



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
DE LA EDIFICACIÓN

MÁSTER SEGURIDAD INTEGRAL EN LA EDIFICACIÓN

PROYECTO FIN DE MÁSTER

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL EN DIVERSOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DURANTE EL PERIODO 1999-2017

AUTOR/A: MARÍA RUBIO RABADÁN

TUTOR DE PROYECTO: D. FRANCISCO JAVIER ALEJANDRE SÁNCHEZ

CO-TUTOR: D. JUAN JESÚS MARTÍN DEL RIO

DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS II

CURSO: 2016/2017

SEVILLA, SEPTIEMBRE 2017



ÍNDICE

1. RESUMEN/ABSTRACT.....	7
CÁPITULO 01.....	9
2. INTRODUCCIÓN.....	11
2.1 Enfermedades profesionales.....	11
2.2 Evolución histórica de la toxicología.....	13
- Periodo primitivo. Edad antigua.....	14
- Edad media (S. V-XV).....	15
- Edad moderna (S. XV-XVIII).....	15
- Edad contemporánea (S. XIX-XXI).....	16
3. OBJETIVOS.....	19
CÁPITULO 02.....	21
4. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	23
4.1 Toxicidad e índices toxicológicos.....	23
❖ Efecto. Relación dosis-efecto.....	25
4.2 Valor límite ambiental de exposición profesional.....	26
❖ Incorporación del concepto “fracción respirable”.....	29
4.3 Límites de exposición profesional en España.....	30
❖ Frases de peligro H.....	31
4.4 Evolución normativa de los límites de exposición profesional de España. Revisión normativa.....	34
4.4.1 Evolución normativa de los LEP en España.....	34
4.4.2 Revisión normativa.....	36
<i>Directiva Marco 89-391/CE</i>	36
<i>Ley 31/95, Prevención Riesgos Laborales</i>	37
<i>Directiva 98/24/CE</i>	38
<i>Directiva 2000/39/CE</i>	39
<i>Real Decreto 374/2001</i>	39
<i>UNE EN 689</i>	41

NTP 244.....	42
NTP 525.....	43
NTP 526.....	45
<i>Límites Exposición Profesional para Agentes Químicos en España.....</i>	<i>46</i>
<i>Directiva 90/394/CEE.....</i>	<i>47</i>
<i>Real Decreto 665/1997.....</i>	<i>48</i>
<i>Real Decreto 396/2006.....</i>	<i>50</i>
4.5 Valores de referencia en los Estados Unidos de América.....	51
CÁPITULO 03.....	55
5. METODOLOGÍA.....	57
6. ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL.....	65
6.1 Revisión de los VLA-ED profesionales y frases H.....	65
○ Materiales de naturaleza orgánica.....	67
Ácido fórmico.....	67
Aguarrás.....	69
Alcohol metílico / Metanol.....	71
Alquitrán de hulla.....	73
Bisfenol.....	75
Cloruro de polivinilo.....	77
Diisocianato de difenilmetano.....	79
Formaldehído.....	81
Gasolina.....	83
Maderas blandas / Maderas duras.....	85
Morfolina.....	87
Naftaleno.....	89
Xileno.....	91
○ Materiales de naturaleza inorgánica.....	93
Amianto.....	93
Cal / Hidróxido de calcio.....	95
Cemento Portland.....	97
Fibra de vidrio.....	99
Hidróxido de sodio.....	101
Humos de soldadura.....	103
Sílice cristalina / Cuarzo.....	105

6.2 Comparación con Threshold Limits Values (TLV) de los Estados Unidos.....	107
6.2.1 Evolución entre los años 2005-2012 de los Threshold Limits Values...	107
6.2.2 Comparación con Valores Límite Ambientales en el año 2012.....	108
6.3 Discusión global de los resultados.....	110
CÁPITULO 04.....	115
7. CONCLUSIONES.....	117
8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	121
9. BIBLIOGRAFÍA.....	123
10. ÍNDICE DE TABLAS.....	131
11. ÍNDICE DE FIGURAS.....	132



1. RESUMEN/ABSTRACT

El presente trabajo fin de máster desarrolla el estudio de la evolución de los Valores Límite Ambientales de Exposición Diaria profesional VLA-ED a lo largo de 18 años (1999-2017) publicados por el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo para una serie de sustancias comúnmente empleadas en el sector de la construcción, con el objetivo de conocer qué tipo de modificaciones han sufrido y extraer conclusiones.

Para llevar a cabo dicho estudio se ha realizado una revisión de la normativa relacionada, se ha estudiado la evolución de los VLA-ED a lo largo del periodo anteriormente mencionado así como de las Frases R (sustituidas posteriormente por las Frases H) y se han comparado los VLA-ED profesional de España con los TLV Threshold Limits Values de los Estados Unidos de América.

Palabras clave: Valor Límite Ambiental / Materiales construcción / Límites Exposición Profesional / Frases R y H

The present master's work develops the study of the evolution of the Environmental Limits of Professional Daily Exposure VLA-ED over 18 years (1999-2017) published by the National Institute of Safety, Health and Welfare at Work a series of substances commonly used in the construction sector, in order to know what kind of modifications have been suffered and to draw conclusions.

In order to carry out this study, a review of the related regulations has been carried out, the evolution of the VLA-ED throughout the period previously sought as that of the R-Phrases (subsequently replaced by the H-Phrases) has been studied and have been Compared to the Spanish VLA-ED professional with the TLV Limits Threshold Values of the United States of America.

Palabras clave: Enviromental Limits og Professional Daily Exposure / Construction materials / Professional exposure limits / R and H phrases



CAPÍTULO 01

2. INTRODUCCIÓN

3. OBJETIVOS



2. INTRODUCCIÓN

La Higiene Industrial se entiende como la prevención de las enfermedades profesionales que son causadas por los contaminantes físicos, químicos o biológicos que actúan sobre los trabajadores. Su metodología de control se basa en:



La principal causa de las enfermedades profesionales es la continua exposición a contaminantes, que pueden provocar distintos efectos sobre los trabajadores, llegando a emplearse muchos agentes químicos tóxicos.

Con el término toxicología se define como una disciplina científica cuyo objetivo principal es la identificación y cuantificación de los efectos adversos asociados a la exposición a agentes físicos, sustancias químicas y otras situaciones (*Silbergeld, 2001*).

2.1 Enfermedades profesionales

Con el término “enfermedad profesional” entendemos el deterioro lento de la salud del trabajador, producido por una exposición continuada a lo largo del tiempo a determinados contaminantes presentes en el ambiente de trabajo y suponiendo un daño para la salud de los trabajadores que puede tardar mucho tiempo en manifestarse (*Mateo Floría, 2008*).

Según el Artículo 157 de la Ley General de la Seguridad Social, la enfermedad profesional se entiende como “la contraída a consecuencia del trabajo ejecutado por cuenta ajena en las actividades que se especifiquen en el cuadro que se apruebe por las disposiciones de aplicación y desarrollo de esta ley, y que esté provocada por la acción de los elementos o sustancias que en dicho cuadro se indiquen para cada enfermedad profesional.”

En el *Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro* se encuentra en su Anexo I una relación de todas las enfermedades profesionales, clasificándolas en función del agente que haya provocado su aparición.

A lo largo de la historia nos podemos encontrar diversos casos en los que se provocaron enfermedades y envenenamientos totalmente involuntarios en el lugar de trabajo a lo largo de la historia. Esto se debía al desconocimiento que existía en aquella época de la toxicidad de ciertos materiales, que provocaba estas “enfermedades profesionales”, mucho más graves que las que podemos encontrar en la actualidad, que están más controladas que antaño. Entre algunas de estas enfermedades podemos encontrar:

- El caso del amianto, del que hasta hace cuestión de 41 años no se conocía con total exactitud la severidad de los daños que producía a la salud de los trabajadores que lo manipulaban con total libertad y sin ningún tipo de restricción y protección. En el año 1978 el Parlamento Europeo determinó que se trataba de una sustancia cancerígena y una Orden del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social aprobó el Reglamento para Trabajos con riesgo de amianto. En 1983 se emitió la primera Directiva Europea y no fue hasta 1999-2005 cuando se terminaron de prohibir todos los tipos de amianto que existían en el mercado, aunque en otros países continúa su comercialización.
- Mineros o trabajadores del carbón, a lo largo de los años han desarrollado la neumoconiosis, debido a la exposición prolongada al polvo de carbón y sílice. Fue en el año 1942 cuando se le dio conocimiento a esta enfermedad por parte del Comité de enfermedades industriales profesionales del *Medical Research Council* del Reino Unido y al doctor Gough.
- Los deshollinadores de las chimeneas, la mayoría de ellos niños por su tamaño, desarrollaban a lo largo de su adolescencia cáncer de colon, entre otras enfermedades. El médico Percivall Pott en 1975 se percató de este caso e intentó poner remedio a esta situación, siendo uno de los primeros profesionales pioneros en el campo de la salud laboral.

- El envenenamiento por el blanco de plomo encontrado en las pinturas de pintores famosos como Vicent Van Gogh, Francisco de Golla o Sorolla, generando la enfermedad conocida como “saturnismo” y cuyos síntomas podían llegar a provocar agresividad, alucinaciones, parálisis e incluso la muerte.
- Otro caso particular sería el de la fabricación de sombreros, en donde se empleaba el nitrato de mercurio para tratar el material y que, inhalado por los fabricantes, provocaban su envenenamiento poco a poco.
- También existe el caso de los rayos X y radiologías, ya que al comienzo de su uso, al no disponer de la información de los efectos secundarios de la continua exposición a las mismas durante su investigación, provocó la muerte de muchos médicos e investigadores.
- Por último, el caso de las mujeres del “radio”, que se encargaban durante la Primera Guerra Mundial a la fabricación de relojes con esferas fluorescentes que podían ser vistos en la oscuridad. Estas esferas estaban pintadas, en desconocimiento de las trabajadoras pero no de los altos cargos de la empresa, con una pintura luminiscente llamada Undark compuesta por sales de radio extremadamente radiactivo y que provocaba la muerte, ya que una vez que el elemento penetraba en el organismo, no existía forma de poder eliminarlo.

2.2 Evolución histórica de la toxicología

Para desarrollar la evolución histórica de la toxicología nos tendríamos que remontar al origen de la biología, ya que desde el mismo momento en el que surge la vida, también existe el riesgo de encontrarnos y contactar con agentes nocivos que ponen en peligro el funcionamiento del organismo. De forma resumida se toman como referencia periodos de la historia en los que se pueden encontrar algunos de los datos más significativos (*Universidad de Granada, 2017*).

- Periodo primitivo. Edad antigua:

Desde el periodo primitivo se presupone que el hombre prehistórico tuvo constancia de las propiedades tóxicas que poseían algunas sustancias animales, minerales o vegetales y que, a través de la experiencia, fueron aprendiendo que sustancias resultaban perjudiciales y cuáles no. Así mismo, los hombres usaban venenos de plantas y animales para la caza, la guerra o envenenamientos (*Rueda, 2012*).

Se conoce que el emperador del Japón ShenNung (3500 a.C.) poseía un jardín botánico con plantas medicinales y tóxicas.

La primera referencia que se destaca es el Papiro de Ebers (1500 a.C.) en el que se manifiesta el conocimiento de los venenos y propiedades curativas de productos naturales en el antiguo Egipto (**Figura 2.1**). De la misma época es el papiro egipcio de Hearst, con referencia al veneno de animales, entre ellos el de las serpientes (*Rueda, 2012*).



Figura 2.1. Papiro de Ebers (*DeCarvalho, 2013*)

Posteriormente, en algunas obras Hipócrates, se nombran sustancias venenosas siempre desde un punto de vista terapéutico por los efectos de sobredosis que se observaban.

Casos famosos fueron los de Sócrates (399 a.C.), con el empleo de sus conocimientos sobre Cicuta y el de Cleopatra, que por medio de una serpiente puso fin a su vida. Aristóteles (384-322 a.C.) menciona el uso de veneno de víboras, y Estrabón (63-20 a.C.) el de peces. Cabe destacar que en Grecia se estableció el “Veneno del Estado” como medio de ejecución (*González, s.f.*).

Los romanos desarrollaron un amplio conocimiento de los productos tóxicos naturales, destacando la Lex Cornelia (82 a.C.), que se puede considerar como la primera ley promulgada sobre envenenamientos. Éstos hicieron de los venenos su uso político y hasta se solía disponer de un envenenador oficial.

Por otra parte en la Biblia se recogen homicidios y suicidios e incluso recomendaciones de limpieza de utensilios de cobre. En el Éxodo, al describirse

las plagas de Egipto, se explica que “*las aguas del Nilo se volvieron rojas y no se podían beber*” lo que se interpreta como una marea roja por microalgas (González, s.f.)

- Edad media (S. V-XV)

En el mundo árabe cabe destacar al médico Avicena (980-1037), el cual en uno de sus libros trata las drogas y sus prescripciones. Así mismo, un médico judío español llamado Maimónides, escribe en árabe ampliamente sobre medicina y farmacia, dando consejos para evitar las intoxicaciones y prescribiendo su tratamiento (Rueda, 2012).

Se abre el primer centro del que se tiene constancia que disponían de los conocimientos necesarios para atender exclusivamente a pacientes intoxicados, por la célebre epidemia de ergotismo que se produjo en Francia. Además, en esta época, el veneno se convierte en un instrumento claro en la vida social y política de Europa, donde se dieron gran cantidad de envenenamientos criminales.

Se puede encontrar abundante literatura sobre estos envenenamientos en la Italia del siglo XV, destacando a la familia Borgia entre los mejores especialistas.

En el año 1420, el Consejo de los Diez de Venecia disponía de una escala de precios para llevar a cabo el envenenamiento de la gente, dependiendo este precio del rango de la víctima y de la dificultad en llevar a cabo el envenenamiento. (DEcarvalho, 2013)

- Edad moderna (S. XV-XVIII)



Figura 2.2. Paracelso (Peregrino, 2019)

Durante esta etapa tienen lugar los primeros estudios toxicológicos. A pesar de que en la anterior época tuvieron lugar las primeras obras en las que se tenía en cuenta las sustancias tóxicas, no es hasta el siglo XV cuando se toma una aproximación más científica.

Entre los más importantes y destacables se encuentra el de Paracelso (**Figura 2.2**), médico alemán profesor de la Universidad de Basile, quién expresó “*Todo es veneno y nada es veneno, la dosis*

sola hace el veneno". Entre sus trabajos, cabe destacar los relacionados con el éter y la yatroquímica, y fue el primero en tener en cuenta la posibilidad de que algunos venenos administrados en determinadas dosis podían actuar como medicamentos. Fué el primero en considerar el concepto de dosis de una manera cuantitativa (*Universidad de Granada, 2017*).

En el año 1700 comienza la preocupación por la medicina del trabajo en la obra del italiano Ramazzini, quien en su obra "Enfermedades de los trabajadores" estudia las diferentes profesiones observando las condiciones de salubridad de los lugares de trabajo. De él se destaca la cita "Cuando llegues a la cabecera de tu paciente, pregúntale en qué trabaja, para ver si en la búsqueda de sus sustento, no radica la causa de su mal" (*González, s.f.*).

Aparte de los autores nombrados, existen otros muchos que van especializándose en sustancias determinadas etc.

- Edad contemporánea (S. XIX-XXI)

Debido a procesos judiciales que se hicieron famosos se produjo una intensificación en los estudios y por lo tanto un desarrollo de la ciencia toxicológica por parte de los peritos que participaban en los tribunales.

En 1830 el químico inglés James M. Marsh llevó a cabo un método por el que se detectaba la presencia de arsénico en vísceras y alimentos que hizo que disminuyeran los envenenamientos (*Universidad de Granada, 2017*).

En el siglo XIX con la revolución industrial aparece Materno Emanuel Orfila, médico español conocido internacionalmente como uno de los fundadores de la moderna ciencia toxicológica y desarrolló multitud de pruebas para poder identificar los tóxicos, además de describir las propiedades físicas, químicas, fisiológicas y tóxicas de estas sustancias. Entre sus importantes aportaciones, se destaca el conocimiento de que los tóxicos se pueden acumular en diferentes tejidos.

La toxicología como ciencia nace en Holanda (1945), con el primer centro de información de la Real Sociedad Holandesa para el Progreso de la Farmacia. En este mismo año, en Dinamarca abre un centro especializado en reanimación,

especialmente de intentos de suicidios y sobredosis de medicamentos (*Universidad de Granada, 2017*).

En 1950 en Inglaterra se abre el primer centro de información, y en 1953, abre en EE.UU uno de los primeros centros estadounidenses por la Academia Americana de Pediatría, para 1965 ya existían cerca de 600 centros. Diez años después, en Francia abre su primer centro en París.

En España, no fue hasta 1886, con Real Decreto de 11 de julio de 1886, cuando se establecieron los Laboratorios de Medicina Legal dependientes del Ministerio de Justicia, que posteriormente se denominaron “Instituto de Análisis Químico-Toxicológico, transformados el 10 de julio de 1935 en “Instituto Nacional de Toxicología”. Posteriormente, a través de un Decreto de 13 de julio de 1976 se volvió a modificar este Instituto, calificándolo como centro nacional técnico en materia toxicológica y colaborando también con los demás cuerpos de la Administración, por lo que abarcaba más intervenciones aparte de la de la Justicia (*Rueda, 2012*).



3. OBJETIVOS

El objetivo general y principal de este trabajo es extraer conclusiones de la evolución de 20 valores límites ambientales de exposición diaria profesional VLA-ED correspondientes a materiales comúnmente empleados en la construcción desde la publicación del primer documento “Límites de exposición profesional” LEP por el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo¹ en el año 1999.

Como objetivos más específicos y que se desarrollan a raíz del objetivo principal, podemos indicar los siguientes:

- Estudio de la evolución de las frases R, posteriormente sustituidas por las frases H desde su primera publicación.
- Comparación de los valores límite ambientales de exposición diaria profesional VLA-ED con los Threshold Limits Values americanos.

¹ Debido al cambio de nombre, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo pasa a nombrarse Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo. A pesar de ello, a lo largo del proyecto lo denominaremos con las siglas pertenecientes a su primer nombre INSHT.



CAPÍTULO 02

4. ESTADO DE LA CUESTIÓN



4. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Para poder realizar este estudio, hay que tener en cuenta otras investigaciones que se han podido llevar a cabo de temas similares, así como artículos y, de manera imprescindible, la normativa aplicable en los casos en los que se encuentren presentes materiales que precisan el conocimiento de sus valores límites ambientales de exposición diaria profesional.

4.1 Toxicidad e índices toxicológicos



La toxicología, “ciencia que estudia los tóxicos o venenos” puede definirse como la ciencia que estudia las sustancias químicas y su interacción con los seres vivos. Cuando se habla de toxicología laboral se hace referencia a la toxicología de las sustancias químicas empleadas en el ámbito laboral, llamada también toxicología industrial, y su interacción con los trabajadores que están en contacto con ellas. Se trata, en general, de los disolventes y productos químicos empleados en la actividad laboral, pero también de sustancias que pueden formarse in situ como resultado de reacciones entre las presentes (*Baraza Sánchez, 2014*).

Así mismo, podemos definir la palabra “tóxico” como “sustancia externa que, al entrar en contacto con el organismo, puede provocar una alteración de los equilibrios vitales, llegando incluso a ocasionar la muerte. Con el término veneno se designa a un tóxico que penetra en el organismo de forma intencionada” (*Mateo Floría, 2008*).

Del mismo autor se define la toxicología laboral como el estudio de las intoxicaciones producidas por productos químicos que se utilizan en el trabajo y, por lo tanto, penetran en el organismo humano como consecuencia de su uso y manipulación. Tiene por objeto conseguir la información necesaria sobre las

alteraciones biológicas y toxicidad que los productos químicos ejercen sobre el organismo para evitar sus riesgos y consecuencias.

Además de la exposición a un agente tóxico, se valoran distintos factores relacionados con el organismo que hacen variar los efectos del tóxico (*Cortés Díaz, 2012*):

- Factores intrínsecos: El hombre no puede ejercer ningún control. Susceptibilidad individual, capacidad de desintoxicación, edad etc.
- Factores extrínsecos: El hombre si puede ejercer algún control. Estados de nutrición, características socioeconómicas, tensiones físicas, mentales y sociales, etc.

Los efectos de las intoxicaciones se pueden dividir en dos grupos; agudos, cuando se manifiestan en un periodo corto de tiempo y aparece por exposición a una dosis alta; crónicos, cuando el tóxico penetra en pequeñas dosis repetidamente a lo largo de un largo periodo de tiempo. (*Mateo Floría, 2008*).

Las tres principales áreas que abarca la toxicología son (*Hernández Guijo, 2010*):

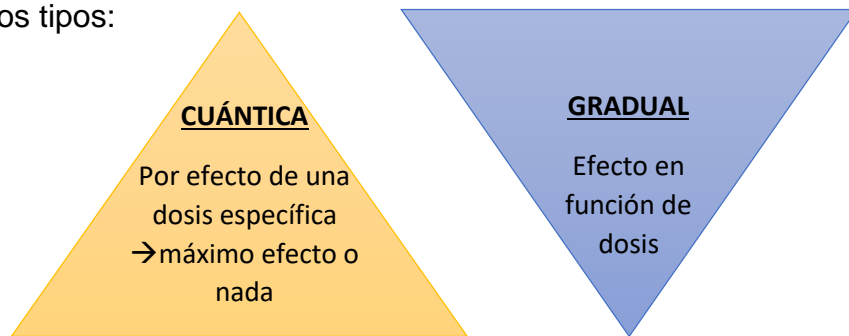
- Descriptiva: encargada de los ensayos de toxicidad que proporcionan información para la posterior evaluación de los riesgos.
- Mecanística: su función es conocer los mecanismos moleculares por los que un tóxico afecta sobre un organismo vivo.
- Regulatoria: Determina si una sustancia tiene un riesgo demasiado alto como para permitir su uso. En cada país se puede encontrar su correspondiente Agencia Regulatoria, en Europa se denomina EMEA (**Figura 4.1**) “Agencia Europea de Medicamentos”, con sede en Londres.



Figura 4.1: Logo EMEA

❖ Efecto. Relación dosis-efecto

Efecto se define como la manifestación de la acción de una sustancia que modifica algún mecanismo bioquímico o función fisiológica (*Hernández Guijo, 2010*). Está relacionado con la dosis y el tiempo y generalmente se considera de dos tipos:



DOSIS es la cantidad de contaminante presente en el organismo en un determinado momento, durante la exposición o después de la misma.

Se mide en mg/kg (*Mateo Floría, 2008*)

La dosis depende de:

- La concentración o cantidad de contaminante presente en el ambiente de trabajo.
- El contaminante
- Tiempo de exposición del trabajador a dicho contaminante.

De esta forma, se definen las siguientes relaciones en la **Figura 4.2**:



Figura 4.2: Relaciones Dosis y Concentraciones
(Elaboración propia)

4.2 Valor límite ambiental de exposición profesional

Los Valores Límite Ambientales (VLA) son valores de referencia que se establecen para las concentraciones de los agentes químicos en el aire y representan condiciones de las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas al día y 40 semanales, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud (Notas Técnicas Prevención 526, 1999).

Hay que tener en cuenta que se trata de la mayoría de los trabajadores, no de la totalidad, ya que las respuestas que cada uno de ellos puede experimentar de manera individual ante un contaminante son ampliamente variables, tanto por factores genéticos como por los hábitos de vida, así como no tienen en cuenta

todas la vías de exposición y en muchos casos no contemplan todos los posibles efectos. Por todo esto, no establecen una barrera definida que diferencia entre situaciones seguras o no. (*Notas Técnicas Prevención 526, 1999*)

Los VLA-ED evalúan únicamente los riesgos por inhalación de los agentes químicos incluidos en la lista de valores. Cuando uno de estos agentes se puede absorber por vía cutánea, sea por la manipulación directa del mismo o sea a través del contacto de los vapores con las partes desprotegidas de la piel, y esta aportación pueda resultar significativa para la dosis absorbida por el trabajador, el agente en cuestión aparece señalado en la lista con la notación “vía dérmica”. (*Notas Técnicas Prevención 526, 1999*)

El VLA para la materia particulada no fibrosa se establecerá en mg/m^3 , y el de fibras en fibras/m^3 o $\text{fibras}/\text{cm}^3$, para las condiciones de temperatura y presión atmosférica reales del ambiente del puesto de trabajo, de forma que las concentraciones medidas en estas unidades no requerirán ninguna conversión para ser comparadas con los valores límites aplicables (*Cortés Díaz, 2012*).

Estos valores se establecen en función de la información procedente de la analogía físico-química de los agentes químicos de los estudios de experimentación, de los estudios epidemiológicos y de la experiencia industrial. Así mismo, para definir estos valores de referencia se han de tener en cuenta el efecto máximo sobre la salud de los trabajadores que se considerará admisible y el porcentaje de la población expuesta que estará protegido.

Para poder realizar la conversión de p.p.m a mg/m^3 se emplea la **Fórmula 4.1** indicada a continuación:

$$\text{VLA en } \text{mg}/\text{m}^3 = \frac{(\text{VLA en ppm})(\text{peso molecular del agente químico en gramos})}{24,04}$$

Fórmula 4.1: Conversión p.p.m. a mg/m^3

Representando el 24,04 el volumen molar en litros en tales condiciones estándar. (*Guía Exposición agentes químicos, INSHT*).

Existen tres clases de Valores Límites Ambientales (*Límites de exposición profesional para agentes químicos en España, 2017*):

- Valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED): Valor límite ambiental de referencia para la exposición diaria. Es la “concentración media del agente químico en la zona de respiración² del trabajador, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada de 8 horas diarias”. Puede calcularse matemáticamente con la **Fórmula 4.2**:

$$ED = \frac{\sum c_i t_i}{8}$$

Fórmula 4.2: Cálculo VLA-ED

- Valor límite ambiental para exposiciones de corta duración (VLA-EC): Valor límite ambiental para la exposición de corta duración. Es la “concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada, para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral excepto para aquellos agentes para los que en la lista de Valores Límite se especifique un periodo de referencia menor”. El valor VLA-EC no debe ser superado por ninguna EC a lo largo de la jornada laboral.

Los agentes químicos de efectos principalmente agudos, sólo se les asigna para su valoración un VLA-EC. Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos son de naturaleza crónica, el VLA-EC, constituye un complemento del VLA-

ED, por lo que la exposición se valorará con ambos límites. Puede calcularse matemáticamente con la **Fórmula 4.3**:

$$EC = \frac{\sum c_i t_i}{15}$$

Fórmula 4.3: Cálculo VLA-EC

²Según la NTP 526: *Valores límite de exposición profesional en la Unión Europea y en España*, se entiende por zona de respiración del trabajador “el espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Con fines técnicos, una definición más precisa es la siguiente: semiesfera de 0,3 m de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más alta de la cabeza y la laringe”

- Límites de desviación (LD): Sirven para controlar las exposiciones por encima de los valores VLA-ED en aquellos agentes químicos que no tienen establecidos un VLA-EC. No deberá superarse durante más de 30 minutos en la jornada de trabajo el valor de 3 veces el VLA-ED. No deberá superarse en ningún momento el valor de 5 veces el VLA-ED.

❖ Incorporación del concepto “fracción respirable”

Debido a la introducción del concepto de “fracción respirable” dentro del estudio de los límites de exposición profesional, muchos de estos VLA-ED disminuyeron ya que dicho concepto varió el criterio de medición de los mismos.

Se entiende como fracción respirable “la parte de polvo total suspendida en el aire que alcanza, por su pequeño tamaño, los alveolos pulmonares depositándose en ellos y, el resto, es retenido por las mucosas del aparato respiratorio o sedimentan por gravedad (*Cortés Díaz, 2012*).

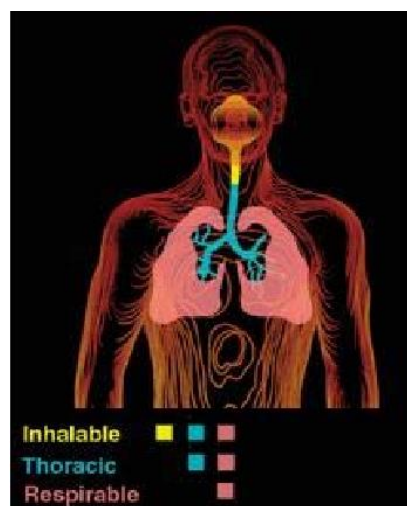


Figura 4.3: VLA-ED vs TLV (Sousa, INSHT)

Así mismo también se incorporaron los términos de “fracción inhalable” y “fracción torácica”, descritos por el INSHT en el documento de métodos de toma de muestras y análisis MTA/MA-014/A11 como “fracción de masa de las partículas que se inhala a través de la nariz y la boca, y fracción de la masa de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas” respectivamente. Cada uno de los términos queda reflejados en la **Figura 4.3**.

La introducción de estos nuevos conceptos, como se mencionó anteriormente, supuso una disminución en el VLA-ED para algunos de las sustancias recogidas en los documentos LEP, ya que es, únicamente, una cantidad más pequeña de toda la inhalada la que llegaría a penetrar en los alveolos pulmonares, produciendo los efectos perjudiciales para la salud del trabajador.

4.3 Límites de exposición profesional en España

La Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo aprobó en 1997 la creación de un grupo de trabajo que estudiaría, entre otras materias, los documentos que elaboraría el INSHT sobre los límites de exposición profesional LEP, cumpliendo así lo dispuesto en la Directiva 98/24/CE y la Directiva 2000/39/CE, en las que se definen los VLA-ED y biológicos y se establecen valores límites de exposición profesional obligatorios para aquellos agentes que tienen fijado un valor límite indicativo a escala comunitaria (*Menéndez Díez, 2009*).

Dicha comisión recomendó finalmente que se aplicaran en los lugares de trabajo los LEP establecidos por el INSHT y que éste indicara en el preámbulo de dichos documentos la información favorable que ellos emitían con respecto a la aplicación de estos límites.

La evaluación de los riesgos originados por la exposición a agentes químicos conlleva la necesaria utilización de estos VLA de los que nuestro país carecía. Esto se debía a la situación de desfase en que se encontraba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas RAMINP (1961), que solo establecía valores de concentración ambiental para menos de 200 sustancias y no se actualizaba por nuevos conocimientos, criterios y sustancias, lo que motivo a la utilización habitual durante años de los valores TLVs establecidos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists ACGIH de los EEUU (*Menéndez Díez, 2009*).

Los LEP se establecen únicamente para su empleo en el ámbito de la Higiene Industrial y tendrán carácter de recomendación, de forma que constituirían únicamente una referencia técnica. No son valores legales nacionales, ya que esos únicamente pueden ser constituidos por autoridades competentes.

Los LEP han sido fundamentales dentro del mundo industrializado, se empezaron a aplicar cuando se hicieron evidentes las ventajas que suponían la prevención frente a la indemnización de las víctimas.

❖ Frases de peligro H

Las frases H de peligro son frases que, asignada a una clase o categoría de peligro, describe la naturaleza de los peligros de una sustancia o mezcla peligrosa, incluyendo, cuando proceda, el grado de peligro (Cortés Díaz, 2012).

Antes de comenzar a nombrarse frases H de peligro, estas frases se denominaban frases R de riesgo. Este cambio se llevó a cabo debido al *CLP, Reglamento CE 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas*. En este reglamento, además del cambio mencionado anteriormente, también se sustituyeron las Frases S por consejos de prudencia o frases P y se establecieron nuevos pictogramas entre otras modificaciones.

A continuación, (Tabla 4.1), se muestra una relación de las frases H establecidas en el Reglamento CE 1272/2008 que tienen relación directa con la salud de los trabajadores. En la siguiente tabla (Tabla 4.2) se encuentran las antiguas frases R, también relacionadas con la salud de los trabajadores y su equivalencia con las actuales frases H.

Tabla 4.1: Frases H de peligro

FRASES	INDICACIONES DE PELIGRO
H-300	Mortal en caso de ingestión
H-301	Tóxico en caso de ingestión.
H-302	Nocivo en caso de ingestión.
H-304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
H-310	Mortal en contacto con la piel.
H-311	Tóxico en contacto con la piel.
H-312	Nocivo en contacto con la piel.
H-314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H-315	Provoca irritación cutánea.
H-317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H-318	Provoca lesiones oculares graves.
H-319	Provoca irritación ocular grave.
H-330	Mortal en caso de inhalación.
H-331	Tóxico en caso de inhalación.
H-332	Nocivo en caso de inhalación.
H-334	Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
H-335	Puede irritar las vías respiratorias.
H-336	Puede provocar somnolencia o vértigo.

H-340	Puede provocar defectos genéticos
H-341	Se sospecha que provoca defectos genéticos
H-350	Puede provocar cáncer
H-351	Se sospecha que provoca cáncer
H-360	Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto
H-361	Se sospecha que perjudica la fertilidad o daña al feto
H-362	Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
H-370	Provoca daños en los órganos
H-371	Puede provocar daños en los órganos
H-372	Provoca daños en los órganos (3) tras exposiciones prolongadas o repetidas
H-373	Puede provocar daños en los órganos (3) tras exposiciones prolongadas o repetidas
H-350i	Puede provocar cáncer por inhalación.
H-360F	Puede perjudicar a la fertilidad.
H-360D	Puede dañar al feto.
H-361f	Se sospecha que perjudica a la fertilidad.
H-361d	Se sospecha que daña al feto.
H-360FD	Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto
H-361fd	Se sospecha que perjudica a la fertilidad. Se sospecha que daña al feto.
H-360Fd	Puede perjudicar a la fertilidad. Se sospecha que daña al feto.
H-360Df	Puede dañar al feto. Se sospecha que perjudica a la fertilidad.

Tabla 4.2: Frases R y equivalencia con Frases H

FRASES R		CORRESPONDENCIA FRASES H
R-24	Tóxico en contacto con la piel	H-331
R-25	Tóxico por ingestión	H-301
R-26	Muy tóxico por inhalación	H-330
R-27	Muy tóxico en contacto con la piel	H-310
R-28	Muy tóxico por ingestión	H-300
R-34	Provoca quemaduras	H-314
R-35	Provoca quemaduras graves	H-314
R-36	Irrita los ojos	H-319
R-37	Irrita las vías respiratorias	H-335
R-38	Irrita la piel	H-315
R-40	Posibles efectos cancerígenos	H-351
R-41	Riesgo de lesiones oculares graves	H-318
R-42	Posibilidad de sensibilización por inhalación	H-334
R-43	Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel	H-317
R-45	Puede causar cáncer	H-350
R-46	Puede causar alteraciones genéticas hereditarias	H-340
R-49	Puede causar cáncer por inhalación	H-350i
R-60	Puede perjudicar la fertilidad	H-360F
R-61	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto	H-360D
R-62	Posible riesgo de perjudicar la fertilidad	H-360Df
R-63	Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto	H-361d
R-64	Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna	H-362
R-65	Nocivo. Si se ingiere puede causar daño pulmonar	H-304
R-67	La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo	H-336
R-39/23	Peligro de efectos irreversibles muy graves y tóxicos por inhalación	H-370
R-39/24	Peligro de efectos irreversibles muy graves y tóxicos en contacto con la piel	H-370
R-39/25	Peligro de efectos irreversibles muy graves y tóxicos por ingestión	H-370
R-39/26	Peligro de efectos irreversibles muy graves y muy tóxicos por inhalación	H-370

R-39/27	Peligro de efectos irreversibles muy graves y muy tóxicos en contacto con la piel	H-370
R-39/28	Peligro de efectos irreversibles muy graves y muy tóxicos por ingestión	H-370
R-48/20	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada y nocivo por inhalación	H-373
R-48/21	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada y nocivo en contacto con la piel	H-373
R-48/22	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada y nocivo por ingestión	H-373
R-48/23	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada y tóxico por inhalación	H-372
R-48/24	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada y tóxico en contacto con la piel	H-372
R-48/25	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada y tóxico por ingestión	H-372
R-60/61	Puede perjudicar la fertilidad y riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto	H-360FD
R-60/63	Puede perjudicar la fertilidad y posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto	H-360Fd
R-61/62	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto y posible riesgo de perjudicar la fertilidad	H-360Df
R-68/20	Posibilidad de efectos irreversibles y nocivos por inhalación	H-371
R-68/21	Posibilidad de efectos irreversibles y nocivos en contacto con la piel	H-371
R-68/22	Posibilidad de efectos irreversibles y nocivos por ingestión	H-371

4.4 Evolución normativa de los límites de exposición profesional en España y revisión normativa

4.4.1 Evolución normativa de los límites de exposición profesional en España.

Según lo establecido en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se requiere el empleo de los valores límites de exposición para la valoración de los riesgos por exposición a agentes químicos.

En el año 1995 se formó por parte del INSHT en el Trabajo un grupo de trabajo que se dedicaría a establecer los Valores Límite de Exposición Profesional, publicando un primer documento sobre los mismos en el año 1999, con posteriores actualizaciones anuales, de forma que se mantuvieran adaptados al progreso científico y técnico. De esta forma, se cumple con la obligación impuesta a los Estados Miembros por parte de la *Directiva 98/24/CE* de establecer límites de exposición profesionales para los agentes químicos nacionales.

Esta Directiva se trasposa al ordenamiento jurídico español a través del *Real Decreto 374/2001*, que deroga los límites de exposición del *Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (RAMINP)*. De esta forma, los límites de exposición profesional del INSHT pasan a considerarse los valores de referencia para los agentes químicos que no dispongan de valores límites reglamentarios. También en el año 1995 se publica la norma UNE EN 689 en la que se proponen directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites.

De una manera más esquemática, y estableciendo como punto de partida el primer documento regulador de los límites a los que los trabajadores deben estar expuestos durante sus jornadas de trabajo del que se tiene constancia, se puede esquematizar (**Figura 4.4**) la evolución de la regulación de los ambientes de trabajo y límites de exposición profesional:

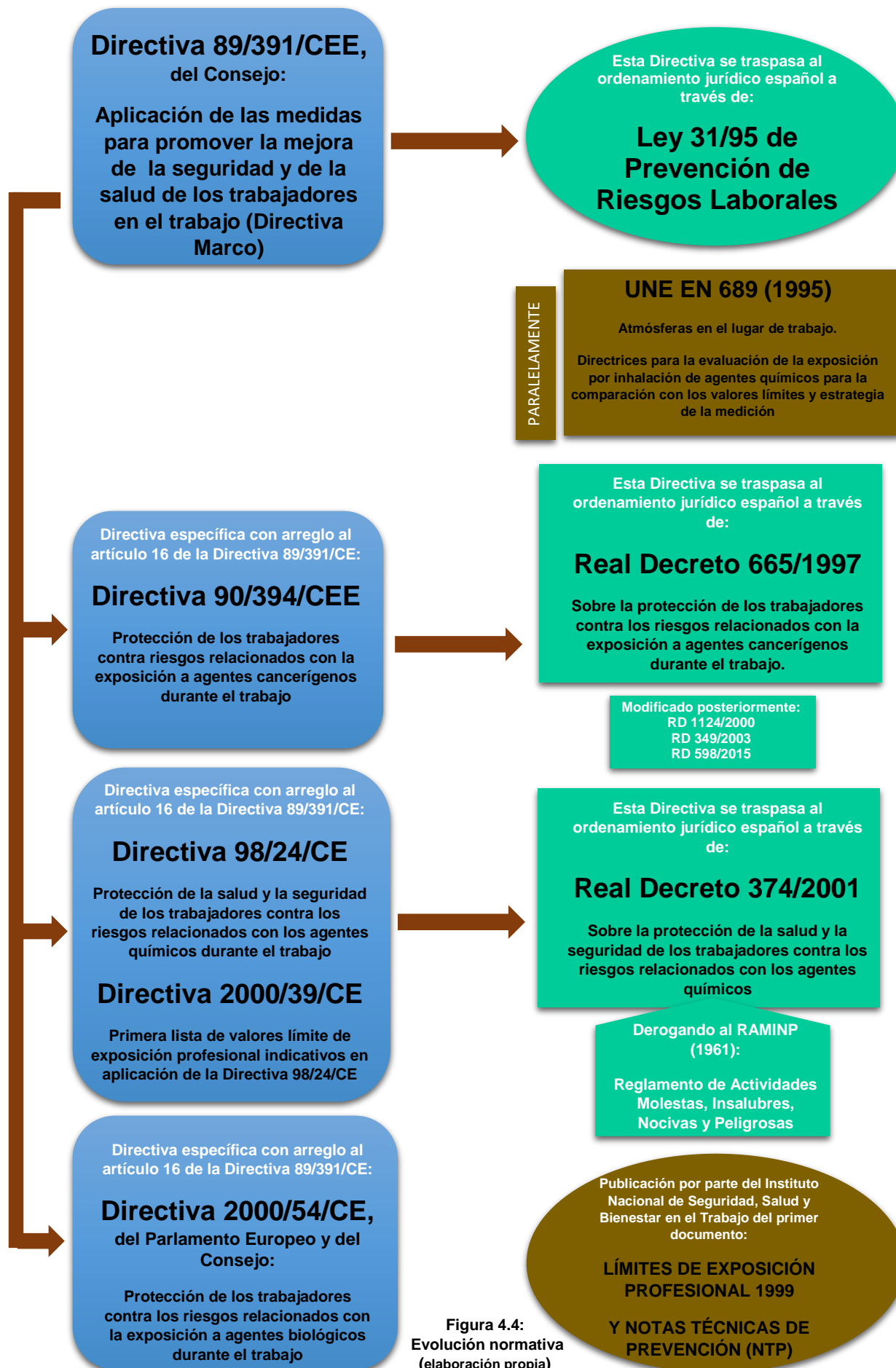


Figura 4.4:
Evolución normativa
(elaboración propia)

4.4.2 Revisión normativa

DIRECTIVA MARCO 89/391/CE del Consejo, de 12 de junio de 1989 relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo.

Modificada por el Reglamento nº 1882/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de septiembre de 2003, por la Directiva 2007/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de junio de 2007 y por el Reglamento nº 1137/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2008.

Esta Directiva tiene como ámbito de aplicación todos los sectores de actividades, públicas o privadas y no será de aplicación cuando se opongan a ello las particularidades inherentes a determinadas actividades específicas de la función pública.

Es desarrollada y publicada por el Consejo de las Comunidades Europeas tiene como objetivos la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y salud de los trabajadores, incluyendo los principios generales de la prevención de los riesgos profesionales, protección de la seguridad y salud, eliminación de los factores de riesgo y accidentes, información, consulta y participación equilibrada de conformidad con las legislaciones y usos nacionales, formación de los trabajadores y sus representantes y líneas generales para la aplicación de dichos principios.

Se establece la obligatoriedad por parte del empresario de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en todo lo relacionado con el trabajo y las obligaciones de los trabajadores.

Define el establecimiento de los servicios de protección y prevención, así como las obligaciones del empresario con respecto a los primeros auxilios, lucha contra incendios, evacuación de los trabajadores y la definición de riesgo grave inminente.

Forma las medidas que deberá tomar el empresario con respecto a la información, formación, consulta y participación de los trabajadores y sus representantes así como con la vigilancia de la salud.

En el apartado 1 de su Artículo 16 se especifica que “A propuesta de la Comisión basada en el artículo 118 A del Tratado, el Consejo adoptará directivas específicas relativas, entre otras cosas, a los ámbitos que se mencionan en el Anexo”, dando así paso a la publicación de diversas Directivas específicas que se centrarán en los diversos aspectos de esta Directiva.

Para introducir estas adaptaciones técnicas, la Comisión estará asistida por un Comité que será el encargado de modificar elementos no esenciales de estas Directivas específicas.

<u>Ley 31/1995</u>, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.

Mediante esta Ley, se traspassa al Ordenamiento Jurídico Español lo establecido en la Directiva Marco 89/391/CE.

De la misma manera que en la Directiva, define los principios generales de prevención y las obligaciones y responsabilidades tanto del empresario como de los trabajadores y todo lo especificado en la misma.

DIRECTIVA 98/24/CE DEL CONSEJO de 7 de abril de 1998 relativa a la protección de la seguridad y salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Modificada posteriormente por la Directiva 2007/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de junio de 2007.

Tiene como objetivo “establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad derivados o que puedan derivarse de los efectos de los agentes químicos que estén presentes en el lugar de trabajo o de cualquier actividad con agentes químicos”

En esta Directiva se definen los términos de “agente químico”, “agente químico peligroso”, etc

Determina la relación existente entre los efectos en la salud de los agentes químicos peligrosos y el valor de la exposición profesional. A tal efecto, propone unos valores límites de exposición profesional indicativos que se establecerán a escala comunitaria y que cada uno de los Estados miembro, teniéndolos en cuenta, establecerán de manera nacional.

Se establecen las obligaciones de los empresarios, como la determinación y evaluación del riesgo de agentes químicos peligrosos y las medidas que deban tomarse teniendo en cuenta las propiedades de los mismos, el nivel y duración de la exposición, las condiciones de trabajo con respecto a dichos agentes, los valores límite de exposición profesional etc.

Se definen los principios generales para la prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos peligrosos y aplicación de la Directiva en relación con la evaluación de riesgos. Puntualiza que el empresario “garantizará la eliminación o la reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la seguridad y la salud de los trabajadores durante el trabajo”, desarrollando cómo se eliminarán los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en trabajos con agentes químicos peligrosos y las medidas específicas de protección, prevención y vigilancia.

También aclaran las medidas que se deberán adoptar en caso de accidentes, incidentes y emergencias, la información y formación de los trabajadores de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, valores límite y otras disposiciones legales.

Finalmente en sus anexos desarrolla una lista de la valores límite de exposición profesional vinculante, en la que únicamente se encuentra el plomo inorgánico y sus derivados y otra lista de agentes químicos prohibidos.

DIRECTIVA 2000/39/CE DE LA COMISIÓN, de 8 de junio de 2000 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 relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

En esta Directiva se expone una lista de valores límite de exposición profesional indicativos comunitarios. Cada uno de los Estados miembros deberán establecer los valores límite de exposición profesional nacionales de estos valores indicados.

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.

Mediante este decreto, se traspone al derecho español el contenido de las directivas 98/24/CE y 2000/39/CE. Esta norma se encarga del desarrollo reglamentario que se debe adoptar para la adecuada protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos en el lugar de trabajo.

Se aplicará a los agentes químicos que están o puedan estar presentes en el lugar de trabajo sin perjuicio de otras disposiciones más rigurosas referidas al transporte de mercancías peligrosas o productos químicos peligrosos clasificados como cancerígenos.

En él se definen, al igual que en la Directiva, los términos de agente químico, exposición a los mismos, agentes químicos peligrosos.

Así mismo quedan definidos VLA-ED y para exposiciones de corta duración.

En ausencia de los VLA establecidos en el anexo I de la anterior normativa exceptuando el plomo, son de aplicación los VLA publicados por el INSHT como valores de referencia para la evaluación y control de los riesgos derivados de la exposición a ciertos agentes químicos.

Al igual que en las Directivas, establece la obligación del empresario de determinar la existencia de agentes químicos peligrosos y, en el caso de que existan, evaluar los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores. Así mismo establecer medidas de prevención, protección y vigilancia de la salud.

Para la evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación, se deberán incluir las mediciones de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador y la comparación con el valor límite ambiental.

Será obligatorio la información y formación de los trabajadores sobre los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo, su denominación, riesgos para la seguridad y salud, valores límite de exposición profesional y otros requisitos legales que les sean de aplicación legal.

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.

Propone directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites.

Desarrolla al igual que las anteriores normativas la definición de “agente químico”, “valor límite”.

La estrategia que establece se divide en dos fases, una primera en la que se lleva a cabo la evaluación de la exposición laboral, comparándola con el valor límite, y una segunda de mediciones periódicas para comprobar las condiciones de exposición.

En esta norma se proponen tres fases para la estrategia de evaluación de la exposición profesional: la identificación de los factores relacionados con los agentes químicos, la identificación de los factores relacionados con el puesto de trabajo y la evaluación de la exposición.

Se asocia un VLA-EC a aquellos agentes químicos cuyos efectos son inmediatos y se manifiestan a partir de una determinada concentración.

Incluye un ANEXO B en el que se desarrolla el procedimiento para el cálculo de la concentración de la exposición laboral a partir de los resultados analíticos individuales de la medición.

NTP 244: Criterios de valoración en Higiene Industrial.

Las Notas Técnicas de Prevención son “guías de buenas prácticas”, sin ser obligatorias a no ser que se encuentren recogidas en una disposición de normativa vigente.

En esta NTP se define el término “Criterio de valoración” como la “norma con la que comparar los resultados obtenidos al estudiar un ambiente de trabajo, para tener información del riesgo que para la salud puede entrañar el mismo, y que puede ser tanto un reglamento o legislación como una información estrictamente técnica de reconocida solvencia que se utiliza como referencia”

Determina que los valores que se establecen u proponen en el criterio de valoración se basan en información obtenida por estudios epidemiológicos, toxicológicos con animales, especulaciones químico-toxicológicas y ensayos con voluntarios.

Informa sobre los valores de referencia ambientales en los Estados Unidos, en la antigua URSS, en la República Federal Alemana, Reino Unido, Suecia y en la normativa Española.

Sobre la normativa Española desarrolla la evolución de la normativa desde el primer Reglamento que establecía valores límite, el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.

Con respecto a las consideraciones para el establecimiento y aplicación de los criterios de valoración, determina que existen dos aspectos que deben de ser tenidos en cuenta: los parámetros que conforman la propia definición de valor límite y el procedimiento para medir las exposiciones.

Al ser un documento del año 1987, muchos de los términos han sido desarrollados posteriormente con más profundidad y por lo tanto se encuentra desfasado en algunos aspectos.

NTP 525: Criterios de establecimiento de valores límite de exposición profesional en la Unión Europea.

Esta NTP tiene como función la difusión del mecanismo diseñado por la Comisión de la Unión Europea para establecer Límites de Exposición Profesional.

Establece los VLA-ED profesional como la referencia necesaria para la toma de decisiones que se lleva a cabo una vez que se realiza la evaluación de riesgos.

Enumera las Directivas comunitarias publicadas definiendo sus funciones y sus anexos y las consideraciones que se tuvieron en cuenta para su publicación y define el procedimiento que se lleva a cabo en la Unión Europea para establecer dichos valores.

Una vez que se establece la lista de agentes en la Comisión, se elaboran los documentos que contendrán los límites de exposición profesional.

También define la estructura que deberá tener un documento siguiendo el criterio de lo establecido por la Unión Europea, dividiéndose en:

- Identificación de sustancia: Nombre y número de identificación, grupo químico, forma estructura, isómeros, información cualitativa y cuantitativa sobre impurezas.
- Propiedades químicas y físicas: aspecto, estado de agregación, puntos de fusión y ebullición, presión de vapor, densidades, solubilidad etc
- Presencia: Variabilidades geográficas o dependientes de uso, factores ambientales importantes para la toxicidad o seguridad del producto
- Datos de producción y uso: circunstancias, cantidades, variabilidades, comercialización
- Información cuantitativa sobre exposición y absorción
- Métodos analíticos y técnicas de medición
- Toxicología: parte básica del documento que contiene toda la información sanitaria en la que se basa el límite. Debe contener las vías de absorción, las concentraciones con mayor probabilidad de encontrar en el trabajo, los efectos producidos.

- Lagunas existentes.
- Grupos de alto riesgo.
- Límites de exposición profesionales existentes en otros organismos de países.
- Evaluación resumida y recomendaciones para límites de exposición profesional basados en criterios científicos.
- Bibliografía.

NTP 526: Valores límites de exposición profesional en la Unión Europea y en España.

El objetivo de esta NTP es informar sobre los valores límite fijados por la Unión Europea según las Directivas publicadas.

Muestra una lista con los LEP publicados por la Comisión Europea en sus Directivas. Destaca que los valores que adopten los estados miembros no pueden ser menos restrictivos que los comunitarios.

En España, exceptuando los valores de compuestos que disponían de reglamentación específica se han aplicado los límites definidos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienist, pero una vez publicada la Directiva 98/24/CE, se traspuso al ordenamiento jurídico español. Para la difusión de los mismos, se creó en 1991 una Comisión Especial para Valores Límite del Consejo General del INSHT y más tarde un Grupo Técnico que elaboró los documentos de LEP propuestos de referencia del INSHT, renovados anualmente.

Esta NTP también hace una definición de los Valores Límite Ambientales (VLA), tanto de exposición diaria (VLA-ED) como de corta duración (VLA-EC) y los límites de desviación (LD).

Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España. Publicaciones anuales.

Anualmente y desde el año 1999, el INSHT publica un documento, “Límites de Exposición Profesional” en el que se recogen los VLA de exposición profesional, tanto de exposición diaria como de exposición para corta duración, para agentes químicos y biológicos con sus respectivas actualizaciones.

De estos documentos se obtienen los valores necesarios para poder llevar a cabo los estudios y las comparativas a la hora de desarrollar las evaluaciones de riesgo pertinentes.

El presente documento presenta las siguientes características:

- Los valores establecidos deben ser considerados como orientativos o recomendados.
- Contempla valores límites para exposición a agentes químicos, principalmente por inhalación, previéndose la inclusión posterior de valores límite biológicos.
- Su aplicación se circunscribe al ámbito laboral.
- La relación de valores límite deberá ser ampliada y revisada anualmente.
- La aplicación de los valores de la exposición profesional a agentes químicos deberá realizarse siguiendo los criterios establecidos en el Documento.

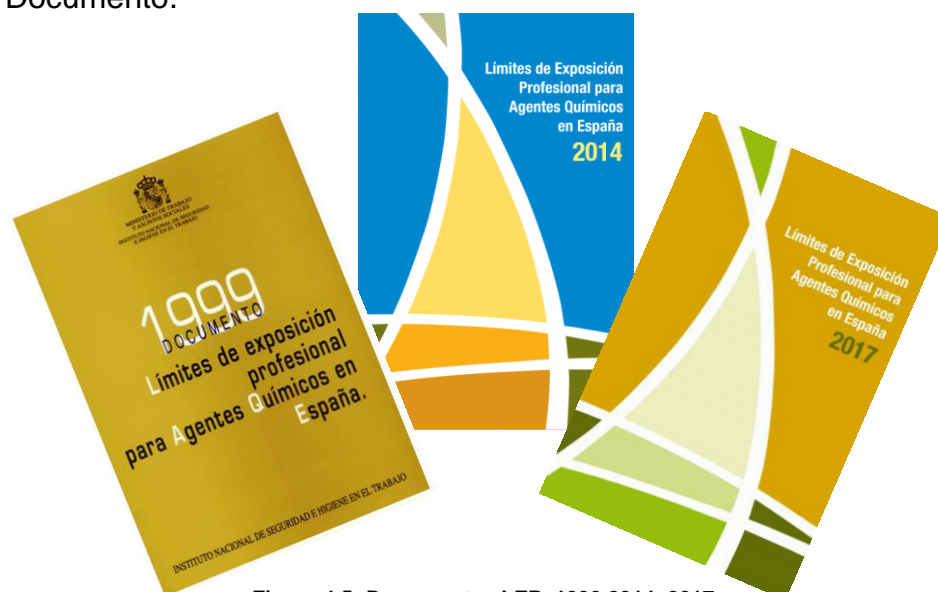


Figura 4.5: Documentos LEP, 1999,2014, 2017

DIRECTIVA 90/394/CEE DEL CONSEJO de 28 de junio de 1990 relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo.

Modificada posteriormente por la Directiva 97/42/CE y por la Directiva 1999/38/CE, con la que se amplía su ámbito de aplicación a los mutagénicos.

Esta Directiva tiene como objeto la “protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud, incluida la prevención de tales riesgos, derivados o que puedan derivarse de la exposición durante el trabajo de agentes carcinógenos”.

Establece que se deberá determinar la índole, grado y duración de la exposición de los trabajadores a dichos agentes para poder llevar a cabo una evaluación de los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores. Esta evaluación deberá repetirse regularmente y cada vez que se produzca un cambio en las condiciones de exposición.

También determina la sustitución del elemento en cuestión si supone un riesgo para los trabajadores o, en el caso de que esto sea imposible, el empresario garantizará que la producción y la utilización del mismo se llevarán a cabo en un sistema cerrado. Si esta última medida tampoco se puede llevar a cabo, garantizará que el nivel de exposición de los trabajadores sea el mínimo.

Cuando la evaluación realizada determine un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores, se deberán de poner a disposición de la autoridad competente, por parte de los empresarios y cuando se les solicite, información sobre las actividades que se realices, las cantidades de agente carcinógeno que se utiliza, número de trabajadores expuestos, medidas de protección, el grado de exposición y los casos de sustitución.

Establece el protocolo a seguir en el caso de que se dé una exposición imprevisible, previsible o bien acceso a las zonas de riesgo, con las medidas y las autorizaciones pertinentes para la manipulación de los agentes.

Describe la información y formación necesaria que deben recibir los trabajadores, como los riesgos potenciales para la salud, las precauciones para

evitar la exposición, las disposiciones en materia de higiene, la utilización y empleo de los equipos y trajes de protección y las medidas a adoptar en caso de incidente.

Con respecto a la vigilancia de la salud, determina que los trabajadores expuestos, deberán ser objeto de un control médico antes de la exposición, periódicamente tras la misma y en los casos en los que un trabajador se viera afectado por una anomalía que pudiera deberse a la exposición de agentes cancerígenos.

Sobre los valores límites, establece en el Anexo III una lista en la que quedan detallados todos los valores de dichos agentes.

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.

Mediante este decreto, se traspone al derecho español el contenido de la Directiva 90/394/CEE. Esta norma se encarga del desarrollo reglamentario de la protección de los trabajadores contra los riesgos para la salud y la seguridad que se deriven de la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo y de la prevención de dichos riesgos.

En el apartado de definiciones, define los valores límite como “el límite de la media ponderada en el tiempo de la concentración de un agente cancerígeno o mutágeno en el aire dentro de la zona en que respira el trabajador, en relación con un periodo de referencia específico”

Al igual que en la Directiva de la que se traspone esta Ley, establece la obligatoriedad de llevar a cabo una evaluación de riesgos para aquellos agentes que no hayan podido evitarse en la que se tendrán en cuenta las posibles vías de entrada al organismo, los posibles efectos sobre la seguridad y salud de los trabajadores especialmente sensibles y que se llevarán a cabo de forma periódica y cada vez que se produzca un cambio en la exposición a los mismos.

En su artículo 4 determina que, en la medida en que sea técnicamente posible, se evite el empleo de los agentes cancerígenos o mutágenos mediante su sustitución.

Con respecto a la prevención y reducción de la exposición, las medidas de higiene personal y de protección individual, las exposiciones accidentales y no accidentales, la vigilancia de la salud de los trabajadores, la documentación y la formación e información de los trabajadores, desarrolla las mismas pautas que el la Directiva de la que se traspone esta Ley.

El empresario estará obligado a informar a la autoridad laboral y sanitaria cuando lo soliciten la información sobre las evaluaciones realizadas, las actividades industriales aplicados y la causa por la que se emplean agentes cancerígenos o mutágenos, las cantidades empleadas, las medidas de prevención empleadas, los equipos de protección y los trabajadores expuestos.

En su disposición final primera indica que “el INSHT, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto 39/1997 elaborará y mantendrá actualizada una Guía Técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo. En particular, dicha guía incluirá un listado de maderas duras a las que se refiere el anexo III”

En su Anexo I, enumera las sustancias, mezclas y procedimientos. En su Anexo III, los valores límites de exposición profesional del benceno, el cloruro de vinilo monómero y del polvo de maderas duras.

**Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las
disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicable a los trabajos con
riesgo de exposición al amianto.**

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. Establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al amianto durante el trabajo, así como la prevención de dichos riesgos.

Describe el ámbito de aplicación de este Real Decreto, así como las obligaciones del empresario, entra las que destaca que “deberán asegurarse de que ningún trabajador está expuesto a una concentración de amianto en el aire superior al VLA-ED de 0,1 fibras por centímetro cúbico medidas como una media ponderada en el tiempo para un periodo de ocho horas”

Se obliga a realizar una evaluación del riesgo de exposición al amianto y de control del ambiente de trabajo, determinando las pautas a seguir en función de los resultados de dicha evaluación.

Desarrolla las medidas técnicas generales de prevención por las que se asegurará que los trabajadores no estarán expuestos a fibras procedentes del amianto o de materiales que lo contengan en el lugar de trabajo en una cantidad superior al valor límite fijado.

Al igual que en la normativa desarrollada anteriormente, se establecen los equipos de protección individual, las medidas de higiene personal y de protección individual, formación e información de los trabajadores, consulta y participación, vigilancia de la salud.

El empresario deberá llevar a cabo un plan de trabajo previo al comienzo de los trabajos con riesgos de exposición al amianto en obras de demolición, en el que

desarrollan las pautas necesarias para llevar a cabo dichos trabajos de manera correcta.

Toda empresa que trabaje con amianto, deberá estar inscrita en el Registro de empresas con riesgo por amianto.

En su disposición adicional segunda, dispone que el INSHT elaborará una Guía técnica de carácter no vinculante para la evaluación de los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo.

En los Anexos I y II, se establecen los requisitos para la toma de muestras y el análisis en el momento en el que se lleve a cabo la evaluación de riesgo así como el reconocimiento de la capacidad técnica de los laboratorios especializados en el análisis de fibras de amianto.

4.5 Valores de referencia en los Estados Unidos de América

Según la *NTP 244: Criterios de Valoración en Higiene Industrial* del INSHT, en los Estados Unidos de América existen tres instituciones que establecen los VLA para contaminantes químicos en el trabajo:

- a) La **Home Occupational Safety and Health Administration (OSHA)** como órgano de la Administración federal con competencia en el establecimiento de normas legales relativas a la prevención de riesgos y promoción de la salud laboral. Los valores que propone son los únicos que son válidos desde un punto de vista legal y se denominan “Permissible Exposure Limits” (PEL) :
 - Time-Weighted Average (TWA): concentración media a la que está permitida la exposición de un trabajador durante 8 horas diarias o 40 horas semanales sin sufrir ningún tipo de efecto negativo. Es la equivalente a los valores límites ambientales de exposición diaria (VLA-ED) en España.
 - Valores ceiling: Determina la concentración máxima en el ambiente que no puede ser sobrepasada en ningún momento durante la jornada laboral.

- Short-Term Exposure Limit (STEL): límite para periodos cortos de tiempo de 15 minutos, si no se especifica otro periodo de tiempo.

b) El **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)**

es un órgano de la Administración federal que desarrolla y revisa periódicamente recomendaciones para límites de exposición entre otras actividades. No tienen valor legal y se denominan “Recommended Exposure Limits” (REL). La lista es bastante más reducida e incluyen dos tipos de límites:

- Time-Weighted Average (TWA): valor exposición durante periodos de hasta 10 horas si no se indica cualquier otra duración
- Los Ceiling, como valores de exposición máxima en periodos de 15 minutos o inferiores.

c) La **American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)**

es una asociación formada por profesionales de la Higiene en el Trabajo que pertenecen a instituciones públicas y universidades de todo el mundo. Publicaron una primera relación de 63 límites de exposición en el año 1940. Los valores que establecen se basan exclusivamente en criterios científicos. Se denominan “Threshold Limit Values” (TLV) y son únicamente valores recomendados, aunque con un gran prestigio en el mundo de la Higiene Industrial. Normalmente cuando se hace referencia a los valores TLV de USA si ninguna otra especificación, se hace referencia a estos. Realiza publicaciones anuales para agentes físicos, químicos y biológicos. Solo se establecen para la Higiene Industrial e indican una serie de casos en los que no deberían de ser utilizados.

Son los límites que más se asemejan a los Valores Límites ambientales del INSHT, y fueron los que se utilizaron en nuestro país antes de la publicación de los mismos, debido al desfase de los valores límites de exposición que aparecían en el RAMINP, que lo hacían completamente inaplicable.

Se establecen diferentes tipos de valores TLV

- TLV-TWA Time: concentración media a la que está permitida la exposición de un trabajador durante 8 horas diarias o 40 horas semanales sin sufrir ningún tipo de efecto negativo. Es la equivalente a los valores límites ambientales de exposición diaria (VLA-ED) en España.
- TLV-C: Valor techo (ceiling). Determina la concentración máxima en el ambiente que no puede ser sobrepasada en ningún momento durante la jornada laboral.
- TLV-STEL: Límite de exposición para periodos cortos de tiempo de 15 minutos, sin superar más de cuatro repeticiones al día y ninguna de estas con un intervalo menor de una hora. Es un valor complementario de la media ponderada en el tiempo TWA, de forma que el valor STEL no debe sobrepasarse, aunque la media ponderada en el tiempo durante las 8 horas sea inferior al TWA.



CAPÍTULO 03

5. METODOLOGÍA

6. ESTUDIO DE LA EVALUACIÓN DE LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL



5. METODOLOGÍA

La metodología empleada para llevar a cabo este estudio sobre la evolución de los Límites de Exposición Profesional LEP desde la primera publicación del INSHT en el año 1999 de determinados VLA-ED pertenecientes a una serie de sustancias constituyentes de distintos materiales de la construcción se divide en tres fases fundamentales:

Fase 1

- Búsqueda de compuestos con propiedades toxicológicas empleados en construcción. La elección de estos 20 materiales de construcción para este trabajo ha sido por un doble motivo, en primer lugar por su uso habitual y en segundo lugar por su toxicidad.
- Recopilación de los documentos LEP publicados a partir del año 1999 mediante dos procedimientos:
 - Vía online: Para el intervalo 2007- 2017 estos documentos están publicados por el INSHT en su web institucional.
 - Para obtener los documentos previos al año 2007, desplazamiento hasta el Centro Nacional de Medios de Protección (CNMP) de Sevilla, debido a la imposibilidad de adquirir dichos documentos vía online o en bibliotecas. Aun así, fue imposible localizar el documento LEP 2004, por lo que no se ha podido emplear en el estudio realizado.
- Fase investigación sobre historia, establecimiento y evolución de los VLA.
- Estudio de la normativa y artículos con investigaciones previas similares.

Fase 2

- Estudio en sí de los documentos, comparando los VLA (Valor Límite Ambiental) y las frases R y posteriormente H, a lo largo de los 18 años para cada una de las sustancias.
- Discusión de los resultados, jerarquizándolos en función de la importancia de los cambios en cada uno de ellos.
- Búsqueda de los TLV (Threshold Limit Values) y comparación con los VLA-ED.
- Discusión global de los resultados.

Dentro de la Fase 1, en el momento en el que se dispuso de la relación completa de materiales con algún tipo de componente tóxico, se procedió a su clasificación en función de su naturaleza (inorgánica-orgánica).

Los compuestos orgánicos son compuestos químicos que contienen carbono, formando enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno. En muchos casos contienen oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo, boro, halógenos y otros elementos menos frecuentes en su estado natural. Los inorgánicos son todos aquellos compuestos que están formados por distintos elementos, pero en los que su componente principal no siempre es el carbono. En los compuestos inorgánicos se podría decir que participan casi la totalidad de elementos conocidos (Jennifer Martínez, 2015).

De esta forma, la lista se dividió en:

ORGÁNICOS

- Ácido fórmico
- Aguarrás
- Alcohol metílico / Metanol
- Alquitrán de Hulla
- Bisfenol
- Cloruro de polivinilo
- Diisocianato de difenilmetano
- Formaldehído
- Gasolina
- Maderas duras / Maderas blandas
- Morfolina
- Naftaleno
- Xileno

INORGÁNICOS

- Amianto
- Cal / Hidróxido de calcio
- Cemento Portland
- Fibra de vidrio
- Hidróxido de sodio
- Humos de Soldadura
- Sílice cristalina / Cuarzo

Los compuestos seleccionados bien constituyen de forma mayoritaria el propio material de construcción o bien son un componente esencial/principal del mismo.

A continuación se muestran cada uno de los materiales, con sus usos más habituales y que pueden ocasionar problemas de salud a los trabajadores, su fórmula química y los riesgos asociados a la inhalación de dichas sustancias:

Materiales orgánicos

ÁCIDO FÓRMICO



Fórmula química: CH_2O_2

Usos: Removedores de pinturas, lacas. Inhalación en exposición con aerosoles

Riesgos: Irritante, quemaduras.

AGUARRÁS



Fórmula química: 78% AlfaPINENO-16% BetaPINENO-6% delta-3-careno

Usos: Disolvente en pinturas, fabricación de pinturas y barnices.

Riesgos: Adema pulmonar, quemaduras, cáncer en caso de ingestión

ALCOHOL METÍLICO / METANOL



Fórmula química: CH_3OH

Usos: Removedores de pinturas, lacas y fabricación de resinas adhesivas

Riesgos: Tóxico por inhalación y daño órganos

ALQUITRÁN DE HULLA



Fórmula química: Hidrocarburos aromáticos, bases nitrogenadas y fenoles. Contiene grandes cantidades de tolueno, xileno y naftaleno.

Usos: Producción alquitrán, pinturas esmaltes a base de alquitrán de hulla

Riesgos: Irritante, dermatitis, cáncer.



BISFENOL

Fórmula química: $C_{15}H_{16}O_2$

Usos: Resina epoxi, productos adhesivos

Riesgos: Irritante vías respiratorias, afecta a la fertilidad



CLORURO DE POLIVINILO

Fórmula química: $(C_2H_3Cl)_n$

Usos: Tuberías y conductos, aislamientos, recubrimientos.
Fabricación del PVC

Riesgos: Polvo irritante en vías respiratorias, produciendo efectos
adversos en pulmones. Quemaduras. Todo en su fabricación



DIISOCIANATO DE DIFENILMETANO

Fórmula química: $C_{15}H_{10}N_2O_2$

Usos: Obtención espuma de poliuretano, empleada como aislante.

Riesgos: Irritante, afecta a los pulmones, reacciones alérgicas,
humos tóxicos.



FORMALDEHÍDO

Fórmula química: CH_2O

Usos: Resinas, adhesivos

Riesgos: Irritante, edema pulmonar y cancerígena.



GASOLINA

Fórmula química: C_8H_{18}

Usos: Combustible.

Riesgos: Irritante, edema pulmonar por inhalación de gases.
Cancerígeno y afecta a la fertilidad.

MADERAS DURAS / MADERAS BLANDAS



Fórmula química: Celulosa, lignina y hemicelulosa

Usos: Según los documentos LEP, las maderas blandas proceden de las gimnospermas y las maderas duras de las angiospermas, sin que la densidad y la dureza física de la madera tengan correspondencia con esta clasificación.

Riesgos: Por inhalación, irritación fibrosis pulmonar, cancerígena.

MORFOLINA



Fórmula química: C_4H_9NO

Usos: Desencofrantes. Disolventes

Riesgos: Por inhalación edema pulmonar, corrosiva, por ingestión afecta al riñón. Quemaduras

NAFTALENO

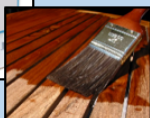


Fórmula química: $C_{10}H_8$

Usos: Manufactura del PVC, Aditivos

Riesgos: Por inhalación, contacto con la piel e ingestión. Adema pulmonar, quemaduras, cáncer en caso de ingestión

XILENO



Fórmula química: C_8H_{10}

Usos: Disolventes, resinas a base de poliuretano, barnices

Riesgos: Por inhalación, irritación, edema pulmonar.

Materiales inorgánicos

AMIANTO



Fórmula química: $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

Usos: Aplicaciones variadas en construcción: aislantes, en fibras sueltas y puras, mezclas, prefabricados, fibrocemento, etc.

Riesgos: Irritante a la piel. Por inhalación, fibrosis pulmonar, cancerígena.

CAL / HIDRÓXIDO DE CALCIO



Fórmula química: $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Usos: Revestimientos, acabados en general. Elaboración de morteros de fábrica y de revestimiento. Pinturas.

Riesgos: Dermatitis e irritación. Edema pulmonar por inhalación.

CEMENTO PORTLAND

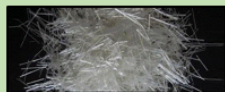


Fórmula química: Ca_2SiO_2 , Ca_3SiO_5 , $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$, $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$

Usos: Fabricación de morteros y de hormigones.

Riesgos: Irritación por contacto con piel, dermatitis. Irritación vías respiratorias por inhalación de partículas en suspensión.

FIBRA DE VIDRIO



Fórmula química: $(\text{SiO}_2)_n$

Usos: Aislamientos interiores y exteriores, refuerzo de morteros, complemento para armado de impermeabilizaciones.

Riesgos: Irritación de la piel por contacto. Irritación de las vías respiratorias por inhalación.

HIDRÓXIDO DE SODIO



Fórmula química: NaOH

Usos: Presente en aditivo de morteros y hormigones, aceleradores de fraguado. Desengrasantes.

Riesgos: Inhalación, dificultades respiratorias, corrosivo en contacto con la piel. Perforación estómago en caso de ingestión.

HUMOS DE SOLDADURA



Fórmula química: Metales y óxidos metálicos

Usos: Inhalación de los humos producidos por la soldadura.

Riesgos: Toxicidad crónica, reacciones alérgicas e irritaciones. Efectos cancerígenos.

SÍLICE CRISTALINA/ CUARZO



Fórmula química: SiO_2

Usos: Molido sirve en el abrasado de cortado de arena, chorros de arena. Corte y pulido de rocas y piedra artificial (silestone). Granallado de elementos metálicos.

Riesgos: por inhalación puede provocar fibrosis pulmonar y es cancerígena. Irritación.

6. ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL

6.1 Revisión de los Valores Límite Ambientales de Exposición Diaria profesional y frases H

Para llevar a cabo la revisión de los VLA-ED, se recopilamos los datos de todos los documentos LEP mencionados anteriormente para cada uno de los materiales en una serie de tablas, una por cada material. En el caso del documento LEP del año 2004, resultó imposible poder encontrar algún registro tanto en internet como en formato impreso del mismo.

En estas tablas quedan determinados los VLA-ED para cada uno de los años estudiados, haciendo un total de 18 referencias, una por cada año.

Además de esto, se indican la evolución de las frases R de riesgo y su posterior sustitución por las frases H de indicaciones de peligro, indicando los aspectos más significativos de su evolución.

La recopilación de estas frases se ha llevado a cabo, al igual que para los VLA-ED, a través de los documentos LEP. Hay que exceptuar algunos casos, como el cemento Portland, en el que no venían indicadas estas frases en dichos documentos. En estos casos se han obtenido las frases actualizadas del año 2017 a través de Fichas de Datos de Seguridad FDS, por lo que los datos son únicamente de ese mismo año y no se ha podido evaluar su evolución con respecto a años anteriores.

El significado de cada una de las frases se han obtenido a través del documento del INSHT, “Notas técnicas de prevención, *NTP 878: Regulación UE sobre productos químicos (II). Reglamento CLP: aspectos básicos*”.

También se incluyen los pictogramas correspondientes de cada sustancia (a la derecha en las tablas), que quedan definidos en la **Figura 6.1**, además de sus equivalentes en la antigua normativa y que hasta el 2010 seguían apareciendo en los productos (a la izquierda de las tablas) que quedan definidos en la **Figura 6.2**:



Figura 6.1: Pictogramas del “Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA)”

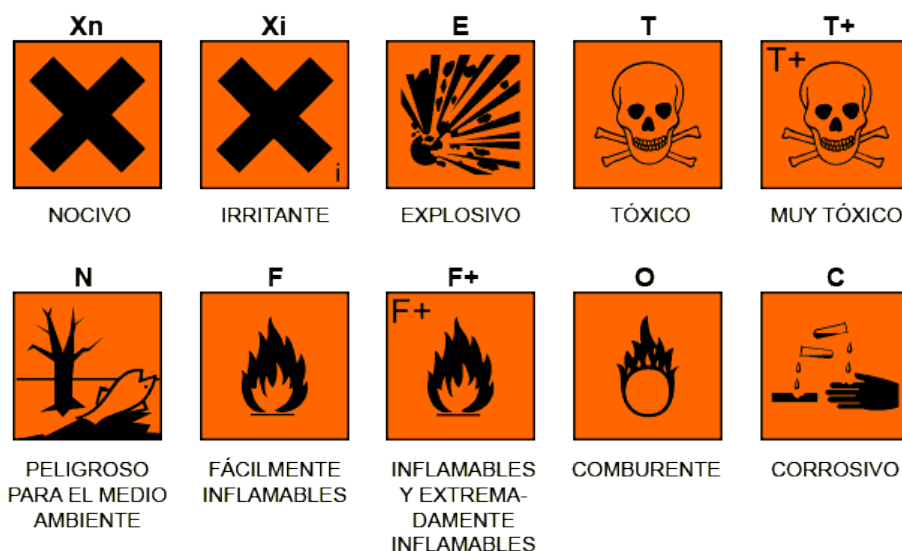
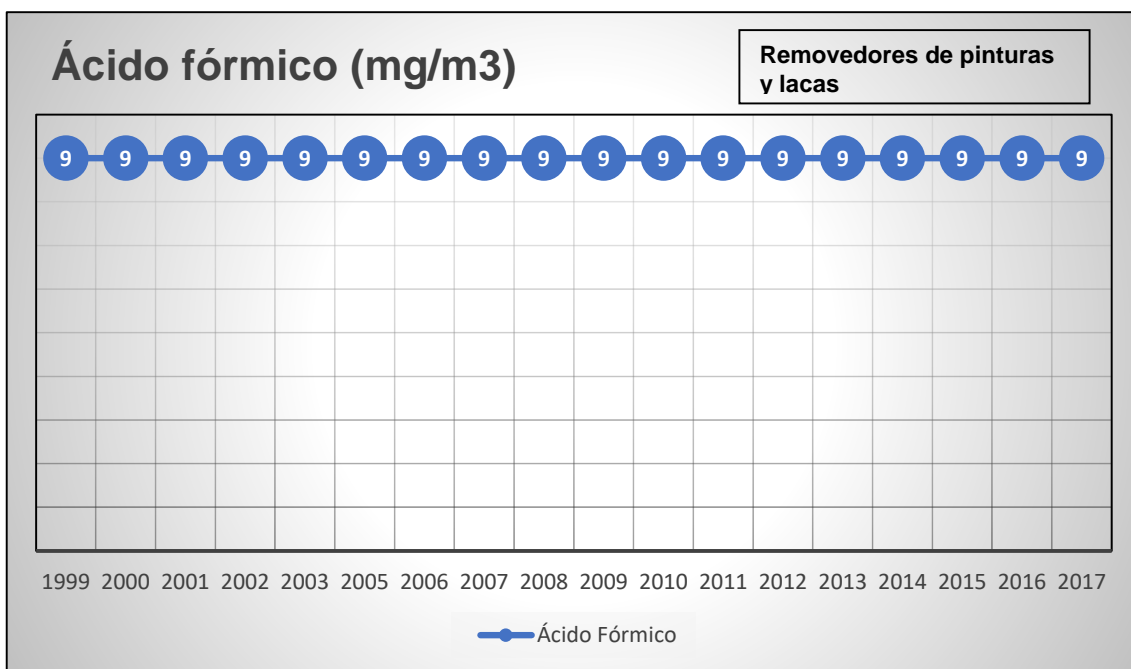


Figura 6.2: Pictogramas riesgo químico antiguos (antes del CLP)

Para su evaluación se han clasificado, al igual que en los apartados anteriores, en materiales de naturaleza orgánica y materiales de naturaleza inorgánica.

- Materiales de naturaleza orgánica

ÁCIDO FÓRMICO



Los VLA-ED del ácido fórmico no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 9 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.1: Frases ácido fórmico



	FRASES R	FRASES H
ÁCIDO FÓRMICO	2005-2010	2011-2017
	35	314

FRASES R:

- **R-35:** Provoca quemaduras graves

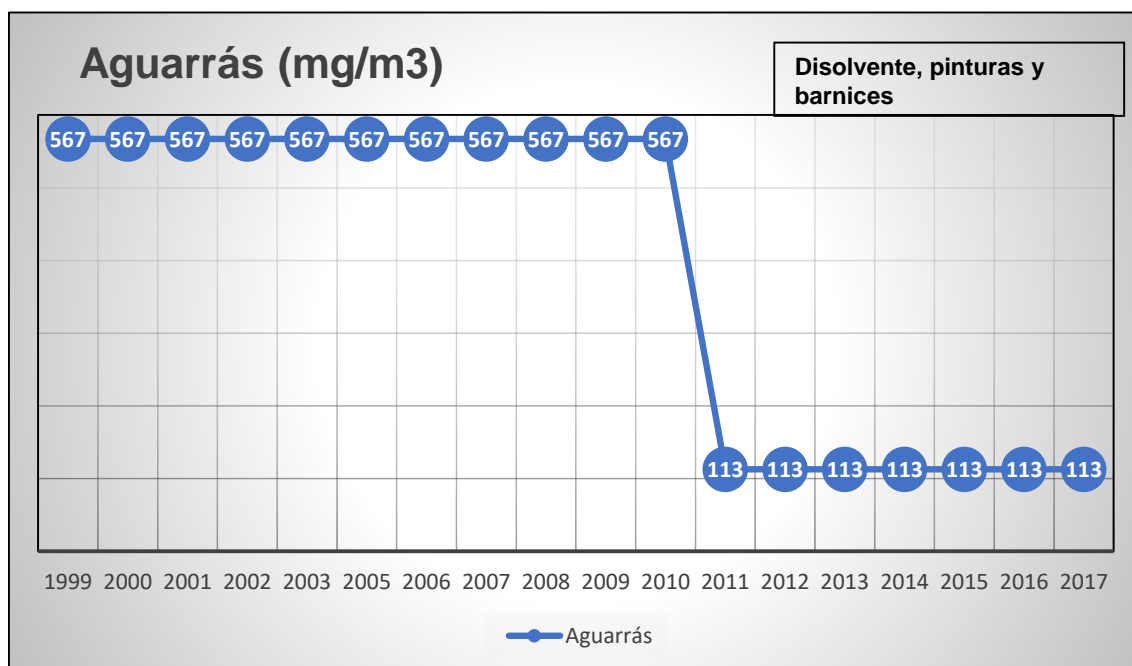
FRASES H:

- **H-314:** Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

OBSERVACIONES:

Una vez se sustituyeron las frases R por las frases H, se incluyó también la indicación de que esta sustancia provoca lesiones oculares graves, por lo que es más dañina que lo que se indicaba entre los años 2005 y 2010.

AGUARRÁS



El VLA-ED del aguarrás se presenta con un valor menor, de 567 mg/m³ a 113 mg/m³, en la publicación del LEP del año 2011.

Esta disminución supone una mayor restricción de la exposición de los trabajadores durante su jornada laboral.

El que se haya llevado a cabo la disminución de este valor supone que se ha desarrollado investigaciones en las que se ha determinado que el valor establecido para esta sustancia era insuficiente para evitar que el trabajador sufriese efectos perjudiciales sobre su salud.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.2: Frases aguarrás



AGUARRÁS	FRASES R	FRASES H
	2005-2010	2011-2017
	10-20/21/22-36/38-43-51/53-65	266-332-312-302-304-319-315-317-411

FRASES R:

- **R-10:** Inflamable
- **R-20/21/22:** Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel
- **R-36/38:** Irrita los ojos y la piel
- **R-43:** Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
- **R-51/53:** Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- **R-65:** Nocivo. Si se ingiere puede causar daño pulmonar

FRASES H:

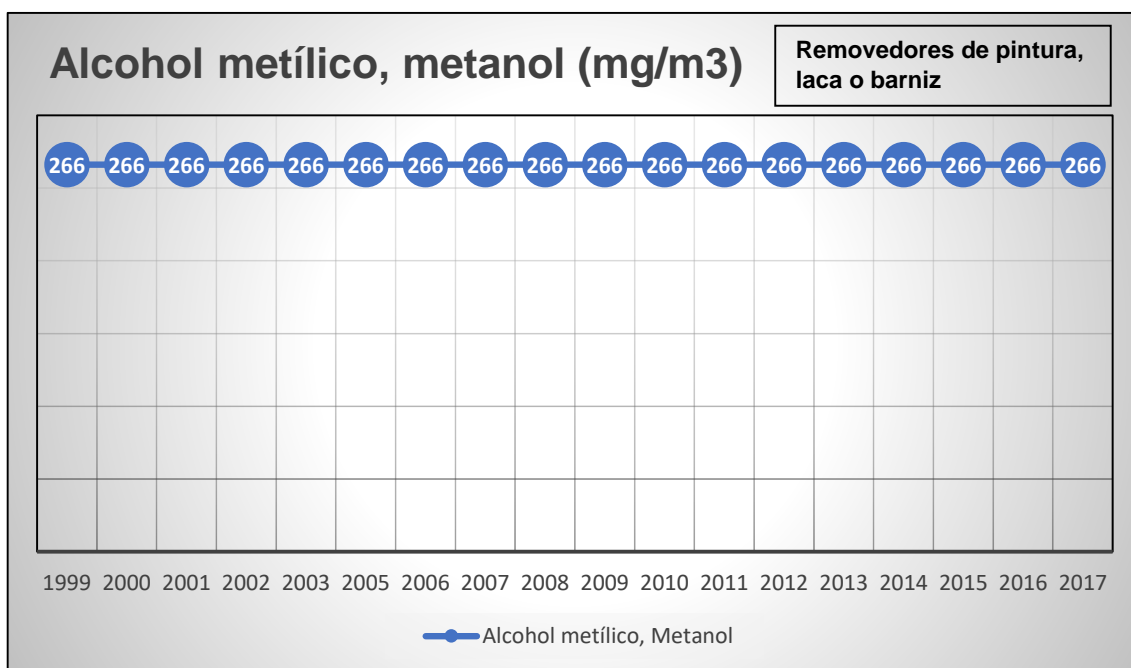
- **H-266:** Líquidos y vapores inflamables.
- **H-332:** Nocivo en caso de inhalación.
- **H-312:** Nocivo en contacto con la piel.
- **H-302:** Nocivo en caso de ingestión.
- **H-304:** Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
- **H-319:** Provoca irritación ocular grave.
- **H-315:** Provoca irritación cutánea.
- **H-317:** Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
- **H-411:** Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

OBSERVACIONES:

Como cambio más importante se observa que en la sustitución de las frases R a frases H, la sustancia pasa de ser nociva por inhalación, ingestión y contacto con la piel a poder ser mortal en caso de ingestión y penetración por las vías respiratorias.

Del mismo modo, de provocar sensibilización en la piel, establecen que puede provocar reacción alérgica en la piel, además de provocar irritación cutánea y aumentar el nivel de irritación ocular a grave.

ALCOHOL METÁLICO / METANOL



Los VLA-ED del alcohol metílico/metanol no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 266 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.3: Frases metanol



ALCOHOL METÁLICO/METANOL	FRASES R	FRASES H
	2005-2010	2011-2017
	11-23/24/25-39/23/24/25	225-331-311-301-370

FRASES R:

- **R-11:** Fácilmente inflamable.
- **R-23/24/25:** Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
- **R-39/23/24/25:** Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.

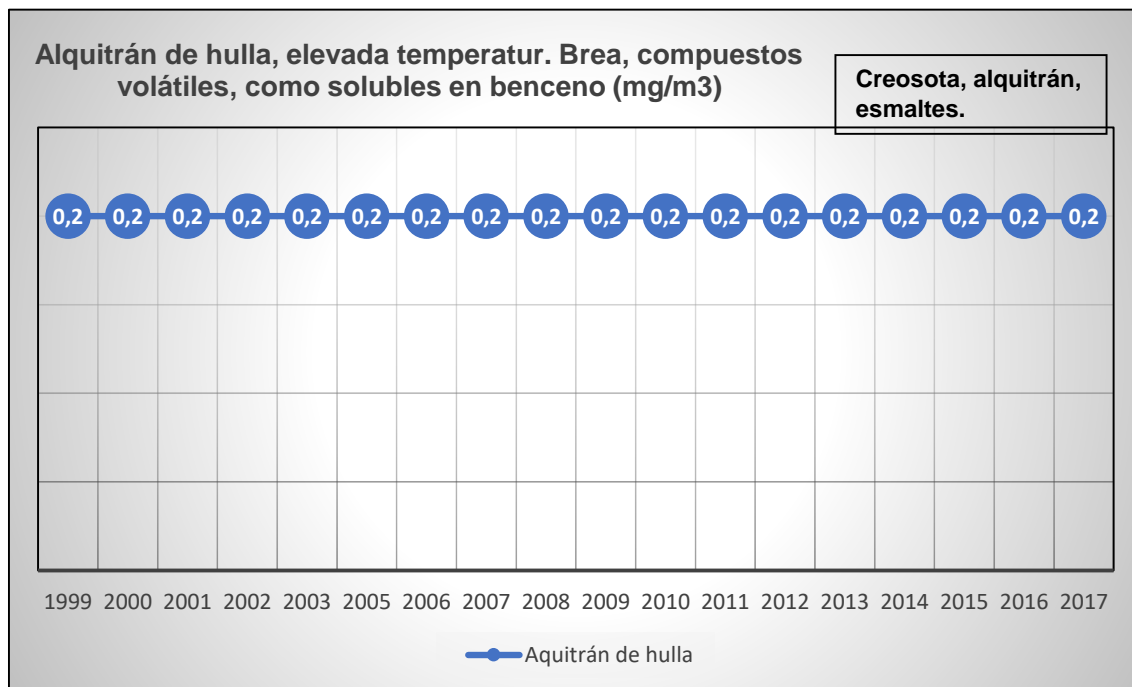
FRASES H:

- **H-225:** Líquido y vapores muy inflamables.
- **H-331:** Tóxico en caso de inhalación.
- **H-311:** Tóxico en contacto con la piel.
- **H-301:** Tóxico en caso de ingestión.
- **H-370:** Provoca daños en los órganos.

OBSERVACIONES:

Como único cambio relacionado con la salud de los trabajadores, el material añade, en el momento de la sustitución de las frases H por las R, la indicación de que provoca daños en los órganos.

ALQUITRÁN DE HULLA



Los VLA-ED del alquitrán de hulla no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 0,2 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.4: Frases alquitrán de hulla



ALQUITRÁN HULLA	FRASES R	FRASES H	
	2005-2010	2011-2016	2017
	45	350	350-340-360FD-400-410

FRASES R:

- **R-45:** Puede causar cáncer

FRASES H:

- **H-350:** Puede provocar cáncer.

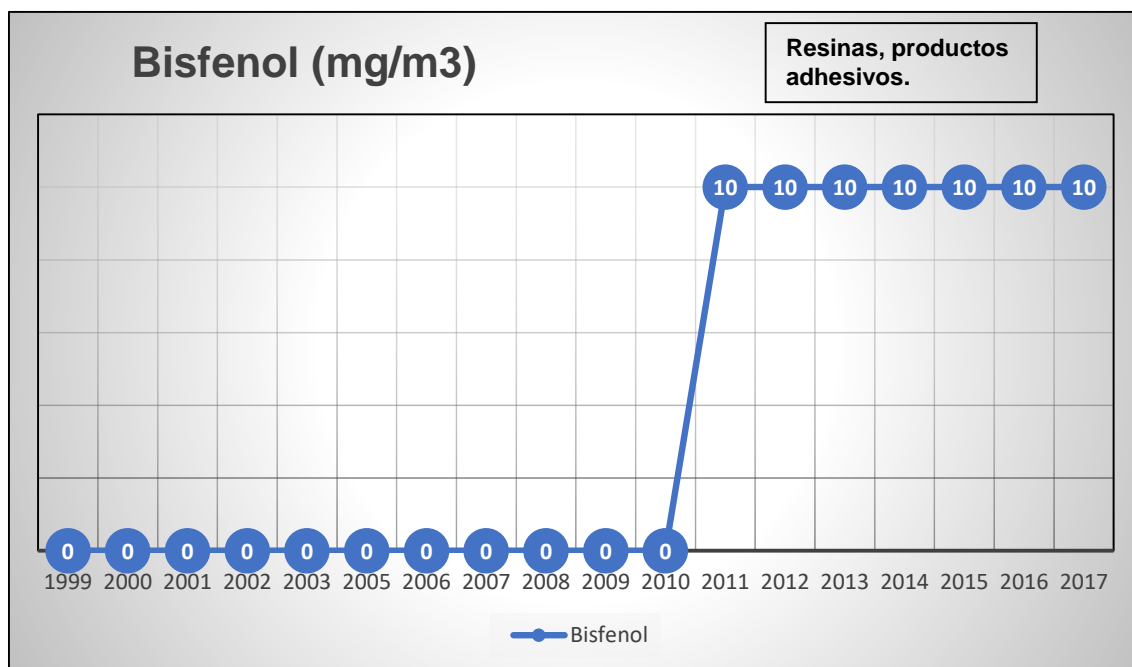
2017

- **H-350:** Puede provocar cáncer.
- **H-340:** Puede provocar defectos genéticos.
- **H-360FD:** Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto.
- **H-400:** Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- **H-410:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

OBSERVACIONES:

En el caso del alquitrán de hulla se observan cambios bastante significativos, ya que del año 2017 se han añadido frases H en las que además de la indicación que ya existía anteriormente sobre la posible generación de cáncer, se han añadieron otras posibles afecciones como que puede provocar defectos genéticos, perjudicar a la fertilidad y dañar al feto.

BISFENOL



Los primeros VLA-ED que aparecen con respecto al bisfenol, lo hacen en el documento publicado en el año 2011.

Este es un caso significativo, ya que antes del año 2011 esta sustancia era empleada sin ninguna "restricción" y en cambio a partir de este año se establecen los límites indicados en estos documentos. Esto quiere decir que hasta el año 2011, o no se conocían los efectos perjudiciales del bisfenol o bien no se había estudiado aún esta sustancia.

A partir de ese momento, el valor permanece constante en 10 mg/m³ hasta la actualidad.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.5: Frases bisfenol



BISFENOL (VLI)	FRASES R	FRASES H
	2005-2010	2011-1017
	37-41-43-62	361f-335-318-317

FRASES R:

- **R-37:** Irrita las vías respiratorias.
- **R-41:** Riesgo de lesiones oculares graves
- **R-43:** Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
- **R-62:** Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.

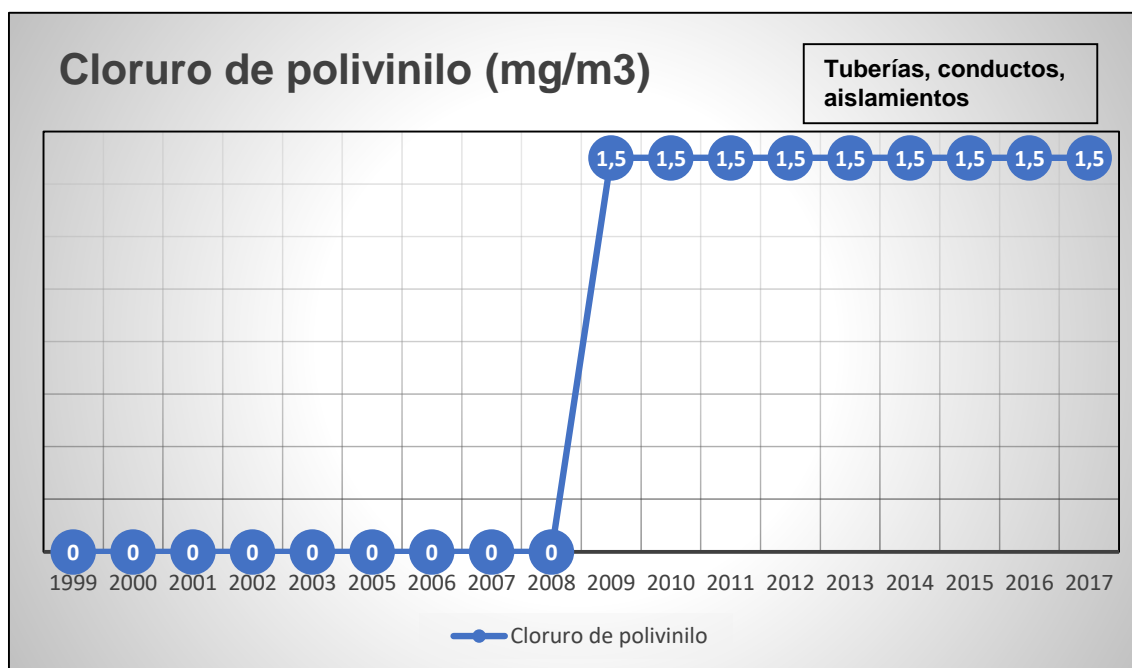
FRASES H:

- **H-361f:** Se sospecha que perjudica a la fertilidad.
- **H-335:** Puede irritar las vías respiratorias.
- **H-318:** Provoca lesiones oculares graves.
- **H-317:** Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

OBSERVACIONES:

Con respecto al bisfenol, disminuyó la gravedad de los efectos en el caso de las vías respiratorias, pasando de la seguridad de irritación a la posibilidad de que pueda irritarlas. Con respecto a la fertilidad se mantiene constante al igual que con las reacciones alérgicas a la piel y las lesiones oculares.

COLORURO DE POLIVINILO



Los primeros VLA-ED del cloruro de polivinilo de los que se tienen datos en España son los publicados en el documento LEP del año 2009. En los documentos previos no existe ninguna referencia hacia esta sustancia.

En dicho documento aparece el término “fracción respirable”, por lo que para la medición de dicho valor se ha tenido en cuenta este término.

Este valor sería la cantidad proporcional a toda la cantidad de sustancia inhalada que alcanza los alveolos pulmonares del trabajador.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.6: Frases cloruro de polivinilo



**CLORURO DE
POLIVINILO**

FRASES H

2017

272-319

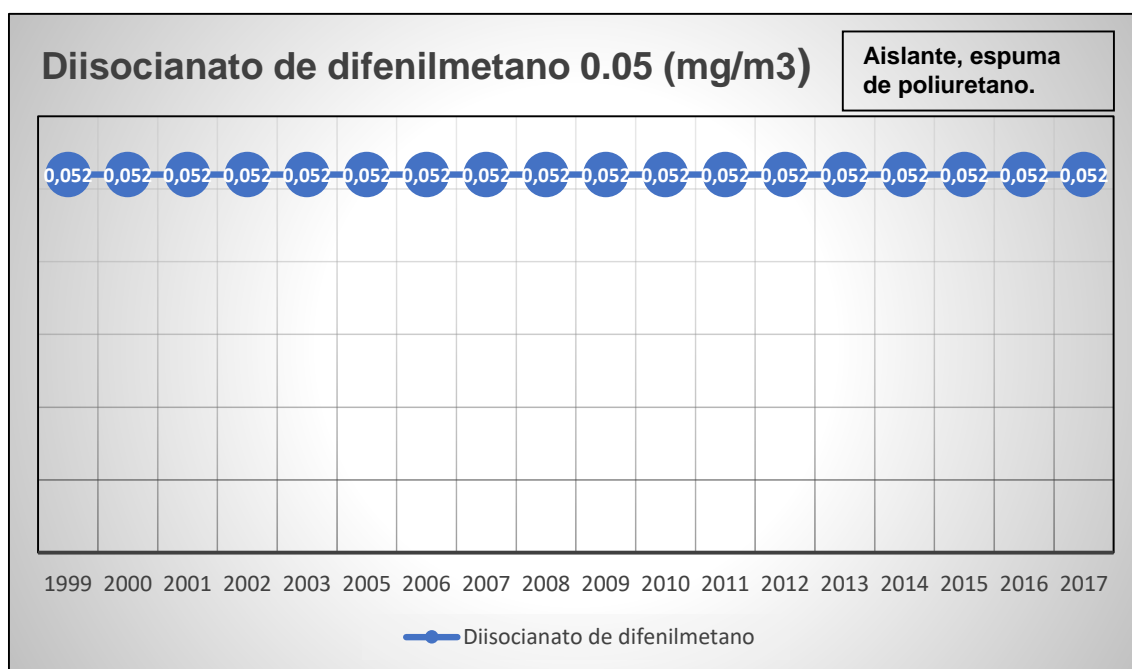
FRASES H:

- **H-272:** Puede agravar un incendio; comburente.
- **H-391:** Provoca irritación ocular grave.

OBSERVACIONES:

Con respecto al cloruro de polivinilo, no se indica ninguna frase a lo largo de todas las publicaciones “Límites de Exposición Profesional” del INSHT, por lo que se han tomado los datos de las fichas de seguridad del producto, por lo que solo se dispone de las frases que se encuentran en vigor actualmente.

DIISOCIANATO DE DIFENILMETANO



Los VLA-ED del diisocianato de difenilmetano no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 0,052 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.7: Frases diisocianato de difenilmetano



DIISOCIANATO DE DIFENILMETANO	FRASES R		FRASES H
	2005-2009	2010	2011-2017
	20-36/37/38- 42/43	40-20-48/20- 36/37/38-42/43	351-332-373-319-335-315- 334-317

FRASES R:

- **R-20:** Nocivo por inhalación.
- **R-36/37/38:** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

- **R-42/43:** Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.

2010

- **R-40:** Posibles efectos cancerígenos
- **R-20:** Nocivo por inhalación.
- **R-48/20:** Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
- **R-36/37/38:** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
- **R-42/43:** Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.

FRASES H:

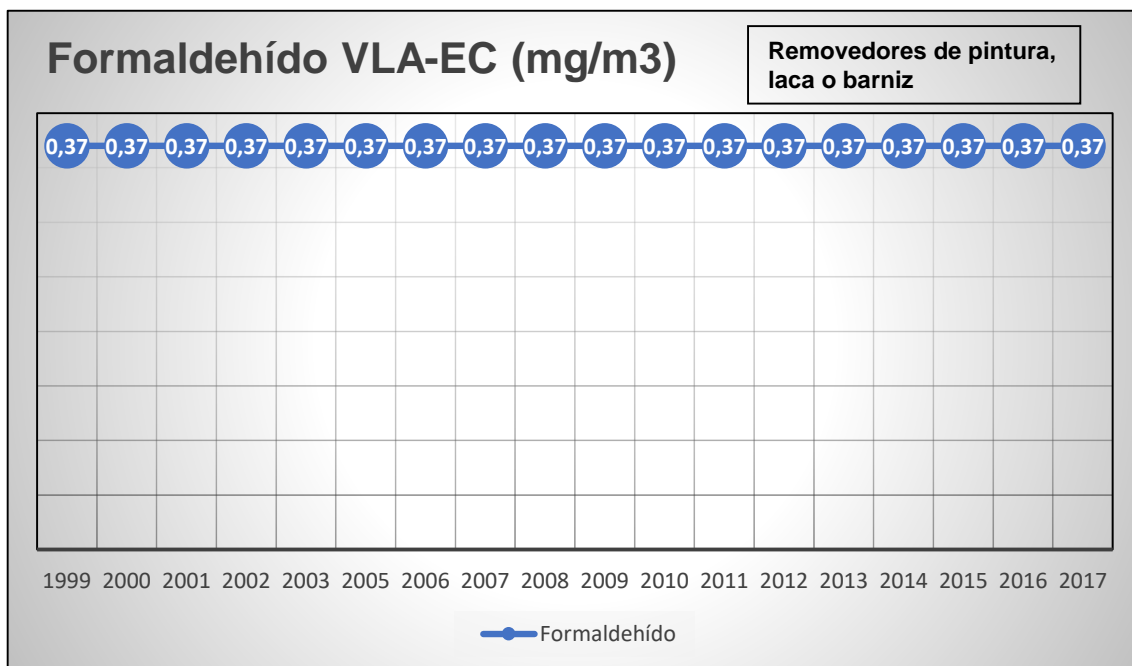
- **H-351:** Se sospecha que provoca cáncer.
- **H-332:** Nocivo en caso de inhalación.
- **H-373:** Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
- **H-319:** Provoca irritación ocular grave.
- **H-335:** Puede irritar las vías respiratorias.
- **H-315:** Provoca irritación cutánea.
- **H-334:** Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
- **H-317:** Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

OBSERVACIONES:

En este caso hay que destacar la modificación que se realiza en el año 2010, en las que se añade que la sustancia puede provocar efectos cancerígenos y que existe riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.

Una vez se sustituyeron las frases R por las frases H, se añadió la posibilidad e que esta sustancia provoque daño en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas, síntomas de alergia o asma y reacciones alérgicas en la piel.

FORMALDEHÍDO



Los VLA-ED del formaldehído no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 0,37 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.8: Frases formaldehído



FORMALDEHIDO	FRASES R		FRASES H	
	2008-2010	2011-2014	2015-2017	
	23/24/25-34-40-43	351-331-311-301-314-317	350-341-301-311-331-314-317	

FRASES R:

- **R-23/24/25:** Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
- **R-34:** Provoca quemaduras.
- **R-40:** Posibles efectos cancerígenos

- **R-43:** Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

FRASES H:

- **H-351:** Se sospecha que provoca cáncer.
- **H-331:** Tóxico en caso de inhalación.
- **H-311:** Tóxico en contacto con la piel.
- **H-301:** Tóxico en caso de ingestión.
- **H-314:** Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
- **H-317:** Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

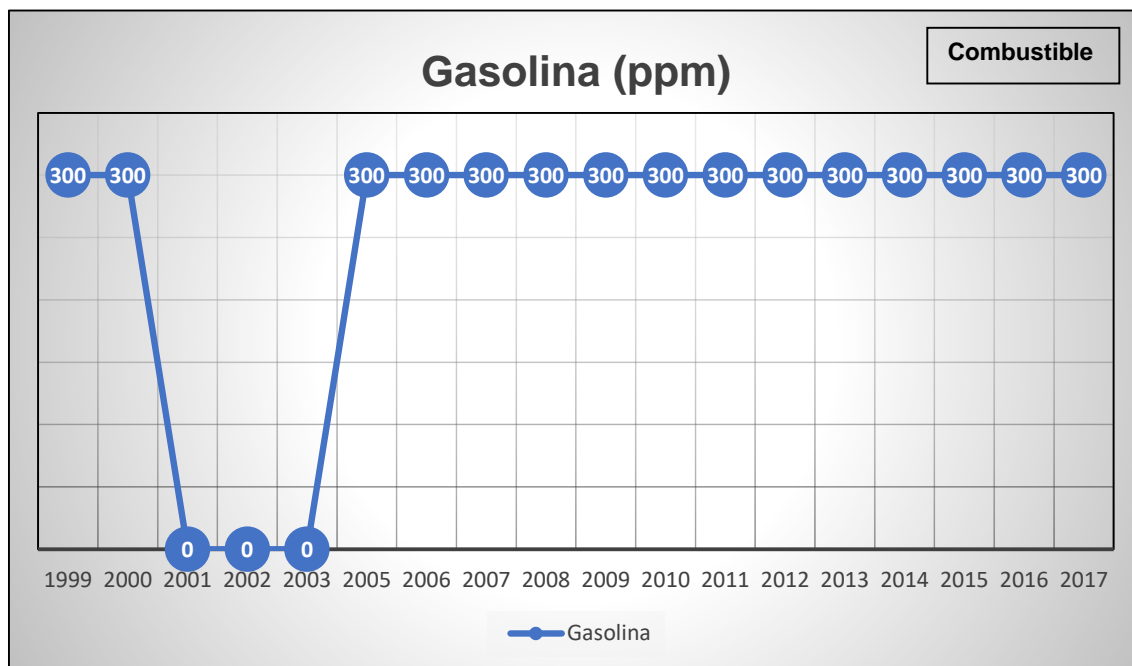
2015

- **H-350:** Puede provocar cáncer.
- **H-341:** Se sospecha que provoca defectos genéticos.
- **H-301:** Tóxico en caso de ingestión.
- **H-311:** Tóxico en contacto con la piel.
- **H-331:** Tóxico en caso de inhalación.
- **H-314:** Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
- **H-317:** Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

OBSERVACIONES:

El cambio significativo en lo indicado para el formaldehído se produce con la publicación del año 2015, en la que se afirma que puede provocar cáncer y además se sospecha que puede provocar defectos genéticos.

GASOLINA



Los VLA-ED de la gasolina no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT.

Como dato inusual, desaparecieron los VLA-ED en las publicaciones de los años 2001, 2002, 2003, y volvieron a aparecer en el año 2005.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.9: Frases gasolina



GASOLINA	FRASES R	FRASES H
	2005-2010	2011-1017
	45-65	350-340-304

FRASES R:

- **R-45:** Puede causar cáncer.
- **R-65:** Nocivo. Si se ingiere puede causar daño pulmonar

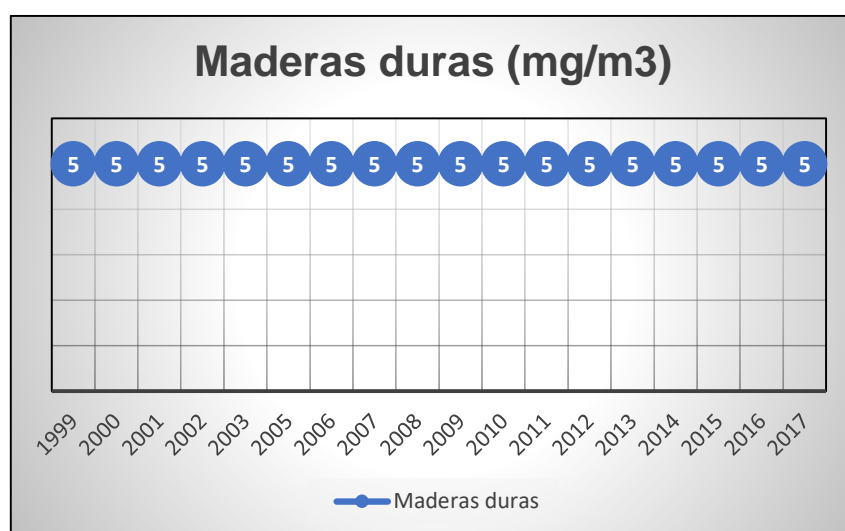
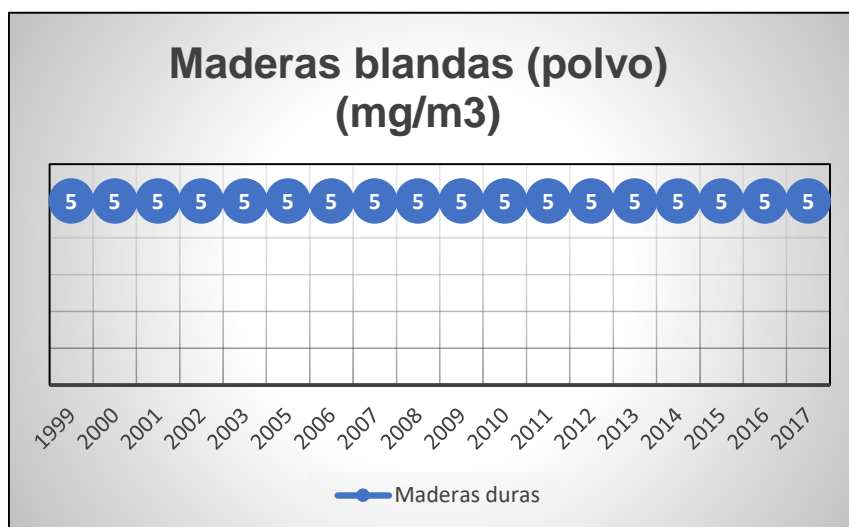
FRASES H:

- **H-350:** Puede provocar cáncer.
- **H-340:** Puede provocar defectos genéticos.
- **H-304:** Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

OBSERVACIONES:

Con la publicación de las frases H para la gasolina, se añadieron dos frases en las que se indica la posibilidad de provocar defectos genéticos y la de ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias, eliminando la frase en la que se indicaba que era nocivo.

MADERAS BLANDAS / MADERAS DURAS



Tanto en las maderas duras como en las blandas el VLA-ED se mantiene constante en 5mg/m³ en todas las publicaciones LEP desde su primera publicación en 1999.

La Comisión Europea ha propuesto una modificación a la Directiva 2004/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo, en la que se propone un nuevo VLA-ED para ambos materiales entre otros, debiendo los estados miembros

ajustar dicho valor en cada país. El nuevo valor a adoptar es 3 mg/m³ e incluye el término de “fracción respirable”, que no estaba incluido en ninguna de las otras publicaciones, por lo que supone un cambio en el criterio de medición del material.

Aunque la propuesta de modificación de dicha Directiva se emitió previamente a la publicación de los LEP 2017, en este año no se ha incluido dicha actualización, por lo que se modificará en el documento del año que viene.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.10: Frases maderas



MADERAS	FRASES H
DURAS Y	2017
BLANDAS	350i-334-335

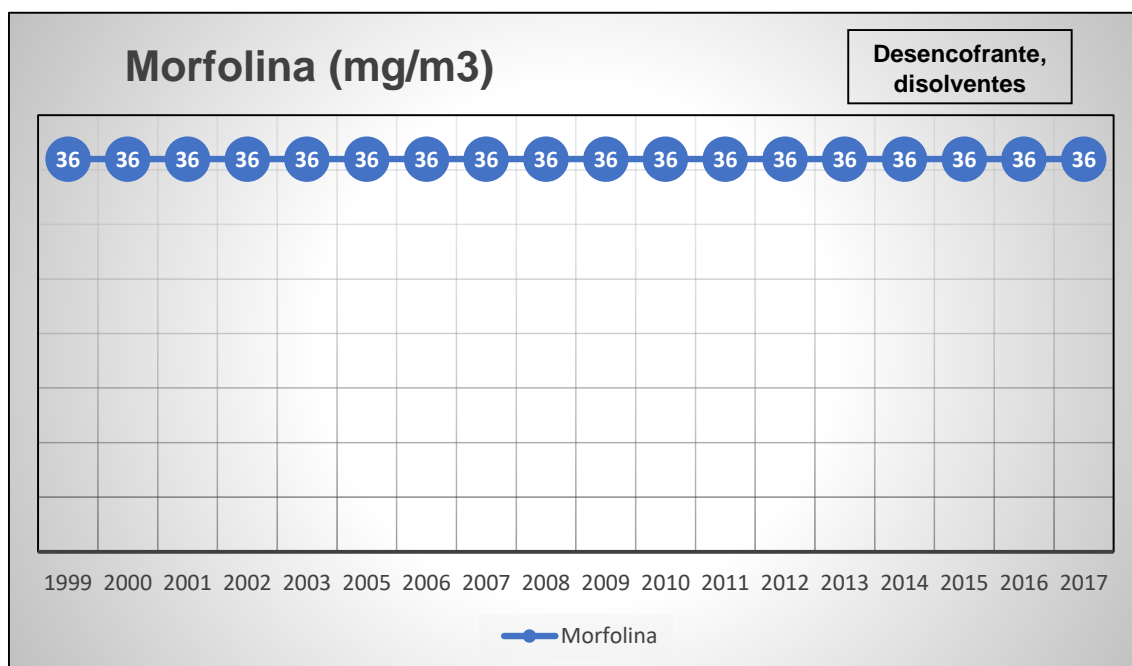
FRASES H:

- **H-350i:** Puede provocar cáncer por inhalación.
- **H-334:** Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
- **H-335:** Puede irritar las vías respiratorias

OBSERVACIONES:

Con respecto a las maderas duras y blandas, no se indica ninguna frase a lo largo de todas las publicaciones “Límites de Exposición Profesional” del INSHT, por lo que se han tomado los datos en función de los síntomas que produce su inhalación, siendo el más importante la capacidad e provocar cáncer.

MORFOLINA



Los VLA-ED de la morfolina no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 36 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.11: Frases morfolina



MORFOLINA	FRASES R	FRASES H
	2005-2010	2011-1017
	10-20/21/22-34	226-332-312-302-314

FRASES R:

- **R-10:** Inflamable.
- **R-20/21/22:** Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
- **R-34:** Provoca quemaduras.

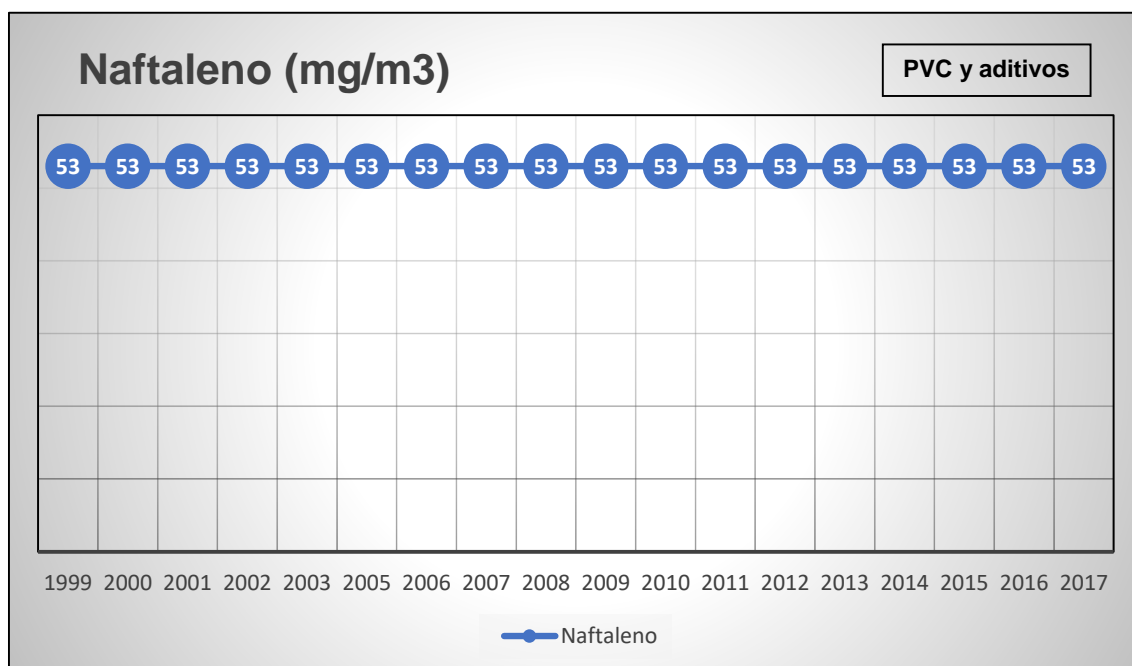
FRASES H:

- **H-226:** Líquidos y vapores inflamables.
- **H-332:** Nocivo en caso de inhalación
- **H-312:** Nocivo en contacto con la piel.
- **H-302:** Nocivo en caso de ingestión.
- **H-314:** Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

OBSERVACIONES:

En el caso de la morfolina, con la publicación de las frases H, como única modificación se añadió la indicación de que provoca lesiones oculares graves. En todas las demás frases se mantiene lo establecido con las frases R.

NAFTALENO



Los VLA-ED del naftaleno no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 53 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.12: Frases naftaleno



NAFTALENO	FRASES R		FRASES H
	2005-2006	2007-2010	2011-2017
	22-50/53	22-40-50/53	351-302-400-410

FRASES R:

- **R-22:** Nocivo por ingestión.
- **R-50/53:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

2007

- **R-22:** Nocivo por ingestión.
- **R-40:** Posibles efectos cancerígenos.
- **R-50/53:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

FRASES H:

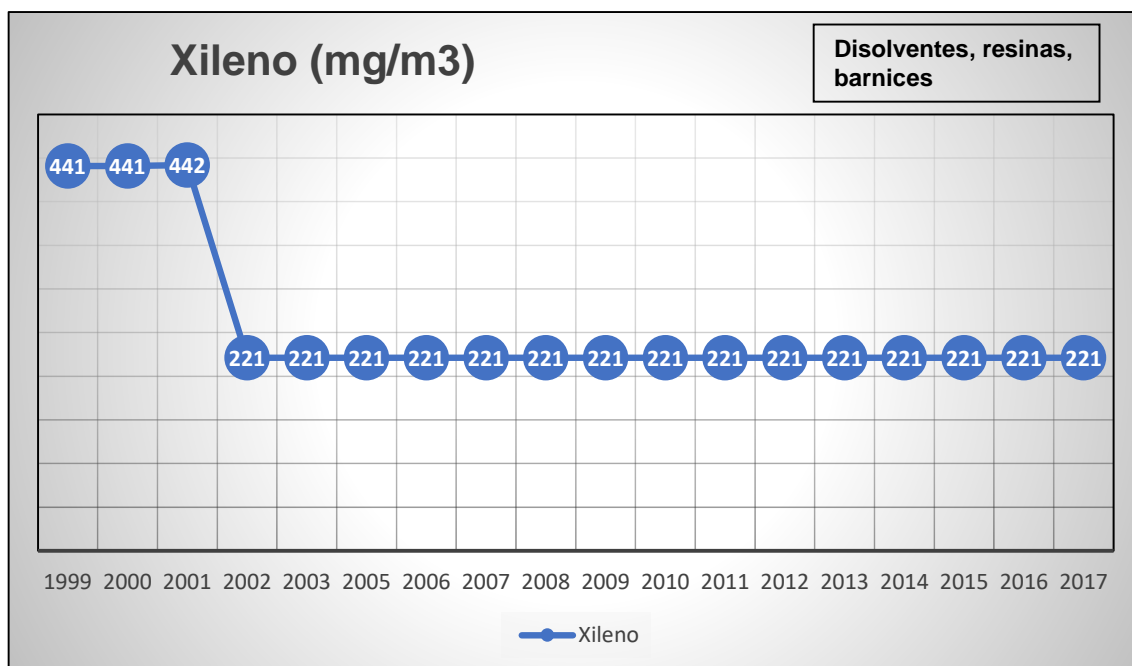
- **H-351:** Se sospecha que provoca cáncer.
- **H-302:** Nocivo en caso de ingestión.
- **H-400:** Muy tóxico para los organismos acuáticos
- **H-410:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

OBSERVACIONES:

En el año 2007 se incluyó la frase R de riesgo en la que se indicaba los posibles efectos cancerígenos del naftaleno.

Con respecto a la sustitución por las frases H, no se realizó ningún cambio.

XILENO



En el VLA-ED del xileno, se produce una disminución del mismo en el año 2002, de 441 mg/m³ a 221mg/m³.

Esta bajada supone que se este producto se consideró más perjudicial para el trabajador de lo determinando anteriormente, por lo que la cantidad de sustancia por m³ es menor.

Que se haya producido esta disminución del valor quiere decir que se ha llevado a cabo investigaciones en las que se ha determinado que esta sustancia es más perjudicial para la salud de los trabajadores y que, por lo tanto, debe de ser menor la cantidad a la que puedan verse expuestos durante su jornada laboral.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.13: Frases xileno



XILENO	FRASES R	FRASES H
	2005-2010	2011-1017
	10-20/21-38	226-332-312-315

FRASES R:

- **R-10:** Inflamable.
- **R-20/21:** Nocivo por inhalación y en contacto con la piel.
- **R-38:** Irrita la piel.

FRASES H:

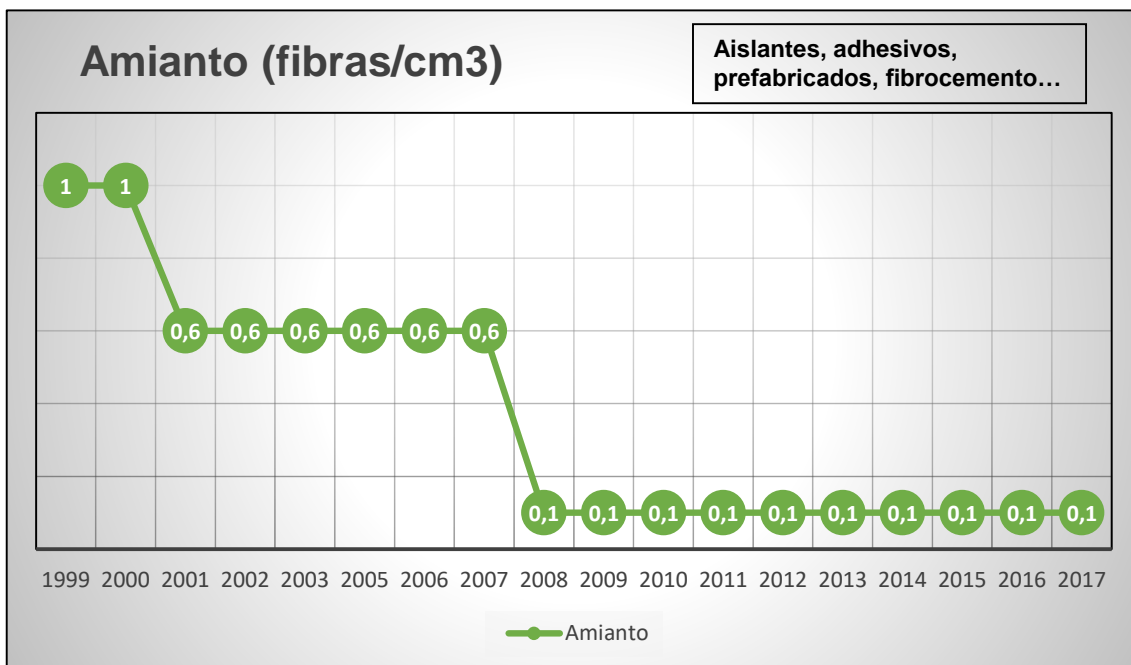
- **H-226:** Líquidos y vapores inflamables.
- **H-332:** Nocivo en caso de inhalación.
- **H-312:** Nocivo en contacto con la piel.
- **H-315:** Provoca irritación cutánea.

OBSERVACIONES:

Con la sustitución por las frases H, no se realizó ningún cambio en las indicaciones.

- **Materiales de naturaleza inorgánica**

AMIANTO



El VLA-ED del amianto disminuye en dos ocasiones a lo largo de todas las publicaciones realizadas por el INSHT.

Estas dos disminuciones se producen en el año 2001, de 1 fibras/cm³ a 0,6 fibras/cm³, y en el año 2008, de 0,6 fibras/cm³ a 0,1 fibras/cm³.

Con respecto al amianto se ha llevado a cabo muchas investigaciones en las que se ha demostrado los efectos adversos de dicha sustancia en el ser humano, pero aun así no se llega a concluir si existe un nivel de exposición por debajo del cual no existan efectos negativos sobre la salud del trabajador. Se conoce que existe una relación exposición/probabilidad por la que se deduce que mientras menos sea la exposición, menor será el riesgo.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.14: Frases amianto



AMIANTO	FRASES R	FRASES H
	2005-2010	2011-1017
	45-48/23	350-372

FRASES R:

- **R-45:** Puede causar cáncer.
- **R-48/23:** Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.

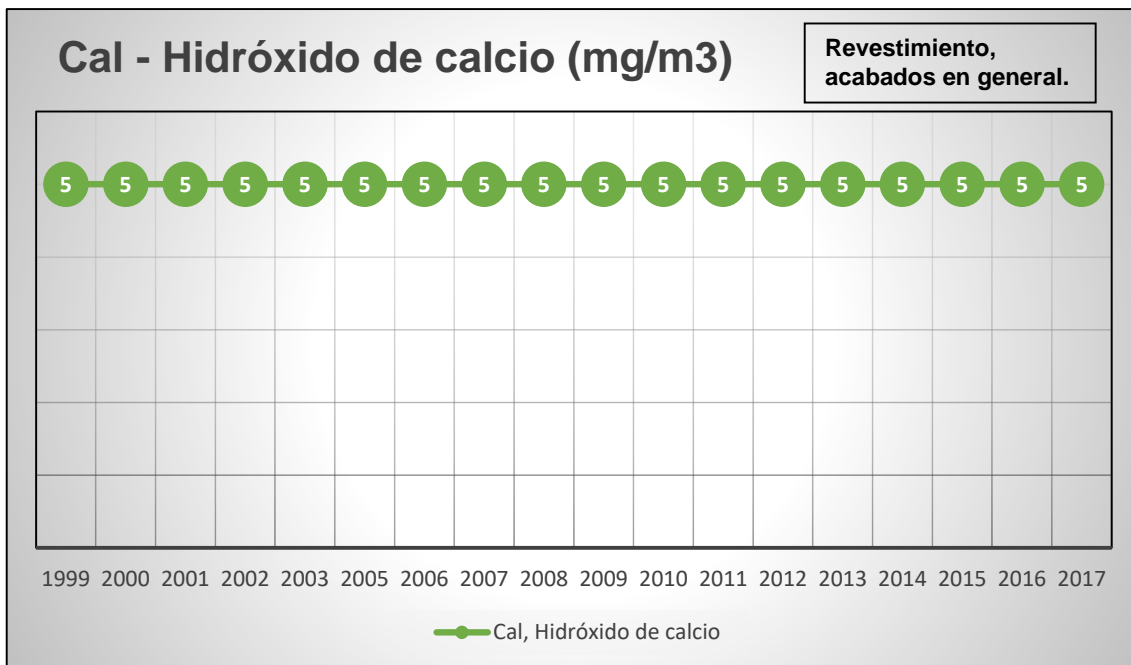
FRASES H:

- **H-350:** Puede provocar cáncer.
- **H-372:** Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetida.

OBSERVACIONES:

Tanto en las frases S como en las H mantiene las mismas indicaciones, únicamente modificando el término de tóxico con efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por la determinación de que provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas.

CAL



Los VLA-ED de la cal/hidróxido de calcio no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 5 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.15: Frases cal



CAL/HIDRÓXIDO DE CALCIO	FRASES H
	2017
	315-318-335

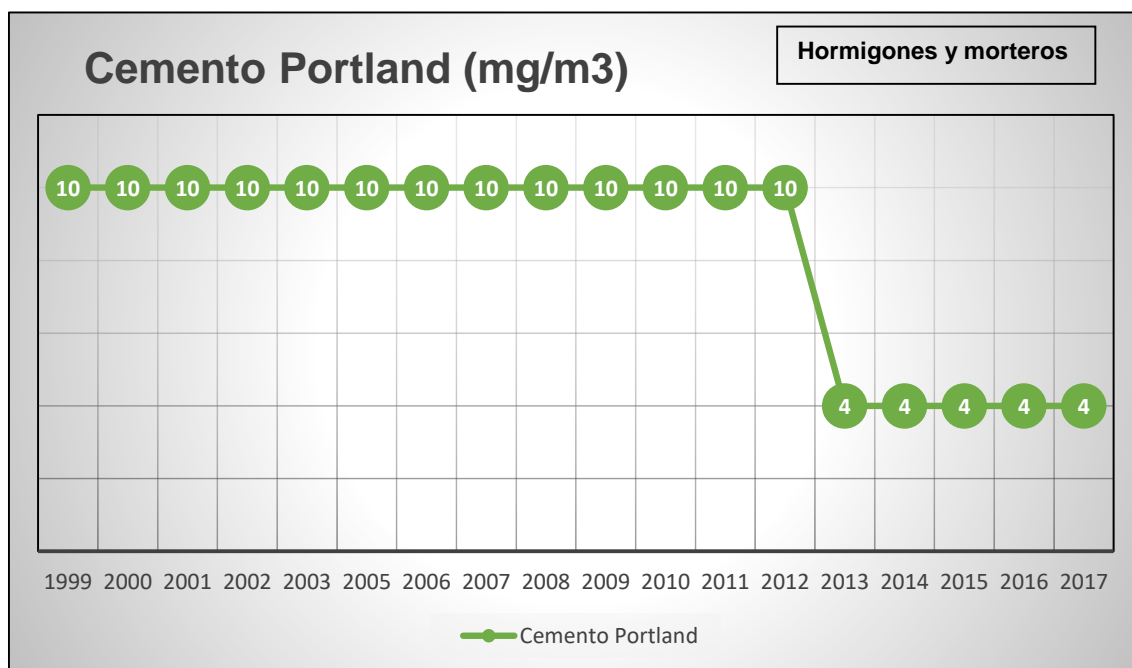
FRASES H:

- **H-315:** Provoca irritación cutánea.
- **H-318:** Provoca lesiones oculares graves.
- **H-335:** Puede irritar las vías respiratorias.

OBSERVACIONES:

Con respecto al hidróxido de sodio / cal, no se indica ninguna frase a lo largo de todas las publicaciones “Límites de Exposición Profesional” del INSHT, por lo que se han tomado los datos de las fichas de seguridad del producto, por lo que solo se dispone de las frases que se encuentran en vigor actualmente.

CEMENTO PORTLAND



El VLA-ED del cemento Portland disminuye en la publicación del documento LEP del año 2012 del año 10 mg/m³ a 4 mg/m³.

En dicho documento aparece el término “fracción respirable” en el año en el que se produce la disminución del valor límite ambiental, por lo que se debe al cambio de criterio de medición de dicho valor. Este valor sería la cantidad proporcional a toda la cantidad de sustancia inhalada que alcanza los alveolos pulmonares del trabajador.

Debido a que este cambio es producido por un nuevo criterio de medida de la concentración, no supone una disminución de la limitación de la exposición, por lo que el valor se mantendría constante.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.16: Frases cemento Portland



CEMENTO PORTLAND	FRASES H
	2017
	315-318-317-335

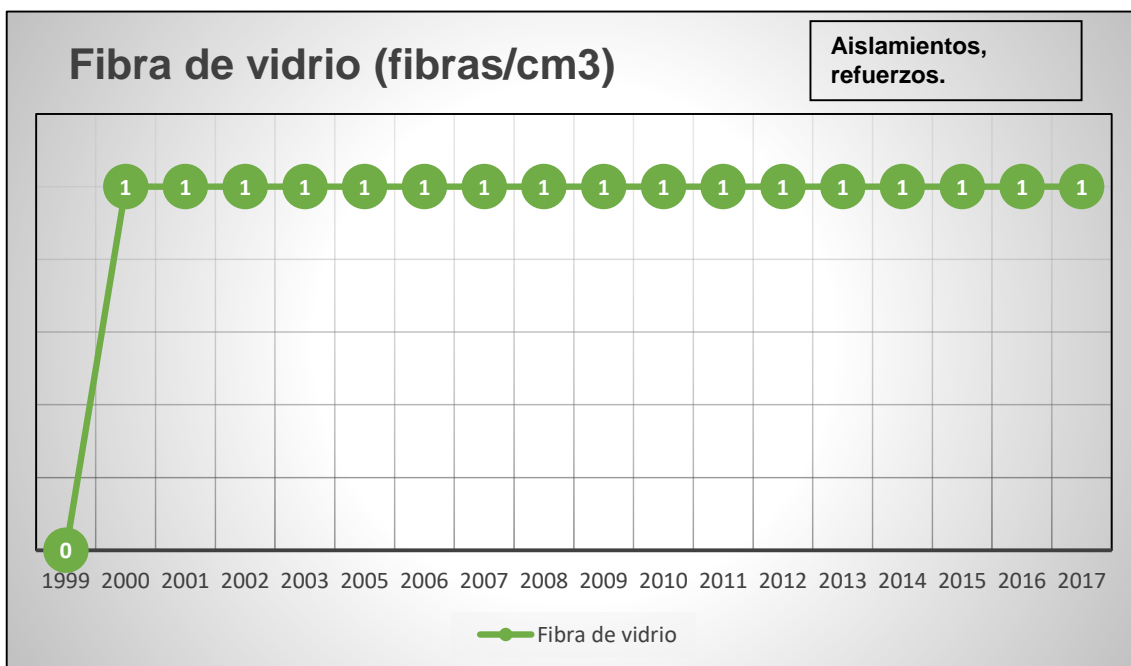
FRASES H:

- **H-315:** Provoca irritación cutánea.
- **H-318:** Provoca lesiones oculares graves.
- **H-317:** Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
- **H-335:** Puede irritar las vías respiratorias.

OBSERVACIONES:

Con respecto al cemento Portland, no se indica ninguna frase a lo largo de todas las publicaciones “Límites de Exposición Profesional” del INSHT, por lo que se han tomado los datos de las fichas de seguridad del producto, por lo que solo se dispone de las frases que se encuentran en vigor actualmente.

FIBRA DE VIDRIO



Los VLA-ED de la fibra de vidrio no han sido modificados desde la segunda publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 1 fibras/cm³.

En la primera publicación del documento LEP no aparece ninguna referencia del valor límite de esta sustancia, por lo que se entiende que hasta el año 2000 no se comenzó a estudiar este material.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.17: Frases fibra de vidrio



**FIBRA DE
VIDRIO**

FRASES H

2017

226-372-319-315-335

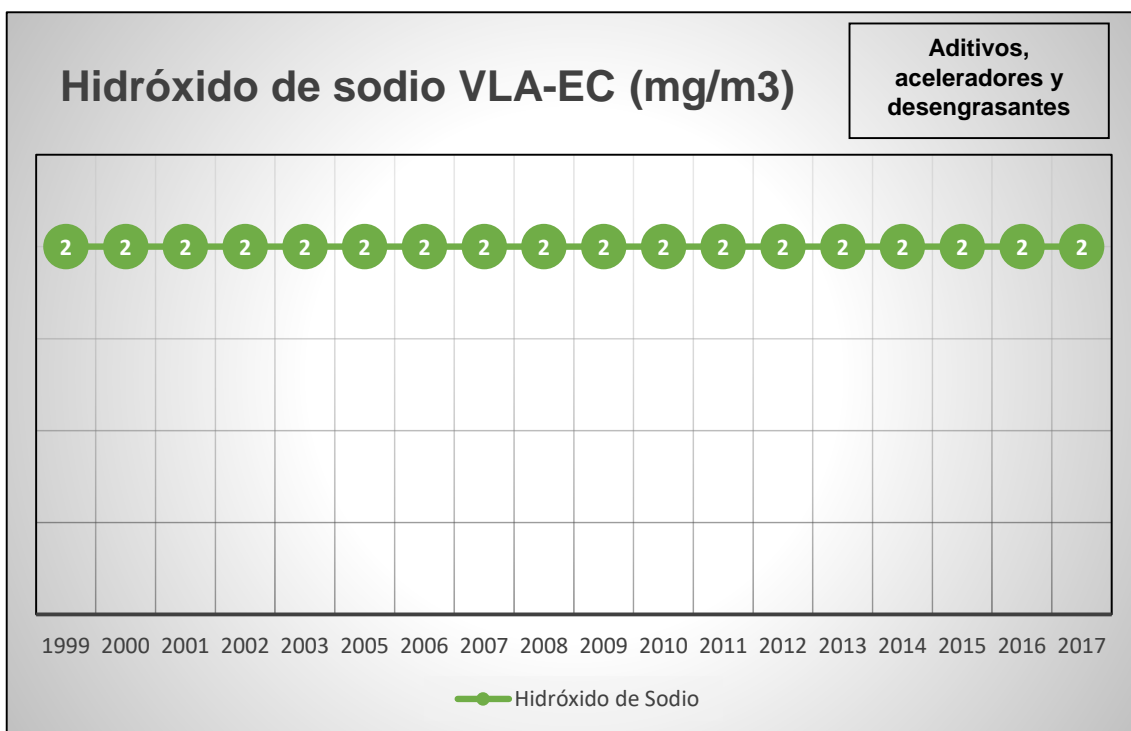
FRASES H:

- **H-226:** Líquidos y vapores inflamables.
- **H-372:** Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas. Vía de exposición: inhalación.
- **H-319:** Provoca irritación ocular grave.
- **H-315:** Provoca irritación cutánea.
- **H-335:** Puede irritar vías respiratorias.

OBSERVACIONES:

Con respecto a la fibra de vidrio, no se indica ninguna frase a lo largo de todas las publicaciones “Límites de Exposición Profesional” del INSHT, por lo que se han tomado los datos de las fichas de seguridad del producto, por lo que solo se dispone de las frases que se encuentran en vigor actualmente.

HIDRÓXIDO DE SODIO



Los VLA-ED del hidróxido de sodio no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 2 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.18: Frases hidróxido de sodio



HIDRÓXIDO DE SODIO	FRASES R	FRASES H
	2005-2010	2011-2017
	35	314

FRASES R:

- **R-35:** Provoca quemaduras graves.

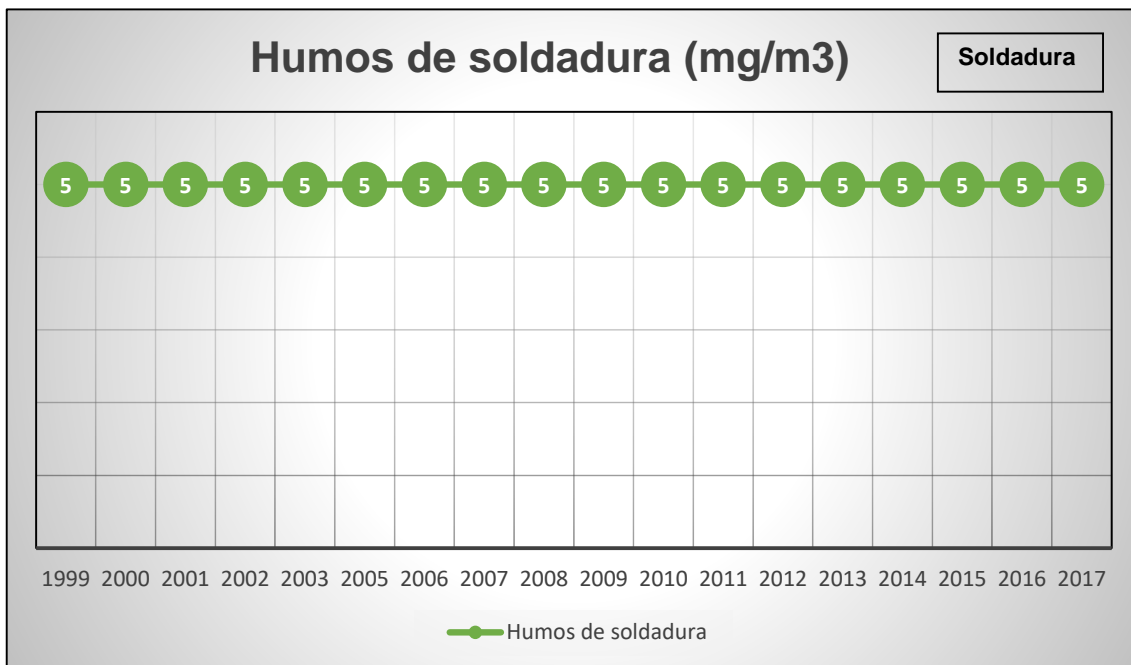
FRASES H:

- **H-314:** Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

OBSERVACIONES:

Con la sustitución de las frases R por las frases H, se añadió la indicación de que provoca lesiones oculares graves.

HUMOS DE SOLDADURA



Los VLA-ED de los humos de soldadura no han sido modificados desde la primera publicación del documento LEP del INSHT, manteniéndose en 5 mg/m³.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.19: Frases humo de soldadura



**HUMOS DE
SOLDADURA**

FRASES H

2017

350

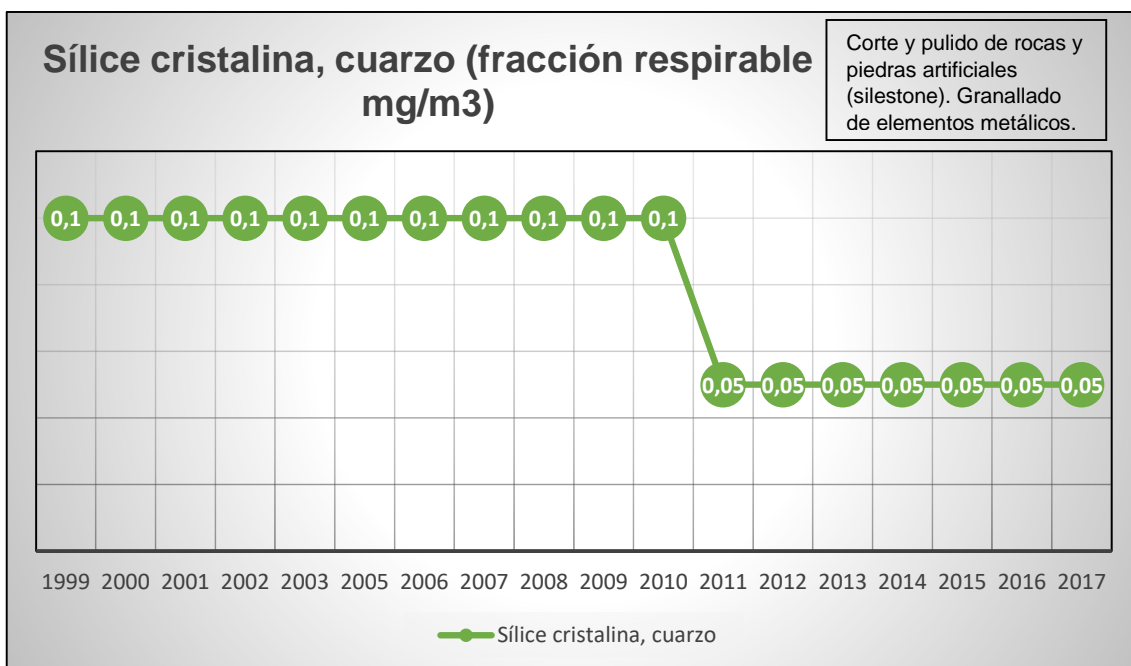
FRASES H:

- **H-350:** Puede provocar cáncer

OBSERVACIONES:

Con respecto a los humos de soldadura, no se indica ninguna frase a lo largo de todas las publicaciones “Límites de Exposición Profesional” del INSHT, por lo que se han tomado los datos de las fichas de seguridad del producto, por lo que solo se dispone de las frases que se encuentran en vigor actualmente.

SÍLICE CRISTALINA, CUARZO



El VLA-ED del sílice cristalina/cuarzo, disminuye en la publicación LEP del año 2011 de 0,1 mg/m³ a 0,05 mg/m³.

Junto al valor límite ambiental de exposición profesional se encuentra el término “fracción respirable” por lo que para dicho valor se ha tenido en cuenta ese criterio de medición en el que sólo se tiene en cuenta la cantidad proporcional a toda la cantidad de sustancia inhalada que alcanza los alveolos pulmonares del trabajador.

La disminución de este valor en el año 2012 no se atribuye al término “fracción respirable” porque en todos los años viene determinado el valor teniendo en cuenta este criterio de medición.

Que se haya producido esta disminución del valor quiere decir que se ha llevado a cabo una línea de investigación en la que se ha determinado que esta sustancia es más perjudicial para la salud de los trabajadores y que, por lo tanto, debe de ser menor la cantidad a la que puedan verse expuestos durante su jornada laboral.

Evolución frases R y frases H



Tabla 6.20: Frases cuarzo



SÍLICE CRISTALINA/CUARZO	FRASES H
	2017
	372

FRASES H:

- **H-372:** Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

OBSERVACIONES:

Con respecto al cuarzo / sílice cristalina, no se indica ninguna frase a lo largo de todas las publicaciones “Límites de Exposición Profesional” del INSHT, por lo que se han tomado los datos de las fichas de seguridad del producto, por lo que solo se dispone de las frases que se encuentran en vigor actualmente.

6.2 Comparación con Threshold Limits Values (TLV) de los Estados Unidos

6.2.1. Evolución entre años 2005-2012 de los Threshold Limits Values

Tabla 6.21: Comparación TLV

TLV		2005		2012	
		TLV/TWA	TLV STEL	TLV/TWA	TLV STEL
ORGÁNICOS	Ácido fórmico	5 ppm	10 ppm	5ppm	10 ppm
	Aguarrás/Turpentine	20 ppm	-	20ppm	-
	Alcohol metílico/Metanol	200 ppm	250 ppm	200 ppm	250 ppm
	Alquitrán Hulla	0,2 mg/m3	-	0,2 mg/m3	-
	Bisfenol (VLI)	-	-	-	-
	Cloruro de polivinilo	-	-	1 mg/m3	-
	Diisocianato de difenilmetano	-	-	-	-
	Formaldehido	-	C 0,3 ppm	-	C 0,3 ppm
	Gasolina	300 ppm	500ppm	300 ppm	500 ppm
	Maderas duras	1 mg/m3	-	1 mg/m3	-
	Morfolina	20 ppm	-	20 ppm	-
	Naftaleno	10 ppm	15 ppm	10 ppm	15 ppm
	Xileno	100 ppm	150 ppm	100ppm	150pm
INORGÁNICOS	Amianto	0,1 f/cc	-	0,1 f/cc	-
	Cal/Hidróxido de calcio	5mg/m3	-	5mg/m3	-
	Cemento Portland	10mg/m3	-	1mg/m3	-
	Fibra de vidrio	1 f/cc	-	1 f/cc	-
	Hidróxido de sodio	-	C 2 mgm3	-	C 2 mg/m3
	Humos de soldadura	-	-	-	-
	Sílice cristalina/Cuarzo	0,05mg/m3	-	0,025mg/m3	-

OBSERVACIONES:

Como observación de la evolución de los Threshold Limits Values entre los años 2005 y 2012 (únicos años con documentación accesible) de la **Tabla 6.21**, se puede destacar que únicamente han variado los valores del cemento Portland y de la sílice cristalina, en ambos casos, reduciendo el valor límite establecido, por lo que se entiende que se han llevado a cabo estudios en los que se determina que la sustancia es más dañina que lo que se conocía en años anteriores.

6.2.2 Comparación con Valores Límite Ambientales en el año 2012

En este apartado se han comparado únicamente los Threshold Limits Values (TLV) con los Valores Límite Ambientales (VLA) del año 2012, al ser el documento más reciente disponible para su estudio de los TLV.

Del mismo modo, se ha realizado la comparativa con los valores medidos en partes por millón (ppm) y en mg/m^3 , en función de cómo estuvieran establecidos en los Threshold Limits Values (TLV), ya que dentro del mismo documento pueden encontrarse en algunos casos en partes por millón (ppm) y otros en mg/m^3 .

Tabla 6.22: VLA-ED vs TLV

TLV		2012		
		TLV/TWA	TLV STEL	VLA-ED
ORGÁNICOS	Ácido fórmico	5ppm	10 ppm	5 ppm
	Aguarrás/Turpentine	20ppm	-	20 ppm
	Alcohol metílico/Metanol	200 ppm	250 ppm	200 ppm
	Alquitrán Hulla	0,2 mg/m^3	-	0,2 mg/m^3
	Bisfenol (VLI)	-	-	10 mg/m^3
	Cloruro de polivinilo	1 mg/m^3	-	1,5 mg/m^3
	Diisocianato de difenilmetano	-	-	0,052 mg/m^3
	Formaldehido	-	C 0,3 ppm	0,3 ppm(EC)
	Gasolina	300 ppm	500 ppm	300 ppm
	Maderas duras	1 mg/m^3	-	5 mg/m^3
	Morfolina	20 ppm	-	10 ppm
	Naftaleno	10 ppm	15 ppm	10 ppm
	Xileno	100ppm	150pm	50 ppm
INORGÁNICOS	Amianto	0,1 f/cc	-	0,1 fibras/ cm^3
	Cal/Hidróxido de calcio	5 mg/m^3	-	5 mg/m^3
	Cemento Portland	1 mg/m^3	-	10 mg/m^3
	Fibra de vidrio	1 f/cc	-	1 fibras/ cm^3
	Hidróxido de sodio	-	C 2 mg/m^3	2 mg/m^3 (EC)
	Humos de soldadura	-	-	5 mg/m^3
	Sílice cristalina/Cuarzo	0,025 mg/m^3	-	0,1 mg/m^3

OBSERVACIONES:

Una vez comparado los valores indicados en la **Tabla 6.22**, se puede observar que en el caso del cloruro de polivinilo, en las maderas duras, en el cemento Portland y en la sílice cristalina, los Valores Límite Ambientales son mayores que los Threshold Limits Values, por lo que se podría decir que en estos casos los valores adoptados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo son menos restrictivos y permiten una mayor cantidad de concentración del producto.

Por otro lado, en el caso de la morfolina y del xileno se da la situación contraria, en ambos casos, la concentración permitida es más restrictiva en los valores adoptados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

6.3 Discusión global de los resultados obtenidos

A modo resumen, se han elaborado tablas que representan de una manera más esquemática todos los resultados obtenidos.

Estos resultados se ordenan en cuatro tablas, con un orden jerarquizado independiente en cada una de ellas, de mayor a menor, en función de la gravedad de la modificación o aparición de los VLA-ED y, en mayor medida, de la importancia de sus frases H.

Cada una de las tablas mostradas a continuación representa:

1. Materiales que no aparecían publicados en los documentos LEP, y un año determinado aparecieron con su VLA-ED asignado (**Tabla 6.23**).
2. Materiales para los que ha variado el VLA-ED pero las frases H se han mantenido sin ningún cambio a lo largo de los 18 años estudiados (**Tabla 6.24**).
3. Materiales para los que el VLA-ED no ha variado, pero si se han modificado las frases H a lo largo de los 18 años estudiados (**Tabla 6.25**).
4. Materiales para lo que no se han modificado ni los VLA-ED ni las frases H a lo largo de los 18 años estudiados (**Tabla 6.26**).

Tabla 6.23: Discusión Caso 1

DISCUSIÓN GLOBAL DE LOS RESULTADOS				
Caso 1: Nueva aparición de VLA-ED				
Material	Evolución VLA-ED	Evolución frases	Año modif.	Orden gravedad
Bisfenol	0 → 10 mg/m ³	cte	2011	1º
Fibra de vidrio	0 → 2mg/m ³	cte	2000	2º
Cloruro de Polivinilo	0 → 1,5 mg/m ³	cte	2009	3º

OBSERVACIONES:

Como se indica en la **Tabla 6.23**, en esta agrupación se destaca la importancia que se le debe dar a las sustancias de las que no se tenía constancia de los daños que provocaban a la salud del trabajador, por lo que este se exponía a las

mismas sin ningún tipo de restricción, y que en determinado año comenzaron a aparecer publicadas en los LEP.

El orden de jerarquización se debe principalmente a que entre los tres, se tiene sospecha de que el bisfenol perjudica a la fertilidad, siendo uno de los casos más destacables, seguido de la fibra de vidrio con la capacidad de provocar daños en los órganos, de irritación tanto ocular como cutánea y respiratoria.

Tabla 6.24: Discusión Caso 2

Caso 2: Variación VLA-ED y frases H				
Material	Evolución VLA-ED	Evolución frases	Año modif.	Orden gravedad
Amianto	1 f/cm ³ →0,6 f/cm ³ →0,1 f/cm ³	H-372 (+)	2001/2008	1º
Sílice cristalina / Cuarzo	0,1 mg/m ³ → 0,05 mg/m ³	cte	2011	2º
Aguarrás	567 mg/m ³ →113 mg/m ³	H-304 / H-319 (+)	2011	3º
Xileno	442 mg/m ³ → 221 mg/m ³	cte	2002	4º

OBSERVACIONES:

En este caso, como se indica en la **Tabla 6.24**, se le da más importancia al amianto ya que, aparte de haber variado en dos ocasiones su VLA-ED, con una gran disminución, puede provocar cáncer y daños en los órganos. Le sigue el cuarzo, con la capacidad de dañar los órganos, el aguarrás, reduciendo casi una quinta parte su VLA-ED y siendo nocivo en caso de ingestión con irritaciones graves tanto ocular como cutánea, el xileno, reduciendo su VLA-ED a la mitad y siendo nocivo en caso de ingestión y en contacto con la piel y, por último, el cemento portland, reduciendo su VLA-ED a la mitad y provocando irritaciones y lesiones oculares.

Tabla 6.25: Discusión caso 3

Caso 3: VLA-ED constantes y variación de las frases				
Material	VLA-ED	Evolución frases	Año modif.	Orden gravedad
Alquitrán de Hulla	0,2 mg/m ³	H-340 / H-360FD (+)	2017	1º
Formaldehído	0,37 mg/m ³	H-350 / H-341 (+)	2015	2º
Gasolina	300 mg/m ³	H-340 / H-304 (+)	2011	3º
Diisocianato de difenilmetano	0,052 mg/m ³	H-351 / H-334 / H-373 (+)	2010	4º
Naftaleno	56 mg/m ³	H-351 (+)	2007	5º
Alcohol metílico / Metanol	266 mg/m ³	H-370 / H-225 (+)	2011	6º
Hidróxido de Sodio	2 mg/m ³	H-314 (+)	2011	7º

OBSERVACIONES:

En este caso, como se indica en la **Tabla 6.25**, los VLA-ED se han mantenido constantes, por lo que el orden se ha establecido en función de las frases H.

En primero lugar tendríamos el alquitrán de hulla, que puede provocar cáncer, defectos genéticos y dañar la fertilidad.

Después el formaldehído, provocando cáncer, defectos genéticos, y ser tóxico en casos de ingestión, inhalación etc.

En tercer lugar se encuentra la gasolina, provocando cáncer, defectos genéticos y siendo mortal en casos de ingestión.

Después el diisocianato de difenilmetano, con la sospecha de que pueda provocar cáncer, daños en los órganos, ser nocivo, provocar síntomas de asma etc.

Le seguiría el naftaleno, con la probabilidad de provocar cáncer y, en los dos últimos lugares el metanol y el hidróxido de sodio,

Los tres últimos serían el naftaleno, metanol e hidróxido de sodio, siendo tóxico y pudiendo provocar el primero daños en los órganos el primero y provocando quemaduras en la piel el segundo.

Tabla 6.26: Discusión caso 4

Caso 4: VLA-ED y frases sin cambios			
Material	VLA-ED	Frases	Orden gravedad
Maderas duras(*)	5 mg/m ³	cte	1º
Humos de soldadura	5 mg/m ³	cte	2º
Cemento Portland	4mg/m ³	cte	3º
Morfolina	36 mg/m ³	cte	4º
Ácido Fórmico	9 mg/m ³	cte	5º
Cal / Hidróxido de sodio	5 mg/m ³	cte	6º

OBSERVACIONES:

En éste caso únicamente se han valorado las frases H, ya que los VLA-ED han permanecido constantes sin ningún cambio.

Como se muestra en la **Tabla 6.26**, tanto las maderas duras como los humos de soldadura tienen la capacidad de provocar cáncer, pero al ser la segunda una sustancia más irritante, se encuentra en el primer lugar y los humos en el segundo.

En tercer lugar, la morfolina, siendo nociva en caso de inhalación, ingestión y contacto con la piel. Después se encontraría el cemento Portland, irritando las vías respiratorias, irritación y alergia cutánea y lesiones oculares, seguido del ácido fórmico provocando quemaduras en la piel e irritación ocular y por último la cal, con irritaciones cutáneas y respiratorias y lesiones oculares.



CAPÍTULO 04

7. CONCLUSIONES

**8. FUTURAS LÍNEAS DE
INVESTIGACIÓN**

9. BIBLIOGRAFÍA

10. ÍNDICE DE TABLAS

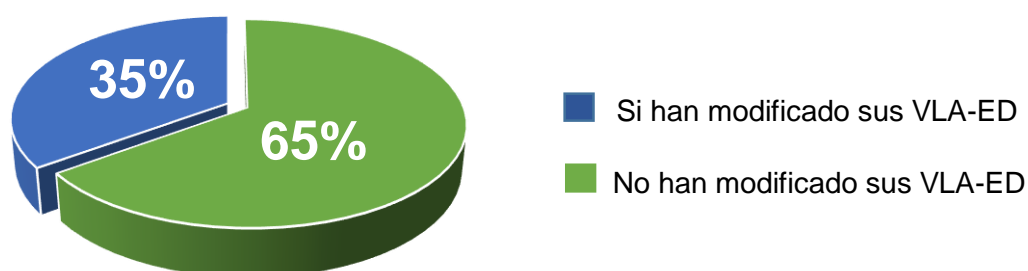
11. ÍNDICE DE FIGURAS



7. CONCLUSIONES

- ❖ Una vez finalizado el estudio de la evolución de los VLA-ED profesional y de las frases R, sustituidas posteriormente por las frases H, podemos concluir:

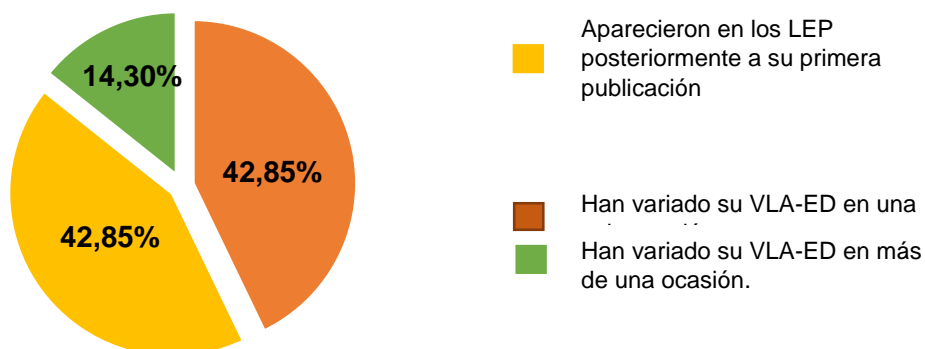
- Con respecto a los VLA-ED:



Esto quiere decir que para el 65 % de los materiales, o no se ha llevado a cabo ninguna investigación que considerase que sería conveniente modificar dicho valor, o bien se han llevado a cabo y no se ha considerado necesario ningún cambio.

Para el 35% restante si se han llevado investigaciones que han supuesto el cambio de estos VLA-ED.

Entre el 35% restante que si ha modificado su VLA-ED se encuentra que:

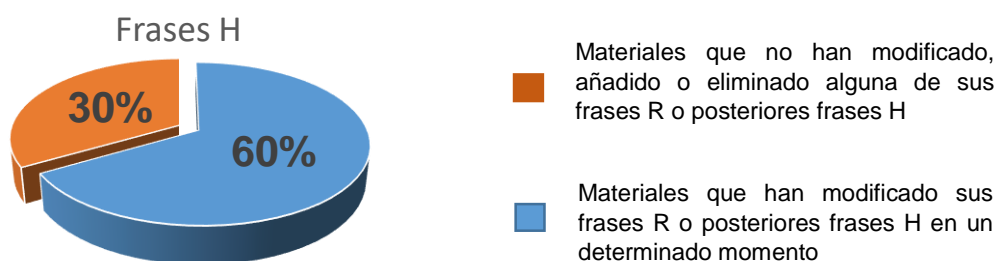


El que estos materiales hayan sufrido alguna modificación quiere decir que previamente a estas modificaciones los trabajadores han estado expuestos a una concentración que actualmente supera lo que se considera seguro para la salud de los trabajadores

Por otra parte, el que hayan aparecido materiales nuevos con sus VLA-ED correspondiente a lo largo de las publicaciones de los LEP, supone que previamente a esta aparición, los trabajadores han estado expuestos a estas sustancias sin ningún tipo de limitación, como por ejemplo con el bisfenol, cuya aparición en los LEP ha tenido lugar en el año 2011.

Aun así, todo lo mencionado anteriormente no se puede evitar, ya que los VLA-ED reflejan cual es el estado actual del conocimiento sobre los mismos, por lo que hasta que no se lleva a cabo una investigación sobre ellos, no puede obtenerse nueva información.

- Con respecto a las frases R o posteriores frases H:



- ❖ Sobre la comparación de los VLA-ED profesionales españoles con los Threshold Limits Values de los Estados Unidos de América, podemos concluir que:

- En todas las sustancias, sin tener en cuenta las que no hemos podido encontrar su valor correspondiente en la lista de los TLV, los valores son similares, exceptuando:
 - El cloruro de polivinilo, el cuarzo, las maderas duras y el cemento Portland con mayor valor en España, siendo menos restrictivo.

- La morfolina y el xileno, con menor valor en España, siendo más restrictivo.
 - Todo esto indica que, sin tener en cuenta los valores que son similares, los TLV son, exceptuando los casos de la morfolina y del xileno, más restrictivos al permitir una menor concentración en el aire que los VLA.



8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez concluido el trabajo, podemos establecer como futuras líneas de investigación:

- El estudio del por qué se han producido las variaciones en los VLA-ED de las sustancias estudiadas individualmente, con la investigación llevada a cabo para su modificación y los elementos que se estudiaron y se tuvieron en cuenta a la hora de modificar el VLA-ED. También se podría tener en cuenta el motivo que incentivó el comienzo de la investigación sobre la posibilidad de modificar el VLA-ED de dicha sustancia.
- Investigación de las sustancias que no han variado su VLA-ED desde su primera publicación en los LEP, barajando las posibilidades tanto de que no se hayan llevado a cabo ninguna investigación de las mismas desde su primera publicación, así como la posibilidad de que sí se hayan llevado a cabo investigaciones para controlar los VLA-ED, pero no se haya considerado pertinente su modificación.
- Ampliar el estudio a un mayor número de materiales en la construcción hasta cubrir la mayor cantidad de materiales con características toxicológicas posible.



9. BIBLIOGRAFÍA

○ LIBROS

- Baraza Sánchez, X., Castejón Vilella, E. & Guardino Solá, X., 2017, *Higiene Industrial*, Editorial UOC, Barcelona.
- Cortés Díaz, J.M., 2012, *Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales. Seguridad e Higiene en el Trabajo*, Tébar, Madrid.
- Gómez Etxebarria, G., 2010, *Todo Prevención de Riesgos Laborales, Medio Ambiente y Seguridad Industrial*, CISS, Valencia.
- Herrick R.F., 2012, *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo. 30-Higiene Industrial*, Online: INSHT
- Mangosio, J.E., 1994, *Fundamentos de la Higiene y Seguridad en el Trabajo*, Nueva Librería, Argentina.
- Mateo Floría P., 2008, *Gestión de la Higiene Industrial en la Empresa*, FC Editorial, Madrid.
- Menéndez Díez, F., 2009, *Higiene Industrial. Manual para la Formación del Especialista*, Lex Nova, Valladolid.
- Repetto, M. & Repetto G., 2009, *Toxicología Fundamental*, Díaz de Santos, Madrid.
- Silbergeld E.K., 2001, "Toxicología", *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, On-line, pp. 33.1-33.83.

○ PUBLICACIONES / ARTÍCULOS

- Ortega Herrera, J., *Contaminantes en la Construcción*, Junta de Castilla y León, Castilla y León.
- Sousa Rodríguez, E., Centro Nacional de Nuevas Tecnologías de Madrid, Fracciones inhalable, torácica y respirable, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.

- Límites de exposición profesional:
 - Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 1999, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
 - Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2000, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
 - Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2001, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
 - Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2002, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
 - Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2003, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
 - Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2005, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
 - Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2006, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.

- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2007, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2008, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2009, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2010, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2011, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2012, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2013, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2014, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.

- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2015, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2016, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo y Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2017, *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.

- Threshold Limits Values:

- American Conference of Governmental Industrial Hygienist, 2005, *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Biological Exposure Indices*, American Conference of Governmental Industrial Hygienist, United States.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienist, 2012, *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Biological Exposure Indices*, American Conference of Governmental Industrial Hygienist, United States.

- **NORMATIVA**

- CLP, Reglamento CE 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, *sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas*
- DIRECTIVA 90/394/CEE DEL CONSEJO de 28 de junio de 1990 relativa a la *protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo*.
- DIRECTIVA 98/24/CE DEL CONSEJO de 7 de abril de 1998 relativa a la *protección de la seguridad y salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo*.

- DIRECTIVA 2000/39/CE DE LA COMISIÓN, de 8 de junio de 2000 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 *relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.*
- DIRECTIVA MARCO 89/391/CE del Consejo, de 12 de junio de 1989 *relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo.*
- Instituto Nacional Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, *Criterios de valoración en Higiene Industrial*, NTP 244, Madrid.
- Instituto Nacional Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, *Métodos de toma de muestra y análisis. Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire – método gravimétrico*, MTA/MA-014/A/11, Madrid.
- Instituto Nacional Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, 1999, *Criterios de establecimiento de valores límite de exposición profesional en la Unión Europea*, NTP 525, Madrid.
- Instituto Nacional Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, 1999, *Valores límites de exposición profesional en la Unión Europea y en España*, NTP 256, Madrid.
- Instituto Nacional Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, 2010, *Regulación UE sobre productos químicos (II). Reglamento CLP: aspectos básicos*, NTP 878, Madrid.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de *Prevención de Riesgos Laborales*.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, *sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.*
- Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las *disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicable a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.*

- 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.*
- 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.*

○ PÁGINAS WEB

- American Conference of Governmental Industrial Hygienist, Visitada Agosto 2017,
<<http://www.acgih.org/>>
- Decarvlaho, A., 2013, *Papiro de Ebers*, Toxicopedia, Visitada Septiembre 2017,
<<http://www.toxipedia.org/display/toxipedia/Papiro+Ebers>>
- Evaluación de los riesgos laborales derivados de la presencia de productos químicos en el lugar de trabajo, Visitada Agosto 2017,
<http://www.lineaprevencion.com/ProjectMiniSites/IS0021/html/Contenidos/Punto_6.htm>
- European Medicine Agency, Visitada Agosto 2017,
<<http://www.ema.europa.eu/ema/>>
- Gálvez Pérez, V., García Ruíz-Bazán, J., González Fernández, E., Pollo Vicente, F., *Perspectivas de los límites de exposición profesional*, Visitada Julio 2017,
<<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/postersTecnicos/ficheros/Perspectivas%20de%20los%20LEP-%20VLA%20vs%20DNEL.pdf>>
- Guía exposición a agentes químicos, Visitada Julio 2017,
<http://ccoo1.webs.upv.es/Salud_Laboral/Guia_exposicion_agentes_quimicos/docum.htm#4>

- Hernández Guijo, JM., 2011, *Introducción a la toxicología*, Visitada Julio 2017, <https://www.uam.es/departamentos/medicina/farmacologia/especifica/ToxAlim/ToxAlim_L1.pdf>
- Instituto Nacional Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, *Frases R y S actualizadas*, Visitada Septiembre 2017, <<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=1446c98b99978110VgnVCM1000000705350aRCRD&vgnnextchannel=1d19bf04b6a03110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>>
- Instituto Nacional Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, *Valores límite de exposición*, Visitada Septiembre 2017, <<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.d22be8b09ba968aec843d152060961ca/?vgnextoid=cb20751a75141310VgnVCM1000008130110aRCRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&nodoSel=c7d45b1dacc21310VgnVCM1000008130110a>>
- La voz del muro, *5 curiosos y sorprendentes casos de personas que se envenenaron a sí mismas sin saberlo*, Visitada Septiembre 2017, <<http://lavozdelmuro.net/5-curiosos-y-sorprendentes-casos-de-personas-que-se-envenenaron-a-si-mismas-sin-saberlo/>>
- Martínez, J. 2015, *Compuestos orgánicos e inorgánicos*, Visitada Septiembre 2017, <<http://jeniferdelcarne27.blogspot.com.es/>>
- Peregrino, 2009, *Paracelso: un alquimista irreverente*, El Blog Alternativo, Visitada Septiembre 2017, <<https://www.elblogalternativo.com/2009/10/29/paracelso-las-7-reglas-para-vivir-mejor-de-un-alquimista-irreverente/>>
- Seguridad y medio ambiente, *Identificación del riesgo químico*, Visitada Agosto 2017, <<http://www.seguridadypromociondelasalud.com/n129/es/articulo2.html>>
- Sigma Aldrich, Visitada Julio 2017, <<https://www.sigmaaldrich.com/spain.html>>
- Toxicopedia, *Historia de la toxicología*, Visitada Julio 2017, <<http://www.toxipedia.org/pages/viewpage.action?pageId=10191691>>

- Universidad de Granada, Departamento de Medicina Legal y Toxicología,
Toxicología básica o fundamental: Concepto, historia y alcance de la toxicología, Visitada Agosto 2017,
< <http://www.ugr.es/~ajerez/proyecto/t1-1.htm>>

10. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1	Frases H peligro.....	31
Tabla 4.2	Frases R y equivalencia con frases H.....	32
Tabla 6.1	Frases ácido fórmico.....	67
Tabla 6.2	Frases aguarrás.....	69
Tabla 6.3	Frases metanol.....	71
Tabla 6.4	Frases alquitrán de hulla.....	73
Tabla 6.5	Frases bisfenol.....	76
Tabla 6.6	Frases cloruro de polivinilo.....	77
Tabla 6.7	Frases diisocianato de difenilmetano.....	79
Tabla 6.8	Frases formaldehido.....	81
Tabla 6.9	Frases gasolina.....	83
Tabla 6.10	Frases maderas blandas y maderas duras.....	86
Tabla 6.11	Frases morfolina.....	87
Tabla 6.12	Frases naftaleno.....	89
Tabla 6.13	Frases xileno.....	91
Tabla 6.14	Frases amianto.....	94
Tabla 6.15	Frases hidróxido de calcio.....	95
Tabla 6.16	Frases Cemento Portland.....	98
Tabla 6.17	Frases fibra de vidrio.....	99
Tabla 6.18	Frases hidróxido de sodio.....	101
Tabla 6.19	Frases humos de soldadura.....	103
Tabla 6.20	Frases sílice cristalina / cuarzo.....	106
Tabla 6.21	Comparación TLV.....	107
Tabla 6.22	VLA vs TLV.....	108
Tabla 6.23	Discusión caso 1.....	110
Tabla 6.24	Discusión caso 2.....	111

Tabla 6.25	Discusión caso 3.....	112
Tabla 6.26	Discusión caso 4.....	113

10. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Papiro de Ebers.....	14
Figura 2.2	Paracelso.....	15
Figura 4.1	Logo EMEA.....	24
Figura 4.2	Relaciones Dosis y Concentraciones.....	26
Figura 4.3	VLA-ED vs TLV.....	29
Figura 4.4	Evolución normativa.....	35
Figura 4.5	Documentos LEP 1999/2014/2017.....	46
Figura 6.1	Pictogramas del “Sistema globalmente armonizado de Clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA).....	66
Figura 6.2	Pictogramas riesgo químico antiguos (antes del CLP).....	66

