

OSALAH

Instituto Costarricense de Seguridad y Salud Laboral

Exposición a Asbesto en la fabricación de puentes reforzados con fibra de vidrio



OSALAH

Instituto Costarricense de Seguridad y Salud Laboral

EXPOSICIÓN A ESTIRENO EN LA FABRICACIÓN DE POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO



OSALAN

Instituto Vasco de Seguridad y
Salud Laborales



Organismo Autónomo del

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE JUSTICIA,
EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

AUTORES:

M^a Jesús Arenaza Amézaga
Luis Miguel Bengoechea Elicegui
Juan Antonio de la Cuesta Goicoechea
Javier Moreno Saracíbar
José Antonio Vázquez Grueiro

COLABORADORES:

Luis Fernando Abarrategui González
Antonio Alonso García
Pedro Brey Zalbidea
Juan txo Carmona Etxezarreta
Juan Félix Eguiluz Ortiz
Begoña Elola Oyarzabal
Concepción Higón García
Juan José Rodríguez Bidaurrezaga
José M^a Rodríguez Vivanco

AGRADECIMIENTOS:

Con el agradecimiento a todas las empresas de Euskadi que trabajan con poliéster reforzado con fibra de vidrio por la colaboración prestada en la realización del estudio.

Edición:	1. ^a Marzo 2003
Tirada:	1.000 ejemplares
©	OSALAN. Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales
Fotocomposición:	Gráficas Lizarra S.L.
Impresión:	Gráficas Lizarra S.L. Polígono Industrial de Villatuerta - Crt.Tafalla-Estella km.1 - Villatuerta (Navarra)
ISBN:	84-95859-07-6
D.L.:	NA-3277-2002

PRESENTACIÓN

Entre las funciones del Instituto Vasco de Seguridad y Salud laborales (OSALAN) se encuentra la realización de estudios sobre actividades, tareas, procesos, etc., que puedan conllevar riesgos para la salud de los trabajadores y la información a empleadores y empleados sobre dichos riesgos, así como a las personas dedicadas a la prevención de riesgos laborales.

En el desarrollo de estas funciones se encuadra la presente publicación que es el resultado del estudio sobre exposición a vapores de estireno llevado a cabo entre los años 1999 y 2002 en las empresas del País Vasco dedicadas a la fabricación de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Esperamos que esta publicación sirva de apoyo a empresarios, trabajadores y técnicos de prevención para mejorar las condiciones de trabajo en dichas empresas, estén ubicadas o no en el País Vasco.

En Barakaldo, a 10 de marzo de 2003

Iñaki Galdós Ibáñez de Opakua
DIRECTOR GENERAL DE OSALAN

ÍNDICE

	<i>Págs.</i>
1. PROPIEDADES	9
1.1. PROPIEDADES FÍSICAS	9
1.2. PROPIEDADES QUÍMICAS.....	10
2. UTILIZACIÓN INDUSTRIAL	11
2.1. POLIESTIRENOS	11
3. FABRICACIÓN DE POLIÉSTER REFORZADO	13
3.1. MATERIAS PRIMAS	13
3.1.1. Gel-Coats	13
3.1.2. Resina	14
3.1.3. Acelerantes.....	14
3.1.4. Catalizador	14
3.1.5. Materiales de refuerzo.....	14
3.1.6. Cargas	14
3.1.7. Disolventes	14
3.2. MOLDEO POR CONTACTO O ESTRATIFICACIÓN	15
3.2.1. Características de los puestos de trabajo	15
3.2.2. Esquema del proceso de fabricación	16
4. POBLACIÓN EXPUESTA EN LA CAPV	17
5. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	19
5.1. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AMBIENTAL	19
5.1.1. Valores Límite Ambientales.....	19
5.2. CONTROL BIOLÓGICO	19
5.2.1. Valores Límite Biológicos	19
6. TOMA DE MUESTRAS	21
6.1. FUNDAMENTO DEL MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS.....	21
6.2. APARATOS Y MATERIAL.....	21
7. MÉTODOS ANALÍTICOS	23
7.1. DETERMINACIÓN DE ESTIRENO EN AIRE	23
7.2. DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS FENILGLIOXÍLICO Y MANDÉLICO EN ORINA	24
7.3. DETERMINACIÓN DE CREATININA EN ORINA	24
8. TOXICOLOGÍA DEL ESTIRENO	25
8.1. VÍAS DE PENETRACIÓN	25
8.2. DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO EN EL ORGANISMO.....	25

8.3. VÍAS DE ELIMINACIÓN DEL ESTIRENO ABSORBIDO Y FACTORES QUE INFLUYEN EN SU METABOLISMO	25
8.4. EFECTOS SOBRE LA SALUD	26
8.4.1. Intoxicación aguda.....	26
8.4.2. Intoxicación crónica	27
9. CONTROL MÉDICO PREVENTIVO DE LOS TRABAJADORES.....	29
9.1. EXAMEN DE ADAPTACIÓN AL TRABAJO	30
9.2. EXAMEN ESPECÍFICO PERIÓDICO	30
9.3. EXÁMENES A DEMANDA DEL TRABAJADOR.....	30
10.RESULTADOS.....	33
10.1.CONTROL AMBIENTAL	33
10.2.CONTROL BIOLÓGICO	33
11.CONCLUSIONES.....	35
12.RECOMENDACIONES DE HIGIENE INDUSTRIAL.....	39
12.1. SISTEMAS DE VENTILACION.....	39
12.1.1.Ventilación por aspiración localizada	39
12.1.2.Ventilación por dilución	40
12.1.3.Ventilación en espacios confinados	41
12.2. ORGANIZACION DEL TRABAJO	41
12.3.EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	41
13.LEGISLACIÓN APLICABLE.....	43
14.ANEXO	45
15.BIBLIOGRAFIA.....	57

1. PROPIEDADES

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

1.1.1. Propiedades físicas

El estireno es un líquido aceitoso e incoloro de olor aromático con punto de ebullición de 145°C y densidad relativa de vapor igual a 3,6.

El estireno también es conocido por otras denominaciones: Monómero de estireno, vinilbenceno, cinameno, cinnamol, estirolo, estirolo, feniletileno, fenileteno, etinilbenceno.

Es un derivado vinílico del benceno de fórmula molecular $C_6H_5 - CH = CH_2$.

Es insoluble en agua y soluble en alcohol, éter o acetona.

El estireno es un líquido inflamable cuyos vapores pueden formar mezclas explosivas en el aire. Su punto de inflamabilidad es 31°C en copela cerrada y 34°C en copela abierta, su límite inferior de explosividad es de 1,1% en volumen a 29,3°C y el superior 6,1% a 65,2°C.

Punto de ebullición:	145 °C
Punto de fusión:	-30.6 °C
Densidad relativa (agua = 1):	0.9
Solubilidad en agua g/100 ml a 25°C:	0.03
Presión de vapor (Pa):	
a 10°C:	312
a 20°C:	600
a 30°C:	1095
a 40°C:	1906
Densidad relativa de vapor (aire = 1):	3.6
Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1):	1.02
Punto de inflamación en copela cerrada:	31°C
Punto de inflamación en copela abierta:	34°C
Temperatura de autoignición:	490°C
Límites de explosividad % en volumen en el aire:	1,1-6.1

Tabla 1. Resumen diversas propiedades físicas



1.1.2. Propiedades químicas

El estireno no tiene acción corrosiva sobre los metales, exceptuando el cobre y sus aleaciones, con el que reacciona y toma color. La oxidación del estireno produce aldehídos y peróxidos que pueden actuar como catalizadores de polimerización.

Todos los productos oxidantes reaccionan de forma violenta con el estireno. El ácido sulfúrico concentrado le ataca, con formación de ácidos xilensulfónicos. El estireno disuelve ciertos cauchos o materias plásticas.

Es un compuesto con un poder reactivo elevado, polimerizándose fácilmente a temperatura ordinaria con formación de poliestireno. Esta polimerización se potencia bajo la acción de la luz, calor o diversos productos químicos, que puede llegar a provocar explosión. Para paliar su tendencia a la polimerización, el estireno se estabiliza añadiéndole un inhibidor, habitualmente de 10 a 15 p.p.m. de 4-terbutilcatecol. Esta inhibición no se produce si no hay oxígeno y disminuye rápidamente si la temperatura se eleva por encima de 25° C.

Es uno de los monómeros más importantes que produce la industria petroquímica actual. Es, asimismo, el nombre corriente del más simple e importante producto de la serie de monómeros bencénicos insaturados. Actualmente más de una cuarta parte del benceno consumido se destina a la fabricación de estireno.

El estireno interviene en la síntesis de muchos derivados químicos aplicables a una amplia variedad de industrias. A través de los métodos utilizados corrientemente en la tecnología del plástico, el estireno es polimerizado para producir una vasta cantidad de polímeros y copolímeros. De estos, los más importantes son: poliestireno, poliestireno de alto impacto, poliestireno expandido, estireno acrilonitrilo (SAN), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), resina poliéster, látex y caucho sintético, cuyo estudio realizamos a continuación.

2. UTILIZACIÓN INDUSTRIAL

La utilización del estireno hoy en día es amplísima y, a título meramente orientativo, podemos establecer la siguiente distribución: 10% se utiliza en la industria del caucho sintético, el 90% restante en plásticos y resinas. Los materiales fabricados con estireno representan el 20% de todo el consumo de plásticos, en forma de poliestirenos, copolímeros elastómeros, resinas y poliésteres.

La fabricación de poliestireno y de los copolímeros del estireno se efectúa sobre todo en masa o en emulsión, así como la fabricación de los polímeros (inyección, molienda, extrusión, recortado al hilo caliente), a temperaturas comprendidas entre 150 y 300° C. Estudiémoslos:

2.1. POLIESTIRENOS

En este tipo de polímero se utiliza más del 70 % del estireno.

Poliestireno Cristal: Termoplástico empleado en artículos de bazar, vajilla, cassettes, productos escolares, juguetes y envases en general.

Poliestireno de impacto: Es utilizado en congeladores, frigoríficos y acondicionadores de aire, T.V., audio, calzado, juguetes, envases para alimentos lácteos, artículos de camping, etc.

Poliestireno expandido: Sus aplicaciones varían desde aislamiento en construcciones civiles y cámaras frigoríficas hasta envases, embalajes, heladeras de camping o cantimploras.

Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS): Interviene en la producción de interiores de automóviles, carcasas de electrodomésticos e interiores de frigoríficos.

Estireno Acrilonitrilo (SAN): Utilizado para la fabricación de electrodomésticos y artículos de cosmética, entre otros.

Resina poliéster: es la base para la fabricación de plástico reforzado con fibra de vidrio, con el que se fabrican lanchas, tanques, cañerías, piletas de natación, carrocerías, valijas y muebles.



Foto 1. Almacenamiento de materias primas



Látex: es empleado en emulsiones, pinturas, adhesivos, alfombras y recubrimientos de papeles.

Látex de Estireno-Butadieno (SBL).

Caucho Sintético (alrededor del 13% del estireno).

En la utilización industrial a que se refiere esta publicación: Resina poliéster reforzada, y meramente a efectos de clasificación, sin ánimo exhaustivo, podemos establecer los siguientes grupos de actividades:

- Fabricación y reparación de lanchas, piraguas, barcas y yates.
- Fabricación y reparación de piscinas, bañeras, etc.
- Construcción de depósitos, iglúes y recipientes en general.
- Fabricación de tuberías para saneamiento, abastecimiento de aguas, residuos industriales, industria química, etc.
- Fabricación de elementos de carrocería para coches, trenes, autobuses, etc.
- Industria carrocera y adaptación de furgonetas y camiones frigoríficos.
- Fabricación y reparación de carcasas de maquinaria pequeña.
- Fabricación de perfiles en poliéster reforzado.
- Fabricación de mobiliario de jardinería, armarios de distribución eléctrica, postes para alumbrado, telefonía, etc.
- Otros fabricados.

3. FABRICACIÓN DE POLIÉSTER REFORZADO

La fabricación de piezas de poliéster estratificado es un proceso en el cual un material se transforma en termoendurecible por aporte de diversos constituyentes que producen una reacción química exotérmica.

3.1. MATERIAS PRIMAS

3.1.1. Gel-Coats

Son resinas de poliéster (p.e. viniléster) destinados a la fabricación de moldes para la industria de los composites.

La resina base tiene un excelente comportamiento al calor y una elongación elevada lo que confiere al Gel-coat una muy buena resistencia mecánica y química.

Actualmente se comercializan acelerados y en diversos colores ya que será la cara vista o acabado final de la pieza.

Antes de su utilización, deberá realizarse una mezcla perfecta del Gel-coat con el catalizador, generalmente entre 1,5 y 2,5% de peróxido de metililtcetona comercial al 50%.

La aplicación se realiza manualmente con rodillo o brocha a pistola aerográfica o con máquina Airless.

En ambos casos puede ser necesaria una adición de acetona entre el 3 y 5% dependiendo de la viscosidad del producto y el diámetro de la boquilla.



Foto 2. Proyección simultánea



3.1.2. Resina

Es una solución de un poliéster en un monómero. En la mayoría de los fabricados este último es el estireno, aunque puedan utilizarse otros como el metacrilato de metilo o el acetato de vinilo.

Dependiendo de las características o propiedades a conseguir en la pieza en cuanto a ligereza, resistencia química o mecánica, resistencia al fuego, etc., existen en el mercado gran variedad de resinas, ya que sus fabricados resultan de la condensación de un poliol (por ejemplo: mono o dietilenglicol, propilenglicol, etc.) con diferentes ácidos (por ejemplo: maleico, ftálico).

Actualmente las más utilizadas, son las resinas de poliéster no saturado, ortoftálicas, de reactividad alta, tixotrópica y preacelerada, presentándose en forma líquida de color opaco azul.

La cantidad de estireno monómero en la resina estándar varía entre un 30 y un 45%, aunque se han introducido en el mercado resinas con aditivos parafínicos, denominadas ecológicas, cuya emisión de vapores de estireno es menor. Como ejemplo, una empresa determinó la emisión de estireno basándose en la Norma B52782, Parte 4, Método 432D del 1995 de la British Standard sobre dos de sus fabricados. El primero era una resina específica orto que tuvo como emisión de estireno 85 gr/m^2 y con la adición del aditivo LSE (ceras y parafinas) se redujo a 34 gr/m^2 . El segundo fabricado fue una resina específica con base DCPD (diciclopentadieno) que tuvo como emisión de estireno 45 gr/m^2 y con la adición del aditivo LSE se redujo a 24 gr/m^2 . No obstante, dependiendo de la formulación de la resina, tiempo de gel, método de determinación empleado, se pueden encontrar datos dispares, por lo que es necesario reseñar el método utilizado y las características de las resinas para que los datos obtenidos sean indicativos y comparables.

3.1.3. Acelerantes

Los más utilizados son, además del octoato o naftenato de cobalto, las aminas terciarias.

Cuando la resina está con el acelerante desde el inicio se dice que la resina está preacelerada.

3.1.4. Catalizador

Para que la reacción de polimerización tenga lugar se necesita la presencia de un catalizador que pertenezca al grupo de los peróxidos. El más utilizado industrialmente es el peróxido de metiletilcetona diluido al 50% en ftalato de dimetilo con contenido de oxígeno activo de $9,5\% \pm 0,2\%$ y 1,5% máximo de agua.

3.1.5. Materiales de refuerzo

A fin de que las piezas adquieran la consistencia necesaria se emplean materiales de refuerzo, que se aplican en forma de tiras o telas-mantas de forma manual, o bien mediante proyección de hilo cortado y resina mediante pistola. El material más utilizado es la fibra de vidrio, aunque para trabajos especiales se use fibra de carbono y otros.

La fibra de vidrio debe almacenarse en zona seca y en su embalaje original. Las condiciones ideales están comprendidas entre el 10 y 35°C y una humedad relativa entre 35 y 85%. Si el producto ha estado por debajo de 15°C , se recomienda colocarlo dentro del taller al menos 24 horas antes de su utilización para eliminar posibles condensaciones.

3.1.6. Cargas

Con el fin de mejorar la aplicación sobre moldes o paredes inclinadas e incluso verticales, se aplican a la resina sustancias tixotrópicas, tal como la sílice coloidal.

3.1.7. Disolventes

Sirven para ajustar la viscosidad del Gel-Coat y resina o la limpieza del utillaje, siendo la acetona y el acetato de etilo los más utilizados. Se ha reducido ostensiblemente, hasta prácticamente su desaparición, el uso de cloruro de metilo como disolvente.



3.2. MOLDEO POR CONTACTO O ESTRATIFICACIÓN

Técnica directa donde el operador, partiendo de resinas y materiales de refuerzo, los asocia para darles la forma deseada.

Se trabaja en frío, salvo en la fabricación de perfiles, en la que hilos impregnados por inmersión en cuba con resina son trenzados y posteriormente prensados en caliente.

Las operaciones sucesivas para la estratificación en frío son:

1. Aplicación del Gel-Coat, de forma general mediante pulverización, o manual con brocha, sobre el modelo.
2. Secado.
3. Aplicación de la resina, en modelo, mediante rodillo o pulverización.
4. Colocación de la tira o manta de la fibra de vidrio e impregnación de la misma con resina o bien aplicación de ambas por proyección.
5. Laminación o aplicación del rodillo sobre el conjunto fibra-resina hasta conseguir una superficie libre de burbujas.
6. Secado.
7. Realización de las tres últimas operaciones hasta conseguir el espesor deseado de la pieza.

Las reacciones que se producen durante el endurecimiento son exotérmicas.

3.2.1. Características de los puestos de trabajo

Dependiendo de las piezas a fabricar, las empresas disponen de caballetes, bidones, mesas, etc. donde colocan el molde para realizar el proceso descrito. Por consiguiente, el trabajador debe desplazarse a las distintas mesas para efectuar las siguientes aplicaciones una vez realizado el secado. En el caso de piezas voluminosas o pesadas se le provee de carretilla móvil y, en muchos casos, oscilante sobre su eje longitudinal para hacer bascular la pieza, de forma que el trabajador se desplaza alrededor del molde.



Foto 3. Aplicador manual



Dado el tipo productivo, se requiere mucho espacio, no sólo por el sistema de fabricación sino porque las piezas, una vez acabada la última operación, deben permanecer en espera para realizar el desmoldeo hasta la finalización de las reacciones químicas y obtención de la consistencia requerida.

Asimismo, y dada la diversidad de productos fabricados, nos podemos encontrar con que la laminación se realiza o bien con el operario situado frente a la pieza a recubrir, o bien en el interior de la misma (por ejemplo depósitos, iglúes, etc.).

Cada empresa tiene dispuesta una zona donde se realiza la limpieza de rodillos, brochas, etc., así como el ajuste de la viscosidad mediante acetona o acetato de etilo. En dicha zona los bidones, latas, productos de desecho impregnados, etc. están abiertos, siendo una fuente de emisión de los distintos contaminantes. En general, la zona no dispone de un sistema de ventilación forzada.

En el diseño de las instalaciones no se suele tener en cuenta la sectorización de la nave, además de una buena instalación de ventilación y renovación de aire mediante líneas de suministro de aire fresco.

3.2.2. Esquema del proceso de fabricación

El proceso de fabricación sigue en líneas generales el siguiente esquema:

1. Limpieza de los moldes mediante trapo con el fin de eliminar el posible polvo depositado.
2. Encerado manual del molde para facilitar el desmoldeo.
3. Pintado del molde, bien de forma manual a brocha o mediante pulverización a pistola, generalmente en cabina independiente provista con aspiración forzada.
4. Laminación manual con brocha y rodillo de fibra o metálico, donde la fibra de vidrio impregnada de resina se compacta hasta expulsar las bolsas o burbujas de aire, realizándose tantas operaciones de laminado entre secado y secado como requiera el espesor deseado de la pieza.
5. En piezas de mayores superficies se recurre al sistema de proyección simultánea en el que mediante pistola accionada por aire comprimido se aplican simultáneamente la resina y el hilo cortado de fibra de vidrio.
6. Secado final de la pieza con su molde, en muchos casos, en cabina cerrada y calefactada.
7. Desmoldeo de la pieza con ayuda de cuñas plásticas, martillos de goma, gatos, etc.
8. Mecanizado de la pieza, donde se realiza el corte de las rebabas por medio de herramienta neumática y disco de diamante. Esta sección, en la mayor parte de los casos, está situada en zona independiente y dispone de algún tipo de aspiración forzada no bien diseñada. Los trabajadores van provistos de adaptador facial y filtro con ventilación asistida (UNE EN 138 y UNE EN 269).

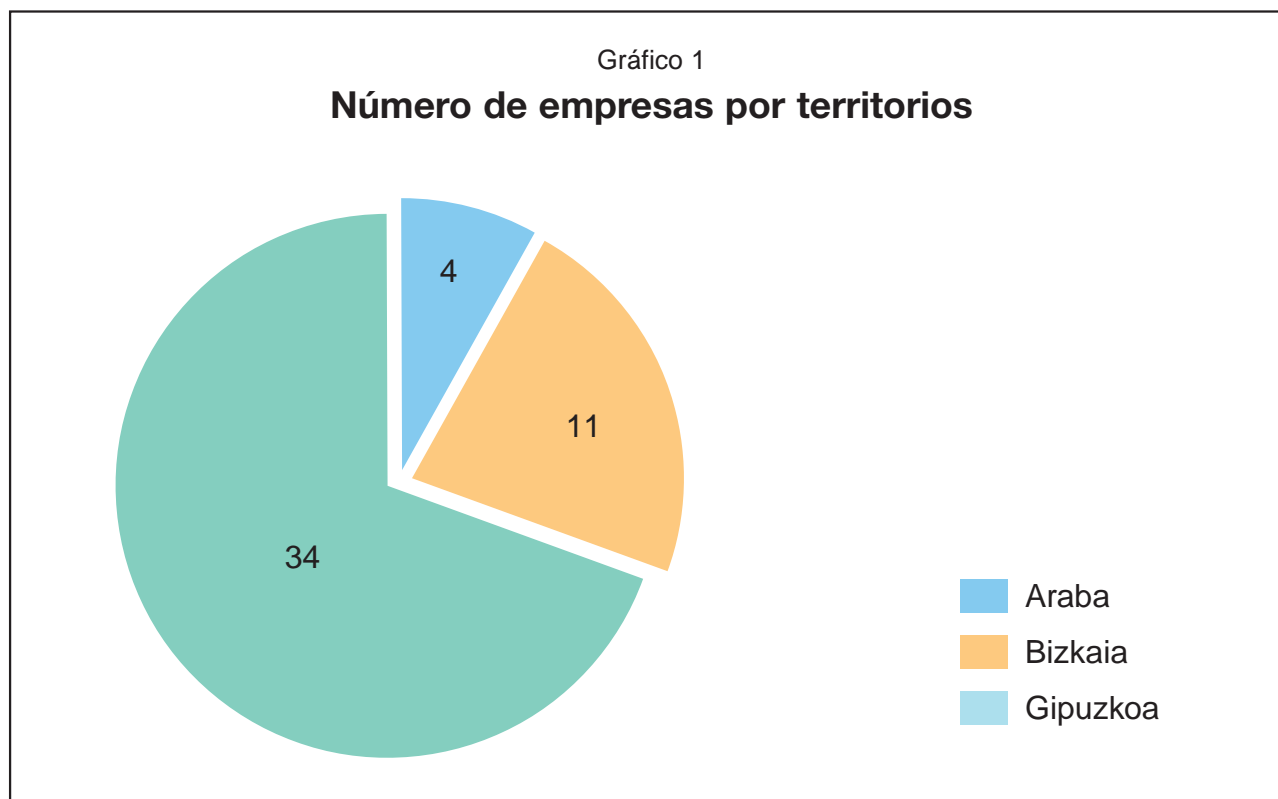


Foto 4. Aplicador manual a pistola

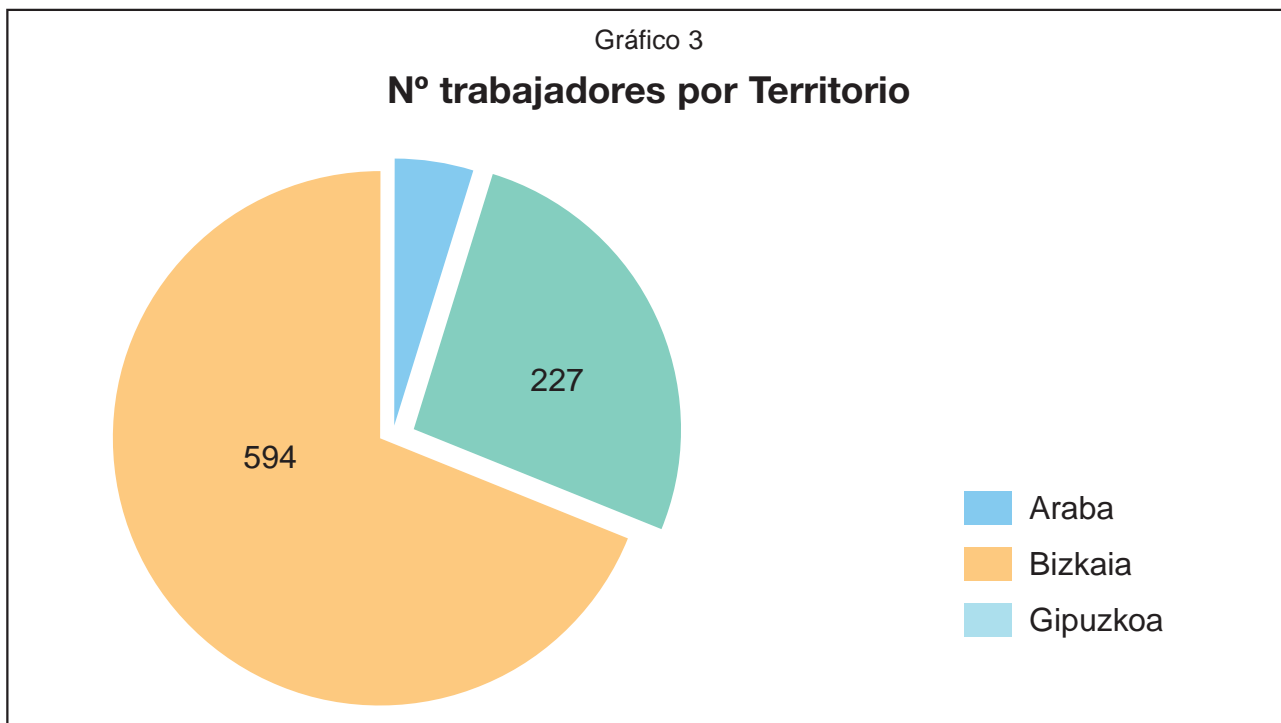
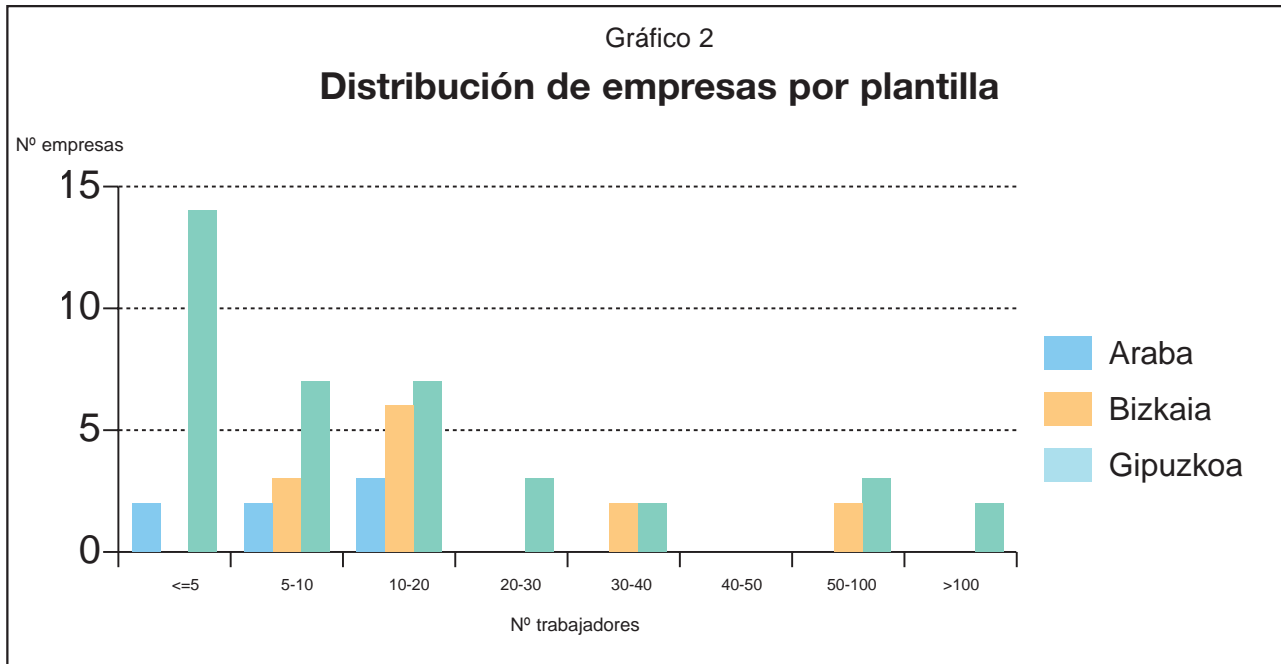
4. POBLACIÓN EXPUESTA EN LA CAPV

En este estudio únicamente se ha tenido en cuenta la exposición de los trabajadores a estireno en empresas cuya actividad principal es la fabricación de piezas o elementos de resina de poliéster reforzado.

El número total de empresas visitadas en la C.A.P.V. ha sido 49, repartidas en los tres Territorios históricos según se muestra en el Gráfico 1.



En general, las empresas pertenecen al grupo de pequeña y mediana empresa y una distribución de las mismas por número de trabajadores se puede ver en el Gráfico 3.



El número total de trabajadores ocupados en estas empresas era de 862, repartidos entre los tres Territorios según se muestra en el Gráfico 2, de los cuales se consideran expuestos a estireno un total de 678 trabajadores. El resto, 184 trabajadores, no está expuesto a estireno o su exposición es esporádica, por lo que se considera que el riesgo por exposición a estireno es despreciable.

5. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Para realizar la evaluación de las condiciones higiénicas por exposición a estireno de los puestos de trabajo se han utilizado dos sistemas que son complementarios:

5.1. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AMBIENTAL

Consiste en realizar tomas de muestra de estireno en la zona de respiración de los trabajadores de las que posteriormente se obtendrán las concentraciones de estireno que están inhalando. Estas concentraciones se comparan con los valores de referencia fijados para el estireno para evaluar si la exposición de los trabajadores es conforme (no existe riesgo) o no.

5.1.1. Valores Límite Ambientales

Como valores de referencia se han utilizado los fijados en el "Documento de Límites de Exposición Profesional para agentes químicos" para el año 1999 del INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Estos valores aparecen sin modificación en el documento correspondiente a 2001-2002. Estos valores son los que aparecen en la Tabla 2.

Tabla 2

EINECS	CAS	AGENTE QUÍMICO	LÍMITES ADOPTADOS				Notas
			VLA-ED		VLA-EC		
			ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
202-851-5	100-42-5	Estireno (monómero)	20	86	40	172	VLB

5.2. CONTROL BIOLÓGICO

Debe considerarse complementario de la evaluación ambiental. En este caso, se considera necesaria su realización al existir la posibilidad de entrada al organismo por vía dérmica, además de la vía respiratoria habitual.

5.2.1. Valores Límite Biológicos

Se han considerado como valores límite biológicos de referencia los establecidos por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) para el año 1999, al no estar incluidos los Valores Límite Biológicos en el documento del INSHT anteriormente citado. Estos valores se indican en la Tabla 3.



Tabla 3

AGENTE QUÍMICO	INDICADOR	VLB mg/g creatinina	MOMENTO DE MUESTREO	Notas
Estireno	Ácido mandélico en orina	800	Al final de la jornada laboral	Ns
		300	Antes de la siguiente jornada laboral	Ns
	Ácido fenilglioxílico en orina	240	Al final de la jornada laboral	Ns
		100	Antes de la siguiente jornada laboral	Ns

Ns: Indica que el determinante es inespecífico, puesto que puede encontrarse después de la exposición a otros agentes químicos

En el curso de la realización del proyecto, se publicó el "Documento de Límites de Exposición Profesional para agentes químicos" correspondiente al año 2000 del INSHT en el que se incluyeron Valores Límite Biológicos y entre ellos el del estireno. Este no coincidía con el utilizado hasta ese momento, por lo que el grupo decidió seguir utilizando los valores de la ACGIH para que los resultados fueran comparables.

Como información se indican los nuevos valores del INSHT en la Tabla 4.

Tabla 4

AGENTE QUÍMICO	INDICADOR	VLB mg/g creatinina	MOMENTO DE MUESTREO	Notas
Estireno	Ácido mandélico más Ácido fenilglioxílico en orina	600	Al final de la semana laboral	I

I: Indica que el determinante es inespecífico, puesto que puede encontrarse después de la exposición a otros agentes químicos

Como se puede observar, aunque los metabolitos son los mismos en ambos documentos, difieren en el VLB y el momento de la toma de muestra.

6. TOMA DE MUESTRAS

La determinación de la exposición de estireno, presente en los puestos de trabajo y que ejerce su acción toxicológica sobre la salud del trabajador, debe de llevarse a cabo de tal modo que los resultados sean representativos de la exposición del trabajador durante las operaciones que realiza a lo largo de su jornada y en las condiciones habituales de trabajo.

El procedimiento de evaluación y, concretamente, la estrategia de muestreo (el número, duración y oportunidad de las mediciones) se ha establecido siguiendo la normativa específica, Norma UNE-EN 689, "*Atmósferas en el lugar de trabajo, Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites y estrategia de la medición*"

Los métodos de toma de muestras y análisis empleados son los recogidos en las Normas UNE 81581, "*Calidad del aire. Atmósferas en los puestos de trabajo. Determinación de hidrocarburos aromáticos en aire. Método del tubo de carbón activo/desorción con disolvente/Cromatografía de gases*" y UNE 81750, "*Calidad del aire. Atmósferas en el lugar de trabajo. Determinación de estireno en aire. Método de muestreador pasivo por difusión/desorción con disolvente/Cromatografía de gases*" que responden a lo dispuesto en el artículo 5.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

El procedimiento de evaluación anteriormente referido fue complementado con el control biológico de los metabolitos –ácidos mandélico y fenilglioxílico– presentes en la orina del trabajador expuesto a la inhalación de los vapores del estireno presente en el entorno del puesto de trabajo. Para ello se tomaron muestras de orina recogidas en frasco de polietileno, al final del turno y antes del turno siguiente (doble muestra) según recomendación de la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) para el año 2000. Posteriormente modificada, recomendando la recogida de orina al final de la semana laboral. Se utilizó el método de toma de muestras y análisis MTA/MB-022/A95, "*Determinación de los ácidos fenilglioxílico, mandélico, hipúrico y orto y para-metilhipúrico en orina: Método de fase reversa con detector ultravioleta/cromatografía líquida de alta resolución*". Método ACEPTADO por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y que, asimismo, responde a lo dispuesto en el artículo 5.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

6.1. FUNDAMENTO DEL MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS

La muestra se recoge haciendo pasar una cantidad conocida de aire a través de un tubo relleno de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal, quedando los vapores de estireno adsorbidos sobre el carbón. Posteriormente se desorben con sulfuro de carbono y se analiza la disolución resultante en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

Para el caso del muestreo con el muestreador pasivo, éste se expone durante un periodo de tiempo determinado a los vapores del estireno presente en el aire. La muestra se recoge por un proceso físico conocido como difusión sin que precise un movimiento activo del aire a través del muestreador; es decir, no es necesaria la utilización de una bomba de muestreo personal.

6.2. APARATOS Y MATERIAL

Para la toma de muestra se utilizó una bomba de muestreo portátil de bajo caudal, capaz de mantener un funcionamiento continuo durante todo el tiempo de muestreo. El caudal de la bomba ha de



mantenerse constante dentro de un intervalo $\pm 5\%$. (Norma UNE-EN 1232. Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo).

La conexión de la bomba y el soporte con el tubo de carbón activo se realizó mediante tubo de plástico de longitud y diámetro adecuado y para su calibración al caudal requerido (0,2 litros/minuto) se utilizó un calibrador de burbuja de jabón.

Como tubos de muestreo se utilizaron tubos de vidrio conteniendo dos secciones de carbón activo separadas por una porción de espuma de poliuretano de 2mm. Fueron colocados verticalmente en la zona de respiración del trabajador (sujeto a la solapa). Finalizado el muestreo y cerrados los extremos con los tapones de polietileno, se enviaron al laboratorio para su análisis una vez etiquetados convenientemente para su identificación.

En el caso de utilización de muestreadores pasivos por difusión a través de membrana para estireno, el muestreo se realiza de igual manera exceptuando el empleo de la bomba de muestreo.

Igualmente, se realizaron muestreos mediante método de lectura directa con ayuda del detector colorimétrico de gases y con tubos de medición específicos para la determinación del estireno en el aire.



Foto 5. Equipo de toma de muestra

7. MÉTODOS ANALÍTICOS

7.1. DETERMINACIÓN DE ESTIRENO EN AIRE

Existen diferentes métodos analíticos para la determinación de estireno en aire, siendo los más utilizados los que utilizan la técnica de cromatografía de gases con detector de ionización de llama.

La evaluación ambiental se ha llevado a cabo utilizando para la captación de los vapores de estireno dos tipos de soporte:

- Muestreadores pasivos por difusión (dos cuerpos).
- Tubos de carbón activo de dos secciones de 100/50 mg.

Estos soportes son los que se recogen en las Normas UNE 81750, para los muestreadores pasivos, y UNE-81581 para los tubos de carbón activo. En ambos métodos, el contaminante se desorbe con sulfuro de carbono y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama. Las áreas de los picos obtenidos se comparan con las áreas obtenidas para distintos patrones y se determina la cantidad de estireno presente en la muestra. A partir de estos valores se calculan las concentraciones ambientales utilizando las constantes específicas del muestreador pasivo y/o el volumen de aire muestreado.

Procedimiento seguido

Las muestras se almacenaron a 4°C y se analizaron dentro de las dos semanas siguientes a su captación. Se desorbieron por separado los dos cuerpos del muestreador o las dos secciones del tubo con una solución de sulfuro de carbono que contenía 0,1 % de n-propilbenceno como patrón interno y se agitaron ocasionalmente durante al menos media hora. El extracto de sulfuro de carbono se inyectó en un cromatógrafo de gases HP5890 equipado con FID, inyector automático HP7673 e integrador-registrador HP-3390. Se utilizaron dos columnas, una columna capilar H-P Ultra 1 (metil silicona entrecruzada) de 25 m x 0,2 mm x 0,33 mm y una columna empaquetada de acero inoxidable 10 % FFAP 12 ft x 1/8" sobre CromosorbWAW 80/100 mesh. La identificación del pico y la cuantificación de la concentración de estireno se realizó en las dos columnas.



Foto 6. Cromatógrafo de gases



7.2. DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS FENILGLIOXÍLICO Y MANDÉLICO EN ORINA

La cromatografía líquida de alta presión y la cromatografía de gases son métodos específicos adecuados para la determinación de ácidos mandélico y fenilgloxílico en orina.

La determinación de los niveles de estos metabolitos en orina se ha llevado a cabo siguiendo el método MTA/MB – 022/A95 que utiliza la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con detector de ultravioleta. Las áreas de los picos obtenidos se comparan con las áreas obtenidas para distintos patrones y se determina la cantidad de ácido mandélico y ácido fenilgloxílico presente en la muestra.

Procedimiento seguido

Las muestras de orina se recogen en frascos de polietileno, se acidifican mediante adición de ácido clorhídrico hasta un pH = 1,0 y se conservan a -18°C en nevera hasta el momento de su análisis. Las muestras de orina se filtraron y se inyectaron en un cromatógrafo de líquidos HP 1050 equipado con detector ultravioleta, utilizando una columna Hypersil ODS (Δ 4,6 mm x 200 mm). La detección del ácido fenilgloxílico se llevó a cabo a una λ = 245 nm, mientras que el ácido mandélico se detectó a λ = 225 nm. La concentración de los citados ácidos en cada una de las muestras, expresada en gramos por litro de orina, se determina directamente por interpolación del área de pico obtenida en la curva de calibración correspondiente a cada compuesto.

7.3. DETERMINACIÓN DE CREATININA EN ORINA

Los indicadores biológicos medidos en orina se analizan habitualmente en muestras puntuales tomadas en momentos determinados. Sin embargo la medida cuantitativa de la exposición a partir de estas muestras puntuales puede verse afectada por la variabilidad en la producción de orina debido a factores como la ingestión de líquidos, la temperatura excesiva, la carga de trabajo, el consumo de medicamentos, etc., que pueden producir efectos de concentración o dilución de la orina y afectar así al resultado de los indicadores. Por esta razón es necesario corregir estos resultados, refiriéndolos a la concentración de alguna sustancia con mecanismo de excreción renal similar al compuesto de interés y cuya eliminación se mantenga razonablemente constante a lo largo del tiempo. Se suelen referir los resultados de los indicadores a la concentración de creatinina medida en la misma muestra, expresándose los resultados en peso del indicador por unidad de peso de creatinina.

La determinación de creatinina en las muestras de orina se ha llevado a cabo mediante cromatografía de líquidos en fase reversa con detector de ultravioleta. Las áreas de los picos obtenidos se comparan con las áreas obtenidas para distintos patrones y se determina la cantidad de creatinina presente en la muestra.

Procedimiento seguido

Las muestras de orina se recogen en frascos de polietileno, se acidifican mediante adición de ácido clorhídrico hasta un pH = 1,0 y se conservan a -18°C en nevera hasta el momento de su análisis. Las muestras de orina se filtraron y se inyectaron en un cromatógrafo de líquido, utilizando una columna Spherisorb ODS (Δ 4,6 mm x 150 mm). La detección de la creatinina se llevó a cabo a una λ = 235 nm. La concentración de creatinina en cada una de las muestras, expresada en gramos por litro de orina, se determina directamente por interpolación del área de pico obtenida en la curva de calibración correspondiente.



Foto 7.- Cromatógrafo líquido-líquido

8. TOXICOLOGÍA DEL ESTIRENO

8.1. VÍAS DE PENETRACIÓN

Respiratoria:

La exposición humana a estireno se produce principalmente por inhalación.

Oral:

Por ingestión accidental de estireno líquido.

Cutánea:

A través del contacto con la piel cuando está en estado líquido.

8.2. DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO EN EL ORGANISMO

Tras la exposición por inhalación, la cantidad de estireno absorbido corresponde a un 60 a 70% de la dosis inhalada. Varía en función de los individuos y de las características de la ventilación pulmonar durante la exposición.

La velocidad de absorción cutánea es mayor que la del resto de los hidrocarburos aromáticos simples (12 mg/cm²/h).

El estireno satura el organismo rápidamente (en 30-40 minutos). El 85% del estireno inhalado y retenido en el organismo, se metaboliza fundamentalmente en el hígado. En menor cantidad, en el tejido muscular y en el pulmón.

Cierta cantidad de estireno se fija sin metabolizar en el tejido adiposo subcutáneo y es susceptible de ser movilizada.

El estireno es oxidado en el hígado por la acción de las oxidasas de función mixta-Citocromo P450 dependientes, transformándose en epoxi-7,8-estireno, altamente reactivo. Éste es hidrolizado y se transforma en estirenoglicol, en presencia de un sistema generador de NADPH. Este metabolito se oxida después, formándose ácido mandélico.

Cuando la exposición es intensa (más de 100 p.p.m.), la concentración in vivo de ácido mandélico es suficiente para estimular otra vía de transformación: La descarboxilación del ácido mandélico en alcohol bencílico, precursor del ácido hipúrico.

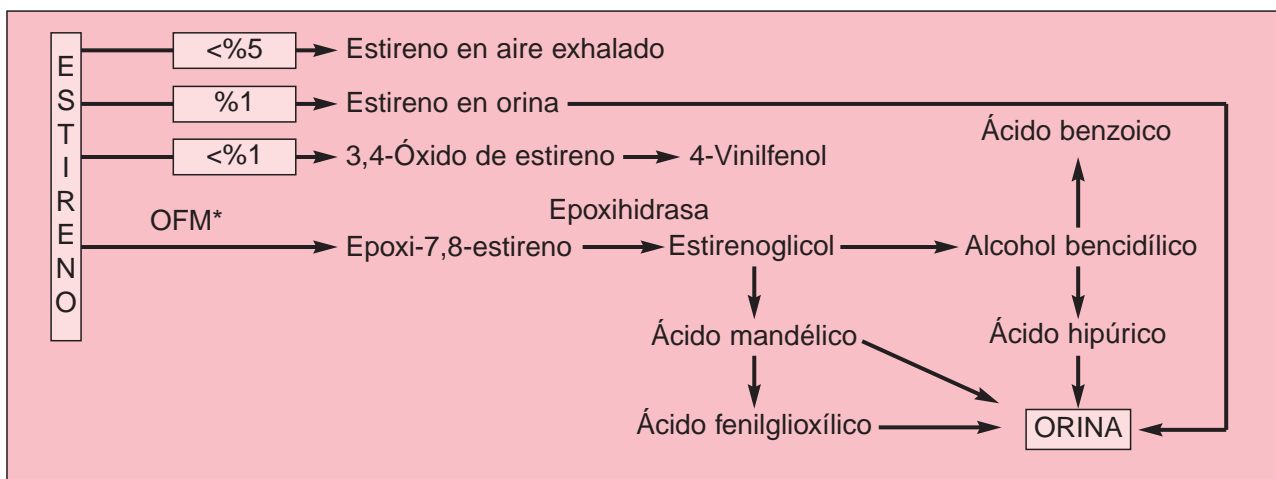
Menos del 1% de estireno se oxida en el anillo aromático dando 3,4-óxido de estireno, convirtiéndose éste en 4-vinilfenol.

8.3. VÍAS DE ELIMINACIÓN DEL ESTIRENO ABSORBIDO Y FACTORES QUE INFLUYEN EN SU METABOLISMO

El estireno se elimina con rapidez (el 85% en 24 horas). Menos del 5% del estireno absorbido se elimina como tal en el aire exhalado. En el hombre, el ácido mandélico, o se excreta como tal en la orina, o continúa oxidándose a ácido fenilglioxílico, que también se excreta por vía renal.



Esquema 1. Metabolismo del estireno



*Oxidasas de función mixta

La vida media del ácido fenilgloxílico en orina (alrededor de 9 horas) es mayor que la del ácido mandélico (alrededor de 4 horas), y está en función de la intensidad de la exposición. En el hombre expuesto durante 8 horas a vapores de estireno, aproximadamente el 85% de la dosis absorbida se elimina como ácido mandélico y el 10% como fenilgloxílico. El 4-vinilfenol también se elimina por vía renal.

Algunos medicamentos u otros productos industriales pueden interferir en el metabolismo del estireno:

En las ratas, el tratamiento con Fenobarbital aumenta el metabolismo del estireno a óxido de estireno.

La exposición simultánea con fenilglicol y/o etilbenceno aumenta la eliminación de ácido mandélico.

El consumo de alcohol retrasa varias horas la metabolización del estireno y como consecuencia, la eliminación de sus metabolitos.

8.4. EFECTOS SOBRE LA SALUD

8.4.1. Intoxicación aguda

En la industria, el riesgo de intoxicación aguda por estireno puede presentarse como resultado de una operación errónea o mal planteada.

a) Por ingestión accidental. La ingestión de estireno produce:

- Alteraciones digestivas: fuerte irritación del tracto gastrointestinal, con dolores abdominales, náuseas, vómitos y diarreas. Estas alteraciones se deben al poderoso poder irritante del estireno sobre las mucosas.
- Depresión del sistema nervioso central.

b) Por inhalación

La intoxicación aguda en la industria se debe, en la mayor parte de las ocasiones, a la inhalación de vapor de estireno. Los vapores de estireno pueden causar intoxicación aguda, con síntomas iniciales tales como:

- Irritación nasal, con sensación de picazón.
- Irritación de boca.
- Irritación de garganta.



- Irritación del tracto respiratorio.

Posteriormente produce una acción sobre el sistema nervioso con una primera fase con síntomas prenárcóticos: cefaleas, vértigos, incapacidad de concentración, fatiga y alargamiento del tiempo de reacción.

A 800 ppm, aparecen signos de somnolencia.

En exposiciones superiores a 1500 ppm sin protección, aparecen en pocos minutos alteraciones del equilibrio seguidas de un coma. Puede producirse la muerte por parálisis de los centros respiratorios.

Otros efectos de tipo agudo tienen lugar en:

- La piel: El contacto de la piel con el estireno líquido da lugar a dermatosis de irritación (piel seca y escamosa), como consecuencia de su acción desengrasante y desecante. En animales de experimentación se ha visto que la irritación cutánea puede ser lo suficientemente intensa como para causar ampollas y necrosis tisulares.
- Los ojos: Irritación de la conjuntiva ocular con enrojecimiento e hipersecreción lacrimal (conjuntivitis), que desaparece al cabo de dos o tres días sin dejar secuelas.

8.4.2. Intoxicación crónica

- a) Por inhalación: La intoxicación crónica se produce por inhalación constante y diaria del vapor del estireno que se esparce en el ambiente de trabajo. Puede producir:

Irritación de vías respiratorias altas: por el efecto irritante del estireno sobre la mucosa del árbol respiratorio, produciéndose:

- Picazón de nariz a una concentración de 50 ppm. En las exposiciones crónicas, el organismo se va habituando y se reduce esta sensación.
- Tos.
- Sibilancias intratorácicas.
- Cuadros catarrales.
- La sintomatología respiratoria no se acompaña de signos radiológicos ni de alteraciones objetivas de los test de función pulmonar (espirometrías).

Alteraciones digestivas: Pérdida de apetito, náuseas y astenia (decaimiento). Estos síntomas se dan con más frecuencia en aquellos sujetos que padecen alteraciones digestivas, tales como úlcus gástrico, hernia de hiato y gastritis.

Efectos neurotóxicos:

Como ya se ha indicado en el apartado de intoxicación aguda, el estireno ejerce una acción depresiva sobre el sistema nervioso central, apareciendo, en principio, fatiga, cefaleas (dolor de cabeza) y somnolencia. Estos efectos aparecen a concentraciones relativamente bajas (20 p.p.m.)

Si las exposiciones varían entre 25 y 50 p.p.m. de estireno, aparecen leves alteraciones de la memoria.

Cuando la concentración se aproxima a las 100 p.p.m., produce alteraciones del equilibrio con sensación de vértigo.

Estudios recientes demuestran que el estireno provoca una disminución de la velocidad de conducción nerviosa periférica (sobre todo sensitiva).

Otros efectos:

- Leucopenias (déficit de leucocitos) y anemias ligeras, rápidamente reversibles. En ocasiones el cuadro es contrario: Anemia con leucocitosis y trombopenia (déficit de trombocitos).
- Está considerado como alterador endocrino (sustancia que interfiere en los sistemas hormonales de seres humanos y animales).
- Es sospechoso, como otros disolventes, de ser responsable de tumores de tejidos linfáticos y hematopoyéticos aunque, en la actualidad, no está considerado como agente carcinógeno.



b) Por vía dérmica:

El estireno es poco alergénico; sin embargo, puede facilitar la penetración de sustancias alergénicas que se utilizan en la fabricación de materias plásticas.

El desecamiento crónico de la piel puede llegar a producir grietas y fisuras con infección posterior.

9. CONTROL MÉDICO PREVENTIVO DE LOS TRABAJADORES

El control médico preventivo se consigue, en principio, mediante el EXAMEN MÉDICO PREVIO, si es la primera vez que trabaja en la empresa, encaminado a detectar los sujetos susceptibles a una exposición a estireno. El examen se efectuará antes, o en los 15 primeros días del comienzo del trabajo (exposición) y constará de:

Historia laboral detallada del candidato/a al puesto de trabajo, prestando especial atención a posibles exposiciones anteriores a estireno. Asimismo se valorará cualquier exposición anterior a otros tóxicos que afecten al sistema hematopoyético, sistema nervioso, riñón e hígado, tales como: mercurio, fósforo, cadmio, plomo, otros disolventes, etc.

- Historia clínica: Antecedentes personales: enfermedades, intervenciones quirúrgicas, accidentes, etc., remarcando la patología hematológica, neurológica, hepática y renal, órganos diana donde se pueden reflejar los síntomas de toxicidad del estireno.
- Antecedentes familiares.
- Hábitos personales: consumo de tabaco, consumo de alcohol, consumo de medicamentos u otras drogas.
- Exploración clínica específica, prestando especial atención a la exploración de:
 - El estado general y sobre todo la higiene general del/de la trabajador/a (estado de nutrición).
 - La existencia de signos de alteración hematológica.
 - La función respiratoria, evaluando la función ventilatoria nasal y pulmonar, en el caso de prever la necesidad de utilizar equipos respiratorios de protección personal.
 - La tensión arterial y la auscultación cardiaca.
 - El embarazo existente o la sospecha de embarazo.
- Control biológico y estudios complementarios específicos
- Hemograma.
- Pruebas hepáticas: transaminasas, gamma-GT, bilirrubina total y directa, fosfatasa alcalinas y ácidos biliares.
- Pruebas renales: creatinina sérica y densidad anormales y sedimento en orina.

El especialista encargado de la vigilancia de la salud, se verá inclinado a desaconsejar el empleo de un sujeto en un puesto de trabajo que le exponga al riesgo de estireno, una vez comprobados los resultados clínicos y paraclínicos. En suma, la ausencia de contraindicaciones será lo que constituya un "estado de aptitud".

Serán declaradas "aptas" aquellas personas cuyo examen clínico completo no revele ningún signo de intoxicación por estireno ni alteración orgánica seria.

Temporalmente, serán declaradas "no aptas" las mujeres embarazadas o en período de lactancia, durante todo el período de gestación o lactancia.

Serán declaradas "no aptas" aquellas personas cuyo examen clínico completo revele alteraciones importantes del sistema nervioso central, hepático y renal o alteraciones orgánicas serias, relacionadas o no con una exposición anterior a estireno y, que pudieran agravarse con una nueva exposición.



9.1. EXAMEN DE ADAPTACIÓN AL TRABAJO

El examen de adaptación al trabajo se realizará a los dos meses del ingreso para comprobar la adaptación del trabajador al puesto de trabajo.

El reconocimiento de adaptación al trabajo comprenderá el examen hematológico previsto para los reconocimientos previos.

Los trabajadores cuyo examen clínico completo no revele ningún signo de intoxicación por estireno, ni ninguna alteración orgánica seria, serán declarados aptos.

Serán declaradas "no aptas" aquellas personas cuyo examen clínico completo revele alteraciones importantes del sistema nervioso central, hepático y renal o alteraciones orgánicas serias, relacionadas con la exposición a estireno y, que pudieran agravarse con una nueva exposición.

9.2. EXAMEN ESPECÍFICO PERIÓDICO

Se practicará cada año, o con una periodicidad ajustada al nivel de riesgo, a juicio del especialista encargado de la vigilancia de la salud.

Se realiza con el fin de detectar precozmente aquellas alteraciones que puedan sufrir los trabajadores expuestos a estireno y su prevención. Para ello, será necesario realizar como en los exámenes anteriores, una historia clínico-laboral detallada y una exploración clínica y analítica de los órganos y aparatos sobre los que puede actuar el estireno. El examen será el mismo que el previo, con una variación: el control biológico y los estudios complementarios específicos del estireno:

- Determinación de ácido mandélico + ácido fenilglioxílico en orina.
- Determinación de ácido mandélico en orina.
- Determinación de ácido fenilglioxílico en orina.
- Determinación de estireno en sangre venosa.

Los trabajadores cuyo examen clínico completo no revele ningún signo de intoxicación por estireno, ni ninguna alteración orgánica seria, serán declarados "aptos".

Si la recogida y el almacenamiento de las muestras han sido correctos y se superan los valores límite biológicos (VLB), los trabajadores se considerarán aptos para su trabajo, con una vigilancia estricta y a la espera de un nuevo examen clínico al cabo de dos meses.

Serán declaradas "no aptas", aquellas personas cuyo examen clínico completo revele alteraciones importantes del sistema nervioso central, hepático y renal o alteraciones orgánicas serias, relacionadas con la exposición a estireno y, que pudieran agravarse con una nueva exposición.

Temporalmente, las mujeres embarazadas o en período de lactancia serán consideradas "no aptas" durante todo el período de gestación o lactancia.

9.3. EXÁMENES A DEMANDA DEL TRABAJADOR

Se realizarán exámenes a demanda del trabajador cuando aparezcan trastornos que puedan deberse a este tipo de trabajo.

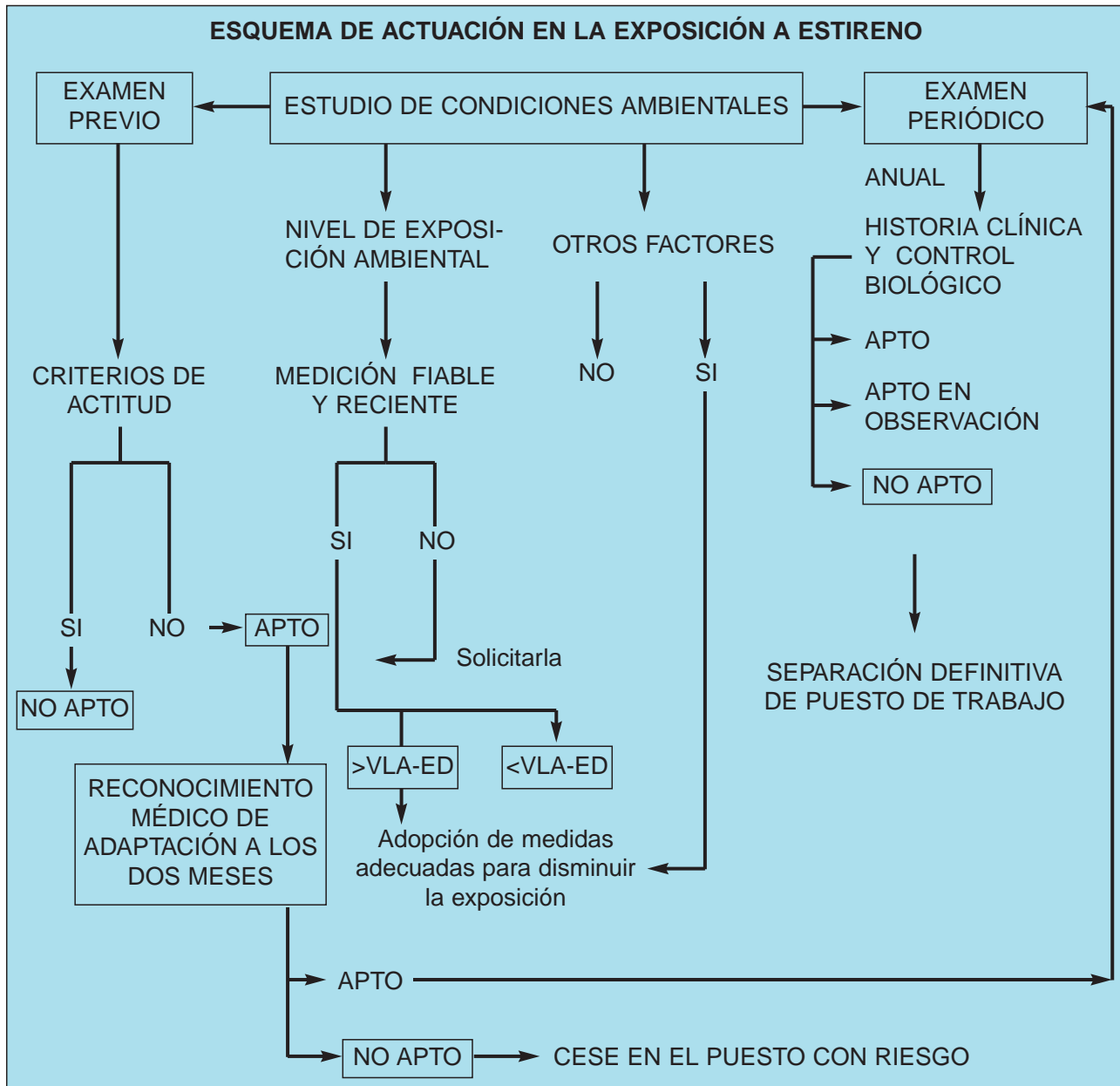
De conformidad con los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, la educación sanitaria irá dirigida a todos los trabajadores expuestos a estireno.

Se les facilitará información y formación detallada sobre:

- Los riesgos potenciales del estireno y de los productos que lo contengan.
- Las precauciones a observar durante el trabajo.
- La importancia del perfecto funcionamiento de las medidas correctoras impuestas a la instalación, para limitar las emanaciones de estireno.
- Las medidas higiénico-preventivas a adoptar.
- La obligación de poner inmediatamente en conocimiento del responsable de la instalación, cualquier anomalía observada en el funcionamiento de los aparatos extractores de vapores.



- Los medios de protección personal de uso obligatorio.
- Las normas para la prestación de primeros auxilios.
- La conveniencia o importancia de formular sugerencias para mejorar el ambiente de trabajo.



10. RESULTADOS

Entre los años 1999 y 2001 se ha realizado la evaluación del riesgo por exposición a estireno de 678 trabajadores de toda la CAPV.

Para evaluar el riesgo se llevaron a cabo dos controles sobre los trabajadores expuestos: uno ambiental y otro complementario, el biológico.

10.1. CONTROL AMBIENTAL

Para evaluar la exposición ambiental se estudiaron las tareas realizadas por los trabajadores y se agrupó a los trabajadores que realizaban tareas idénticas en grupos homogéneos con la misma denominación de puesto de trabajo. De cada uno de los grupos se escogieron algunos trabajadores como elementos representativos del grupo, considerando que las condiciones de la exposición eran similares y se les efectuaron tomas de muestra representativas de las condiciones de exposición a vapores de estireno. Las concentraciones obtenidas se utilizaron para evaluar el riesgo. El número total de trabajadores muestreados fue de 137.

El resultado de la evaluación ambiental fue el siguiente:

- El 57% del total de trabajadores muestreados supera el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED).
- El 19% del total supera el valor límite ambiental de corta exposición (VLA-EC).
- Únicamente un 43% se encuentra por debajo del VLA-ED y, por tanto, expuesto a un riesgo asumible.

Este resultado se muestra de forma gráfica en el Gráfico 4

10.2. CONTROL BIOLÓGICO

Como complemento del control ambiental se realizó un control biológico de dos metabolitos (ácido mandélico y ácido fenilglioxílico) del estireno que aparecen en la orina de los trabajadores expuestos. Este control biológico sirve para confirmar la exposición a estireno. Los resultados globales se pueden ver en los gráficos adjuntos (Gráfico 5).

Según estos resultados:

- El 44% de los trabajadores expuestos trabajan en condiciones de exposición inadecuadas y desfavorables (exposición con riesgo), lo que corrobora los resultados obtenidos en la evaluación ambiental.

Aunque no se puede utilizar el valor límite biológico nuevo fijado en el "Documento de Límites de Exposición Profesional" porque el momento de la toma de muestra es distinto, hemos efectuado una valoración de la exposición basada en la aplicación del nuevo criterio a los datos que teníamos. El resultado obtenido es el siguiente:

- Un 32,6% de los trabajadores expuestos está por encima del valor límite biológico fijado para la exposición a estireno (ver Gráfico 6). Este porcentaje es algo inferior al obtenido con el procedimiento de la ACGIH; pero no presenta una gran discrepancia.

11. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se deduce que:

- La mayoría de los trabajadores de este tipo de industria superan los niveles de referencia para la exposición a estireno.
- Los puestos más problemáticos son: Aplicador a pistola (o proyección de resina) y proyección simultánea, seguido por el puesto de aplicador manual (o moldeo) y puesto mixto. El puesto denominado mixto es un puesto en el que el trabajador desarrolla todas las tareas correspondientes a todos los puestos de fabricación. (Gráfico 2)
- Las condiciones de trabajo en estas empresas distan bastante de ser las idóneas, circunstancia previsible según se ha comentado anteriormente.
- Para mejorar estas condiciones deberán aplicarse las medidas indicadas en el siguiente apartado mejorando sensiblemente la ventilación general de los centros de trabajo y la aspiración localizada. Esta mejora deberá ir acompañada de un buen mantenimiento de estas instalaciones, pues se ha comprobado que la resina utilizada obstruye las entradas y disminuye la sección de los conductos de aspiración y compromete su eficacia en poco tiempo.
- No hay que olvidar la mejora de la organización del trabajo para mejorar las condiciones de los trabajadores, principalmente evitando que trabajadores que no trabajan en la aplicación de la resina estén expuestos a vapores de estireno generados en otros puestos.
- Es obligatorio realizar reconocimientos médicos específicos para vigilar la salud de estos trabajadores.

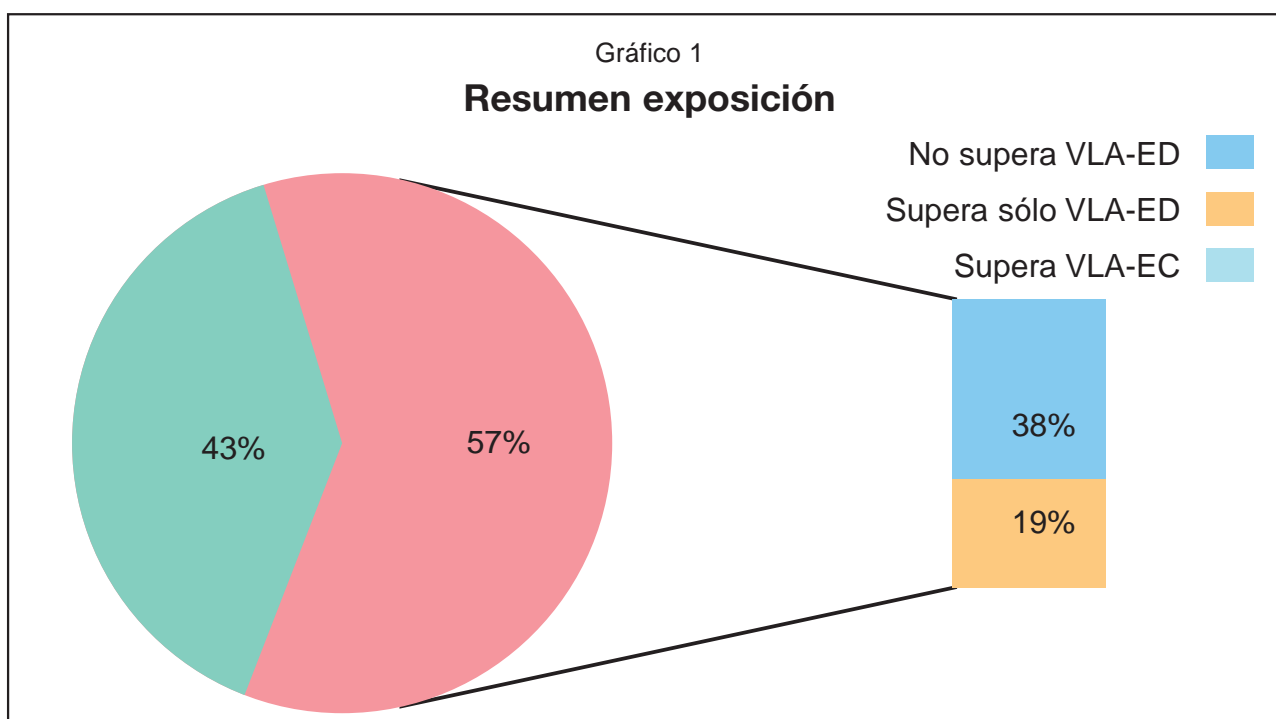




Gráfico 2
Concentración ambiental

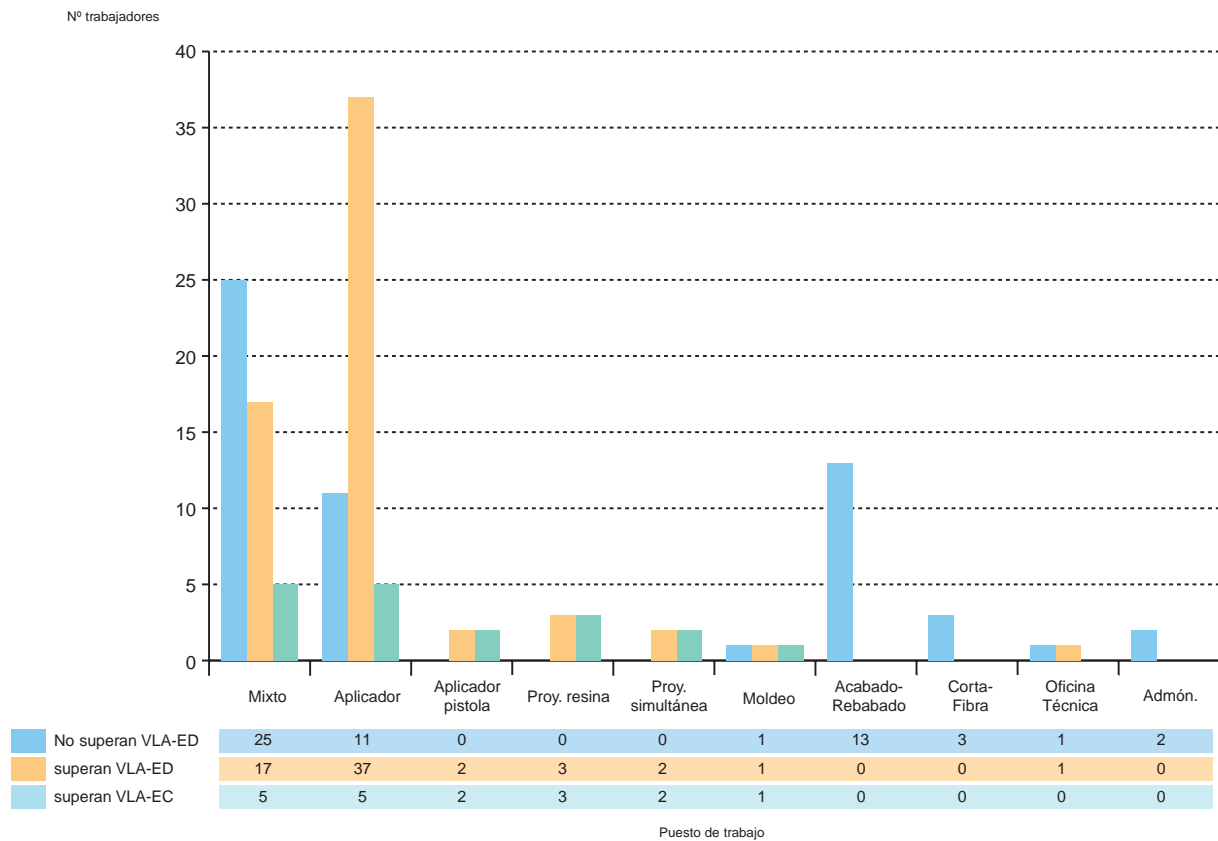


Gráfico 3
Ácido mandélico (Al final de la jornada)

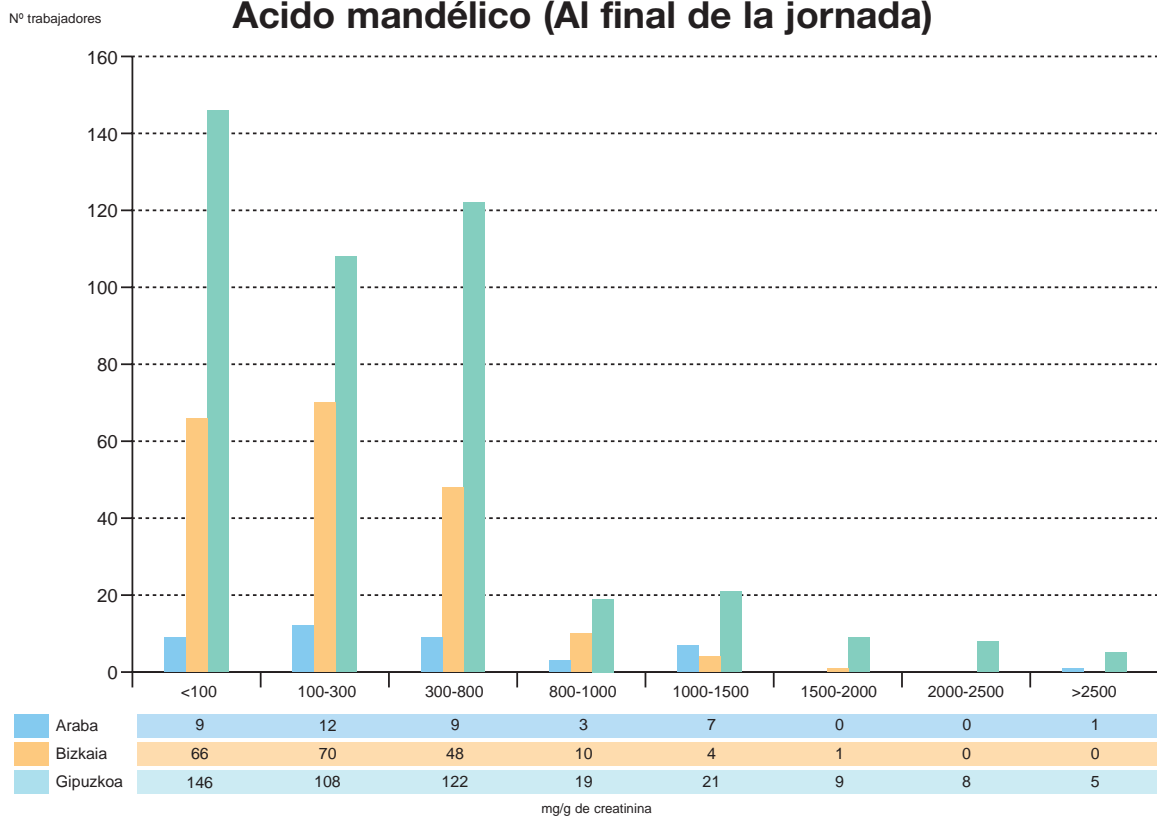




Gráfico 4

Ácido mandélico (Antes de la jornada siguiente)

Nº trabajadores

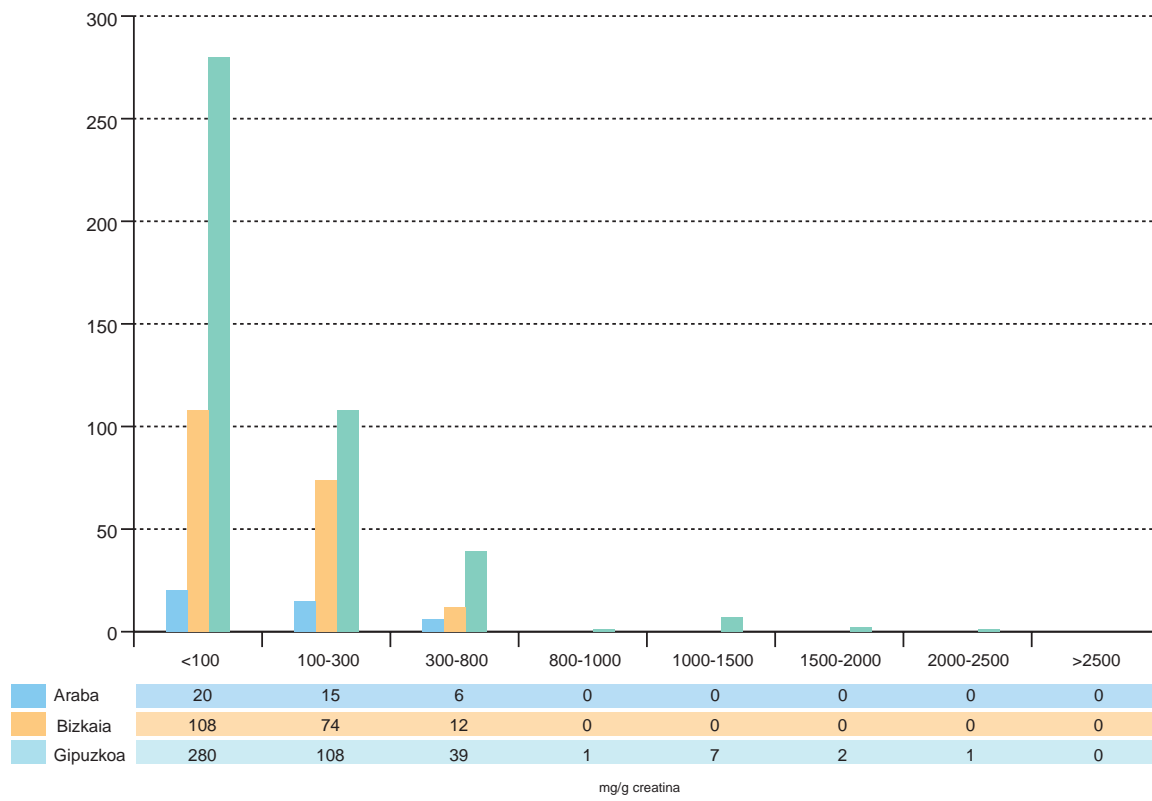


Gráfico 5

Ácido fenilgloxílico (Al final de la jornada)

Nº trabajadores

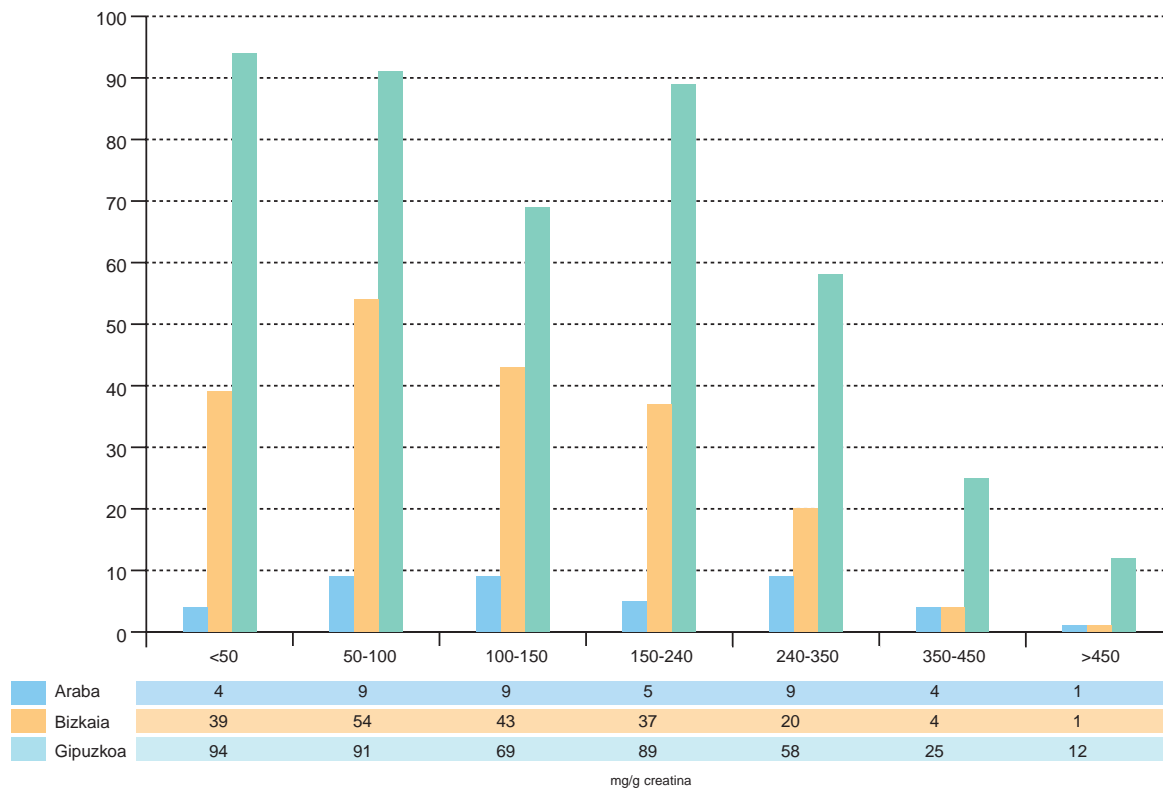




Gráfico 6
Ácido fenilglioxílico (Antes de la jornada siguiente)

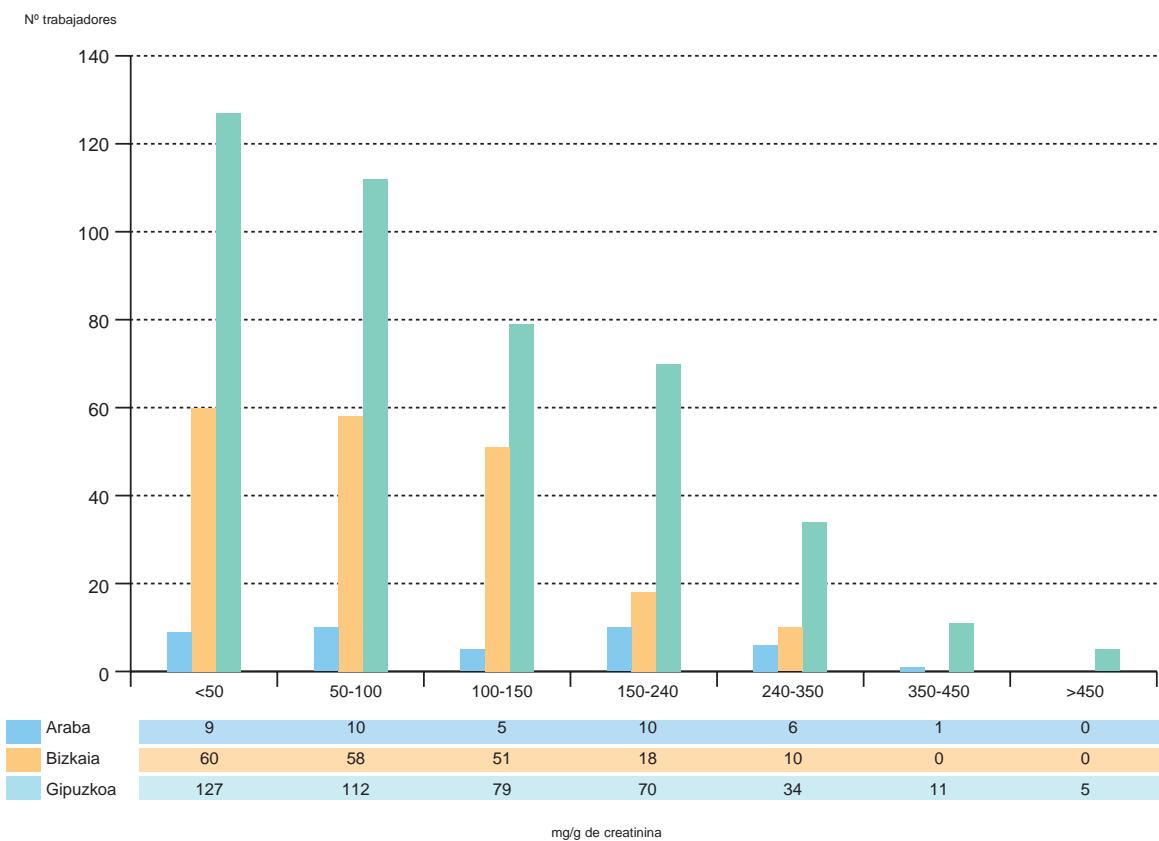
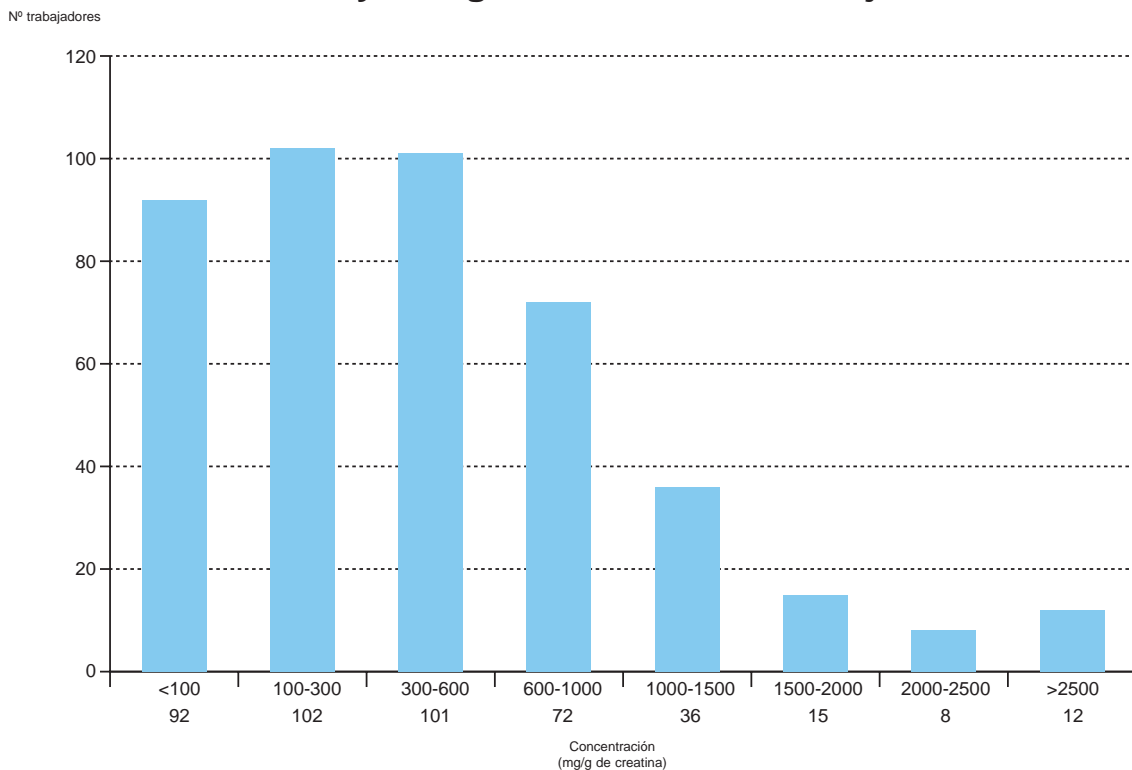


Gráfico 7
Á. Mandélico y fenilglioxílico al final de la jornada



12. RECOMENDACIONES DE HIGIENE INDUSTRIAL

"Los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en trabajos en los que haya actividad con agentes químicos peligrosos se eliminarán o reducirán al mínimo". Art.4, RD 374/2001. Agentes químicos.

La diversidad de piezas de poliéster reforzado que se fabrican, la complejidad de sus formas en numerosas ocasiones y la cuasi artesanal forma de fabricación de las mismas hacen que la eliminación del riesgo de inhalación de los vapores desprendidos durante la aplicación de la resina de estireno sea verdaderamente difícil de conseguir. A ello hay que añadir el intenso olor causado por este contaminante (delata su presencia aún en concentraciones mucho menores que el valor de referencia establecido, VLA-ED = 20 p.p.m.) que hace permanente su presencia en el ambiente laboral, consiguiendo inducir, incluso psicológicamente, malestar entre los trabajadores dedicados a esta actividad.

Teniendo en cuenta la dificultad de sustitución, tanto del agente como del proceso de fabricación empleado, las medidas de prevención a aplicar irán principalmente dirigidas a la instalación de sistemas de ventilación –aspiración u otras medidas de protección colectiva– aplicadas preferentemente en el origen del riesgo, así como otras medidas adecuadas de organización del trabajo.

Cuando las medidas anteriores sean insuficientes y la exposición o contacto con el agente no pueda evitarse por otros medios, será necesario la aplicación de medidas de protección individual, acordes con lo dispuesto en la normativa sobre utilización de equipos de protección individual (EPIs).

12.1. SISTEMAS DE VENTILACIÓN

El principio de ventilación debe garantizar que las vías respiratorias se encuentren en zona de aire limpio. Para ello, se utilizan estas técnicas, bien de forma individual o conjunta, dependiendo del riesgo.

Dichas técnicas son:

12.1.1. Ventilación por aspiración localizada

Consiste en captar los agentes contaminantes lo más cerca posible del punto de emisión, evitando la diseminación a la atmósfera del local y con ello la inhalación por parte de los trabajadores.

Actualmente se realiza de dos formas:

Cabina cerrada

Recinto cerrado por cuatro caras laterales y techo provisto con ventilación vertical a fin de aportar aire limpio a velocidades de aire de 0,3 a 0,4 m/s a la altura de las vías respiratorias del operador y extracción del contaminado por la zona inferior.

Dadas las particularidades de muchas piezas a fabricar en cuanto a dimensión, forma, etc... puede ser necesario emplear además de la vertical, aspiraciones oblicuas y suplementarias.

Cabina abierta

Se trata de una cabina con su parte frontal abierta con el dispositivo de aspiración situado en la parte posterior. El operador se sitúa dentro o fuera de la cabina teniendo lugar la entrada de aire por la



cara abierta, con velocidades recomendadas de 0,5 m/s a 0,6 m/s dependiendo que la superficie de la misma sea inferior o superior a 4 m², respectivamente.

12.1.2. Ventilación por dilución

También llamada ventilación general, consiste en diluir la concentración ambiental mediante aporte de aire fresco del exterior y extracción del contaminado, a fin de conseguir valores inferiores al VLA-ED. Sólo es recomendable para los locales de trabajo donde existen multitud de emisiones de contaminante diseminadas y que difícilmente pueden, por cuestiones operativas o de espacio, ser solucionadas mediante aspiración localizada.

Aunque la ventilación por dilución es la menos recomendable en la práctica de la ventilación industrial, en este tipo de empresas que nos ocupa es efectivo, debido los problemas antes citados.

En la práctica, los cálculos de ventilación necesaria se basan en el consumo de resina, lo que permitirá establecer la cantidad total de estireno emitido (Para una resina estándar –40% de estireno y utilizada a 20°– el peso de estireno emitido durante su utilización es del 10 al 15% de la cantidad inicialmente presente, lo que corresponde de media a un 5% del peso de la resina).

Si la aplicación se efectúa regularmente a lo largo de la jornada de trabajo, la emisión se puede considerar como uniformemente repartida a lo largo de las 8 horas de trabajo.

Si la aplicación no se hace más que durante una parte de la jornada, es necesario evaluar la duración de emisión de estireno, considerando que la misma se genera durante la fase de endurecimiento. El tiempo de la reacción de polimerización se encuentra alrededor de las dos horas, dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad existentes.

Si se conoce la cantidad de estireno emitido y la duración media de emisión, podremos cuantificar la concentración en la nave, suponiendo que la sustancia contaminante es solamente estireno, desechando por lo tanto otras sustancias contaminantes como acetona, etc, existentes en los puestos de trabajo, y considerando que está repartida uniformemente en la nave.

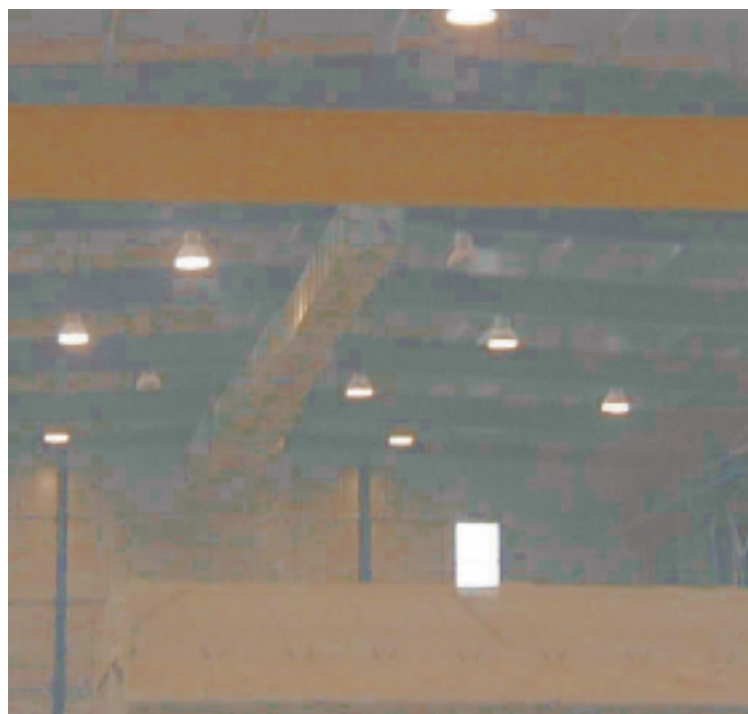


Foto 8. Ventilación por dilución



12.1.3. Ventilación en espacios confinados

Se define el espacio confinado como cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida, y con ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, o tener una atmósfera deficiente en oxígeno, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador. Dentro del proceso productivo de poliéster reforzado, en algunos de los fabricados, se realizan distintas operaciones, con focos de emisión extensos, en el interior de la pieza, que cumple lo definido como espacio confinado en el cual los sistemas de ventilación anteriores no son eficaces, por lo que se deberá impulsar aire limpio, que barra la zona de operación, extrayendo o evacuando el contaminado por sobre presión o forzado al exterior de la nave.

12.2. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

A la vista de los riesgos presentes, principalmente la inhalación de vapores de estireno, deben tomarse medidas de tipo organizativo, tales como:

- Separación física de la sección de laminado o estratificado respecto a las demás secciones, sectorizando la fabricación de piezas grandes respecto a las pequeñas.
- Aplicación del Gel-Coat en cabina abierta o cerrada, con aspiración forzada, dando prioridad a las piezas grandes
- Los trabajos de acabado deben realizarse en local separado.
- Terminada la última capa del laminado se deberá sacar la pieza a local independiente hasta su secado. Dicha sala dispondrá aspiración forzada.
- La zona de utilización de disolventes estará bajo la acción de aspiración forzada y los recipientes, tales como cubos, latas, etc..., estarán cerrados.
- Los bidones utilizados para recogida de productos de desecho, tales como telas o trapos impregnados, disolvente sucio, etc... permanecerán cerrados.
- Los residuos serán tratados según lo dispuesto en la legislación vigente.

12.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

En aplicación del criterio de utilización de los EPIs, (art. 4 del RD 773/1997), que deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o limitar suficientemente a través de otras medidas preventivas y con referencia al riesgo de inhalación de los vapores de estireno desprendidos durante la aplicación del mismo, los operarios:

- Podrán hacer uso de mascarilla con filtro del tipo A, (color marrón), para vapores de hidrocarburos aromáticos y punto de ebullición mayor de 65° C, y clase 1 o 2, en función de la concentración medida.
- Para el caso de la aplicación a pistola, en la que es posible la generación de aerosoles, se aconseja el uso del filtro mixto (vapores – partículas) del tipo y clase A2P3, respectivamente.
- Para evitar el riesgo de contacto de la resina de estireno con las manos se aconseja el uso de guantes para protección contra productos químicos, según Norma UNE-EN 374. Será un guante de clase C, impermeable y resistente a disolventes orgánicos y concretamente del tipo 2, resistente a los hidrocarburos aromáticos.
- El material de fabricación del guante será de alcohol polivinilo (PVA) y no es recomendable el uso de guantes de neopreno, nitrilo y PVC. No es recomendable el lavado en autoclave para este tipo de guantes.
- Para evitar la posible irritación que concentraciones elevadas de producto en el ambiente de trabajo podrían ocasionar en los ojos de los trabajadores, estos deberán usar protección ocular, según Norma UNE-EN 166 y aconsejable gafas de montura integral.
- En caso de trabajos en espacios confinados y sin posibilidad de aplicación de la medida técnica mencionada anteriormente se deberán utilizar equipos respiratorios no autónomos o "semiautónomos" de línea de aire comprimido alimentado por compresor, inyector o botellas fijas, donde el aire llega al usuario desde la fuente fija a través de una manguera.

13. LEGISLACIÓN APLICABLE

El estireno no tiene ninguna normativa específica propia. Sin embargo existe una gran cantidad de disposiciones que afectan la fabricación, utilización, envasado y transporte del mismo. A continuación se enumeran

- REAL DECRETO 2.414/1961, de 30 de noviembre. Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.
- ORDEN del Ministerio de Trabajo de 12 de enero de 1963, por la que se aprueban las normas reglamentarias de carácter médico por las que se han de regir los reconocimientos, diagnósticos y clasificación de las Enfermedades Profesionales.
- ORDEN del Ministerio de Trabajo de 15 de diciembre de 1965, por la que se aprueban las normas reglamentarias de carácter médico por las que se han de regir los reconocimientos, diagnósticos y clasificación de las Enfermedades Profesionales.
- DECRETO 32/1976, de 9 de enero. Asignación de competencias en materia de medio ambiente industrial a la Dirección General de Promoción Industrial y Tecnología.
- REAL DECRETO 1078/1993, DE 2 JULIO DE 1993, por el que se regula la clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos y sus modificaciones.
- REAL DECRETO 363/1995 de 10 de Marzo de 1995 por el que se regula la Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas y sus modificaciones.
- LEY 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- REAL DECRETO 773/1997, de 30 de mayo, Utilización de equipos de protección individual.
- 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.

NOTA: Dado el criterio de aplicación al estireno de este R.D., se transcribe íntegramente como ANEXO.

14. ANEXO

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 núm 104 de 1 de mayo de 2001.

Exposición de motivos

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. Según el artículo 6 de la misma serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Así, son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985. En el mismo sentido, en el ámbito de la Unión Europea se han fijado, mediante las correspondientes Directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en el trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo. Concretamente, la Directiva 98/24/CE, del Consejo, de 7 de abril, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, establece las disposiciones específicas mínimas en este ámbito. Más tarde fue aprobada la Directiva 2000/39/CE, de la Comisión, de 8 de junio, por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE, del Consejo. Mediante el presente Real Decreto se procede a la transposición al Derecho español del contenido de las dos Directivas mencionadas.

La Directiva 2000/39/CE, de la Comisión, señala en su exposición de motivos que para cada agente químico para el que se establece a nivel comunitario un valor límite de exposición profesional indicativo, los Estados miembros deben establecer un valor límite de exposición profesional nacional, determinándose su naturaleza de conformidad con la legislación y la práctica nacional. De acuerdo con ello, el Real Decreto remite, en ausencia de valores límite ambientales de los establecidos en el anexo I, a los valores límite ambientales, publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, como valores de referencia para la evaluación y el control de los riesgos originados por la exposición de los trabajadores a dichos agentes, en el «Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España», cuya aplicación es recomendada por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En su virtud, de conformidad con el artículo 6 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, a propuesta de los Ministros de Trabajo y Asuntos Sociales y de Sanidad y Consumo, consultadas las organizaciones empresariales y sindicales más representativas,



oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 6 de abril de 2001,

DISPONGO:

CAPÍTULO I. Disposiciones generales

Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación.

1. El presente Real Decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados o que puedan derivarse de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo o de cualquier actividad con agentes químicos.
2. Las disposiciones del presente Real Decreto serán aplicables a los agentes químicos peligrosos que estén o puedan estar presentes en el lugar de trabajo, sin perjuicio de:
 - a. Las disposiciones de la normativa sobre protección radiológica de los trabajadores relacionadas con los agentes químicos.
 - b. Las disposiciones más rigurosas o específicas establecidas en el Real Decreto 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.
 - c. Las disposiciones más rigurosas o específicas en materia de transporte de mercancías peligrosas establecidas en:
 1. El Real Decreto 2115/1998, de 16 de octubre, sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera.
 2. El Reglamento Nacional para el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril.
 3. Los Códigos IMDG, IBC e IGC definidos en el artículo 2 del Real Decreto 1253/1997, de 24 de julio, sobre condiciones mínimas exigidas a los buques que transporten mercancías peligrosas o contaminantes con origen o destino en puertos marítimos nacionales.
 4. El Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por vías de navegación interior.
 5. El Reglamento nacional y las instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea.
3. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el apartado anterior, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en el presente Real Decreto.

Artículo 2. Definiciones.

A efectos del presente Real Decreto, se entenderá por:

1. **Agente químico:** todo elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no.
2. **Exposición a un agente químico:** presencia de un agente químico en el lugar de trabajo que implica el contacto de éste con el trabajador, normalmente por inhalación o por vía dérmica.
3. **Peligro:** la capacidad intrínseca de un agente químico para causar daño.
4. **Riesgo:** la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado de la exposición a agentes químicos. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.
5. **Agente químico peligroso:** agente químico que puede representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo. Se consideran incluidos en esta definición, en particular:



- a. Los agentes químicos que cumplan los criterios para su clasificación como sustancias o preparados peligrosos establecidos, respectivamente, en la normativa sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, y envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y en la normativa sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, con independencia de que el agente esté clasificado o no en dichas normativas, con excepción de los agentes que únicamente cumplan los requisitos para su clasificación como peligrosos para el medio ambiente.
 - b. Los agentes químicos que dispongan de un valor límite ambiental de los indicados en el apartado 4 del artículo 3 del presente Real Decreto.
6. **Actividad con agentes químicos:** todo trabajo en el que se utilicen agentes químicos, o esté previsto utilizarlos, en cualquier proceso, incluidos la producción, la manipulación, el almacenamiento, el transporte o la evacuación y el tratamiento, o en que se produzcan como resultado de dicho trabajo.
 7. **Productos intermedios:** las sustancias formadas durante las reacciones químicas y que se transforman y desaparecen antes del final de la reacción o del proceso.
 8. **Subproductos:** las sustancias que se forman durante las reacciones químicas y que permanecen al final de la reacción o del proceso.
 9. **Valores límite ambientales:** valores límite de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en la zona de respiración de un trabajador. Se distinguen dos tipos de valores límite ambientales:
 - a. **Valor límite ambiental para la exposición diaria:** valor límite de la concentración media, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de ocho horas diarias.
 - b. **Valor límite ambiental para exposiciones de corta duración:** valor límite de la concentración media, medida o calculada para cualquier período de quince minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior.
 10. **Valor límite biológico:** el límite de la concentración, en el medio biológico adecuado, del agente químico o de uno de sus metabolitos o de otro indicador biológico directa o indirectamente relacionado con los efectos de la exposición del trabajador al agente en cuestión.
 11. **Vigilancia de la salud:** el examen de cada trabajador para determinar su estado de salud, en relación con la exposición a agentes químicos específicos en el trabajo.

CAPÍTULO II. Obligaciones del empresario

Artículo 3. Evaluación de los riesgos.

1. El empresario deberá determinar, en primer lugar, si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Si así fuera, se deberán evaluar los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, originados por dichos agentes, de conformidad con el artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y la sección 1a del capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención, considerando y analizando conjuntamente:
 - a. Sus propiedades peligrosas y cualquier otra información necesaria para la evaluación de los riesgos, que deba facilitar el proveedor, o que pueda recabarse de éste o de cualquier otra fuente de información de fácil acceso. Esta información debe incluir la ficha de datos de seguridad y, cuando proceda, la evaluación de los riesgos para los usuarios, contempladas en la normativa sobre comercialización de agentes químicos peligrosos.
 - b. Los valores límite ambientales y biológicos.
 - c. Las cantidades utilizadas o almacenadas de los agentes químicos.
 - d. El tipo, nivel y duración de la exposición de los trabajadores a los agentes y cualquier otro factor que condicione la magnitud de los riesgos derivados de dicha exposición, así como las exposiciones accidentales.



- e. Cualquier otra condición de trabajo que influya sobre otros riesgos relacionados con la presencia de los agentes en el lugar de trabajo y, específicamente, con los peligros de incendio o explosión.
 - f. El efecto de las medidas preventivas adoptadas o que deban adoptarse.
 - g. Las conclusiones de los resultados de la vigilancia de la salud de los trabajadores que, en su caso, se haya realizado y los accidentes o incidentes causados o potenciados por la presencia de los agentes en el lugar de trabajo.
2. La evaluación del riesgo deberá incluirla de todas aquellas actividades, tales como las de mantenimiento o reparación, cuya realización pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, por la posibilidad de que se produzcan exposiciones de importancia o por otras razones, aunque se hayan tomado todas las medidas técnicas pertinentes.
 3. Cuando los resultados de la evaluación revelen un riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores, serán de aplicación las medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud establecidas en los artículos 5, 6 y 7.
No obstante, dichas medidas específicas no serán de aplicación en aquellos supuestos en que los resultados de la evaluación de riesgos pongan de manifiesto que la cantidad de un agente químico peligroso presente en el lugar de trabajo hace que sólo exista un riesgo leve para la salud y seguridad de los trabajadores, siendo suficiente para reducir dicho riesgo la aplicación de los principios de prevención establecidos en el artículo 4.
 4. En cualquier caso, los artículos 5 y 6 se aplicarán obligatoriamente cuando se superen:
 - a. Los valores límite ambientales establecidos en el anexo I de este Real Decreto o en una normativa específica aplicable.
 - b. En ausencia de los anteriores, los valores límite ambientales publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el «Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España», cuya aplicación sea recomendada por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, salvo si puede demostrarse que se utilizan y respetan unos criterios o límites alternativos, cuya aplicación resulte suficiente, en el caso concreto de que se trate, para proteger la salud y seguridad de los trabajadores.
 5. La evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda, según lo dispuesto en el apartado anterior. El procedimiento de medición utilizado deberá adaptarse, por tanto, a la naturaleza de dicho valor límite.
El procedimiento de medición y, concretamente, la estrategia de medición (el número, duración y oportunidad de las mediciones) y el método de medición (incluidos, en su caso, los requisitos exigibles a los instrumentos de medida), se establecerán siguiendo la normativa específica que sea de aplicación o, en ausencia de ésta, conforme a lo dispuesto en el artículo 5.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención.
Las mediciones a las que se refieren los párrafos anteriores no serán, sin embargo, necesarias, cuando el empresario demuestre claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 1 de este artículo.
 6. En el caso de actividades que entrañen una exposición a varios agentes químicos peligrosos, la evaluación deberá realizarse atendiendo al riesgo que presente la combinación de dichos agentes.
 7. La evaluación de los riesgos deberá mantenerse actualizada, revisándose:
 - a. Cuando se produzcan modificaciones en las condiciones existentes en el momento en el que se hizo la evaluación, que puedan aumentar el riesgo invalidando los resultados de dicha evaluación.
 - b. En los casos señalados en el apartado 1 del artículo 6 del Reglamento de los Servicios de Prevención.
 - c. Periódicamente, conforme a lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 6 de dicho Reglamento. La periodicidad deberá fijarse en función de la naturaleza y gravedad del riesgo y la posibilidad de que éste se incremente por causas que pasen desapercibidas, y teniendo en cuenta los criterios establecidos en la Guía a que hace referencia la disposición final primera del presente Real Decreto.



8. En el caso de una nueva actividad en la que se utilicen agentes químicos peligrosos, el trabajo deberá iniciarse únicamente cuando se haya efectuado una evaluación del riesgo de dicha actividad y se hayan aplicado las medidas preventivas correspondientes.
9. La evaluación deberá documentarse de acuerdo con lo establecido en el artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en el artículo 7 del Reglamento de los Servicios de Prevención. En relación con los casos a que hace referencia el apartado 5 del presente artículo, la documentación deberá incluir las razones por las que no se considera necesario efectuar mediciones.

Artículo 4. Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos.

Los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en trabajos en los que haya actividad con agentes químicos peligrosos se eliminarán o reducirán al mínimo mediante:

- a. La concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo.
- b. La selección e instalación de los equipos de trabajo.
- c. El establecimiento de los procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos utilizados para trabajar con agentes químicos peligrosos, así como para la realización de cualquier actividad con agentes químicos peligrosos, o con residuos que los contengan, incluidas la manipulación, el almacenamiento y el traslado de los mismos en el lugar de trabajo.
- d. La adopción de medidas higiénicas adecuadas, tanto personales como de orden y limpieza.
- e. La reducción de las cantidades de agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo de que se trate.
- f. La reducción al mínimo del número de trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- g. La reducción al mínimo de la duración e intensidad de las exposiciones.

Artículo 5. Medidas específicas de prevención y protección.

1. El presente artículo será aplicable cuando la evaluación de los riesgos ponga de manifiesto la necesidad de tomar las medidas específicas de prevención y protección contempladas en el mismo, teniendo en cuenta los criterios establecidos en los apartados 3 y 4 del artículo 3 del presente Real Decreto.
2. El empresario garantizará la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la salud y seguridad de los trabajadores durante el trabajo. Para ello, el empresario deberá, preferentemente, evitar el uso de dicho agente sustituyéndolo por otro o por un proceso químico que, con arreglo a sus condiciones de uso, no sea peligroso o lo sea en menor grado. Cuando la naturaleza de la actividad no permita la eliminación del riesgo por sustitución, el empresario garantizará la reducción al mínimo de dicho riesgo aplicando medidas de prevención y protección que sean coherentes con la evaluación de los riesgos. Dichas medidas incluirán, por orden de prioridad:
 - a. La concepción y la utilización de procedimientos de trabajo, controles técnicos, equipos y materiales que permitan, aislando al agente en la medida de lo posible, evitar o reducir al mínimo cualquier escape o difusión al ambiente o cualquier contacto directo con el trabajador que pueda suponer un peligro para la salud y seguridad de éste.
 - b. Medidas de ventilación u otras medidas de protección colectiva, aplicadas preferentemente en el origen del riesgo, y medidas adecuadas de organización del trabajo.
 - c. Medidas de protección individual, acordes con lo dispuesto en la normativa sobre utilización de equipos de protección individual, cuando las medidas anteriores sean insuficientes y la exposición o contacto con el agente no pueda evitarse por otros medios.
3. Sin perjuicio de lo establecido en el apartado anterior, el empresario deberá adoptar, en particular, las medidas técnicas y organizativas necesarias para proteger a los trabajadores frente a los riesgos derivados, en su caso, de la presencia en el lugar de trabajo de agentes que puedan dar lugar a incendios, explosiones u otras reacciones químicas peligrosas debido a su carácter inflamable, a su inestabilidad química, a su reactividad frente a otras sustancias presentes en el lugar de trabajo, o a cualquier otra de sus propiedades fisicoquímicas. Estas medidas deberán ser adecuadas a la naturaleza y condiciones de la operación, incluidos el



almacenamiento, la manipulación y el transporte de los agentes químicos en el lugar de trabajo y, en su caso, la separación de los agentes químicos incompatibles. En particular, el empresario adoptará, por orden de prioridad, medidas para:

- a. Impedir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o de cantidades peligrosas de sustancias químicamente inestables o incompatibles con otras también presentes en el lugar de trabajo cuando la naturaleza del trabajo lo permita.
 - b. Cuando la naturaleza del trabajo no permita la adopción de la medida prevista en el apartado anterior, evitar las fuentes de ignición que pudieran producir incendios o explosiones o condiciones adversas que pudieran activar la descomposición de sustancias químicamente inestables o mezclas de sustancias químicamente incompatibles.
 - c. Paliar los efectos nocivos para la salud y la seguridad de los trabajadores originados en caso de incendio, explosión u otra reacción exotérmica peligrosa.
En todo caso, los equipos de trabajo y los sistemas de protección empleados deberán cumplir los requisitos de seguridad y salud establecidos por la normativa que regule su concepción, fabricación y suministro.
4. En el caso particular de la prevención de las explosiones, las medidas adoptadas deberán:
- a. Tener en cuenta y ser compatibles con la clasificación en categorías de los grupos de aparatos que figura en el anexo I del Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
 - b. Ofrecer un control suficiente de las instalaciones, equipos y maquinaria, o utilizar equipos para la supresión de las explosiones o dispositivos de alivio frente a sobrepresiones.

Artículo 6. Vigilancia de la salud.

1. Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo y en el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.
2. La vigilancia de la salud se considerará adecuada cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:
 - a. La exposición del trabajador al agente químico peligroso pueda relacionarse con una determinada enfermedad o efecto adverso para la salud.
 - b. Exista la probabilidad de que esa enfermedad o efecto adverso se produzca en las condiciones de trabajo concretas en las que el trabajador desarrolle su actividad.
 - c. Existan técnicas de investigación válidas para detectar síntomas de dicha enfermedad o efectos adversos para la salud, cuya utilización entrañe escaso riesgo para el trabajador.
3. La vigilancia de la salud será un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico peligroso cuando así esté establecido en una disposición legal o cuando resulte imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud del trabajador debido a que:
 - a. No pueda garantizarse que la exposición del trabajador a dicho agente está suficientemente controlada.
 - b. El trabajador, teniendo en cuenta sus características personales, su estado biológico y su posible situación de discapacidad, y la naturaleza del agente, pueda presentar o desarrollar una especial sensibilidad frente al mismo.Siempre que se cumplan las condiciones indicadas en el apartado 2 de este artículo, la vigilancia de la salud, incluido en su caso el control biológico, será también un requisito obligatorio para trabajar con los agentes químicos indicados en el anexo II de este Real Decreto.
4. Cuando, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado anterior, la vigilancia de la salud sea un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico, deberá informarse al trabajador de este requisito, antes de que le sea asignada la tarea que entrañe riesgos de exposición al agente químico en cuestión.



5. Los procedimientos utilizados para realizar la vigilancia de la salud se ajustarán a los protocolos señalados en el párrafo c) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención. Por su parte, estos protocolos, cuando se refieran a alguno de los agentes indicados en el anexo II del presente Real Decreto, deberán incluir los requisitos establecidos en dicho anexo.
6. La documentación sobre la evaluación de los riesgos por exposición a agentes químicos peligrosos y la vigilancia de la salud de los trabajadores frente a dichos riesgos deberá ajustarse a lo establecido en el artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en el artículo 7 y en el párrafo c) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.
Sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los trabajadores tendrán acceso, previa solicitud, a la parte de esta documentación que les afecte personalmente.
7. En los casos en los que la vigilancia de la salud muestre que:
 - a. un trabajador padece una enfermedad identificable o unos efectos nocivos que, en opinión del médico responsable, son consecuencia de una exposición a un agente químico peligroso, o
 - b. se supera un valor límite biológico de los indicados en el anexo II, el médico responsable u otro personal sanitario competente informará personalmente al trabajador del resultado de dicha vigilancia. Esta información incluirá, cuando proceda, los consejos relativos a la vigilancia de la salud a la que el trabajador deberá someterse al finalizar la exposición, teniendo en cuenta, a este respecto, lo dispuesto en el párrafo e) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.»
8. En los casos indicados en los párrafos a) y b) del apartado anterior, el empresario deberá:
 - a. Revisarla evaluación de los riesgos a que se refiere el artículo 3.
 - b. Revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo a lo dispuesto en los artículos 4 y 5.
 - c. Tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualesquiera otras medidas necesarias para eliminar o reducir los riesgos, conforme a lo dispuesto en el artículo 5, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de una nueva exposición.
 - d. Disponer que se mantenga la vigilancia de la salud de los trabajadores afectados y que se proceda al examen de la salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar, teniendo en cuenta las propuestas que haga el médico responsable en esta materia.

Artículo 7. Medidas a adoptar frente a accidentes, incidentes y emergencias.

1. El presente artículo será aplicable cuando la evaluación de los riesgos ponga de manifiesto la necesidad de tomar las medidas frente a accidentes, incidentes y emergencias contempladas en el mismo, teniendo en cuenta los criterios establecidos en el apartado 3 del artículo 3 de este Real Decreto, y en los artículos 20 y 21 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
2. Con objeto de proteger la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los accidentes, incidentes y emergencias que puedan derivarse de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, el empresario deberá planificar las actividades a desarrollar en caso de que se produzcan tales accidentes, incidentes o emergencias y adoptar las medidas necesarias para posibilitar, en tal caso, la correcta realización de las actividades planificadas.

Estas medidas comprenderán:

- a. La instalación de los sistemas o la dotación de los medios necesarios, teniendo en cuenta los resultados de la evaluación para paliar las consecuencias del accidente, incidente o emergencia y, en particular, para el control de la situación de peligro y, en su caso, la evacuación de los trabajadores y los primeros auxilios.
- b. La formación de los trabajadores que deban realizar o participar en dichas actividades, incluyendo la práctica de ejercicios de seguridad a intervalos regulares.
- c. La organización de las relaciones con los servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios.



- d. La puesta a disposición de información sobre las medidas de emergencia relativas a agentes químicos peligrosos, accesible a los servicios internos y externos, incluyendo:
 1. Aviso previo de los correspondientes peligros en el trabajo, medidas de determinación del peligro, precauciones y procedimientos, de forma que los servicios de urgencias puedan establecer sus propios procedimientos de intervención y sus medidas de precaución.
 2. Toda información disponible sobre los peligros específicos que surjan o puedan surgir durante un accidente o emergencia, incluida la información sobre los planes y procedimientos que se hayan establecido con arreglo a lo dispuesto en el presente artículo.
 - e. El establecimiento de los sistemas de aviso y comunicación que sean precisos para advertir de un incremento del riesgo que implique una situación de emergencia, a fin de permitir una respuesta adecuada y, en particular, el rápido inicio de las medidas de control de la situación de peligro, así como de las operaciones de asistencia, evacuación y salvamento.
3. En el caso de que, efectivamente, se produzca un accidente, incidente o emergencia de los considerados en este artículo, el empresario tomará inmediatamente las medidas necesarias para paliar sus consecuencias e informar de ello a los trabajadores afectados.
 4. Con el fin de restablecer la normalidad:
 - a. El empresario aplicará las medidas adecuadas para remediar la situación lo antes posible.
 - b. Únicamente se permitirá trabajar en la zona afectada a los trabajadores que sean imprescindibles para la realización de las reparaciones y los trabajos necesarios.
 - c. Se proporcionará a los trabajadores autorizados a trabajar en la zona afectada ropa de protección adecuada, equipo de protección personal y equipo y material de seguridad especializados que deberán utilizar mientras persista la situación, que no deberá ser permanente.
 - d. No se autorizará a permanecer en la zona afectada a personas sin protección.

Artículo 8. Prohibiciones.

1. Con objeto de evitar la exposición de los trabajadores a los riesgos para la salud derivados de determinados agentes químicos y determinadas actividades con agentes químicos, quedan prohibidas la producción, fabricación o utilización durante el trabajo de los agentes químicos y de las actividades con agentes químicos que se indican en el anexo III de este Real Decreto. Esta prohibición no será aplicable si el agente químico está presente en otro agente químico o como componente de desecho, siempre que su concentración específica en el mismo sea inferior al límite establecido en dicho anexo.
2. Se exceptúan del cumplimiento de lo dispuesto en el apartado anterior:
 - a. Las actividades de investigación y experimentación científica, incluidas las de análisis.
 - b. Las actividades que tengan por objeto la eliminación de los agentes químicos presentes en forma de subproductos o productos residuales.
 - c. Las actividades en las que los agentes químicos a los que se refiere el apartado 1 se usen como productos intermedios y la producción de esos agentes para dicho uso.
3. En los casos exceptuados en el apartado anterior, el empresario deberá:
 - a. Tomar las precauciones apropiadas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores afectados, evitando la exposición de éstos a los agentes químicos a que se refiere el apartado 1.
 - b. Adoptar, además, en las actividades señaladas en la última letra del apartado anterior, las medidas necesarias que aseguren la más rápida producción y utilización de dichos agentes, en tanto que productos intermedios, siempre en un sistema cerrado único y extraídos solamente en la cantidad mínima necesaria para el control del proceso o para el mantenimiento del sistema.
 - c. Remitir a la autoridad laboral, conjuntamente con la documentación de la comunicación de apertura, toda la información sobre las medidas adoptadas para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en este apartado y, en particular:
 1. El motivo por el que se solicita la excepción.
 2. Las cantidades utilizadas anualmente.
 3. Las actividades y reacciones o procesos implicados.



4. El número de trabajadores que puedan estar sujetos a exposición.
 5. Las precauciones adoptadas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores y, en particular, las medidas técnicas y organizativas tomadas para evitar la exposición.
4. A la vista de la información recibida, la autoridad laboral podrá, previo informe de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, extender la prohibición a ese particular proceso o actividad cuando considere que las precauciones adoptadas por el empresario no garantizan un grado suficiente de protección de la salud y seguridad de los trabajadores.

Artículo 9. Información y formación de los trabajadores.

1. De conformidad con los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario deberá garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse en aplicación del presente Real Decreto.
2. En particular, el empresario deberá facilitar a los trabajadores o a sus representantes, siguiendo el criterio establecido en el apartado 1 del artículo 18 de la mencionada Ley:
 - a. Los resultados de la evaluación de los riesgos contemplada en el artículo 3 del presente Real Decreto, así como los cambios en dichos resultados que se produzcan como consecuencia de alteraciones importantes de las condiciones de trabajo.
 - b. Información sobre los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo, tales como su denominación, los riesgos para la seguridad y la salud, los valores límite de exposición profesional y otros requisitos legales que les sean de aplicación.
 - c. Formación e información sobre las precauciones y medidas adecuadas que deban adoptarse con objeto de protegerse a sí mismos y a los demás trabajadores en el lugar de trabajo.
 - d. Acceso a toda ficha técnica facilitada por el proveedor, conforme lo dispuesto en la normativa sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos.
3. La información deberá ser facilitada en la forma adecuada, teniendo en cuenta su volumen, complejidad y frecuencia de utilización, así como la naturaleza y nivel de los riesgos que la evaluación haya puesto de manifiesto; dependiendo de estos factores, podrá ser necesario proporcionar instrucciones y formación individuales respaldadas por información escrita, o podrá bastar la comunicación verbal. La información deberá ser actualizada siempre que sea necesario tener en cuenta nuevas circunstancias.
4. La señalización de los recipientes y conducciones utilizados para los agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo deberá satisfacer los requisitos establecidos en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo y, en particular, en el apartado 4 del anexo VII de dicha norma. Cuando la señalización no sea obligatoria, el empresario deberá velar para que la naturaleza y los peligros del contenido de los recipientes y conducciones sean claramente reconocibles.

Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores.

El empresario deberá consultar y facilitar la participación de los trabajadores o sus representantes respecto a las cuestiones a que se refiere este Real Decreto, de conformidad con lo establecido en el apartado 2 del artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Disposición derogatoria única. Derogación normativa.

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en el presente Real Decreto y, específicamente:

- a. El segundo párrafo del artículo 18 y el anexo 2 del Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, aprobado por el Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre.
- b. El Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores por la presencia de plomo metálico y sus compuestos iónicos en el ambiente de trabajo, aprobado por Orden de 9 de abril de 1986.



- c. El Real Decreto 88/1990, de 26 de enero, sobre protección de los trabajadores mediante la prohibición de determinados agentes específicos o determinadas actividades.

Disposición final primera. Elaboración y actualización de la Guía técnica.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una Guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.

Se autoriza al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales, previo informe favorable del de Sanidad y Consumo y previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este Real Decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus anexos, en función del progreso técnico y de la evolución de las normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de protección frente a los riesgos relacionados con los agentes químicos.

Disposición final tercera. Entrada en vigor.

El presente Real Decreto entrará en vigor el día 5 de mayo de 2001.

ANEXO I. Lista de valores límite ambientales de aplicación obligatoria

Nombre del agente	EINECS (1)	CAS (2)	Valor límite ambiental para la exposición diaria		Valor límite ambiental para exposiciones de corta duración	
			mg/m ³ (3)	ppm (4)	mg/m ³ (3)	ppm (4)
Plomo inorgánico y sus derivados.	-	-	0,15	-	-	-

(1) EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Inventario europeo de sustancias químicas comerciales existentes).

(2) CAS: Chemical Abstracts Service (Servicio de resúmenes químicos).

(3) mg/m³: miligramos por metro cúbico de aire a 20 °C y 101,3 KPa.

(4) ppm: partes por millón en volumen en el aire (ml/m³).

ANEXO II. Valores límite biológicos de aplicación obligatoria y medidas de vigilancia de la salud

Plomo y sus derivados iónicos

- El control biológico incluirá la medición del nivel de plomo en sangre utilizando la espectrometría de absorción o un método de resultados equivalentes. El valor límite biológico será: 70 µg Pb/100 ml de sangre.
- Deberá procederse a la vigilancia médica cuando: se esté expuesto a una concentración de plomo en aire que rebase los 0,075 mg/m³, calculados de forma ponderada con respecto al tiempo para un período de referencia de cuarenta horas semanales, o el control biológico detecte en determinados trabajadores un nivel de plomo en la sangre superior a 40 µg Pb/100 ml.



ANEXO III. Prohibiciones

a. Agentes químicos:

EINECS (1)	CAS (2)	Nombre del agente	Límite de concentración para la exención
202-080-4	91-59-8	2-naftilamina y sus sales.	0,1 % en peso
202-177-1	92-67-1	4-aminodifenilo y sus sales. (errata corregida por BOE de 30 de mayo de 2001)	0,1 % en peso
202-199-1	92-87-5	Bencidina y sus sales.	0,1 % en peso
202-204-7	92-93-3	4-nitrodifenilo.	0,1 % en peso

(1) EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Inventario europeo de sustancias químicas comerciales existentes).

(2) CAS: Chemical Abstracts Service (Servicio de resúmenes químicos).

a. Actividades con agentes químicos: Ninguna.

15. BIBLIOGRAFIA

1. J. JÄRVISALO, P. PFÄFFLI, H. VAINIO. "*Industrial Hazards of plastic and syntetic elastomers*". Institute of Occupational Health Helsinki, Finland. "Proceedings of the International Symposium on Occupational Hazards Related to Plastic and Synthetic Elastomers", Espoo, Finland, November 22-27, 1982. New York 1982.
2. R. LAUWERYS. "*Biological indicators for the assessment of human exposure to industrial chemicals*". Industriian health and safety. Comision of the European Communities. Luxembourg, 1984.
3. INRS. *Guide pratique de ventilation*. Cahiers de notes documentaires, nº 114. 1984.
4. OSHA *Analytical Methods Manual*. 2nd edition, 1990. Method nº9. "Styrene".
5. IGARZABAL, I. ARANA, V. ASTIZ, J. BORDES, I. TOVAR, A. IRIARTE, M.J. "*Exposición a Hidrocarburos Aromáticos Simples y Alifáticos Halogenados*". Serie de Documentos Técnicos de Salud Pública Nº 14. Departamento de Sanidad. Dirección de Salud Pública. Gobierno Vasco. 1991.
6. INRS. FT 77. *Cahiers de notes documentaires nº 142*. 1991.
7. J.F. PERIAGO. "*Esposizione professionale a stirene. Situazione attuale in Spagna. Atti del Convegno Rischi e Bonifiche nella costruzione di imbarcazione in vetroresina*". Viareggio, Italia, Vol II: 14-19. 1992.
8. INSHT. Métodos de toma de muestras y análisis. MTA/MA-030/A92, 1992. "*Determinación de hidrocarburos aromáticos en aire - método de adsorción en carbón activo / cromatografía de gases*".
9. INSHT. Métodos de toma de muestras y análisis. MTA/MA-026/A92, 1992. "*Determinación de estireno en aire - método de muestreadores pasivos por difusión / cromatografía de gases*".
10. LAUWERYS, R. "*Indicadores biológicos para la valoración de la exposición a los compuestos químicos industriales: Estireno*". Generalitat Valenciana. Conselleria de Sanitat i Consum. Direcció General de Salut Pública. 1993.
11. D. JEGADEN, D. AMANN, J.F. SIMON, M. HABAULT, B. LEGOUX, P. GALODIN. "*Study of the neurobehavioural toxicity of styrene at low levels of exposure*". Int Arch Occup Environ Health 64: 527-531. 1993.
12. E. BERGAMASCHI, A. SMARGIASSI, A. MUTTI, I. FRANCHINI, R. LUCHINI. "*Inmunological changes among workers occupationally exposed to styrene*". Int Arch Occup Environ Health 67: 165-171. 1995.
13. Norma UNE-EN 138 "*Equipos de protección respiratoria. Equipos de protección respiratoria con manguera de aire fresco y provistas de mascarilla o conjunto boquilla. Requisitos, ensayos, marcado*". 1995
14. Norma UNE-EN 269 "*Equipos de protección respiratoria. Equipos de protección respiratoria con manguera de aire fresco asistidos con capuz. Requisitos, ensayos, marcado*". 1995
15. Norma UNE-EN 166 "*Protección individual de los ojos. Requisitos*". 1996
16. Norma UNE-EN 374-1. "*Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos*".

Parte 1. Terminología y requisitos de prestaciones. 1995



17. Norma UNE-EN 374-2 . "Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos".
- Parte 2.** Determinación de la resistencia a la penetración. 1995
18. Norma UNE-EN. 374-3. "Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos".
- Parte 3.** Determinación de la resistencia a la permeabilidad de los productos químicos. 1995
19. NIOSH Manual of Sampling and Analytical Methods .4th edition 1995. Method nº 1501. "Hydrocarbons, Aromatic".
20. INSHT Métodos de toma de muestras y análisis. MTA/MB-022/A95, 1995. "Determinación de los ácidos fenilgloxiílico, mandélico, hipúrico y orto y para-metilhipúrico en orina - método de fase reversa con detector de ultravioleta cromatografía líquida de alta resolución".
21. K. WRANGSKOG, J. SOLLENBERG, E. SÖDERMAN. "Application of a single-compartment model for estimation of styrene uptake from measurements of urinary excretion of mandelic and phenylglyoxylic acids after occupational exposure". Int Arch Occup Environ Health 68: 337-341. 1996.
22. GERIN, M. SIEMIATYCKI, J. DESY, M. KREWSKI, D. "Associations between several sites of cancer and occupational exposure to benzene, toluene, xylene, and styrene: results of a case-control study in Montreal". American Journal of Industrial Medicine. 34(2): 144-56, agosto 1998.
23. HRISTEVA. MIRTAHEVA, V. "Cambios en la sangre periférica de trabajadores expuestos a hidrocarburos aromáticos". Int Arch Occup Environ Health Nº 71 Supl. 581-3. 1998.
24. M. VIAENE, H. VEULEMANS; R. MASSCHELEIN. "Experience with a vocabulary test for workers previously and still exposed to styrene". Scand J Work Environ Health, 24(4): 308-311. 1998.
25. OIT. "Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo". Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. 1999.
26. 3M Organic Vapor Monitor 3500/3510 y 3520/3530, Sampling and Analysis Guide, 1999.
27. Revista plomo. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
28. Revista amianto. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
29. American Conference of Governmental Industrial Hygienist: 2000 TLVs and BEIs. *Threshold Limit Values for Chemical Substances, Physical Agents and Biological Exposure Indices.*
30. Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España, 2000 – 2001. INSHT.
31. UNE-EN 689. *Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites y estrategia de la medición.*
32. UNE 81581, "Calidad del aire. Atmósferas en los puestos de trabajo. Determinación de hidrocarburos aromáticos en aire. Método del tubo de carbón activo/Desorción con disolvente/Cromatografía de gases".
33. UNE 81750, "Calidad del aire. Atmósferas en el lugar de trabajo. Determinación de estireno en aire. Método de muestreador pasivo por difusión/Desorción con disolvente/Cromatografía de gases".