caso de accionamiento eléctrico, mediante movimiento motorizado).
- Debe estar indicada la carga máxima admisible en la configuración de la grúa más desfavorable.
- Debe disponer de limitador de carga y de limitador del momento de vuelco, si existe ese peligro (por ejemplo en grúas móviles o en grúas cargadoras).
- El sistema de unión entre la grúa y el habitáculo (generalmente el gancho o grillete de la grúa) debe ser resistente y garantizar una conexión eficaz, de manera que el habitáculo no se pueda soltar de la grúa de forma intempestiva (ejemplo: dotando al gancho de la grúa del pestillo de seguridad apropiado) ni que se balancee o gire de forma peligrosa.

Estabilización de la grúa

Para cada grúa a utilizar se debe garantizar la estabilidad del equipo en las condiciones previstas de utilización.

Existen diversos métodos o una combinación de entre ellos para mejorar la estabilidad, tales como:

a) Situar el equipo sobre una base resistente y nivelada.
b) Instalar anclajes.
c) Contrapesos.
d) Lastres, compensadores o estabilizadores.

Cuando se utilicen estabilizadores se deberán seguir las instrucciones del fabricante.

Las medidas de prevención de carácter general que pueden garantizar la estabilidad de la grúa son las siguientes:

- En función de la resistencia del suelo puede ser necesario colocar placas de reparto de carga.
- No instalar la grúa sobre superficies inclinadas, pues en ese caso se puede modificar el momento de vuelco. Si es imprescindible hacerlo, el equipo debe disponer de dispositivos que permitan su nivelación.
- En el caso de grúas móviles que se desplazan sobre neumáticos, la operación de izado se debería realizar siempre apoyando la grúa sobre los estabilizadores extendidos.

1. En caso de cestas amarradas a una grúa deberían incorporar mandos en la propia cesta y ser certificadas como PEMP.

Tipos de cestas

Existen diferentes tipos de cestas suspendidas de las que podemos destacar (Ver figuras 1 y 2):

- Cesta con varios puntos de anclaje
- Cesta con un solo punto anclaje



Figura 1. Cesta colgada de varios puntos de anclaje

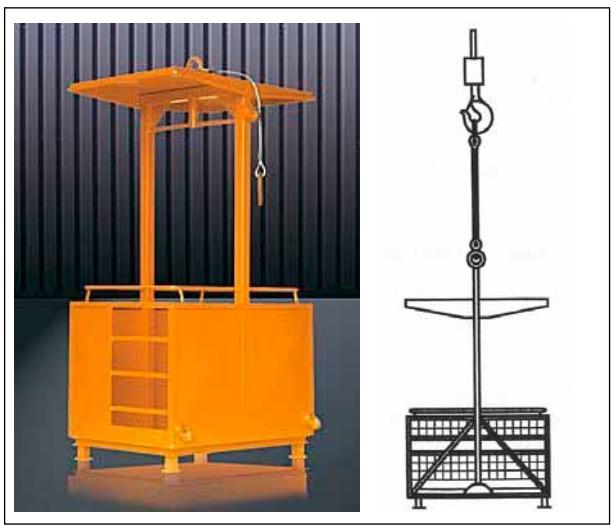


Figura 2. Cesta con un solo punto de anclaje

Accesorios de elevación para la unión cesta-grúa

Los accesorios de unión deben estar anclados a la cesta de forma que solo puedan ser desenganchados con la ayuda de una herramienta. Los dispositivos de unión (eslingas, argollas y grilletes) entre el habitáculo y la grúa deben ser parte integrante del habitáculo. Estos accesorios de elevación deben ser todos marcado CE según la Directiva máquinas, aunque la cesta o habitáculo no lo sea. Sus coeficientes de seguridad serán ocho para cadenas y diez para cables.

La distancia vertical del gancho del equipo de elevación a la base de la cesta cuando esté suspendida debe ser ≥ 3 m.

Los terminales de las eslingas de cable pueden ser ojales con guardacabos o argollas aseguradas con guardacabos.

Gancho

El gancho del equipo de elevación debe estar provisto de cierre de seguridad.

Diseño de la cesta

- Dimensiones: las dimensiones mínimas de la cesta deben ser de 0,60 m x 0,60 m para una persona y de 0,40 m x 0,40 m para cada persona adicional.
- Color: La cesta debe ser de un color que resalte del entorno en que vaya a utilizarse.
- Balanceo: Las cestas deben diseñarse de forma que si se coloca una carga 1,5 veces superior a la capacidad nominal en la zona más desfavorable del suelo de la misma, la inclinación resultante no debe superar los 20°.

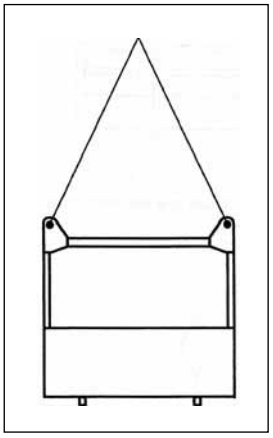


Figura 3. Vista de protección lateral y guardacuerpo supletorio

- Superficie: La superficie de la cesta debe estar unida al marco mediante soldadura o atornillado, ser antideslizante y con aberturas que no permitan el paso de una esfera de 20 mm. de diámetro.
- Protecciones perimetrales: El perímetro de la cesta debe estar protegido mediante una protección lateral cerrada hasta una altura de al menos 0,5 m, de forma que una esfera de 20 mm no pueda atravesarla. Cuando la protección lateral no alcance la altura de 1 m, debe suplementarse con un guardacuerpo hasta la citada altura (Figura 3).
- Acceso: La puerta de acceso debe abrir hacia el interior de la plataforma y debe estar provista de cierre automático (gravedad o muelles) con bloqueo en posición de cierre que evite su apertura involuntaria. También puede ser puerta corredera con los mismos requisitos.
- Sistema de control del movimiento: el equipo de elevación con cesta suspendida debe ser manejado desde el control ordinario de la propia grúa. El sistema de control debe:
  - Permitir la aceleración/desaceleración controlada de la cesta
  - Limitar automáticamente la velocidad de trabajo a un máximo de 0,5 m/s.

  - Si falla el suministro eléctrico o el propio sistema de control, la cesta debe poder ser desplazada hasta una posición que permita evacuar la cesta por parte de sus ocupantes sin riesgo.
  - Si el mando es inalámbrico debe estar siempre en posesión del gruista y además permanentemente operativo.
- Anclajes de arneses: la cesta debe incorporar, en su caso, dispositivos de anclaje para los arneses que puedan llevar los operarios. Los anclajes deben tener una resistencia suficiente de acuerdo con la norma UNE-EN 795 para ser utilizados como puntos de anclaje y estar señalizados indicando que no se pueden utilizar como equipos contra caídas de altura. Si la evaluación de riesgos determina que la grúa puede volcar, no seria admisible poder realizar el trabajo excepcional. Así pues, el anclaje y amarre al dispositivo de anclaje de la cesta solo tiene sentido como medida para evitar que el operario trate de llegar a puntos alejados. Es decir, serán dispositivos de retención encaminados a restringir y limitar movimientos, y no constituirán nunca protección para caída de altura.

Planificación de la operación. Pruebas

Para cada uso excepcional, se deben planificar todas las operaciones a fin de asegurar su seguridad teniendo en cuenta todos los riesgos previsibles. La planificación debe efectuarla una persona con experiencia en la utilización de la grúa prevista, expresamente designada.

La planificación debería contemplar los siguientes aspectos principales:

- Método de trabajo
- Grúa y cesta a utilizar
- Subida y tiempo de permanencia de la cesta en su posición de trabajo
- Pruebas previas
- Gruísta formado y permanentemente situado en su puesto de mando
- Sistemas de comunicación
- Normas de utilización
- EPI necesarios
- Equipo de salvamento necesario

Una vez planificada la operación, se deberían realizar dos tipos de pruebas antes de la utilización de una determinada grúa-cesta: *generales y específicas*.

La *prueba general* debe incluir:

- Inspección previa
- Aplicación de una fuerza (carga x coeficiente de prueba estática)
- Inspección posterior

La *prueba específica* se debe realizar antes de la operación de elevación de personas en el uso excepcional y en cada utilización o emplazamiento (en grandes obras no se precisa repetirlo en cada cambio de emplazamiento, pero se determinará en la planificación), al menos con la carga prevista y desde el suelo a cada uno de los puntos de operación.

Se debe comprobar que no hay interferencias, los sistemas funcionan adecuadamente y que la carga total siempre se está por debajo del 50 % para grúas fijas y del 40 % para grúas móviles del límite de cada configuración.

Después de las pruebas se debe verificar lo siguiente:

- El conjunto es seguro y la cesta está equilibrada
- La base de apoyo de la grúa
- Los cables, poleas, elementos de fijación de la cesta, guías, etc.
- Funcionamiento de los dispositivos de protección.

Normas de utilización

- El operador debe operar el equipo de elevación de forma exclusiva. Los movimientos deben realizarse con suavidad y a baja velocidad.
- La entrada o salida de los operarios de la cesta debe realizarse estando la misma apoyada sobre una superficie firme horizontal.
- La elevación y suspensión de la cesta con el equipo de elevación debe realizarse bajo la supervisión de una persona asignada a este cometido. Al respecto, nos remitimos a los comentarios realizados en la NTP 955 en el apartado de normas de uso.
- El equipo de rescate, que debe preverse en la planificación de la operación, debe estar disponible mientras duren los trabajos.
- No deben funcionar de forma simultánea otros equipos de elevación que puedan interferir con los movimientos del equipo de elevación con cesta suspendida.
- La distribución de las personas que ocupan la cesta debe ser lo mas simétrica posible.
- Los operarios deben disponer de un arnés de seguridad anclado a los dispositivos de anclaje de la cesta.
- No superar la capacidad nominal de la cesta.
- Las herramientas utilizadas deben estar aseguradas para evitar su desplazamiento o caída accidental.
- Los operarios deben permanecer dentro de la cesta durante todo el tiempo que la ocupen, evitando apoyarse o trabajar desde las protecciones perimetrales.
- No conviene utilizar dichas cestas con vientos superiores a 25 km/h. Tampoco en, caso de tormentas, niebla, hielo u otras condiciones meteorológicas susceptibles de perjudicar la seguridad del personal. En situaciones donde pueda esperarse condiciones meteorológicas adversas relacionadas con el viento, debería controlarse dicha velocidad por medio de un anemómetro adecuado, colocado bien en la grúa o mediante un anemómetro portátil colocado en la cesta.
- Posicionada la cesta en su posición de trabajo, y antes de que se inicien los trabajos desde su interior, se efectuará el blocaje de los movimientos de giro y elevación de la misma.
- Cuando se utilicen grúas móviles tales como una grúa cargadora, las mismas no se pueden mover con la cesta suspendida.
- Para la realización de las distintas tareas autorizadas, el/los operario/s situado/s en la cesta dispondrán y utilizarán de los EPI que se precisen y que vendrán determinados por la previa y preceptiva evaluación de riesgos.

Placa de identificación

La cesta debe llevar una placa en lugar visible que contenga la siguiente información:

- Datos del fabricante o proveedor.
- Año de fabricación.
- Modelo y número de identificación.
- Peso neto y capacidad nominal.
- Número máximo de personas a transportar.

Manual de instrucciones

La cesta debería disponer de un manual de instrucciones sobre la forma de utilización y su compatibilidad con los diferentes tipos de grúas con las que puede ser utilizada.

La información a suministrar debería contemplar tanto las actuaciones del gruista como del personal dentro de

la cesta y en la citada información se debería destacar de manera expresa y clara la excepcionalidad de uso del conjunto grúa-cesta suspendida.

2. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

Con carácter general el marco regulador de la obligación de realizar el mantenimiento a un equipo de trabajo se encuentra en el Real Decreto 1215/1997. En su artículo 3 contempla que "*el empresario adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones tales que satisfagan las disposiciones del segundo párrafo del apartado 1 (*Nota: El segundo párrafo del apartado 1 de este artículo no guarda relación con disposiciones relativas a los equipos. Debe entenderse que la referencia es al tercer párrafo, tal como se desprende del análisis de la Directiva que transpone). *Dicho mantenimiento se realizará teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante o, en su defecto, las características de estos equipos, sus condiciones de utilización y cualquier otra circunstancia normal o excepcional que puedan influir en su deterioro o desajuste".*

El mandato anterior se traduce en la necesidad de garantizar que las prestaciones iniciales del equipo, en materia de seguridad, se mantengan a lo largo de la vida del mismo; es decir, que sus características no se degraden hasta el punto de poner a las personas en situaciones peligrosas.

Obviamente, en Prevención de Riesgos Laborales, el mantenimiento adecuado que exige el RD. 1215/97, tan sólo lo garantiza el mantenimiento preventivo, sea éste sistemático, predictivo o de oportunidad.

Es importante destacar que con independencia de las instrucciones del fabricante que, como es obvio están redactadas y dirigidas con carácter general a todos los usuarios; éstos deberán concretar las necesidades de mantenimiento a las distintas situaciones de trabajo a las que el equipo se vea sometida (turnos de trabajo, ambientes agresivos de trabajo, trabajo en ambientes con riesgo de incendio o explosión, etc…), es decir, deberán realizar un mantenimiento que se ajuste a las exigencias del artículo 3 de que en el tipo de mantenimiento se tenga en cuenta: "*sus condiciones de utilización y cualquier otra circunstancia normal o excepcional que puedan influir en su deterioro o desajuste".*

Así pues, garantizar un correcto mantenimiento del equipo exigirá disponer y aplicar las instrucciones del fabricante del mismo y ajustarlas a las condiciones reales de uso del equipo.

Las operaciones de mantenimiento de todo el equipo (grúa, cesta y accesorios) deberían quedar reflejadas en un diario de mantenimiento. Si bien el RD. 1215/1997 no lo exige de manera explícita, con criterio estrictamente técnico preventivo, se considera que este tipo de equipos deberían disponer de un diario de mantenimiento y lo apoyamos en los siguientes criterios:

- Sólo el registro documental de las tareas de mantenimiento permitirán verificar y garantizar que no se producen desviaciones, ni en los plazos, ni en el contenido de lo previsto.
- En aplicación de la exigencia de *"comprobaciones periódicas"* y de la documentación escrita de los resultados de las mismas de los arts. 4.2 y 4.4, 1er párrafo del RD. 1215/1997, estas máquinas móviles deberían tener un diario de mantenimiento y, como dice el propio artículo, *"conservarse durante toda la vida útil de los equipos"*.
- Un libro de mantenimiento que recopile los registros periódicos proporcionará información para una futura planificación e informará al personal responsable del mantenimiento, sea de la propia empresa o externo, de las actuaciones previas realizadas.
- Al respecto resta recordar que el RD 1215/1997 en su Anexo II. 15 exige que: *"cuando un equipo de trabajo deba disponer de un diario de mantenimiento, éste permanecerá actualizado"*.

Con independencia de las tareas de mantenimiento descritas, todos los accesorios para la elevación de la plataforma o cesta deben inspeccionarse antes de su utilización.

La carretilla o grúa y la cesta o plataforma deben inspeccionarse antes de cualquier uso del conjunto. La existencia de cualquier anomalía debe comunicarse y no utilizar el conjunto en tanto en cuanto no este subsanada.

Además se revisarán todos los sistemas de protección perimetral. Estas revisiones se harán con carácter previo a cada utilización o emplazamiento y, al menos mensualmente y siempre que se detecte algún fallo o deficiencia. Después de cada uso se limpiará la superficie de la plataforma o cesta y de forma inmediata siempre que se produzca el derrame de algún producto utilizado por los operarios, sobre todo si ello comporta una situación de peligro.

3. NORMATIVA

Legal

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

RD. 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.

RD. 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 y modificaciones sucesivas.

RD. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

RD. 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.

RD. 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

RD. 1801/2003, de 26 de diciembre, sobre seguridad general de los productos.

Técnica

UNE-EN ISO 13857:2008. Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores.

UNE-EN 1726-1/1M:2004. Seguridad de las carretillas de

manutención. Carretillas autopropulsadas de capacidad hasta 10.000 Kg. inclusive y tractores industriales con un esfuerzo de tracción al gancho hasta 20.000 N inclusive. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 1726-2:2001.Seguridad de las carretillas de manutención. Carretillas autopropulsadas de capacidad hasta 10.000 Kg. inclusive y tractores industriales con un esfuerzo de tracción al gancho hasta 20.000 N inclusive. Parte 2. Requisitos adicionales para las carretillas con puesto del operador elevable y carretillas diseñadas específicamente para desplazarse con la carga en posición elevada.

UNE 58438:2002. Carretillas de manutención autopropulsadas. Símbolos para los mandos del operador y otros dispositivos indicadores.

UNE 58151-1:2001. Aparatos de elevación de cargas suspendidas. Seguridad en la utilización. Parte 1: Generalidades.

UNE-EN 13586:2005+A1:2008. Grúas. Accesos.

UNE-EN 14502-1:2010. Grúas. Aparatos para elevación de personas. Parte 1: Cestas suspendidas.

UNE-EN 795:1997+A1:2001. Protección contra caídas de altura. Dispositivos de anclaje. Requisitos y ensayos.

UNE-EN 349:1994+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.

UNE-EN 280:2002+A2:2010. Plataformas elevadoras móviles de personal. Cálculos de diseño. Criterios de estabilidad. Construcción. Seguridad. Exámenes y ensayos.

UNE-EN 12999:2011+A1:2012. Grúas.Grúas cargadoras.

UNE-EN 13000:2010. Aparatos de elevación de carga suspendida. Grúas móviles.

BIBLIOGRAFÍA

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE
Guidance Note PM 28. Working platforms (non-integrated) on forklift trucks
London. HSE.2005
http://www.hse.gov.uk/workplacetransport/pm28.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos de trabajo. Madrid.
INSHT. 2ª edición. 2011.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/equipo1.pdf

FEDERATION OF EUROPEAN MATERIALS HANDLING
Exceptional use of work platforms with industrial trucks. FEM 4.006
http://www.world-of-engineering.eu/dl/FEM4.006%20Engl.pdf

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

957

Arco eléctrico: caso práctico de estimación de la energía calorífica incidente sobre un trabajador

Arc flash: Practical case of estimation of thermal incident energy on worker
Arc électrique: cas practique d'estimation de l'énergie calorifique incidente sur le travailleur

Redactor:

Marcos Pérez Formigó
Ingeniero de Telecomunicación

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN

En la presente Nota Técnica de Prevención se ponen en práctica los conceptos y recomendaciones recogidas en la NTP 904[1], "Arco Eléctrico: Estimación de la energía calorífica incidente sobre un trabajador". En primer lugar, se detallan las características técnicas de la instalación eléctrica sobre la que se realizará el estudio. Posteriormente, se detallan las etapas a seguir para caracterizar el riesgo térmico asociado a un posible fenómeno de arco eléctrico en dicha instalación y, por último, se presentan algunas conclusiones, en base a los resultados obtenidos.

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. CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ESTUDIO

La instalación eléctrica sobre la que se estimará el riesgo térmico derivado de un arco, se recoge en la figura 1.

Tanto por medición in situ como por cálculo o verificación documental, se debe disponer de información técnica suficiente para caracterizar:

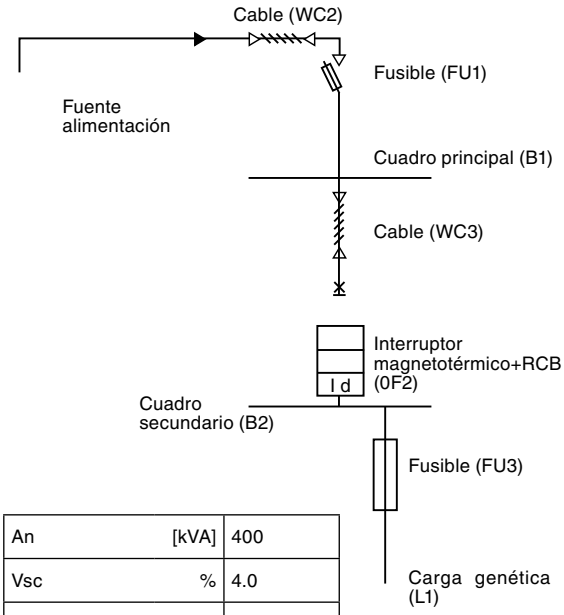
- la forma y los elementos utilizados para alimentar y distribuir la energía eléctrica en cualquier punto de la instalación;
- la respuesta de los dispositivos de protección ante las corrientes de cortocircuito previsibles en cada punto de la instalación.

La información técnica que se dispone de la instalación eléctrica de la figura 1 hace referencia a la alimentación y distribución y a la respuesta de los dispositivos de protección.

Alimentación y distribución

A continuación se describen las características de los distintos elementos:

- Fuente de alimentación
  - Potencia Nominal: 400 kVA.
  - Tensión Nominal (BT): 400 V.
  - Corriente Nominal: 16 A.
  - Tensión de cortocircuito: 4%.
  - Corriente de cortocircuito máxima: 15,9 kA. (igual para trifásica/fase-neutro/fase-PE).
  - Potencia activa: 9,98 kW.
  - Potencia reactiva: 4,83 kvar.
- Sistema de distribución
  - TT/LLLN.
  - Resistencia de tierra: 1 Ω.
  - Cable WC2: PVC multipolar (Enterrado) 3x3x2,5 mm^2.
  - Cable WC3: PVC multipolar (En hueco de la construcción, no accesible) 3x3x4 mm^2



An	[kVA]	400
Vsc	%	4.0
Voltage sec	[V]	400
Circuit		LLLN/TT
Isc LLL	[kA]	15,9
Isc LN	[kA]	15,9
Isc LPE	[kA]	15,9
Active power	[kW]	10,0
Reactive power	[kvar]	4,8

Figura 1. Instalación eléctrica en estudio

1. *Véanse las referencias incluidas al final de este documento.*

- Cuadro eléctrico B1
  - Tensión Nominal: 400 V.
  - Valor máximo de corriente de cortocircuito (trifásica): 3,85 kA.
- Cuadro eléctrico B2
  - Tensión Nominal: 400 V.
  - Valor máximo de corriente de cortocircuito (trifásica): 1,89 kA.
- Interruptor magneto-térmico QF2
  - Tipo C. Capacidad de interrupción: 6 kA. Corriente nominal: 20 A.
- Fusible FU3
  - NH400, Tipo: gG. Tamaño: 00. Corriente nominal: 16 A.

Respuesta de los dispositivos de protección

Las protecciones QF2 (interruptor magnetotérmico+RCB) y el fusible (FU3) presentan las curvas características que se indican en la figura 2, donde se representa la corriente máxima de cortocircuito en el cable WC3 y asimismo, se presentan las curvas tiempo-corriente de los dispositivos QF2 y FU3, a partir de las cuales se puede estimar un tiempo de corte de 10 ms (0,5 ciclos), para las corrientes de cortocircuitos que pueden darse en las zonas de la instalación afectadas por dichas protecciones.

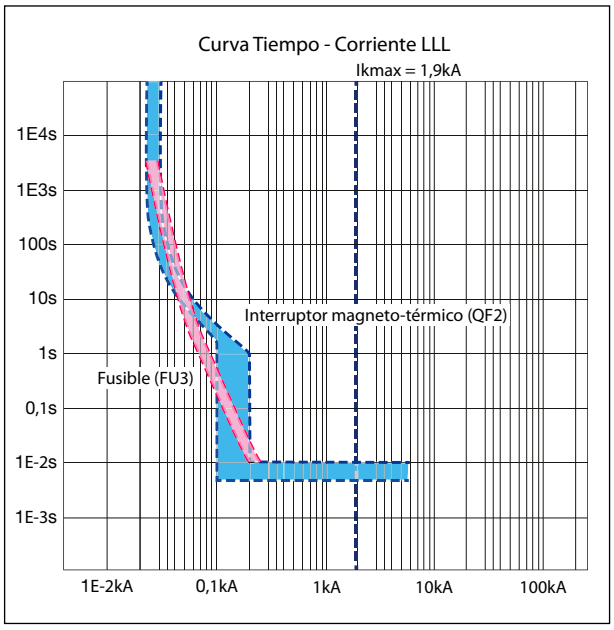


Figura 2. Curvas características corriente-tiempo de los dispositivos QF2 y FU3

La representación conjunta de los dispositivos de protección es muy importante, ya que permite analizar la posible coordinación y selectividad que se dan entre las protecciones. En la figura 2, se observa la selectividad entre las protecciones QF2 y FU3, para las diferentes corrientes de cortocircuito.

2. PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR EL RIESGO TÉRMICO ASOCIADO A UN ARCO ELÉCTRICO

A continuación, se siguen cada una de las etapas del procedimiento descrito en la figura 1 de la NTP 904 [1]:

Análisis del nivel de peligrosidad de un arco eléctrico

Debido a que la instalación eléctrica en estudio está alimentada por un transformador de 400 kVA y la tensión nominal es de 400 V ca, la energía portada por un posible arco eléctrico podría alcanzar niveles peligrosos y, por tanto, según se establece en la norma NFPA 70E-2009 [2], es necesario evaluar los riesgos térmicos asociados al arco eléctrico.

Por lo tanto, se debe calcular la zona de peligro frente al arco eléctrico y, dentro de esta zona, estimar la energía calorífica incidente sobre el trabajador.

Cálculo de la zona de peligro frente al arco eléctrico

Dicha zona de peligro frente al arco se define como aquella zona delimitada por el "Limite de protección frente al arco" (Flash Protection Boundary, FPB, en sus siglas en inglés), que es la distancia a la cual la energía incidente sobre el trabajador es superior a 1,2 cal/cm^2, nivel de energía que puede generar una quemadura de segundo grado en la piel humana.

Para la máxima corriente de cortocircuito (Icc = 1,89 kA) en la carga genérica L1, las protecciones actuarían en un tiempo de 10 ms (0,5 ciclos) y a partir del apartado 130.3 (A) de la NFPA 70E-2009 se obtiene:

$$FPB \approx \sqrt{5{,}1 \cdot (P_{transformador}) \cdot t_{arco}}$$

donde,

$P_{transformador}$, es el nivel de potencia del transformador (o transformadores), en MVA. Si el transformador (o transformadores) tiene un nivel de potencia inferior a 0,75 MVA, este índice se debe multiplicar por 1,25 y t_{arco}, es la duración del arco en s.

$$FPB = 0{,}16 \text{ m}$$

Por lo tanto, la distancia de peligro frente al arco es la zona que se extiende desde el elemento en tensión hasta 160 mm.

Nota: En el caso en estudio, se cumple la condición: *(Icc x tiempo de disparo) < 100 kA· ciclo* y por tanto, la NFPA establece como límite máximo de la FPB un valor de 1,22 m. Sin embargo, como se comprobará más adelante, este valor es una sobreestimación del valor real que se obtiene a partir de los valores de la instalación.

Cálculo de la energía calorífica incidente sobre un trabajador dentro de la zona de peligro frente al arco eléctrico

Dentro de la zona de peligro frente al arco, se calcula la energía calorífica incidente sobre un trabajador expuesto a un arco eléctrico.

Tal como se especifica en la NTP 904 [1], en primer lugar se debe seleccionar el método de cálculo que mejor se ajuste a la instalación en estudio. Con fines didácticos, en la figura 3, a partir de las ecuaciones de las tablas 1 a 4 de la NTP 904 [1], se representan las estimaciones de energía calorífica incidente, que se obtendrían con cada uno de los métodos existentes:

Como puede observarse en la figura 3, las estimaciones de energía calorífica realizadas mediante el método NFPA 70E-2009 resultan bastante dispares con respecto a las obtenidas mediante los otros dos métodos (IEEE 1584-2002 y Método Lee). Esto se debe, fundamentalmente, a que las corrientes de cortocircuito de la insta-

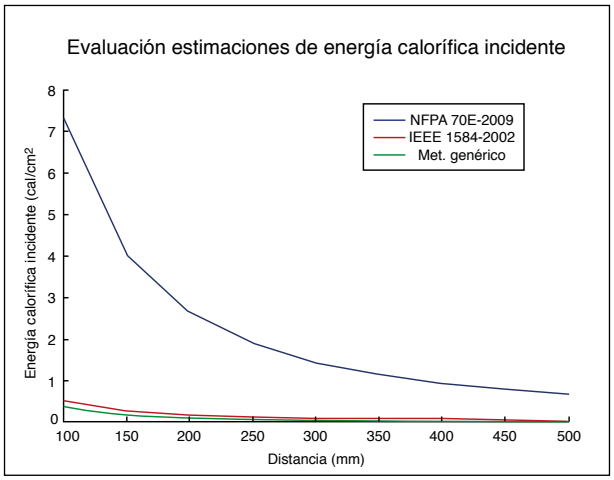


Figura 3. Energía calorífica vs distancia

lación en estudio se salen del ámbito de aplicación del método NFPA 70E-2009, y por tanto, este método no debería aplicarse a la instalación en estudio.

Influencia del tiempo de corte

En la figura 4 se representa la influencia del tiempo de corte en la energía calorífica incidente sobre los trabajadores a una distancia de 500 mm (límite de la zona de peligro para 400 V, según el RD 614/2001 [5]) para el método IEEE 1584-2002:

Como se observa en la figura 4, el diseño y coordinación de las protecciones de la instalación en estudio eliminan el riesgo térmico derivado de un arco dentro de la zona de trabajo en tensión. Sin embargo, si las protecciones actuasen más tarde de 0,3 s (aproximadamente 5 ciclos), los trabajadores se verían expuestos a energías caloríficas superiores a 1,2 cal/cm², debiendo tomarse medidas de prevención y protección frente a los riesgos térmicos derivados del arco.

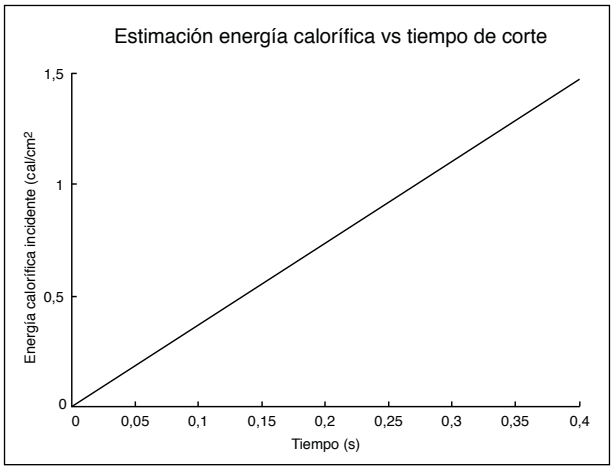


Figura 4. Energía calorífica vs tiempo de corte (Método IEEE 1584-2002)

3. CONCLUSIONES

Aplicando los criterios establecidos en la tabla 1 del RD 614/2001 [5], para la instalación eléctrica objeto de este estudio (cuya tensión nominal es 400 V ca), se obtendrían las distancias límite de seguridad que se muestran en la figura 5.

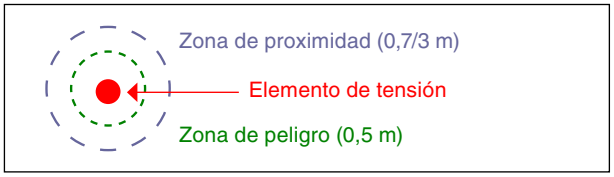


Figura 5. Distancias límites de seguridad según el RD 614/2001

En el propio RD 614/2001 [5] se establece, que, dentro dicha zona de peligro, los trabajadores desprotegidos se pueden ver expuestos al choque eléctrico o a los diferentes riesgos asociados a un arco eléctrico.

Como se ha comprobado en este estudio, las distancias límite de seguridad establecidas en el RD 614/2001 efectivamente cubren las zonas de peligro frente al choque y arco eléctrico.

Sin embargo, pueden darse situaciones en las que la zona de peligro frente al arco eléctrico sea superior a la zona de peligro establecida en la figura 5 y por tanto, mediante el procedimiento descrito a lo largo de este documento, se debería calcular la zona de peligro frente al arco y, dentro de dicha zona, la energía calorífica incidente sobre el trabajador.

Si dentro de la zona de peligro frente al arco, la energía calorífica incidente calculada se encuentre entre 1,2 – 40 cal/cm², se deben tomar medidas de prevención y emplear los equipos de protección adecuados al nivel de energía presente.

Por último, es importante resaltar la recomendación establecida en la norma NFPA-70E [2], que prohíbe realizar trabajos en tensión en la zona de peligro frente al arco, cuando dentro de dicha zona se alcancen valores de energía calorífica incidente igual o superior a 40 cal/cm². Esta recomendación se debe seguir independientemente de que existan equipos de protección tanto colectivos como individuales que soporten dichas energías caloríficas, ya que todavía se están investigando y desarrollando métodos que permitan caracterizar, de forma completa y conjunta, todos los riesgos asociados a los fenómenos que tienen lugar durante un arco eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

[1] PÉREZ FORMIGÓ, MARCOS
Arco Eléctrico: Estimación de la energía calorífica incidente sobre un trabajador.
Nota Técnica de Prevención NTP 904, CNMP-INSHT, Septiembre 2010.

[2] Norma NFPA 70E-2009
Standard for Electrical Safety in the Workplace.

[3] Norma IEEE 1584-2002
Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations.

[4] LEE, R.H.
The other electrical hazard: electric arc blast burns.
IEEE Transactions on Industry Applications. Vol. IA-18, No. 3, May/June 1982.

[5] Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

[6] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

Año: 2012

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

958

Infraestructuras ferroviarias: mantenimiento preventivo

Railway infrastructures: preventive maintenance
Infrastructures ferroviaires: maintenance préventive

Redactores:

Alfonso Argüeso López
Ingeniero Técnico Industrial

COMSA, S.A.U.

José Mª Tamborero del Pino
Ingeniero industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

El objetivo de esta NTP es describir las principales actividades de mantenimiento preventivo necesarias para la conservación de los elementos que componen la infraestructura, superestructura e instalaciones ferroviarias y establecer las condiciones de seguridad y salud aplicables a la realización de dichos trabajos.

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 1057.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO FERROVIARIO

Las principales infraestructuras ferroviarias que actualmente son empleadas en España son las siguientes: Ferrocarril Convencional, Ferrocarril de Alta Velocidad, Ferrocarril de Vía Estrecha, Tranvía y Metro. En la figura 1 se puede ver una sección de una plataforma ferroviaria de doble vía.

De forma genérica, en este documento se desglosa en dos partes, una referida a las operaciones encaminadas al mantenimiento preventivo de la plataforma ferroviaria (capa de asiento, balasto, vía en placa, traviesa, carril, aparatos de vía, etc.) y otra correspondiente a las operaciones de mantenimiento preventivo de la electrificación e instalaciones (postes, semaforización, balizamiento, línea aérea de contacto, etc.).

No son objeto de esta NTP las operaciones destinadas al mantenimiento correctivo ferroviario (renovaciones de balasto, traviesas, carril, postes y catenaria, etc.) realizadas en su mayor parte mediante maquinaria ferroviaria específica.

Operaciones de mantenimiento preventivo de la plataforma ferroviaria

La conservación preventiva de las vías férreas es un aspecto clave en la prestación del servicio ferroviario y que incide directamente en la calidad de dicho servicio. Las operaciones de mantenimiento preventivo pueden ser realizadas tanto de forma manual como mecánicamente, en función de la actividad programada. A continuación se describen algunas de las operaciones de mantenimiento preventivo más habituales:

- Limpieza de obras de fábrica: Limpieza de obras de drenaje longitudinales y transversales mediante el empleo de herramientas manuales, agua a presión, etc. (tajeas, cunetas, bajantes, marcos, etc.).

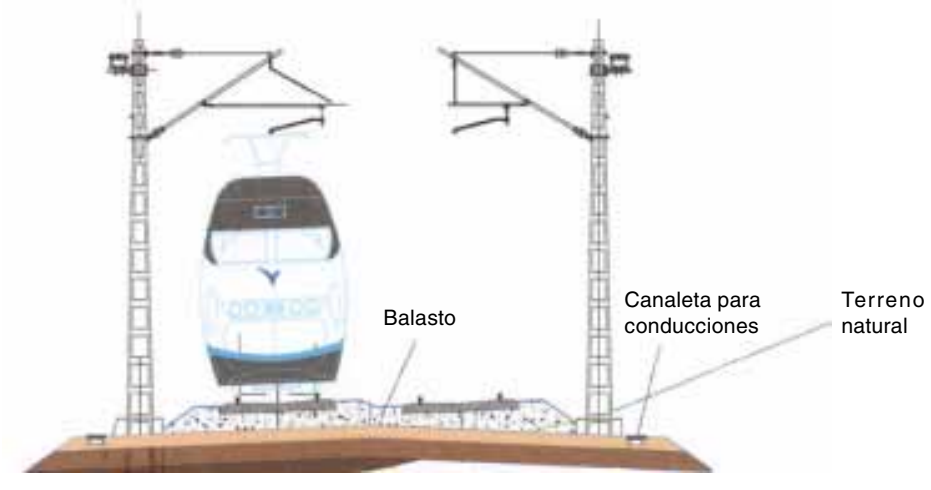


Figura 1. Sección de una plataforma ferroviaria

- Limpieza y depuración de balasto: Retirada mediante pala manual o retroexcavadora de pequeños volúmenes de balasto contaminado o en deficiente estado así como la retirada de material orgánico de la superficie del mismo.
- Despeje y desbroce: Limpieza con medios manuales o con la utilización de herramientas de corte de maleza y exceso de vegetación situada en la zona de afección del ferrocarril.
- Tratamientos químicos mediante la aplicación de productos fitosanitarios.
- Nivelación y alineación de la vía: Trabajos reposición geométrica de los parámetros de la vía (ancho de vía, peralte, nivelación, alineación) para garantizar la seguridad de las circulaciones en condiciones óptimas. Estos trabajos son realizados en su mayor parte mediante maquinaria pesada ferroviaria (bateadoras, etc.).
- Amolado y estabilizado: Operaciones de rebaje y corrección de defectos de carril mediante medios mecánicos (esmeriladora, tren de amolado, etc.) así como estabilización dinámica de la vía mediante trenes de estabilizado.
- Engrasado de aparatos de vía: Actividades manuales de reposición de lubricante a los diferentes aparatos mecánicos (desvíos, cruzamientos, etc.). Ver figura 2.
- Auscultación de la vía: Labores de inspección visual y métrica mediante aparatos de topografía con lectura continua con el objeto de comprobar la adecuación de los parámetros de calidad geométrica de la vía.



Figura 2. Actividad de engrasado de aparatos de vía

Operaciones de mantenimiento preventivo de la electrificación e instalaciones

La conservación preventiva de las instalaciones ferroviarias está dirigida al correcto funcionamiento de los dispositivos electro mecánicos que hacen posible el correcto funcionamiento de la semaforización, señalización, activación de desvíos, etc., es decir, de forma intrínseca el mantenimiento de estos elementos está directamente relacionado con la seguridad en las circulaciones. Asimismo, la alimentación eléctrica es el elemento fundamental para conseguir un correcto funcionamiento de los vehículos ferroviarios que utilizan la electricidad como fuente de energía.

Las actividades de mantenimiento preventivo pueden ser programadas para realizarse tanto de forma manual como mecánica. A continuación se describen algunas de estas operaciones de mantenimiento preventivo:

- Revisión de postes, señalización y semaforización: Operaciones de inspección visual y comprobaciones de funcionamiento, pruebas eléctricas, etc.
- Revisión de instalaciones de suministro eléctrico: Seccionadores, puestas a tierra, conductores y sub-estaciones.
- Inspección de elementos de catenaria: Hilo de contacto, Feeder, hilo de sustentación, etc.
- Comprobación de estado de los componentes, desajustes, desgastes, altura de hilo de contacto, etc. Ver figura 3.



Figura 3. Actividad de ajuste de elementos de compensación mecánica

2. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Los principales riesgos y factores de riesgo presentes en las actividades de mantenimiento preventivo ferroviario son las que se recogen a continuación.

Caídas al mismo nivel debidas a:

- Tránsito de operarios por el balasto, terraplenes, accesos a la vía, etc.
- Choques contra un carril, traviesa, etc.
- Resbalones derivados de la existencia de zonas húmedas al caminar sobre la superficie del carril, etc.
- Realización de trabajos nocturnos con iluminación deficiente.

Caídas a distinto nivel debidas a:

- Operaciones de ascenso o descenso a los postes de la catenaria, trabajos de revisión de señales, semáforos, etc., sin seguir las normas de seguridad correspondientes.
- Peldaños de las escalas sucios o mojados.
- Trabajos estando situado sobre la plataforma de camiones de transporte de materiales, ascenso y descenso a techos de vehículos ferroviarios, en la utilización inadecuada de escaleras de mano.
- Circulación por desniveles en taludes pronunciados, obras de fábrica, por viaductos ferroviarios sin protección, etc.
- Operaciones de acopio de material ferroviario estando situado el operario en altura.

Vuelco de la maquinaria debido a:

- Sobrecarga de la maquinaria, incorrecta distribución de carga, etc.

- Ubicación inadecuada o resistencia insuficiente de los apoyos de la maquinaria.
- Descarrilamiento de la máquina de carga.

Contactos eléctricos directos de la maquinaria y operarios con catenaria o elementos en tensión

El riesgo de contacto eléctrico con las instalaciones ferroviarias tiene su origen principalmente en las siguientes circunstancias:

a) La realización de operaciones de izado de materiales, la invasión de zonas de peligro eléctrico, etc., en proximidad en aquellas líneas de ferrocarril electrificadas en las que no ha sido realizado el corte del suministro eléctrico.
b) Los riesgos generados durante las operaciones de corte y reposición de la tensión en las instalaciones por deficiencias en la aplicación de los protocolos de actuación.
c) El propio suministro ferroviario con los siguientes elementos potencialmente peligrosos:
   - Líneas de transporte y alimentación a subestaciones.
   - Subestaciones y centros de transformación y sus feeders (alimentadores).
   - Líneas aéreas de contacto (catenaria), seccionadores, pararrayos, aisladores, etc.
   - Línea de guarda.
   - Líneas aéreas de señalización.
   - Líneas subterráneas.
   - Carriles.
   - Armarios.
   - Balizas.
   - Circuitos de vía.
   - Instalaciones con tensión en hastiales de túneles.

Atrapamientos, aplastamientos, golpes, cortes o abrasiones con materiales o producidos por maquinaria diversa debidos a:

- Giros incontrolados de cargas suspendidas.
- Rotura de los elementos de sustentación de la carga.
- Deficiente fijación de la carga.
- Manipulación incorrecta de herramientas manuales.
- En las operaciones de formación de grupos de máquinas (convoys) y maniobras.

Proyecciones de partículas debidas a:

- Utilización de herramientas de corte de carril, sin la debida protección individual.
- Partículas proyectadas en la manipulación de balasto, sin la debida protección individual.
- Paso de circulaciones susceptibles de proyectar partículas de origen diverso.

Sobreesfuerzos debidos a:

- Manipulación manual de cargas incorrecta o que requieran un elevado esfuerzo físico de forma continuada.
- Utilización incorrecta de herramientas manuales ferroviarias (palancas, barras volteadoras de carril, etc.).

Incendios y/o explosiones debidos a:

- Incendios de origen diverso.
- Manipulación incorrecta de productos combustibles o inflamables.
- Soldaduras de carril.

Exposición dérmica por contacto con traviesas de madera tratadas con creosota debido a:

Los hidrocarburos aromáticos existentes en su composición, como el benzeno (a) pireno.

Dermatitis alérgica o irritativa debida a:

- Contacto con fluidos de refrigeración o lubricación de la maquinaria y de las herramientas o por disolventes orgánicos.

Exposición a aerosoles y gases por vía inhalatoria debida a:

- Presencia de partículas suspendidas de polvo de sílice cristalina durante la manipulación, carga y descarga de balasto.
- Existencia de gases de combustión (CO, CO_2, SO_2, etc.) provenientes de los motores de la maquinaria en zonas con baja ventilación (túneles).

Exposición a vibraciones mano-brazo o cuerpo completo debida a:

- Utilizar herramientas manuales como clavadoras, tronzadoras, etc.
- Conducción de maquinaria de mantenimiento ferroviario.

Exposición a ruido debida a:

- Ruido generado por la maquinaria y vehículos de uso ferroviario así como por herramientas portátiles con niveles de exposición (nivel equivalente diario) por encima de 87 dB(A).
- Ruidos de impacto o impulso por golpes y detonaciones.

Arrollamiento por circulaciones y maquinaria ferroviaria

El riesgo de arrollamiento ferroviario tiene su origen en la existencia de circulaciones ferroviarias en las propias vías de trabajo o colindantes o en la presencia de maquinaria ferroviaria en las vías de trabajo.

3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN GENERALES

Las principales medidas de prevención y de protección específicas frente a los riesgos descritos referentes a las actividades de mantenimiento ferroviario son las que se indican a continuación,

Caídas al mismo nivel

- No se debe caminar por encima de los carriles.
- Los obstáculos o zonas con riesgos determinados han de estar señalizados o balizados.
- Los operarios deberán estar informados y formados sobre los riesgos correspondientes a la circulación por las superficies de las vías ferroviarias y zonas anexas.
- Los trabajos nocturnos serán realizados con suficiente iluminación.

Caídas a distinto nivel

- Se deben proteger las zonas con riesgo de caída de altura junto a obras de fábrica, viaductos metálicos, etc.
- La circulación por desniveles pronunciados se evitará en la medida de lo posible y en caso de necesidad se deberá prever la utilización de arneses asociados a líneas de vida.
- En caso de trabajar en las cercanías de un talud excesivamente inclinado se utilizarán arneses anticaídas asociados a una línea de vida, si no es posible la instalación de protecciones colectivas.
- El ascenso y descenso de máquinas se debe realizar de frente a las mismas utilizando los peldaños y asideros, evitando saltar desde la cabina.
- Se deben limpiar los peldaños de las escalas periódicamente.
- Los trabajos en altura serán realizados utilizando equipos de trabajo específicos tipo PEMP o desde plataformas de trabajo dotadas de sistemas de protección colectiva.
- La realización de trabajos verticales se deberá planificar y los operarios formados y equipados con los correspondientes equipos de protección individual complementados con la utilización de doble cuerda de seguridad y de trabajo con doble gancho unido al arnés, correcta longitud de la cuerda de sujeción del arnés, elección del elemento absorbedor de energía, empleo de casco con barbuquejo, etc.

Vuelco de la maquinaria

- Se debe seleccionar el equipo de elevación de cargas para cada circunstancia en función del tipo y peso de la carga a izar, elementos de apoyo y estabilización necesarios, características técnicas de la máquina, etc.
- La maquinaria adaptada para circular sobre la vía ha de estar perfectamente encarrilada durante los desplazamientos. Es necesario definir una zona de encarrilado para facilitar esta operación.
- Los elementos de encarrilado (diplory) han de ser revisados de forma periódica por personal competente.

Atrapamientos, golpes, cortes o abrasiones

- Se debe evitar el acopio de material sobre la vía del ferrocarril, debiendo utilizar preferentemente las zonas de borde lateral.
- Los trabajos en que sea necesaria la utilización de equipos de trabajo para la elevación de cargas, se deberán realizar con los operarios estrictamente necesarios evitando, en cualquier caso la presencia de otros operarios en la zona de carga y descarga.
- La maquinaria de manipulación de material deberá disponer de útiles específicos para la descarga de los diferentes materiales (carriles, traviesas, postes, etc.).
- Las herramientas manuales se deberán utilizar siguiendo las instrucciones del fabricante.

Sobreesfuerzos

- En caso de manipular objetos pesados, se deben utilizar equipos auxiliares de manutención de cargas o se repartirá el peso entre varios operarios de forma que no se transporten de forma individual objetos de peso superior a 25 kg.
- Es recomendable la realización de ejercicios de calentamiento muscular previamente al inicio de los trabajos, en especial en la zona lumbar y articulaciones de las extremidades inferiores.
- Planificar las zonas de accesos a la vía, ascenso, descenso y retirada de materiales, etc.
- La planificación de los trabajos debe realizarse de forma que se contemple la realización de rotaciones para trabajos con mayor esfuerzo físico para los trabajadores.
- Utilizar bandejas de transporte de material como medio de transporte auxiliar para desplazar las cargas a la zona de trabajos.

Incendios

- Se debe disponer de extintores adecuados contra incendios en la zona de trabajo.
- Los productos peligrosos y combustibles han de estar perfectamente identificados, etiquetados y en recipientes apropiados para su empleo.

Exposición a aerosoles y gases por vía inhalatoria

- Se debe regar el balasto previamente a operaciones de depuración o manipulación del mismo.
- Los trabajos de manipulación de balasto han de realizarse utilizando el correspondiente equipo de protección respiratoria adecuado.
- En caso de presencia de maquinaria ferroviaria en interior de túneles o zonas con baja ventilación será necesario disponer de ventiladores de aire para mejorar la calidad de la atmósfera en la zona de trabajo.

Contacto dérmico con agentes químicos

Para el control de este riesgo y, en función de los resultados de la evaluación de riesgos, se utilizarán los equipos de protección individual de protección dérmica que se enumeran en el epígrafe de Equipos de Protección Individual

4. MEDIDAS ESPECÍFICAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN FRENTE AL RIESGO DE ARROLLAMIENTO POR CIRCULACIONES Y MAQUINARIA FERROVIARIA

Distinguiremos dos situaciones: las circulaciones ferroviarias por las vías de trabajo o colindantes (figura 4) y la circulación de maquinaria ferroviaria por las vías de trabajo o vías colindantes (figura 5).

Circulaciones ferroviarias por las vías de trabajo o colindantes

- El organismo ferroviario ha de establecer cuales son los trabajos autorizados en función del tipo de circulaciones y decidir si es posible trabajar con presencia de circulaciones mediante un régimen de liberación temporal, o bien en caso de no ser compatibles las actividades con las circulaciones proceder al corte de circulación.
- El organismo ferroviario, en caso necesario deberá designar trabajadores cualificados (agentes ferroviarios, pilotos, etc.) para coordinar los trabajos respecto a la seguridad de las circulaciones y evitar el riesgo de arrollamiento.
- Los agentes serán los responsables de avisar de cualquier llegada de circulaciones, estando previamente informados de las mismas.



Figura 4. Riesgo de arrollamiento por circulaciones ferroviarias

- En caso necesario se limitará la velocidad de las circulaciones al paso por las zonas de trabajo y se colocarán señales de aviso sonoro al paso de trenes.
- Se deben establecer zonas de trabajo seguras (zonas de seguridad), considerando unas distancias mínimas de separación entre el carril de la vía en circulación y la zona de permanencia de los trabajadores, en función de la tipología de vías, circulaciones, velocidades, etc.

Circulación de maquinaria ferroviaria por las vías de trabajo o vías colindantes

- Establecer las oportunas medidas de coordinación para facilitar el movimiento de maquinaria por la zona de trabajo y delimitar las zonas de trabajo correctamente (señalización, limitación de velocidad, elementos de comunicación con los maquinistas, etc.).



Figura 5. Riesgo de arrollamiento por presencia de maquinaria ferroviaria

- Asignar trabajadores con formación preventiva y competencia adecuada para la vigilancia de las medidas preventivas establecidas contra el riesgo de arrollamiento.
- Disponer de operarios auxiliares para facilitar los movimientos de vehículos ferroviarios en condiciones especiales (retrocesos de trenes de trabajo, movimientos en zonas con baja visibilidad, maniobras, etc.).
- Cuando una máquina o tren de trabajos se dirija a una zona con presencia de trabajadores en vía lo hará a una velocidad tal que le permita detenerse antes de llegar a dicho punto.
- La maquinaria debe tener una iluminación suficiente en ambos sentidos de la marcha. Los trenes de trabajo han de disponer de foco de luz blanca en cabeza y de luz roja de cola.
- La organización del trabajo deberá ser tal que, en la medida de lo posible se minimice el movimiento de las máquinas.
- Los trabajadores que realicen operaciones en entornos ferroviarios han de estar informados sobre el tipo de circulaciones previstas y las medidas específicas establecidas frente al riesgo de arrollamiento.

5. MEDIDAS ESPECÍFICAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN FRENTE AL RIESGO DE CONTACTO ELÉCTRICO FERROVIARIO

Las principales medidas de prevención y protección en los trabajos ferroviarios en presencia de riesgo eléctrico se refieren a los trabajos sin tensión y a los trabajos en proximidad.

Trabajos sin tensión

- Solicitar el corte de la alimentación eléctrica de la instalación ferroviaria con objeto de eliminar el riesgo en origen.
  Para la desconexión eléctrica de la instalación será necesario aplicar las *cinco reglas de seguridad*: Ver figura 6.
- Antes del comienzo de las operaciones a realizar, será necesario designar a un trabajador cualificado responsable del corte de tensión siguiendo la siguiente secuencia de actuación:
  1º. Desconectar las fuentes de alimentación: Apertura de seccionadores e interruptores.
  2º. Prevenir cualquier posible realimentación: Establecer métodos de consigna (candados, llave, etc.).
  3º. Verificar la ausencia de tensión mediante pértigas de comprobación.
  4º. Poner a tierra y en cortocircuito la instalación.
  5º. Señalizar la zona afectada por los trabajos.

Hasta que no se hayan completado todos los pasos descritos anteriormente, no podrá autorizarse el inicio de los trabajos sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación afectada.

Se deberá disponer de un esquema eléctrico actualizado de la zona de trabajo antes del inicio del mismo.

Una vez comprobada la ausencia de tensión, se instalarán las puestas a tierra y puesta en cortocircuito de la línea a ambos lados del punto de trabajo y en cualquier otro punto de entrada de tensión.

Como medida preventiva de seguridad es obligatorio antes de cortar un tramo de carril, unir ambos extremos con un cable de sección variable en función del tipo de instalación.

La operación de puesta en tensión de la instalación se debe realizar de manera inversa a la realizada para la desconexión.

Trabajos en proximidad

Será necesario establecer distancias de seguridad a estos elementos en función de la tensión existente.

- Se considera Zona de Peligro aquel espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión.
- La maquinaria empleada en los trabajos de mantenimiento que pudiese llegar a alcanzar la zona de peligro de las instalaciones ferroviarias ha de disponer de limitadores de altura y/o giro.



Figura 6: Operaciones de desconexión eléctrica de una instalación ferroviaria.

- Los trabajos en proximidad a elementos en tensión han de estar supervisados por personal con formación preventiva y competencias adecuadas para la vigilancia de las medidas preventivas establecidas contra el riesgo de contacto eléctrico.
- El organismo ferroviario, en caso necesario deberá designar trabajadores cualificados (agentes de electrificación) para coordinar los trabajos y evitar el riesgo de electrocución.
- Los trabajadores que realicen operaciones en entornos ferroviarios electrificados han de estar informados sobre la presencia de tensión en la línea y las medidas preventivas específicas establecidas ante el riesgo de contacto eléctrico.

6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los equipos de protección individual necesarios para la realización de los distintos trabajos se deducirán de la evaluación de riesgos. Los EPI más importantes a utilizar son:

- Guantes de protección mecánica, térmica y frente a cortes.
- Guantes de protección química adecuados (Norma UNE EN 374-1:2004) a los agentes químicos utilizados (letras indicadoras de A a L) y con el tiempo de resistencia a la permeación necesario en cada caso (clases 1 a 6).
- Debido al tipo de trabajo es necesario que los guantes de protección química cumplan además con unos requisitos mínimos de resistencia a la abrasión, al corte, al rasgado y a la perforación.
- Equipos de protección respiratoria adecuados al agente químico en cuestión; por ejemplo mascarilla autofiltrante para partículas FFP3 o mascarilla con filtro para partículas P3, en el caso de exposición a sílice cristalina (manipulación de balasto)
- Protectores auditivos adecuados al tipo de ruido (espectro frecuencial) existente de acuerdo con el Real Decreto 286/2006 y la norma UNE EN 458. Se deben utilizar en las proximidades de maquinaria ferroviaria, trabajos con clavadoras, tronzadoras, etc.
- Calzado de seguridad. Botas con protección de plantilla y puntera así como protección del tobillo.
- Gafas de protección contra partículas y proyecciones.
- Arnés anticaídas para realizar trabajos en altura sobre postes, castilletes, plataformas de elevación, etc.
- Casco de protección para trabajos de izado de material, trabajos en presencia de maquinaria giratoria, etc.
- Ropa de abrigo y/o impermeable en función de las condiciones climáticas.
- Ropa de alta visibilidad.

Los principales equipos de protección individual específicos para trabajos con riesgo de contacto eléctrico ferroviario son:

- Guantes aislantes específicos para trabajos en tensión eléctrica.
- Calzado de seguridad aislante.
- Alfombra aislante o banqueta para operaciones en tensión (apertura de seccionadores, verificación de ausencia de tensión y puesta a tierra de la instalación).
- Pantalla de protección aislante en operaciones de manipulación de elementos de corte en subestaciones.
- Casco de protección dieléctrico.

NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

RD. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

RD. 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

RD. 1215/1997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

RD. 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.

RD. 614/2001, de 8 de junio, sobre las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

RD. 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

RD. 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Empresa colaboradora:

COMSA, S.A.U.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

959

La vigilancia de la salud en la normativa de prevención de riesgos laborales

Health surveillance in occupational health and safety regulations
La surveillance médicale dans la législation de prévention des risques professionels

Redactores:

Mª Dolores Solé Gómez
Especialista en Medicina del Trabajo

Montserrat Solórzano Fàbrega
Licenciada en Derecho

Tomás Piqué Ardanuy
Licenciado en Derecho

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

La vigilancia de la salud es uno de los instrumentos que utiliza la Medicina del trabajo para controlar y hacer el seguimiento de la repercusión de las condiciones de trabajo sobre la salud de la población trabajadora. Como tal es una técnica complementaria de las correspondientes a las disciplinas de Seguridad, Higiene y Ergonomía / Psicosociología, actuando, a diferencia de las anteriores y salvo excepciones, cuando ya se han producido alteraciones en el organismo. La vigilancia de la salud no tiene pues sentido como instrumento aislado de prevención: ha de integrarse en el plan de prevención global de 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. GENERALIDADES

La vigilancia de la salud consiste en la recogida sistemática y continua de datos acerca de un problema específico de salud; su análisis, interpretación y utilización en la planificación, implementación y evaluación de programas de salud. En el ámbito de la salud laboral, esta vigilancia se ejerce mediante la observación continuada de la distribución y tendencia de los fenómenos de interés que no son más que las condiciones de trabajo (factores de riesgo) y los efectos de los mismos sobre el trabajador (riesgos). El término "vigilancia de la salud" engloba una serie de técnicas con objetivos y metodologías distintas como por ejemplo las encuestas de salud, estudios de absentismo, de accidentes de trabajo o enfermedades profesionales y, naturalmente, reconocimientos médicos. Existen dos tipos de objetivos: los individuales y los colectivos. Los primeros están relacionados con la persona "vigilada" y los segundos con el grupo de trabajadores. Aunque en la práctica se les ha de conceder la misma importancia, la repercusión de cada uno de ellos en el terreno de la prevención es bien distinta.

Tres son los principales objetivos de la *vigilancia de la salud a nivel individual*: la detección precoz de las repercusiones de las condiciones de trabajo sobre la salud; la identificación de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos y finalmente la adaptación de la tarea al individuo.

En cuanto a los objetivos de la *vigilancia de la salud colectiva*, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el grupo de trabajadores permite valorar el estado de salud de la empresa, dando respuesta a las preguntas ¿quién presenta alteraciones? ¿en qué lugar de la empresa? y ¿cuándo aparecen o aparecieron? Ello hace posible *establecer las prioridades* de actuación en materia de prevención de riesgos en la empresa, motivar la revisión de las actuaciones preventivas en función de la aparición de daños en la población trabajadora y *evaluar la eficacia* del plan de prevención de riesgos laborales a través de la evolución del estado de salud del colectivo de trabajadores.

En resumen, la vigilancia de la salud nos ayuda a:

- Identificar los problemas: en sus dos dimensiones, la individual (detección precoz, gestión del caso, trabajadores susceptibles, adaptación de la tarea) y la colectiva (diagnóstico de situación y detección de nuevos riesgos)
- Planificar la acción preventiva: estableciendo las prioridades de actuación y las acciones a realizar.
- Evaluar las medidas preventivas: controlando las disfunciones o lo que es lo mismo sirviendo de alerta ante cualquier eclosión de lesiones pese a la existencia de unas condiciones de trabajo en principio correctas y evaluando la eficacia del plan de prevención favoreciendo el uso de los métodos de actuación más eficaces.

Aspectos generales de la vigilancia de la salud

La vigilancia de la salud no tiene sentido como instrumento aislado de prevención. Ha de integrarse en el plan de prevención global, recibiendo información y facilitándola a su vez a los otros programas que constituyen dicho plan (seguridad, higiene, ergonomía, psicosociología aplicada). En la elaboración de un programa de vigilancia de la salud se deben tener en cuenta las siguientes fases:

a. *Determinación de objetivos*: tanto los individuales como los colectivos en función de la evaluación de riesgos y del estado de salud de los trabajadores según los indicadores disponibles o recogidos a tal efecto.
b. *Determinación de actividades*: siempre en relación a los objetivos y a los mínimos legales exigidos, deberemos decidir el contenido de la vigilancia de la salud que dependerá naturalmente de las características tanto de la exposición como de la alteración derivada de la

misma, así como de las características de la población y de los recursos humanos, técnicos y económicos.
c. *Realización*: siempre por personal sanitario cualificado [Art. 22.6 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y 37.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP)]
d. *Elaboración de conclusiones y recomendaciones* ateniéndonos a lo consignado en la LPRL (Art. 22.4 y 23) y en el RSP (Art.15.2) en lo concerniente a confidencialidad y documentación.
e. *Evaluación de la actividad* en relación a la cumplimentación de objetivos, al contenido de la vigilancia y a los recursos utilizados. Es decir se deben evaluar tanto el proceso como el impacto y los resultados de la acción preventiva.

2. LEGISLACIÓN BÁSICA APLICABLE A LA VIGILANCIA DE LA SALUD A 1 DE ABRIL DE 2012

Normativa general

Ley 31/1995 *de 8.11, de Prevención de Riesgos Laborales* (Jef. Estado, BOE 10.11.1995), modificada por diversas disposiciones.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal más importante en Salud laboral. Regula la actuación de los empresarios, de los trabajadores, de los Servicios de Prevención y de la Administración Pública.

La vigilancia de la salud aparece principalmente en los artículos 14.2 y 22 en los que se especifica la obligación del empresario de garantizar la vigilancia de la salud de los trabajadores y las características de la misma; y en el artículo 28.3, en el que se marca la obligación de vigilancia periódica de salud a los trabajadores con contrato temporal y los puestos a disposición por las empresas de trabajo temporal (Para éste colectivo específico se publicó el Real Decreto 216/1999 de 5.2 (M. Trab. y As. Soc., BOE 24.2.1999), por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal. La vigilancia de la salud se recoge en los artículos: 2.2. letra c), 3.4 y 5.3).

Real Decreto 39/1997 de 17.1, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (M. Trab. y Asun. Soc., BOE 31.1.1997) modificado por diversas disposiciones, destacamos el Real Decreto 298/2009, de 6.3 (M. Presid., BOE 7.3.2009) en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia. *Modifica el párrafo b) del art. 4.1 del R.D. 39/1997; y añade Anexos VII y VIII (Transposición de los Anexos I y II de la Directiva 92/85/CEE) y el* Real Decreto 843/2011, de 17.6 (M. Presid., BOE 4.7.2011), por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar actividad sanitaria de los servicios de prevención.

El Reglamento de los Servicios de Prevención regula principalmente la organización de la prevención en la empresa. Trata además, entre otros, temas como la acreditación de los citados servicios de prevención y su colaboración con el Sistema Nacional de Salud y la cualificación necesaria de los Técnicos de Prevención según niveles. La vigilancia de la salud y más concretamente los reconocimientos médicos se especifican en el artículo 37, apartado 3.

Orden de 12.1.1963 relativa a las normas reglamentarias médicas para reconocimientos diagnóstico y calificación de las enfermedades profesionales (M. Trab., BOE 13.3.1963) completada por la Orden de 15.12.1965 (M. Trab., BOE 17.1.1966). Estas normativas regulan las pautas a seguir en los reconocimientos previos y periódicos ante riesgos de enfermedad profesional. Así mismo, marcan las pautas para el diagnóstico y calificación de las enfermedades profesionales (EEPP).

Real Decreto 1299/2006 de 10.11 (M. Trab. y As. Soc., BOE 19.12.2006), por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. Desarrollado por la Orden TAS/1/2007 de 2.1. (M. Trab. y As. Soc., BOE 4.1.2007), que establece el modelo de parte de enfermedad profesional, se dictan normas para su elaboración y transmisión y se crea el correspondiente fichero de datos personales.

La Ley 14/1986 de 25.4 (Jef. Est., BOE 29.4.1986), Ley General de Sanidad, esta actualmente modificada y desarrollada por diversas disposiciones y derogada parcialmente por la Ley 33/2011, de 4.10 (Jef. Est., BOE 5.10.2011) (que deroga el apartado 1º del art. 19 y los arts. 21 y 22). En el art. 33 de la misma se considera como parte de la actuación sanitaria en salud laboral la vigilancia de la salud de los trabajadores para detectar precozmente e individualizar los factores de riesgo y deterioro que puedan afectar la salud de los mismos.

Real Decreto Legislativo 1/1994 de 20.6, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social (M. Trab. y S.S., BOE 29.6.1994). En dicha normativa, se establece en los artículos 196 y 197 la obligación del empresario de practicar reconocimientos médicos a los trabajadores que vayan a cubrir puestos de trabajo con riesgo de EEPP.

Real Decreto Legislativo 1/1995 de 24.3, por el que se aprueba el texto refundido de la ley del Estatuto de los Trabajadores (M. Trab. y S.S., BOE 29.3.1995). El artículo 36.4 establece la obligación del empresario de garantizar la evaluación de la salud previa y periódica de los trabajadores nocturnos.

Normativa específica

En esta relación no exhaustiva de disposiciones se regula la práctica de la vigilancia de la salud según riesgos específicos, consignándose en alguna de ellas el contenido, la interpretación de resultados, la periodicidad y la obligación documental. El orden de las mismas es cronológico.

Orden de 20.1.1956 relativa al reglamento de higiene y seguridad en los trabajos realizados en los cajones de aire comprimido (M. Trab., BOE 2.2.1956). Derogada en parte, en aquello en que se opusiese, por la Orden de 9.3.1971 (M. Trab., BBOOE 16 y 17.3., rect. 6.4.1971), Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo, a su vez prácticamente derogada.

Decreto 2055/1969 de 25.9, (Presid., BBOOE 27.9., rect. 16.10.1969). Regulación del ejercicio de las actividades subacuáticas. Completado por la Orden de 25.4.1973 (Presid., BOE 20.7.1973) y derogado parcialmente por el Real Decreto 932/2010, de 23.7 (M. Educ., BOE 31.8.2010).Establece el título de Técnico Deportivo en

buceo deportivo con escafandra autónoma y se fijan sus enseñanzas mínimas y los requisitos de acceso.

Real Decreto 3255/1983 de 21.12. por el que se aprueba el Estatuto del Minero (M. Trab. y S.S., BB.OOE 4.1, rectificado el 24.1 y 4.2.1984). Art. 28.

Orden de 13.9.1985, por la que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias de los capítulos III y IV del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (M. Ind. y E., BBOOE 18.9, rectificado el 23.11.1985). La ITC 04.8.01, en su punto 5 consigna las medidas de prevención médica.

Respecto a ésta ITC informar que la Orden ITC/933/2011**,** 5.4 aprueba la ITC 2.0.03 que sustituye a la anterior ITC 04.8.01 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, según se explica en su exposición de motivos: "*...para mejorar la prevención de las enfermedades causadas por el polvo en la minería de las sales sódicas y potásicas y la adapta al progreso técnico, marcado por la nueva definición de «polvo respirable», tal como actualmente se establece en la norma EN481, en sustitución del anterior concepto definido en la Conferencia de Johannesburgo, en el año 1959. Todo ello sin perjuicio de que la mencionada ITC 04.8.01 continúe en vigor para regular la protección contra el polvo de los trabajadores de la minería subterránea del carbón*".

Real Decreto 2283/1985 de 4.12, por el que se regula la emisión de informes de aptitud psicofísica para la obtención y renovación de licencias, permisos y tarjetas de armas (M. Int., BBOOE 10.12.1985, rectificado 21.1.1986), modificado por la Orden de 28.5.1986 (M. Int., BOE 10.6.1986). Anexo I del R.D. 2283/1985, enfermedades o defectos que serán causa de denegación de licencias, permisos y tarjetas de armas. Modificado en relación a cambios de tarifa, Autoridades responsables, etc...

Real Decreto 413/1997 de 21.3., sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada (M. Presid., BOE 16.4.1997). Está desarrollado por la Resolución de 16.7.1997 (Con. Seg. Nuclear, BOE 4.10.1997); y aplicado por la Resolución de 20.3.2000 (Con. Seg. Nuclear, BOE 31.3.2000), la Instrucción IS-01 de 31.5.2001 (Con. Seg. Nuclear, BBOOE 6.8.2001, rect. 18.1.2002), la Instrucción IS-06 de 9.4.2003 (Con. Seg. Nuclear, BOE 3.6.2003) y la Resolución de 20.3.2000 (Cons. Seg. Nuclear., BOE 31.3.2000), por la que se procede a dar de baja de oficio a las empresas de trabajo temporal incluidas dentro del Registro de Empresas Externas.

Real Decreto 487/1997 de 14.4, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores (M. Trab. y Asun. Soc., BOE 23.4.1997)

Real Decreto 488/1997 de 14.4, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización (M. Trab. y Asun. Soc., BOE 23.4.1997)

Real Decreto 664/1997 de 12.5, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (M. Presid., BOE 24.5.1997) modificado por la Orden de 25.3.1998 (M. Trab. y Asun. Soc., BBOOE rectificado el 15.4.1998). *Art. 8*.

Real Decreto 665/1997 de 12.5, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos en el trabajo (M. Presid., BOE 24.5.1997). Modificado por el Real Decreto 1124/2000 de 16.6. (M. Presid., BOE 17.6.2000) y el Real Decreto 349/2003 de 21.3. (M. Presid., BOE 5.4.2003).

Real Decreto 1389/1997 de 18.7, por la que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras (M. Ind. y E., BOE 7.10.1997). *Art. 8.*

Orden de 14.10.1997 por la que se aprueban las normas de seguridad para el ejercicio de actividades subacuáticas (M. Fom., BOE 22.11.1997). Está modificado por la Orden de 20.1.1999 (Dir. Gral. Marina Merc., BOE 18.2.1999) y la Orden 20.7.2000 (Dir. Gral. Marina Merc., BOE 7.8.2000).

Real Decreto 374/2001 de 6.4 (M. Presid., BBOOE 1.5, rect. 30.5. y 22.6.2001), sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. *Art.6*.

Real Decreto 783/2001 de 6.7 (M. Presid., BOE 26.7.2001), por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. *Capítulo IV.*
Ha sido aplicado por la Instrucción IS-04 de 5.2.2003 (Con. Seg. Nuclear, BOE 28.2.2003) y la Instrucción IS-08 de 27.7.2005 (Con. Seg. Nuclear, BOE 5.10.2005); complementado por el Real Decreto 229/2006, de 6.7 (M. Presid., BOE 28.2.2006) y la Instrucción IS-16 de 23.1.2008 (Cons. Seg. Nuclear, BOE 12.2.2008). *Arts. 38 y 44; y* modificado por el Real Decreto 1439/2010, de 5.11 (M. Presid., BOE 18.11.2010). *Arts. 24, 62 y 63.*

Real Decreto 1311/2005 de 4.11 (M. Trab. y As. Soc., BOE 5.11.2005). Protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. *Art. 8.*

Real Decreto 286/2006 de 10.3 (M. Presid., BBOOE 11.3., rect. 14.3 y 24.3.2006), sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. *Art. 11.*

Real Decreto 396/2006 de 31.3 (M. Presid., BOE 11.4.2006), por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. *Art. 16.*

Ley Orgánica 11/2007 de 22.10, reguladora de los derechos y deberes de los miembros de la Guardia Civil (Jef Est., BOE 23.10.2007). *Art.31.*

Real Decreto 1696/2007 de 14.12 (M. Trab. y As. Soc., BOE 31.12.2007). Por el que se regulan los reconocimientos médicos de embarque marítimo. *Art. 6.2 y Anexo I.*

Real Decreto 1755/2007 de 28.12 (M. Defensa., BOE 18.1.2008), de prevención de riesgos laborales del personal militar de las Fuerzas Armadas y de la organización de los servicios de prevención del Ministerio de Defensa. Y sus modificaciones. *Art. 4 e), art. 14 y 17.*

Real Decreto 295/2009 de 6.3 (M. Trab. e Inm., BOE 21.3.2009). Por el que se regulan las prestaciones económicas del sistema de la Seguridad Social por maternidad, paternidad, riesgo durante el embarazo y riesgo durante la lactancia natural.

Real Decreto 818/2009 de 8.5 (M. Int., BOE 8.6.2009). Reglamento general de conductores. *Arts. 43 y 46.*

Real Decreto 486/2010 de 23.4 (M. Trab. e Inm., BB.OO.E 24.4; rect. 6.5.2010). Sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. *Art. 6.4 g), art. 8 e) y art. 10.*

Ley Orgánica 9/2011, de 27.7 (Jef. Est., BOE 28.7.2011). De derechos y deberes de los miembros de las Fuerzas Armadas. *Art. 27.*

3. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VIGILANCIA DE LA SALUD EN LA NORMATIVA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Los artículos 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP) dentro del marco genérico de la garantía de seguridad que corresponde al empresario, se ocupan de regular el conjunto de características que debe reunir la vigilancia de la salud para conseguir que sea eficaz y se realice con las máximas garantías para el trabajador. Las principales características son:

a. *Garantizada por el empresario*: el empresario garantizará a sus trabajadores la vigilancia periódica de su salud, restringiendo el alcance de la misma a los riesgos inherentes al trabajo. La LPRL configura la vigilancia de la salud como un derecho del trabajador y como una obligación del empresario que debe reiterarse a lo largo del tiempo y acondicionarse teniendo en cuenta los datos sobre riesgos de la empresa.
b. *Específica*: esa vigilancia se realizará en función del o de los riesgos a los que está sometido el trabajador en el lugar de trabajo y tendrá en cuenta las particularidades del trabajador o de la trabajadora. Una consecuencia obvia de esta característica es la imposibilidad de establecer un protocolo de vigilancia médica sin conocer los resultados de la evaluación de riesgos. Por otro lado la vigilancia médica ha de ser proporcional. Esta proporcionalidad va unida al respeto de la dignidad de la persona y de su intimidad, lo que incluye también que las pruebas se ajusten al fin perseguido (es decir a la detección precoz de los posibles daños de origen laboral y a la protección de los especialmente sensibles).
c. *Voluntariedad condicionada*: La LPRL configura la vigilancia de la salud como un derecho del trabajador y una obligación del empresario, enunciando como regla general la voluntariedad de la misma. Ese carácter voluntario se transforma en una obligación del trabajador en las siguientes circunstancias:
   - La existencia de una disposición legal con relación a la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad. Varias son las disposiciones legales en las que se establece la obligatoriedad de la vigilancia de la salud. Por un lado, el artículo 196 de la Ley General de la Seguridad Social obliga al empresario a realizar reconocimientos previos y periódicos a los trabajadores que ocupen un puesto de trabajo en el que exista un riesgo de enfermedad profesional. Por otro, toda aquella legislación específica que así lo indique como por ejemplo la relativa a la exposición al ruido, a ciertos agentes químicos y a las radiaciones ionizantes, entre otras.
   - Que los reconocimientos sean indispensables para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores. La indispensabilidad de la vigilancia vendrá delimitada por el riesgo y por la inevitabilidad de la medida por no existir otro procedimiento para conseguir información sobre la magnitud del riesgo y su grado de incidencia en la salud del trabajador.
   - Que el estado de salud del trabajador pueda constituir un peligro para el mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa. En este supuesto la vigilancia de la salud se utiliza como medio para hacer efectivo el antiguo principio de adecuación del trabajador al trabajo que se reformula en el artículo 25.1 de la LPRL. Esta excepción requiere la existencia de un peligro real para el trabajador o para terceros que pueda ser evitado con dicho reconocimiento y que, en el caso de riesgo para terceros, es de tal gravedad que se sitúa por encima del derecho individual.

En los dos últimos supuestos se requiere de un informe previo de los representantes de los trabajadores. Por otro lado, la voluntariedad o no de la vigilancia debería determinarse durante la evaluación de riesgos y consignarse en el plan de prevención de riesgos laborales en forma de listado consignando las consecuencias de la negativa por parte del trabajador.

La voluntariedad de la vigilancia médica supone también la obligatoriedad de informar y obtener el consentimiento del trabajador para someterse a la vigilancia de la salud contemplada en el artículo 22 de la LPRL, salvo que esté comprendida entre las excepciones del apartado 1 del mencionado artículo. En cualquier caso, ese consentimiento debe ser previo e informado, libre y sin coacciones internas o externas y recognoscible y revocable. Por ello es necesario informar sobre el contenido y el alcance de la vigilancia en relación con los riesgos específicos del puesto de trabajo, especificando a qué tipo de pruebas se va a someter y para qué; recabar el consentimiento concreto e individual para cada una de las pruebas que conforman la vigilancia de la salud y deben existir datos que permitan afirmar su existencia. No es necesario obligar al trabajador a firmar la negativa a realizar el examen médico ya que puede considerarse una coacción de la libertad y crear suspicacias en cuanto al uso posterior del consentimiento: por ejemplo relevo de responsabilidades por parte del empresario o renuncia a derechos legales por parte del trabajador. Sí es aconsejable pedir la firma o acuse de recibo del ofrecimiento de la vigilancia de la salud.

d. Confidencialidad: la información médica derivada de la vigilancia de la salud de cada trabajador estará disponible para el propio trabajador, los servicios médicos responsables de su salud y la autoridad sanitaria. Ningún empresario podrá tener conocimiento del contenido concreto de las pruebas médicas o de su resultado sin el consentimiento expreso y fehaciente del trabajador. Al empresario y a las otras personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención se les deberán facilitar las conclusiones de dicho reconocimiento en los términos de *aptitud* o adecuación

del trabajador a su puesto de trabajo o función; y de *necesidad,* en lo relativo a la introducción o mejora de las medidas de protección o de prevención. En cuanto a la cesión de datos a terceros, ésta se realizará conforme a lo dispuesto en el artículo 10 del Real Decreto 843/2011.

e. *Duración*: la vigilancia de la salud se prolongará más allá de la finalización de la relación laboral en aquellos casos en los que los efectos sobre los trabajadores así lo aconsejen; en general, cuando los efectos tengan un periodo de latencia largo o puedan aparecer una vez extinguida la relación contractual.
f. *Contenido*: la ley no especifica ni define las medidas o instrumentos de vigilancia de la salud, pero sí establece una preferencia para aquellas que causen las menores molestias al trabajador, encomendando a la Administración Sanitaria el establecimiento de las pautas y protocolos de actuación en esta materia. Este encargo se concreta en el Reglamento de los Servicios de Prevención que dispone que sean el Ministerio de Sanidad y las Comunidades Autónomas las que establezcan, oídas las sociedades científicas competentes, la periodicidad y contenido de la vigilancia de la salud específica. El contenido de las evaluaciones médicas individuales incluirá, como mínimo, una historia clínico-laboral, donde además de los datos de anamnesis, exploración física, control biológico y exámenes complementarios, se hará constar una descripción detallada del puesto de trabajo, del tiempo de permanencia en el mismo, de los riesgos detectados y de las medidas de prevención adoptadas.
g. *Documentación*: los resultados de los controles del estado de salud de los trabajadores deberán estar documentados, así como las conclusiones de los mismos (art. 23.1 de la LPRL). Este concepto se desarrolla en un apartado posterior.
h. *Gratuidad*: el coste económico de cualquier medida relativa a la seguridad y salud en el trabajo, y por tanto el derivado de la vigilancia de la salud, no deberá recaer sobre el trabajador (art. 14.5 de la LPRL). Una consecuencia de lo anterior es la realización de los reconocimientos médicos dentro de la jornada laboral o el descuento del tiempo invertido de la misma.
i. *Periodicidad:* las principales categorías se encuentran en el RSP, apareciendo también categorías especiales en cierta normativa específica. En resumen. Los diferentes tipos de vigilancia médica en función de su frecuencia son:
   - *Inicial:* después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud.
   - *Periódica:* por trabajar con determinados productos o en determinadas condiciones reguladas por una legislación específica que así lo exija o según riesgos determinados por la evaluación de riesgos, incluidas las características personales.
   - *Tras una ausencia prolongada por enfermedad*: no está definido en la legislación el periodo de tiempo que debería considerarse como "ausencia prolongada". Queda pues a criterio médico considerar el periodo más adecuado en función de su origen laboral o no, de las alteraciones presentadas, de las características personales y del puesto de trabajo en cuestión.
   - *Previa a la exposición*: esta figura aparece en ciertas normas específicas (como la de agentes biológicos, cancerígenos o pantallas) y sigue totalmente vigente para la vigilancia de la salud en el ámbito de las enfermedades profesionales y para la evaluación de la salud de los trabajadores nocturnos.
   - *Post-ocupacional*: cuando el efecto del factor de riesgo laboral tiene un largo periodo de latencia.
   - *Por detección de daño en un trabajador*: en este caso se deberá proponer la revisión de la evaluación de riesgos y proceder a la vigilancia médica de los trabajadores que pertenezcan al mismo grupo de riesgo.

Los reconocimientos previos a la contratación no están incluidos en el concepto de vigilancia de la salud preconizado por la normativa vigente en prevención de riesgos laborales siendo uno de los principios fundamentales de la misma el de adaptación del puesto de trabajo a la persona y no al contrario (salvo peligro para él mismo o para terceros). No es función de la unidad de medicina del trabajo del servicio de prevención el realizar este tipo de exámenes.

4. LA PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES Y LA VIGILANCIA DE LA SALUD

La protección de la salud de los trabajadores especialmente sensibles se encuentra recogida en los artículos 25, 26 y 27 de la LPRL. En los mismos, no existe una definición clara de lo que se considera "trabajador especialmente sensible". Desde el punto de vista técnico se debería considerar especialmente sensible a cualquier trabajador que, con independencia de su pertenencia a un colectivo determinado (por sexo, estado de salud, edad, tipo de contrato, etc.) presenta unas características personales de tipo físico, mental o sensorial que le hacen especialmente vulnerable a los factores de riesgo laboral o cuyos riesgos propios pueden verse agravados por el desempeño de su trabajo. La vigilancia de la salud de los especialmente sensibles tiene dos objetivos concretos: la identificación de los mismos y el estudio de la compatibilidad del puesto de trabajo con las características individuales. El objetivo final es naturalmente la aplicación de las medidas preventivas pertinentes, entre las cuales la adaptación del puesto de trabajo a las capacidades del mismo.

En estos casos, la vigilancia de la salud se configura como el instrumento indispensable que permite considerar singularmente al trabajador y detectar aquellas características personales o estado biológico conocido que pueda suponerle una especial vulnerabilidad a los factores de riesgo existentes en su puesto de trabajo futuro o actual. El conocimiento o detección de una condición física, mental o sensorial en un trabajador o trabajadora por parte de la unidad de medicina del trabajo requerirá de una evaluación de riesgos adicional, ajustada a dicha especial sensibilidad, tanto objetiva como subjetiva para determinar si es necesaria (o no) la tutela reforzada. En cualquier caso, es conveniente disponer de un listado de condiciones o características individuales que pueden suponer una especial sensibilidad para todos y cada uno de los riesgos detectados en la evaluación de riesgos de la empresa. Es importante resaltar que el mero hecho de tener reconocida una discapacidad no presupone que el trabajador sea especialmente sensible a los factores de riesgo presentes en su puesto de trabajo actual, ni que requiera de unas restricciones o adaptaciones determinadas en su puesto de trabajo. Otra situación sería la necesaria adaptación del puesto de trabajo por problemas de accesibilidad al mismo, que no de especial vulnerabilidad.

5. OBLIGACIONES DOCUMENTALES Y DE NOTIFICACIÓN

En este apartado se consignarán tan sólo las obligaciones documentales y de notificación relativas a la vigilancia de la salud que se señalan en la LPRL, remitiendo al lector a la normativa específica para documentarse sobre las obligaciones documentales particulares de los riesgos específicos. Dichas obligaciones y sus contenidos relativos a la vigilancia de la salud tienen como objetivos básicos los de posibilitar las labores de inspección por parte de la autoridad sanitaria, disponer de información fiable para el desarrollo de las actividades de prevención de riesgos laborales por parte de los servicios de prevención, facilitar el establecimiento de prioridades en salud laboral a todos los niveles tanto nacionales como internacional y facilitar el estudio de la posible relación causa-efecto derivada de la exposición a condiciones de trabajo inadecuadas.

Los resultados de los controles del estado de salud de los trabajadores deberán estar documentados, así como las conclusiones de los mismos (Art. 23.1 de la LPRL). El deber de registro y archivo establecido en el artículo 23 de la LPRL se refiere a los datos resultantes de la vigilancia de la salud. Esos datos se componen de dos partes bien diferenciadas:

- La información acerca del hecho de la *práctica de los controles médicos* (es decir, tipo de pruebas practicadas, periodicidad, trabajadores a los que se les ha realizado, técnicas utilizadas, personal que los ha llevado a cabo, sin vulnerar los límites previstos en el artículo 22.4 de la LPRL); y las conclusiones en términos de aptitud y la necesidad de medidas protección y prevención. Esta información deberá ser conservada por el empresario en tanto la empresa sea de su titularidad y, si no, cedérsela al nuevo titular o a la autoridad laboral en el caso de que continúe o se produzca el cese de la empresa respectivamente.
- La *información médica de carácter personal* sujeta a la Ley 15/1999 de Protección de datos. El acceso a dichos datos se circunscribe, salvo consentimiento expreso del trabajador, al personal médico que lleve a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores y a las autoridades sanitarias. El servicio de prevención que ha elaborado dicha historia clínica deberá conservar la misma (Art. 17 de la Ley 41/2002 y Art. 12 de la Ley 21/2000) sin perjuicio de la posible transmisión de una copia a otro servicio de prevención que se hiciera cargo de la vigilancia de la salud de los trabajadores. Teniendo en cuenta que el objetivo de dicha cesión o comunicación de datos reside en facilitar el seguimiento de la salud de los trabajadores asegurando su continuidad y armonía, los datos a traspasar se limitarán a los que sean de interés para el seguimiento desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales conforme al artículo 10 del Real Decreto 843/2011.

Otras obligaciones de documentación y notificación relacionadas tanto con el artículo 23 de la LPRL como con el artículo 37 del RSP por el cual los profesionales sanitarios deben analizar con criterios epidemiológicos la información generada por las acciones de la vigilancia de la salud la unidad de medicina del trabajo y el Real Decreto 1299/2006, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales, son:

- La elaboración de informes colectivos de salud como resultado del análisis de los datos recogidos durante la vigilancia médica individual. Estos informes colectivos de salud deberán hacer una descripción de la situación actual y comparar con informes anteriores.
- El registro de todas aquellas enfermedades profesionales y accidentes de trabajo que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo, incluidas las enfermedades relacionadas con el trabajo.
- La comunicación de enfermedades que podrían ser calificadas como profesionales.

La documentación correspondiente a la práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores no tiene, en la LPRL, un plazo específico en lo relativo a su conservación. La lectura del Art.23 de la citada Ley indicaría que, tanto la práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores y conclusiones obtenidas de los mismos como la relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo, deberían conservarse en tanto no cese la actividad de la empresa y ser remitidos a la autoridad laboral en el momento de cesación. En lo relativo al tiempo de conservación de la documentación clínica individual, ésta debería establecerse en función del motivo para el que fue recabada. En el caso de los resultados de los reconocimientos médicos con motivo de la exposición a riesgos laborales específicos los motivos son principalmente: detección precoz; especial susceptibilidad y testimonio documental a efectos judiciales. En virtud del artículo 17 de la Ley *41/2002* de 14.11 se podría establecer como mínimo un plazo de “cinco años contados desde la fecha del alta de cada proceso asistencial”, que en el caso de los expedientes de Medicina del Trabajo correspondería a la última revisión realizada por el servicio de prevención, siempre y cuando no exista normativa específica que incluya un plazo mínimo. A modo de ejemplo, en el caso de los *cancerígenos*, el empresario deberá conservar los historiales médicos relacionados con la vigilancia médica individual durante 40 años después de terminada la exposición, remitiéndose a la Autoridad Laboral en caso de que la empresa cese en su actividad antes de dicho plazo. Ciertos protocolos de vigilancia médica específica recomiendan también unos plazos de conservación. A modo de ejemplo, el de *Gases anestésicos* en el que se especifica que la documentación clínica correspondiente a los trabajadores expuestos a Agentes Anestésicos Inhalatorios se conservará durante al menos diez años tras la última exposición a dichos agentes.

6. RESPONSABILIDADES

La no cumplimentación de la normativa en materia de vigilancia de la salud puede derivar en las siguientes responsabilidades, infracciones y sanciones en base a distintas disposiciones legales.

Ley de prevención de riesgos laborales

La LPRL regulaba las responsabilidades en los arts 47 y 48. Dichos artículos se encuentran actualmente derogados por el Real Decreto legislativo 5/2000 de 4.8. (M. Trab. y As. Soc., BBOOE 8.8., rect. 22.9.2000), por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden Social, que recoge la temática de las responsabilidades en sus artículos 11, 12 y 13.

Tienen carácter de *infracciones administrativas graves* la adscripción de los trabajadores a puestos de trabajo

cuyas condiciones fuesen incompatibles con sus características personales; la adscripción a puestos de trabajo de los trabajadores que se encuentren manifiestamente en estados o situaciones transitorias que no respondan a las exigencias psicofísicas de los respectivos puestos de trabajo; la no realización de los reconocimientos médicos y pruebas de vigilancia periódica de la salud, de acuerdo con la normativa; no comunicar a los trabajadores afectados los resultados de los mismos; no registrar y archivar los datos obtenidos de las evaluaciones, controles, reconocimientos, investigaciones o informes a que se refieren los artículos 22 y 23; y no llevar a cabo una investigación en caso de producirse daño para la salud de los trabajadores, o de tener indicios de que las medidas preventivas son insuficientes.

Se consideran *infracciones administrativas muy graves* el incumplimiento del deber de confidencialidad sobre los datos de la salud, en los términos del artículo 22.4.

Es asimismo infracción muy grave la adscripción de trabajadores a puestos de trabajo cuyas condiciones fuesen incompatibles con sus características personales conocidas cuando de ello se derive un riesgo grave e inminente, así como, en dichas circunstancias, la adscripción a puestos de trabajo de los trabajadores que se encuentren manifiestamente en estados o situaciones transitorias que no respondan a las exigencias psicofísicas de los respectivos puestos de trabajo.

Ley General de la Seguridad Social (art. 197)

La empresa es responsable directa de todas las prestaciones que por enfermedad profesional pudieran derivarse de la no realización de reconocimientos médicos.

BIBLIOGRAFÍA

FOMENT DEL TREBALL NACIONAL.
Claves para integrar la vigilancia de la salud en las empresas.
Barcelona. Foment del treball. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas
Madrid: INSHT, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización
Madrid: INSHT, 1998.

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.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición durante el trabajo a agentes cancerígenos o mutágenos.
Madrid: INSHT, 2005

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los buques de pesca.
Madrid: INSHT, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos.
Madrid: INSHT, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.
Madrid: INSHT, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas.
Madrid: INSHT, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Guía técnica para la evaluación y prevención de la exposición a amianto durante el trabajo.
Madrid: INSHT, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad en el trabajo.
Madrid. INSHT.2011.

LUQUE, M.
Estudio jurídico en materia de vigilancia de la salud de los trabajadores
Barcelona. UGT-FPRL. 2010

SOLÉ, MD
Embarazo, lactancia y trabajo: Vigilancia de la salud.
Notas Técnicas de Prevención. Serie 26, nº 915. Madrid: INSHT, 2011.

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4

INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Notas Técnicas de Prevención

960

Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización

Noise: exposure control (I). Programme of technical or organisational measures
Bruit: contrôle de l'exposition (I). Programme de mesures techniques ou organisationnelles

Redactora:

Cristina Vega Giménez
Licenciada en Ciencias Ambientales

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

El artículo 4.2 del 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, obliga a elaborar un programa de medidas técnicas o de organización para reducir la exposición al ruido cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción. En esta NTP se describen las fases que debería incluir ese programa y se dan una serie de pautas para facilitar la aplicación de cada una de ellas.

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

Existe en nuestro entorno la idea, firmemente asentada, de que la tarea de reducir el nivel de ruido en los puestos de trabajo es siempre difícil, cuando no imposible, y se justifica el uso de protectores auditivos individuales como única solución, sin necesidad de demostración objetiva alguna, dando por hecho que aquella sentencia es siempre cierta. Aunque las técnicas operativas de reducción de ruido llevan consigo una complejidad técnica que, a menudo, contrasta con el resultado que se obtiene, muchos de los factores que incrementan la exposición laboral a ruido pueden corregirse mediante el conocimiento de las fuentes de ruido y las características del proceso y del local de trabajo (características de la exposición).

El estudio previo de las condiciones existentes y la programación de las acciones que es posible poner en práctica para reducir la exposición, constituyen el programa de medidas técnicas o de organización (PMTO) al que hace referencia el artículo 4.2 del Real Decreto 286/2006. Este programa debe llevarse a cabo de forma obligatoria y documentarse cuando la exposición al ruido en un puesto de trabajo sobrepase los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción.

Los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación del Plan de prevención de riesgos laborales de una empresa son la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva. Esta planificación debe permitir implantar las medidas pertinentes para evitar o reducir la exposición a los riesgos detectados previamente en la evaluación. El PMTO debería estar integrado en el citado Plan de Prevención y, como cualquier planificación, debería indicar para cada actividad preventiva que plantee, el plazo para llevarla a cabo, las personas responsables de la misma y los recursos humanos y materiales necesarios para su ejecución.

De acuerdo con los principios de la acción preventiva, señalados en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), la solución prioritaria frente a una exposición excesiva a ruido elevado es la eliminación de la fuente que causa el riesgo. Si ello no es posible, o no es razonablemente practicable, se debe minimizar la exposición implantando medidas que antepongan la protección colectiva a la individual. Los PMTO se deben fundamentar en ese principio, priorizando las medidas de prevención y protección colectiva para reducir el riesgo de exposición al ruido.

2. FASES DEL PROGRAMA

A continuación se citan las fases principales que debería incluir el PMTO (ver figura 1), incluyendo una breve descripción de cada una de ellas para esclarecer los aspectos esenciales a considerar en su diseño e implementación.

Definición de objetivos

El PMTO pretende eliminar los riesgos derivados de la exposición al ruido o reducirlos al nivel más bajo posible teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control en su origen.

Un programa eficaz, no sólo debe garantizar que tras su implantación no se sobrepasarán los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, sino que además, tal y como establece el real decreto, los riesgos deben quedar reducidos al mínimo posible. Para poder fijar unos objetivos de reducción realistas, el empresario deberá definir ese mínimo teniendo en cuenta las circunstancias de la exposición y la complejidad técnica o económica de las medidas aplicables para eliminar o disminuir dicha exposición.

Los objetivos concretos a alcanzar (reducción de los niveles de exposición que se desea obtener una vez se hayan implementado las medidas planificadas) se establecerán en base al diagnóstico previo de la situación (segunda fase del programa).

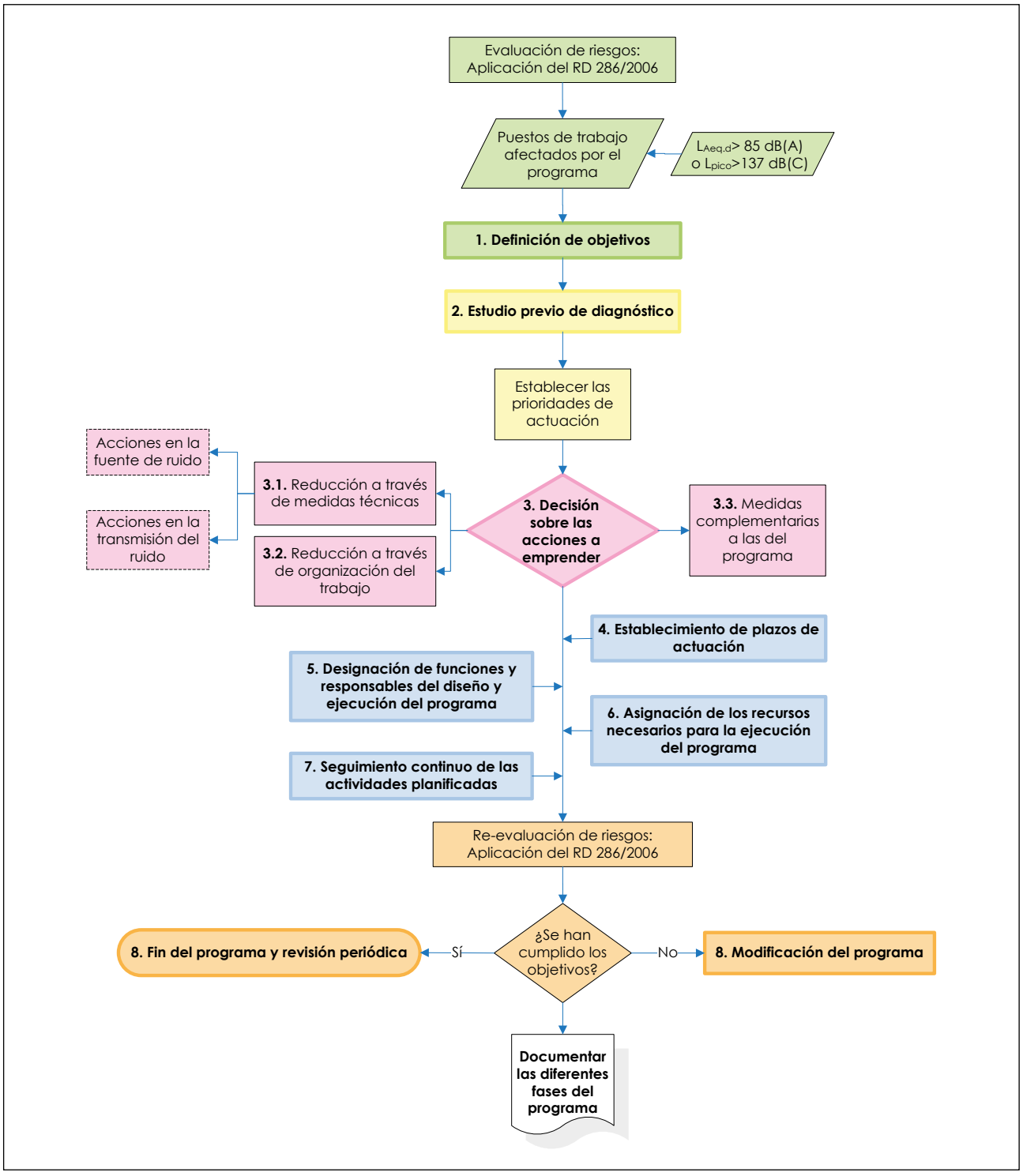


Figura 1. Diagrama de las fases principales que debería incluir el programa de medidas técnicas y/o de organización (PMTO)

Estudio previo de diagnóstico

En esta fase se pretende reunir toda la información necesaria para acotar y justificar el conjunto de posibles soluciones aplicables. La recogida de información implica realizar un diagnóstico previo de la situación que ayude a obtener datos sobre la empresa, el local de trabajo, el tipo de exposición, las fuentes de ruido y los trabadores afectados. Esta fase debería comprender los siguientes puntos:

Identificación de las características de la actividad de la empresa que pueden influir en el ambiente sonoro de los lugares de trabajo

Algunas de las características que interesa identificar son la tasa de actividad de la empresa, la variabilidad de las tareas de los trabajadores y de las operaciones que conforman esas tareas, el funcionamiento de las instalaciones ruidosas, etc.

La identificación de estas características es esencial

para detectar las situaciones que serán objeto de una reducción del ruido de forma prioritaria (las más frecuentes, las más ruidosas, etc.).

En esta primera identificación deberían participar personas que conozcan los procesos de trabajo, incluyendo a los trabajadores afectados o a los representantes de los trabajadores.

Evaluación de las exposiciones

Es importante identificar a los trabajadores más expuestos y estimar su nivel de exposición. No siempre será necesaria una medición precisa del nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$) o del nivel de pico (L_{pico}), ya que en esta fase el objetivo es simplemente identificar el problema, para lo cual bastará con realizar mediciones del ruido ambiental (nivel en el puesto de trabajo expresado en $L_{Aeq,T}$).

Las mediciones deberán realizarse en los lugares y tareas considerados como representativos del problema, y deberán permitir:

- Localizar los puestos de trabajo problemáticos, que requerirán un tratamiento posterior
- Jerarquizar las diferentes situaciones a tratar para poder establecer la prioridad de las acciones
- Determinar de forma aproximada el número de decibelios que se desea reducir, de forma que se puedan dimensionar las soluciones a adoptar de acuerdo con esa reducción

Identificación de las características del local de trabajo

Una primera inspección visual permitirá determinar si el local precisa un tratamiento acústico (si existen grandes superficies acristaladas, paredes pintadas, etc.), en cuyo caso será necesario evaluar de forma cuantitativa la calidad acústica del local. Para ello se pueden calcular varios parámetros:

a. Tasa de disminución del nivel sonoro en función de la distancia, DL_2

El cálculo de esta tasa se suele emplear en locales de tipo industrial y su aplicación supone comparar el comportamiento acústico del local a estudiar con el de un campo libre.

El campo libre se utiliza como medio de propagación de referencia porque en él no existe reflexión. En este medio el sonido se propaga siguiendo una ley según la cual el nivel sonoro disminuye 6 dB al doblarse la distancia a la fuente sonora. Esta ley permite determinar la pendiente media de disminución sonora en el interior de un local a medida que aumenta la distancia a una fuente de referencia situada en un extremo del mismo. El resultado es el parámetro normalizado DL_2, en dB(A). Cuanto más reverberante sea el local (es decir, cuanto más importante sea el número de reflexiones del sonido), menos disminuirá el nivel sonoro al aumentar la distancia a la fuente. Así, cuanto más alto sea el DL_2, "mejor" será el local.

Este método también permite obtener un valor llamado "amplificación del local" (DL_f), que corresponde a la amplificación del nivel de presión acústica en relación a una curva de referencia (DL_f) y mide, para una distancia dada, la diferencia entre la DL_2 del local y la DL_2 en campo libre. De esta forma se puede conocer cuál es la contribución del local al nivel sonoro a diferentes distancias de la fuente.

Un valor elevado de DL_2 y bajo de DL_f contribuye a que existan menos molestias en el puesto de trabajo.

La medición de la DL proporciona información numérica sobre la disminución sonora en el interior del local, sobre la contribución de éste a la amplificación sonora y, por tanto, sobre el beneficio total máximo que se obtendría si el local fuera tratado acústicamente. No obstante, tiene el inconveniente de precisar un dispositivo de medición específico, formado por una fuente sonora estable y no direccional y por un conjunto de puntos de medición. La UNE-EN ISO 14257, publicada en 2001 para la evaluación del comportamiento acústico de los recintos de trabajo, define ambos parámetros, DL_2 y DL_f.

b. Tiempo de reverberación, T_r

Este otro parámetro se suele utilizar para la caracterización acústica de comedores, despachos, talleres de pequeñas dimensiones, etc. El T_r es un indicador más usual, mejor conocido y más fácil de medir que la DL, por lo que es el método que se suele utilizar para evaluar la calidad acústica de un local.

Cuando una fuente sonora actúa en un local cerrado, y cesa de emitir, el nivel sonoro en el local no cesa de forma brusca, sino que decrece de forma progresiva debido a la existencia de ondas reflejadas en las paredes que siguen propagándose en el interior del local aunque haya cesado la emisión.

El tiempo de reverberación es el tiempo necesario para que el nivel sonoro disminuya 60 dB medido a partir del instante en que la fuente de ruido cesa de emitir. Es una medida de la capacidad del local para absorber las ondas sonoras. Cuanto mayor sea la absorción, menor será el tiempo de reverberación.

La fórmula para el cálculo del T_r es la de Norris-Eyring:

$$T_r = \frac{0{,}161 \cdot V}{S\left[-\ln\left(1-\alpha_m\right)\right]}$$

donde V es el volumen del local (m^3), S su superficie (m^2), T_r el tiempo de reverberación (s) y α_m el coeficiente de absorción medio del local

Cuando una onda sonora incide en una superficie, una parte de la energía sonora es absorbida por el material, de forma que la onda reflejada tiene menos energía que la incidente. La relación entre la cantidad de energía absorbida y la incidente por unidad de superficie se denomina **coeficiente de absorción del material** (α). El coeficiente de absorción acústica de un material depende de las características del mismo, de la frecuencia de la onda sonora y del ángulo con el que incide la onda sobre la superficie. En un local en el que existen diferentes tipos de materiales se puede utilizar el valor medio del coeficiente de absorción, dado por:

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_i S_i}{S}$$

siendo α_i el coeficiente de absorción de cada material, S_i la superficie de cada material (m^2) y S la superficie total (m^2) = $\Sigma\, S_i$

c. Absorción acústica del local, A

La absorción acústica de un local se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$A = \sum \alpha_i S_i$$

En un local reverberante en el que exista una fuente sonora, y considerando sólo el campo difuso, el nivel sonoro producido por la fuente disminuye al aumentar la absorción acústica del local de acuerdo con la relación:

$$L_p = L_w - 10 \log \frac{A}{4}$$

siendo L_p el nivel de presión sonora (dB), A la absorción acústica del local (m^2) y L_w el nivel de potencia sonora de la fuente (dB)

El aumento de la absorción sonora del local, o insonorización, se puede llevar a cabo colocando en el local materiales absorbentes, normalmente conocidos como "materiales acústicos".

d. Aislamiento acústico del local, IA
El aislamiento de los ruidos aerodinámicos es el principio físico que describe la cantidad de energía sonora transmitida al otro lado de una pared en relación a la energía emitida de cara a la misma. El aislamiento acústico normalizado de un local respecto a otro, IA, expresado en dB, varía en función de la frecuencia del sonido y de la masa de la pared:

$$IA = L_{p1} - L_{p2} + 10 \log S/R$$

donde L_{p1} es el nivel de presión medio en el local emisor (dB), L_{p2} es el nivel de presión medio en el local receptor (dB), S es la superficie del elemento separador (m^2) y R es la constante del local receptor (m^2), que se puede obtener a través de la siguiente expresión:

$$R = \frac{\sum \alpha_i \cdot S_i}{1 - \alpha_m}$$

Identificación de las fuentes de ruido

Esta fase se lleva a cabo en dos etapas:
a. Localización de las fuentes de ruido en cada uno de los puestos problemáticos identificados previamente
Normalmente los propios trabajadores podrán indicar cuáles son esas fuentes y bastará con realizar mediciones simples en sus proximidades para confirmar dichas indicaciones.
b. Determinación del nivel de presión acústica (L_p) emitido por las fuentes localizadas
Si las mediciones se efectúan mientras el taller está en funcionamiento, los resultados pueden verse sesgados por la contribución del ruido proveniente de otras fuentes. Idealmente la medición debería realizarse cuando todas las fuentes, con excepción de las que interesa medir, están en situación de parada y, aproximadamente, a un metro de la fuente en dirección al punto de recepción del ruido. Si no es posible detener la actividad del taller, se pueden utilizar métodos de medición que permitan obviar las perturbaciones sonoras ambientales que puedan interferir con la fuente de interés, como por ejemplo la intensimetría acústica (medición de la intensidad acústica).
Como alternativa a la medición del nivel sonoro de la fuente, éste puede ser estimado a partir de los datos incluidos en los documentos técnicos de la instalación. De acuerdo con el RD 1644/2008, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, el fabricante debe indicar en el manual de instrucciones el nivel de presión acústica de emisión ponderado A en los puestos de trabajo cuando este nivel supere los 70 dB(A).

Identificación de las fuentes preponderantes que afectan a cada trabajador

El objetivo de esta fase consiste en identificar la interacción entre un trabajador y cada una de las fuentes que le afectan por separado. De esta forma es posible ordenar las fuentes en función de su contribución a la exposición del trabajador y detectar las fuentes preponderantes, cuyo tratamiento debería ser prioritario.

Para llevar a cabo la ordenación de las fuentes se puede simplificar la situación existente formando parejas "fuente-receptor". Las mediciones se pueden realizar siguiendo uno de estos procedimientos:
a. Medir el nivel de exposición del trabajador cuando sólo está en funcionamiento la fuente que se desea evaluar y repetir esta medición para las diferentes fuentes que afectan al trabajador (para las diferentes parejas "fuente-receptor").
b. Detener una por una las posibles fuentes de exposición, empezando por las preponderantes, y comprobar en cada caso si la disminución del nivel en el puesto de trabajo es significativa. Se considera que el tratamiento de la máquina o de las máquinas paradas puede ser eficaz cuando la disminución acumulada del nivel llega a ser significativa (del orden de 8 dBA).

Decisión sobre las acciones a emprender

Una vez se ha establecido el orden en el que es necesario actuar sobre los riesgos detectados (en función de la magnitud de esos riesgos y del número de trabajadores expuestos a los mismos), es necesario determinar qué actuación o actuaciones concretas son las más adecuadas para reducir cada uno de esos riesgos. En general, se priorizará la adopción de medidas de carácter técnico frente a las de tipo organizativo. A continuación se describen las principales actuaciones relacionadas con cada tipo de medida.

Reducción técnica del ruido

Los controles de tipo técnico modifican el equipo o el área de trabajo para hacerlos más silenciosos. Incluyen cualquier procedimiento técnico que reduzca el nivel de sonido, y se pueden dividir en acciones en la fuente y acciones en la transmisión o propagación del ruido.
a. Acciones en la fuente
Las principales medidas en la fuente consisten en la adaptación de equipos o procesos de trabajo para hacerlos más silenciosos. Su aplicación requiere un diagnóstico preciso del mecanismo generador de ruido y del modo de radiación. A partir de este diagnóstico, las acciones consisten en la modificación de este mecanismo para disminuir la excitación acústica o la radiación acústica inducida por esta excitación.
Estas medidas son más eficaces que las que actúan sobre el camino de transmisión del ruido entre la fuente y los trabajadores, por lo que se deberían considerar como prioritarias siempre que sea posible.
b. Acciones en la transmisión o propagación del ruido
En este caso la solución más adecuada dependerá de si la propagación se produce por vía estructural o aérea. Cuando la parte de la recepción estructural

es significativa (por ejemplo, superior o igual al nivel global de recepción aérea), la solución más eficaz acostumbra a ser el aislamiento de las vibraciones para limitar su transmisión.

Por otro lado, las principales acciones para luchar contra la propagación por vía aérea son las siguientes:

- Tratamiento del local para mejorar su absorción acústica.
- Aislamiento respecto de los ruidos aéreos mediante barreras o mediante el encerramiento de la fuente.
- Instalación de pantallas .
- Aislamiento del personal en cabinas.

La propagación del ruido por vía aérea suele ser la preponderante, por lo que las acciones contra dicha propagación son las más aplicadas en la actualidad. No obstante, su eficacia no está siempre garantizada y depende en gran medida del contexto del problema, por lo que antes de ponerlas en práctica es necesario un análisis preciso de cada situación concreta. En la tabla 1 se presentan algunas indicaciones de carácter general para orientar en la elección de la acción aplicable pero no deben considerarse como una norma, sino como una ayuda para reflexionar sobre cuál puede ser la medida más apropiada en cada caso.

Normalmente, las acciones correctoras sobre la fuente son aconsejables cuando existe un ruido de frecuencias puras, ya que este tipo de problema suele estar relacionado con el propio funcionamiento de la máquina, o cuando la fuente está en mal estado. En cambio, si las fuentes están dispersas o son numerosas son preferibles las acciones que inciden sobre la transmisión aérea del ruido, ya que éstas pueden solucionar el problema de forma global, sin necesidad de intervenir en cada una de las fuentes por separado.

El conjunto de posibles soluciones técnicas a aplicar puede ser muy extenso. Además, suele ser complicado estimar la efectividad de cada una de esas soluciones antes de su implementación, ya que existen muchos factores que pueden modificar dicha efectividad, como el tipo de ruido, los materiales del local o la correcta aplicación de la medida por parte de los trabajadores.

Como norma general, en la elección de las medidas se deberían tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los factores determinados en la fase de diagnóstico previo, es decir, la existencia de una fuente preponderante, el número y localización de las fuentes y de los receptores, y las características acústicas del local.
- La distribución frecuencial del problema y la posible dominación de frecuencias puras, que se pueden determinar mediante una medición en bandas de octava o de un tercio de octava en el punto de recepción.
- Las características temporales del ruido en cuestión, en concreto la existencia de impulsos, que suelen ser fácilmente distinguibles por el oído en forma de ruidos breves e intensos y repetidos (chorro de gas comprimido, martilleo, etc.). En caso de duda, se puede realizar un análisis temporal de la señal sonora para evidenciar ese carácter impulsivo.

En algunos casos la elección puede ser verdaderamente complicada, por lo que sería recomendable dejar esta fase del programa en manos de un técnico experto. A menudo, los especialistas utilizan softwares de simulación acústica para evaluar, mediante cálculos teóricos, el impacto que tendría la aplicación de cada solución o combinación de soluciones sin tener que hacer ensayos sobre un local real. Estos simuladores permiten detectar la solución óptima teniendo en cuenta los medios invertidos y la ganancia previsible.

Reducción del ruido mediante la organización del trabajo

Las medidas de tipo técnico se consideran como prioritarias para controlar los riesgos, pero en caso de que no sea posible cumplir con la legislación aplicable utilizando sólo medidas técnicas de control del ruido, se pueden utilizar también medidas de tipo administrativo u organizacional. Estas medidas reducen el nivel de exposición de las personas mediante la ordenación del trabajo e incluyen acciones principalmente destinadas a reducir el tiempo de exposición, como las siguientes:

- Proporcionar áreas de descanso silenciosas para utilizar en las pausas establecidas durante el trabajo.
- Desconectar los equipos ruidosos en los momentos en que no se utilicen.
- Ordenar el tiempo de trabajo del personal expuesto. Por ejemplo, rotar a los empleados en los puestos de trabajo ruidosos para evitar que su nivel diario de exposición al ruido sea excesivo.
- Organizar los horarios de forma que las tareas ruidosas se hagan cuando haya el mínimo posible de trabajadores presentes.
- Avisar previamente a las personas cuando se va a llevar a cabo un trabajo ruidoso para que puedan limitar su exposición.

La reducción del tiempo de exposición no conllevará nunca una ganancia elevada (reducción neta del nivel), puesto que el nivel sonoro equivalente sólo disminuye en 3 dB cada vez que el tiempo de exposición se divide por dos. Por lo tanto, esta medida deberá asociarse a otras para que la mejora sea apreciable.

Medidas de prevención y protección complementarias a las establecidas en el programa

La implantación de un PMTO, implica que en una evaluación previa se han detectado niveles de ruido que es necesario disminuir. A parte de las medidas propias del programa, destinadas a corregir una situación existente, existen otro tipo de medidas que se deberían aplicar antes del inicio de la actividad o ante cualquier cambio o modificación significativa del local o los equipos de trabajo. Se trata de las acciones en la concepción, entre las que destacan las siguientes:

a. Diseño del lugar de trabajo para reducir la exposición al ruido, teniendo en cuenta:
   - Disposición de los locales y de los puestos de trabajo
   - Características acústicas del local
   - Estructura del edificio (suelos, fundamentos y elementos portantes)
b. Compra y sustitución de equipos en base a una política de compras que tenga en cuenta el nivel de ruido emitido por la maquinaria

Algunas de las medidas anteriores también se pueden llevar a cabo una vez la actividad ya está en marcha, es decir, como acciones correctoras que formen parte del PMTO. No obstante, en esos casos su aplicación suele complicarse, ya que actuar a posteriori, modificando locales, procesos y fuentes de ruido ya existentes, suele conllevar un coste técnico y económico mucho mayor.

Otras medidas no incluidas en el programa, pero que el RD 286/2006 exige llevar a cabo en determinadas circunstancias son las siguientes:

a. Uso de protección auditiva individual

   El RD 286/2006 obliga a utilizar protección auditiva mientras se ejecuta el PMTO y en tanto el nivel de

ruido sea igual o superior a los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción. En caso de que el nivel de ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario deberá poner los protectores auditivos individuales a disposición de los trabajadores.

Esta medida sólo debería utilizarse como complemento a la protección colectiva y el control del ruido únicamente debería depender de ella cuando ninguna de las medidas citadas hasta ahora sea razonablemente practicable, ya que su eficacia real puede disminuir en función de múltiples factores, como el tiempo de uso, las condiciones de uso (deficiente colocación, cambio de su posición durante la tarea,…) o las condiciones de exposición.

b. Señalización, delimitación y limitación de acceso

Según el artículo 4.3 del RD 286/2006, los lugares de trabajo en que los trabajadores puedan verse expuestos a niveles de ruido que sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción serán objeto de una señalización apropiada (de acuerdo con el RD 485/1997) y, siempre que sea técnicamente viable y que el riesgo de exposición lo justifique, se delimitarán y se limitará el acceso a ellos.

Para cumplir con el párrafo anterior y minimizar el número de trabajadores expuestos, se suelen establecer Zonas Perimetrales de Ruido (ZPR). Se trata de áreas delimitadas y señalizadas donde los niveles de ruido están por encima de los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción y en las que es obligatorio el uso de protección auditiva. El acceso a estas áreas sólo está permitido a las personas que así lo precisen por motivo de su trabajo.

Por último, destaca otro tipo de actuaciones preventivas que deberían ser aplicadas para garantizar la efectividad del programa y, en su caso, de la utilización de protección auditiva individual, como son:

a. Acciones de información y formación de los trabajadores

El empresario es el responsable de informar de forma apropiada a los trabajadores sobre la exposición a ruido, los riesgos de esta exposición a ruido y las medidas de control para reducir dicha exposición. Además, los trabajadores deben estar informados y formados sobre cómo utilizar correctamente los equipos de trabajo y los equipos de protección auditiva para que su exposición al ruido sea la mínima posible.

La política de control del ruido y el PMTO deberían estar a disposición de los trabajadores y sus representantes y ser un componente esencial de las actividades de información y formación.

b. Otros procedimientos de aplicación periódica que ayuden a mantener los riesgos en niveles tolerables a lo largo del tiempo:

- Revisiones e inspecciones de las medidas implantadas para asegurar que se cumplen correctamente y son eficaces
- Control de los niveles de exposición al ruido (el RD 286/2006 ya establece una determinada periodicidad para ello, dependiendo de los niveles existentes)
- Vigilancia de la salud de los trabajadores conforme al artículo 11 del RD 286/2006
- Mantenimiento de los sistemas y equipos. Esta acción no sólo evita la disminución del rendimiento de los sistemas y equipos, sino que además hace que su uso sea más seguro e impide que se den cambios en los niveles de ruido o que aparezcan ruidos nuevos.

Establecimiento de plazos de actuación

Tras la elección de las acciones concretas a aplicar se debe asignar a cada una de ellas un plazo para su ejecución (si se trata de una medida concreta) o para su inicio (si se trata de una actividad continuada). A la hora de fijar dicho plazo, es importante que el empresario reciba el asesoramiento del Servicio de prevención.

En todo caso, el plazo deberá ser el mínimo posible, teniendo en cuenta la prioridad de la acción y la complejidad técnica o económica asociada a su implantación.

Designación de funciones y responsabilidades del diseño y ejecución del programa

En esta fase es necesario identificar a las personas responsables del diseño del programa y de la ejecución de cada una de las fases que lo componen: diagnóstico previo de la situación, elección de las acciones a emprender, implementación y seguimiento de dichas acciones.

El programa estará incluido en la planificación de la actividad preventiva de la empresa. Esta planificación, al igual que otras actividades preventivas, debe estar integrada en todas las actividades de la empresa y debe implicar a todos los niveles jerárquicos. Es decir, toda la estructura organizativa debe jugar un papel en el desarrollo de las diferentes fases del programa. Así, la Dirección de la empresa es la responsable de su implantación y supervisión, mientras que los trabajadores o sus representantes, además de realizar las funciones que les sean asignadas en el programa, deberán ser consultados sobre el mismo, conforme establece el artículo 33 de la LPRL, y ejercer su derecho de participación si así lo desean.

Cada uno de los responsables del programa debe conocer las funciones preventivas concretas que le han sido asignadas y tener una formación adecuada para llevarlas a cabo. Algunas de las fases del programa exigirán la participación de personas con un alto grado de especialización, principalmente a la hora de realizar la evaluación de la exposición y de seleccionar las medidas de control más adecuadas. Si en la empresa no existen personas con dicha formación, se debería solicitar la intervención de técnicos especializados ajenos a la empresa capaces de realizar esas funciones.

Asignación de los recursos necesarios para la ejecución del programa

La empresa, a través del Servicio de Prevención, propio o ajeno, deberá disponer de los medios humanos, equipos y materiales que sean necesarios para la ejecución del programa: instrumentos de medición y calibración, accesorios y materiales para la reducción del ruido, señalización, equipos de protección individual, etc. En muchos casos será necesaria la intervención de una empresa especializada en la reducción técnica del ruido.

Por otra parte, la empresa debe asignar una parte de su presupuesto a la implantación, mejora y control del programa. Este presupuesto deberá contemplar tanto el coste de los recursos materiales necesarios, como el coste proporcional del salario de los responsables del programa si son de la propia empresa (por ejemplo, en función del tiempo que deban dedicar los responsables a la realización de las funciones del programa que les hayan sido asignadas) o el coste de las contrataciones externas a ella.

PMTO - FICHA PARA LA PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS DESTINADAS A ELIMINAR O REDUCIR LA EXPOSICIÓN AL RUIDO		
Responsable	Fecha	Próximo

Puesto de trabajo[1]:					
Evaluación del riesgo		Nivel de exposición existente		Objetivo previsto de reducción (nivel de exposición que se espera alcanzar)	Plazo comprobación objetivo
Fecha	Informe	$L_{Aeq,d}$ (dB(A))	L_{pico} (dB(C))		

Fuente[2]:												
L_{pA} (dB(A))	$L_{Aeq,T}$ (dB(A))	Fuente preponderante		Disposición respecto a otras fuentes del local		Frecuencias dominantes			Admite cerramiento		Admite barreras aislantes	
		SÍ	NO	Agrupada	Dispersa	altas	bajas	medias	SÍ	NO	SÍ	NO

Características de los trabajadores expuestos a la fuente[2]										
Nº trabajadores expuestos	Acceso frecuente a zona de ruido		Movilidad durante la exposición		Campo en el que se localizan		Ubicación en el local		Admite cabina	
	SÍ	NO	SÍ	NO	Directo	Reverberante	Dispersos	Concentrados	SI	NO

Superficie, S (m^2)	Volumen, V (m^3)	Coeficiente medio de absorción, α_m	Superficie de absorción acústica, A (m^2)	Constante del local receptor, R (m^2)	Tasa de disminución del nivel sonoro en función de la distancia, DL_2 (dBA)	Amplificación del local, DL_f (dBA)	Tiempo de reverberación, T_r (s)	Aislamiento acústico normalizado, IA (dB)

Medidas y actividades de mejora o corrección. Puesto de trabajo[1]:						
Planificación de las medidas/actividades preventivas					Seguimiento	
Tipo de medida	Medida concreta	Responsable	Plazo	Coste	Periodicidad	Responsable
Técnica						
Organizativa						
Protección individual						
Formación						
Información						
Otras medidas						

Tabla 1. Modelo de ficha para la planificación de las medidas destinadas a eliminar o reducir la exposición al ruido

[1] Repetir para cada puesto de trabajo con exposición a ruido
[2] Repetir para cada fuente que interviene en la exposición del puesto de trabajo
[3] Repetir para cada local en el que existan fuentes que intervengan en la exposición del puesto de trabajo

Seguimiento continuo de las actividades planificadas

Es necesario revisar periódicamente las actividades planificadas para verificar que se ejecutan según lo previsto, tanto en lo que respecta al cumplimiento de los plazos establecidos como a la eficacia de las medidas implantadas. Si los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores muestran que alguna de esas actividades no es eficaz, ésta deberá ser modificada (artículo 16.2.b LPRL).

Revisión del programa

Una vez alcanzados los plazos establecidos en el programa y tras un tiempo de implantación de las medidas seleccionadas, es posible que se den cambios en las circunstancias de exposición o en la estructura organizativa de la empresa que obliguen a modificar el contenido del programa. Es por ello que éste debería ser revisado periódicamente y cada vez que se actualice la evaluación de riesgos, de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 16.2.a de la LPRL y 4.2 y 6.1/2 del Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP).

3. DOCUMENTACIÓN

La documentación del PMTO permite demostrar a la empresa que está afrontando la prevención de los riesgos debidos al ruido y que cumple con lo dispuesto por el Real Decreto 286/2006, disponiendo además de un determinado cronograma previsto para el desarrollo del programa. El programa debe estar debidamente documentado y la documentación relacionada con el mismo debe ser inmediatamente accesible y estar a disposición de las autoridades y los representantes de los trabajadores. En la tabla 1 se muestra una ficha para planificar las medidas destinadas a eliminar o reducir la exposición al ruido. Esta ficha sigue los principios recogidos en la Guía Técnica de “Simplificación documental” publicada por el INSHT y pretende ser un modelo básico para presentar la información mínima respecto al programa. Cada empresa deberá adaptar este modelo a su situación concreta y adjuntar, en su caso, los planos, estudios e informes realizados, etc.

En la documentación del PMTO se debería hacer referencia a otros documentos ya integrados en el Sistema de Prevención de la empresa referentes a actividades que pueden ser necesarias para la aplicación del programa. Entre estos documentos se encuentran la política de control de ruido, la evaluación de riesgos, instrucciones de trabajo, procedimientos para la realización de determinadas actividades (información y formación, mantenimiento periódico, vigilancia de la salud, uso de equipos de protección individual,…), proyectos de instalaciones y equipos y manuales de instrucciones de los mismos, etc.

Todos los documentos y registros del Sistema deberían estar codificados para poder ser identificados adecuadamente. Esta codificación puede utilizarse para hacer referencia a ellos fácilmente en el PMTO.

BIBLIOGRAFÍA

INRS
Bruit et vibrations au travail. La prévention technique des risques liés au bruit ou aux vibrations.
Paris: INRS, 2011, chapitre 4

CANETTO, P.
Techniques de réduction du bruit en entreprise. Quelles soluctions, comment choisir. 1re édition.
Paris: INRS, 2006.

INSHT
Guía técnica con orientaciones para la elaboración de un documento único que contenga el plan de prevención de riesgos laborales, la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva. “Simplificación documental”.
Madrid, INSHT, 2012.

INSHT
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.
Madrid, INSHT, 2008.

INSHT
Guía técnica sobre la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa.
Madrid, INSHT, 2008.

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE núm. 60, de 22 de marzo.

Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. BOE num. 246, de 11 de octubre.

NATIONAL OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY COMMISSION
National Code of Practice for Noise Management and Protection of Hearing at Work. 3rd ed.
Canberra: NOHSC, 2004.

HSE
Noise at work
http://www.hse.gov.uk/noise/goodpractice/managingrisks.htm

Reservados todos los derechos. Se autoriza su reproducción sin ánimo de lucro citando la fuente: INSHT, nº NTP, año y título. NIPO: 272-13-015-4