

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas

Guía para Delegados y Delegadas de Prevención



Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

GUÍA PARA DELEGADOS Y DELEGADAS DE PREVENCIÓN

Edita: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS)

Autores: Rafael Gadea, Dolores Romano y Tatiana Santos.

Agradecemos la colaboración de: Isabel Dudziński, Julio Iranzo, Miguel Ángel Izquierdo, Carmen Mancheño, Sonia Revilla y Magda Sáez.

Esta guía se ha editado en el marco del proyecto «Prevención y control de sustancias disolventes» en el que han participado ISTAS y las Secretarías de Salud Laboral y Medio Ambiente de CCOO Aragón, CCOO Cantabria, Unión Sindical de Madrid Región de CCOO y CCOO País Valencià, con financiación de la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales.



Depósito Legal: M-56273-2007

Realiza: Paralelo Edición, SA



Índice

	Presentación	5
1.	Introducción	7
2.	Los disolventes orgánicos	9
2.1.	Clasificación	9
2.2.	Usos y fuentes de exposición	11
2.3.	Efectos sobre la salud y el medio ambiente	13
2.4.	Exposición laboral	18
2.5.	Medidas preventivas	19
3.	La sustitución como principio de la prevención	21
3.1.	Definiciones	21
3.2.	¿Por qué sustituir?	24
3.3.	Lo que dice la ley	25
4.	El proceso de sustitución paso a paso	29
4.1.	Papel de los delegados y delegadas en el proceso de sustitución	29

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

4.2.	Etapas del proceso de sustitución	30
	Paso 1: Identificación del problema	31
	Paso 2: Establecer criterios de sustitución	34
	Paso 3: Búsqueda de alternativas	38
	Paso 4: Evaluación de alternativas	38
	Paso 5: Experiencia piloto	45
	Paso 6: Implantación y seguimiento	45
5.	Fuentes de Información	46
5.1.	Bases de datos: Cleantool, Alternativas ISTAS	46
5.2.	Sistemas de sustitución de disolventes (SAGE, etc.)	48
6.	Referencias	49

ANEXOS

I.	Modelos de acuerdos con empresas	52
II.	Alternativas de sustitución para las principales actividades	54
	A. Impresión	55
	B. Limpieza	58
	C. Limpieza en seco	59
	D. Fabricación de productos farmacéuticos	60
	E. Fabricación de calzado	60
	F. Fabricación de preparados de recubrimientos, barnices, tintas y adhesivos	60
	G. Industria del automóvil	61
	H. Impregnación fibras de madera	64
	I. Recubrimientos con adhesivos	66
	J. Laminación madera y plástico	66
	K. Recubrimientos	67
III.	Modelo de columnas	68



Presentación

En los últimos 20 años, la eliminación y sustitución de las sustancias químicas peligrosas se está convirtiendo en la piedra angular de la legislación y los programas dirigidos a la protección de la salud de los trabajadores y el medio ambiente en los países económica y socialmente más desarrollados.

Los principios de eliminación y sustitución de los riesgos son ya principios rectores de la normativa de protección de la salud de los trabajadores y el medio ambiente de la Unión Europea, cuyo último y más avanzado ejemplo es el Reglamento sobre registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos, más conocido como REACH.

En estos años, la idea de la eliminación y sustitución de las sustancias más peligrosas presentes en la industria y en los artículos que produce ha sido motivo de multitud de iniciativas sociales, programas públi-

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

cos y actuaciones prácticas en las empresas. Sin duda, los disolventes orgánicos han sido el grupo de sustancias que más interés e iniciativas de eliminación y sustitución han suscitado.

El proyecto *Prevención y control de sustancias disolventes peligrosas* desarrollado por el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS) y las Secretarías de Salud Laboral y Medio Ambiente de CCOO de Aragón, Cantabria, Madrid y País Valencià, financiado por la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales, que ha dado lugar a esta guía es un ejemplo más –en este caso– de iniciativa sindical.

Esta guía está dirigida a los delegados y delegadas de prevención y a cualquier otra persona interesada en estos temas, con la pretensión de ofrecer algunas informaciones, razones, herramientas y ejemplos de utilidad para promover procesos de sustitución en las empresas.

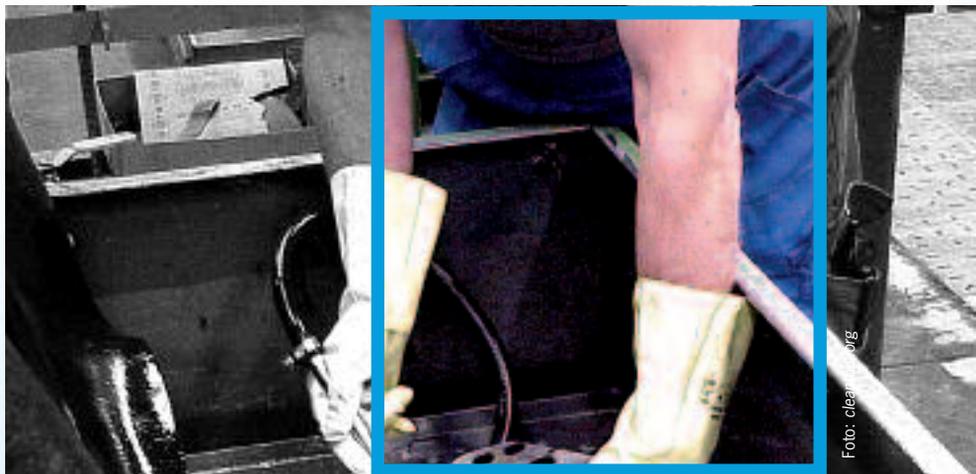
Como dice una reciente publicación de uno de los centros pioneros de la eliminación y sustitución de sustancias químicas peligrosas: *«La mayor parte de la ciencia medioambiental se ha centrado en entender y caracterizar los problemas medioambientales y de salud pública. Millones de dólares se invierten anualmente en la investigación desde los mecanismos de acción a los efectos de un pequeño número de compuestos tóxicos y en tecnologías para medir, seguir la evolución y controlar estos contaminantes. Aunque buena parte de este trabajo es importante y valioso, este enfoque en los problemas se hace a menudo a expensas de la investigación enfocada a las soluciones»*¹.

Es hora, pues, de poner el énfasis más en la investigación, elaboración, diseminación y aplicación de alternativas que en el análisis exhaustivo de los problemas.

Joaquín Nieto

Secretario Confederal de Salud Laboral y Medio Ambiente de CCOO

¹ Rossi M, Tickner J, Geiser K. *Alternatives Assessment Framework*. Lowell Centre for Sustainable production. University of Massachusetts. Descargable en: www.sustainableproduction.org



1. Introducción

Los disolventes son un grupo de sustancias químicas de amplio uso en el ámbito laboral, ya sea como agentes desengrasantes o limpiadores; como componentes de pinturas, lacas, colas, barnices, adhesivos, etc.; o como sustancias intermedias utilizadas en la fabricación de otros productos.

La mayoría de disolventes contienen compuestos orgánicos volátiles (COV), sustancias que se evaporan fácilmente, son inflamables y pueden disolverse en grasas, por lo que el riesgo de exposición laboral durante su utilización es muy elevado.

Las sustancias disolventes pueden provocar efectos muy graves sobre la salud de los trabajadores y trabajadoras e, incluso, sobre la salud de sus hijos.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

Los efectos sobre la salud de una exposición puntual (efectos agudos) a algunos disolventes incluyen daños sobre el sistema nervioso central (somnolencia, inconsciencia, parálisis, convulsiones); irritación de ojos, nariz y garganta; eczema e irritación de la piel; náuseas, vómitos, mareos y dolores de cabeza.

Los efectos sobre la salud de una exposición prolongada a algunos disolventes (efectos crónicos) incluyen cáncer; lesiones en el sistema nervioso; lesiones en riñón, hígado, corazón o pulmones; anemias y leucemia; lesiones en la piel; daños al sistema reproductor; y daños al sistema endocrino.

Además, los disolventes pueden dañar el medio ambiente. Así, hay sustancias que dañan la capa de ozono, otros contaminan el aire, algunos son muy tóxicos para los animales y otros pueden permanecer mucho tiempo en el medio ambiente sin degradarse (persistentes) o, incluso, acumularse en el organismo de los seres vivos (bioacumulativos).

Centenares de miles de trabajadores están expuestos diariamente a estas sustancias tóxicas y, sin embargo, disponen de muy poca información y de escasas o ineficaces medidas de prevención y protección.

La medida de prevención más eficaz es evitar el uso de disolventes y sustituir los más peligrosos por otros menos peligrosos. Existen ya muchas alternativas a los disolventes más peligrosos y se pueden buscar otras.



2. Los disolventes orgánicos

Los disolventes son sustancias que se utilizan para disolver, diluir y extraer otras sustancias, por lo que tienen una gran variedad de aplicaciones. Existen alrededor de un millar de disolventes, pertenecientes a diferentes familias, los más utilizados son los disolventes orgánicos, que en su mayoría son líquidos, aunque también pueden ser gases o fluidos supercríticos.

2.1. CLASIFICACIÓN

Los disolventes se clasifican en familias según el grupo químico al que pertenecen. En ocasiones se utilizan sustancias puras, pero lo más habitual en la industria es el uso de productos que son o contienen mezclas de disolventes.

Tabla 1. Clasificación de las sustancias disolventes

	FAMILIA	EJEMPLOS
ORGÁNICAS	Hidrocarburos aromáticos	Benceno, tolueno, xilenos, cumeno, etilbenceno
	Hidrocarburos alifáticos	Pentano, hexano, heptano
	Hidrocarburos alicíclicos	Ciclohexano, metilciclohexano, terpenos (trementina), pinenos
	Hidrocarburos halogenados	Tricloroetileno, percloroetileno, tetracloruro de carbono
	Alcoholes	Metanol, etanol, isopropanol
	Glicoles	Etilenglicol, propilenglicol, dietilenglicol
	Cetonas	Acetona, metiletilcetona
	Ésteres	Acetato de etilo, acetato de metilo, acetato de isopropilo
	Ésteres de ácidos grasos	Ésteres de aceite de coco, ésteres de aceite de colza
	Éteres	Éter etílico, THF, isopropil éter, dioxano
	Éteres de glicol	Éter monoetilico de etilenglicol (cellosolve), éter monometílico de etilenglicol (metilcellosolve)
	Terpenos	a-pineno, ed-limoneno
	Ácidos orgánicos	Ácido acético, ácido oxálico
	Otros	Disulfuro de carbono, óxido de estireno
	Mezclas complejas de composición variable	Disolvente Stoddard, gasolina, White spirit, naftas
INORGÁNICAS	Alcalis	Hidróxido sódico, carbonato sódico, fosfato sódico, amoniaco
	Ácidos minerales	Ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido nítrico

2.2. USOS

Los disolventes sirven para producir y forman parte de una gran variedad de productos. Aunque casi la mitad de los disolventes se encuentra en pinturas y recubrimientos (46%), con cerca de dos millones de toneladas al año en Europa².

■	Pinturas, lacas y barnices	(46%)
■	Productos farmacéuticos	(9%)
■	Colas y pegamentos	(6%)
■	Tintas de impresión	(6%)
■	Productos cosméticos	(6%)
■	Desengrasantes	(4%)
■	Plaguicidas	(2%)
■	Productos de limpieza en seco	(1%)

Debido a sus propiedades, existe una gran variedad de usos de los disolventes, abarcando la práctica totalidad de sectores industriales.

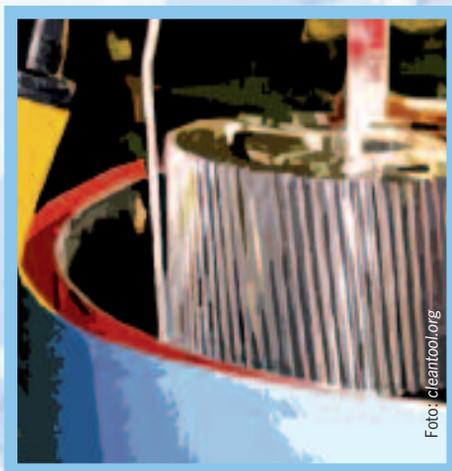


Foto: cleantool.org

² Instituto Francés de Seguridad e Higiene (INRS).

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

Algunas de las aplicaciones más comunes son:

- **Industria alimentaria.** Extracción de aceites y grasas: ciclohexano y sulfuro de carbono.
- **Industria siderúrgica.** Limpieza y desengrasado de piezas: tricloroetileno y cloruro de metileno. Refrigeración en procesos de corte: hidrocarburos alifáticos.
- **Industria del calzado.** Como disolventes de colas y pegamentos: mezcla de hexanos.
- **Industria de plásticos y caucho.** Como disolvente de materias primas y de transformación: dimetilformamida, cloroformo, acetona.
- **Industria de la madera.** Como disolventes de lacas y barnices: trementina, tolueno.
- **Industria cosmética.** Como dispersante: alcohol etílico, alcohol isopropílico, cloroformo.
- **Industria farmacéutica.** En síntesis de fórmulas.
- **Industria de pintura.** Como diluyente: tolueno, acetatos, cetonas, etc.
- **Limpieza en seco.** Como disolvente de sustancia orgánica: tetracloroetileno.

2.3. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

La mayoría de los disolventes son peligrosos; sin embargo, algunas familias de disolventes orgánicos tienen una serie de características que las hacen muy peligrosas para la salud y el medio ambiente:

- **Volatilidad.**
Se evaporan a temperatura ambiente y se desplazan largas distancias a través del aire y el agua.
- **Liposolubles.**
Se disuelven en las grasas.
- **Tóxicos.**
Son muy dañinos para los seres vivos.
- **Inflamables.** Prenden fuego fácilmente.
- **Explosivos.**
Pueden explotar bajo ciertas condiciones ambientales o al entrar en contacto con otras sustancias.
- **Bioacumulativos.**
Los disolventes organoclorados se acumulan en tejidos de los seres vivos; además, muchos son **persistentes**: permanecen durante décadas en el agua, aire, suelo y seres vivos. El hexaclorobenceno, por ejemplo, persiste durante más de 100 años en el agua.
- Algunos disolventes se descomponen en gases **venenosos**, por lo general a altas temperaturas o en contacto con el fuego.

Podemos comprobar en las Fichas de Datos de Seguridad (FDS) las características de los disolventes que manejamos.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■

Las sustancias disolventes pueden ser absorbidas en el organismo por tres vías:

- a) **Vía respiratoria:** inhalados por los pulmones. Al ser, en general, sustancias muy volátiles esta es la vía de entrada más importante.
- b) **Vía dérmica:** absorbidos a través de la piel. Al ser liposolubles atraviesan la capa protectora de la piel y penetran en el organismo.
- c) **Vía digestiva:** mediante el consumo de alimentos contaminados.

Por todas estas vías, los disolventes pasan a la sangre y se distribuyen por los órganos y tejidos. Los efectos dañinos se pueden producir en las vías de entrada, en la sangre (vía de transporte en el organismo) y en los órganos y tejidos donde se depositan.

Los EFECTOS SOBRE LA SALUD pueden ser inmediatos (efectos agudos, debidos a una sola exposición), producirse a largo plazo (efectos crónicos, debidos a varias exposiciones) o ambos.



1. **Efectos agudos**, efectos causados **a corto plazo**, desde unos segundos a unas horas después de una sola exposición a una cantidad de disolventes:
 - Actuación sobre el sistema nervioso central (SNC) con efecto narcótico (sensación de somnolencia), hasta inconsciencia, parálisis, convulsiones e incluso muerte por parada cardiorrespiratoria.
 - Irritación de ojos, nariz y garganta.
 - En contacto con la piel pueden provocar eczema e irritación, ya que los disolventes disuelven las propias grasas de la piel.
 - Náuseas, vómitos, mareos.
 - Dolores de cabeza.
2. **Efectos crónicos**, efectos causados **a largo plazo** por exposiciones frecuentes y largo periodo de tiempo:
 - Lesiones en sistema nervioso central (SNC).
 - Lesiones en riñón: insuficiencia renal en casos graves.
 - Lesiones en hígado: síntomas digestivos como pérdida de apetito, náuseas, mal sabor de boca, incluso algún disolvente puede producir cáncer de hígado.
 - Lesiones en corazón: alteración del ritmo cardiaco.
 - Lesiones en pulmones: dificultad respiratoria.
 - Lesiones en médula ósea: anemias y leucemias.
 - Lesiones en piel: casi todos los disolventes pueden ser absorbidos por la piel normal, produciendo enrojecimiento, urticaria y sequedad.
 - Cáncer: algunos son cancerígenos y otros pueden facilitar la aparición de tumores^{3 y 4} (ver **Tabla 2**).

³ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Folleto sobre disolventes.

⁴ Base de datos de sustancias cancerígenas (on-line) <http://www.istas.ccoo.es>

Tabla 2. Sustancias disolventes cancerígenas

NOMBRE	RD 363/1995	IARC
Benceno	Categoría 1 (R45): cancerígeno	IARC 1 cancerígeno
Formaldehido	Categoría 3 (R40): posibles efectos cancerígenos preocupantes	IARC 1 cancerígeno
Óxido de estireno	Categoría 2 (R45): cancerígeno	IARC 2A probable cancerígeno
Percloroetileno	Categoría 3 (R40): posibles efectos cancerígenos preocupantes	IARC 2A probable cancerígeno
Tricloroetileno	Categoría 2 (R45): cancerígeno	IARC 2A probable cancerígeno
Tetracloruro de carbono	Categoría 3 (R40): posibles efectos cancerígenos preocupantes	IARC 2B posible cancerígeno
Cloroformo	Categoría 3 (R40): posibles efectos cancerígenos preocupantes	IARC 2B posible cancerígeno
1,2-dicloroetano	Categoría 2 (R45): cancerígeno	IARC 2B posible cancerígeno
Estireno		IARC 2B posible cancerígeno
Cloruro de metileno	Categoría 3 (R40): posibles efectos cancerígenos preocupantes	IARC 2B posible cancerígeno

Cuadro 1. *Disruptores endocrinos*

El sistema endocrino es el conjunto de órganos y tejidos del organismo que libera un tipo de sustancias llamadas hormonas. Se trata de un complejo sistema químico interno que regula funciones vitales de nuestro organismo, como la reproducción, el desarrollo embrionario o el sistema inmunológico.

Los **DISRUPTORES ENDOCRINOS** son sustancias químicas capaces de alterar el sistema hormonal y ocasionar diferentes daños sobre la salud de las mujeres y hombres expuestos y en sus hijas e hijos.

Los efectos más preocupantes ocurren en hijas e hijos de madres expuestas durante el embarazo y la lactancia. También afectan a la reproducción y la salud de otras especies animales debido a la contaminación ambiental. Sus efectos se producen a dosis muy bajas, en general muy por debajo de los límites de exposición legalmente establecidos.

El percloroetileno y el estireno son ejemplos de sustancias disolventes disruptoras endocrinas.



RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

Ya hemos visto que casi todos los disolventes son compuestos orgánicos volátiles, por lo que escapan fácilmente a la atmósfera contaminando el aire. Algunos llegan a las capas más altas, dañando la capa de ozono, que es beneficiosa porque nos protege de las radiaciones ultravioletas (rayos UV) del sol.

El uso de disolventes es el mayor contribuyente a las emisiones de COV no metánicos (COV-NM), principales causantes del cambio climático. Se estima que las emisiones de los disolventes representan al menos un 90% de las emisiones de COV-NM.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

También, los disolventes orgánicos pueden combinarse con otros compuestos y generar ozono troposférico o ambiental, que puede causar efectos nocivos tanto para la salud humana como para el medio ambiente, ya que es corrosivo y produce irritaciones en las mucosas.

Además, el uso de disolventes contribuye a las emisiones de algunos metales pesados (cadmio, cobre, plomo, cinc, etc.) que se encuentran principalmente en pigmentos de pinturas, este peligro se agrava cuando la aplicación de estas pinturas se realiza mediante spray.

2.4. EXPOSICIÓN LABORAL

La exposición a las sustancias disolventes en el puesto de trabajo suele producirse durante su uso y aplicación, así como durante el almacenamiento y gestión de sus residuos.

Las exposiciones más importantes a disolventes se producen durante:

- el rociado y pintado a pistola,
- el uso frecuente de trapos con disolvente para limpiar superficies,
- la limpieza en recipientes abiertos y
- en los derrames accidentales.

Todos los disolventes son peligrosos, aunque unos lo sean más que otros, y algunos de ellos son muy peligrosos (cancerígenos, mutágenos, tóxicos para la reproducción, persistentes y acumulativos en el medio ambiente). El riesgo para la salud dependerá fundamentalmente del nivel y frecuencia de la exposición y de la vía de entrada en el organismo.

No es fácil conocer sus efectos sobre la salud y el medio ambiente, puesto que habitualmente se utilizan en forma de mezclas de disolventes. Un solo disolvente orgánico como el aguarrás mineral puede contener hasta 20 sustancias diferentes.

Además, las personas reaccionan de forma diferente a la exposición a disolventes. También se pueden producir fenómenos de adicción como en el caso del tricloroetileno. Sin embargo, por regla general, a mayor y más larga exposición corresponde un mayor riesgo.

Los límites de exposición existentes como VLA (valores límite de exposición ambiental) no son de mucha utilidad en el caso de exposición a mezclas. En este caso, se incrementan los riesgos y es prácticamente imposible alcanzar un nivel seguro. En cualquier caso, las medidas preventivas que se adopten deben eliminar la exposición o conseguir los niveles más bajos posibles de exposición.

2.5. MEDIDAS PREVENTIVAS

Eliminar o sustituir

Siempre que sea posible, hay que evitar el uso de sustancias peligrosas mediante cambios en el proceso productivo que eviten la presencia de la sustancia peligrosa o mediante la sustitución de la sustancia peligrosa por otra que no lo sea, o lo sea en menor medida.

En los próximos capítulos veremos cómo conseguirlo.

Reducir o controlar los riesgos

Sólo se contemplarán estas medidas cuando, por el tipo de actividad que se realiza, no sea posible eliminar o sustituir los disolventes peligrosos o mientras se adoptan las medidas necesarias para eliminarlos.

Aislamiento

Separar a los trabajadores y trabajadoras de cualquier contacto con sustancias peligrosas mediante medidas técnicas u organizativas. El proceso o tarea con uso de disolventes se puede separar de las otras zonas de trabajo, localizándolo aparte o mediante cerramiento (sistemas completamente cerrados).

Ventilación y aspiración localizada

Renovar la atmósfera de trabajo con aire fresco no contaminado y la aspiración localizada (extraer humos, gases o vapores tóxicos en la propia fuente de emisión) son dos técnicas que combinadas pueden dar buenos resultados para reducir la cantidad de contaminantes en el ambiente de trabajo, pero son costosas y necesitan un buen diseño y mantenimiento para ser eficaces.

Otras medidas

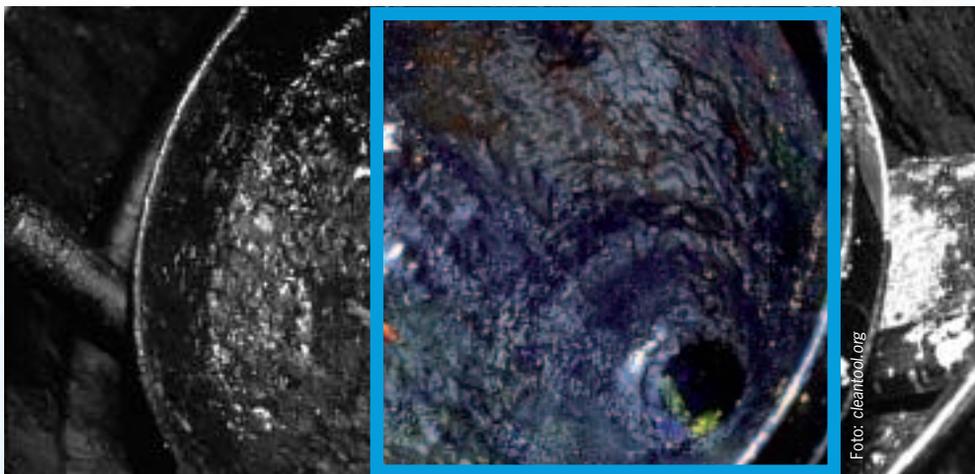
Otros métodos que pueden contribuir a reducir la exposición son las buenas prácticas de trabajo que eviten exposiciones accidentales o innecesarias o reducir el tiempo de trabajo mediante rotaciones de los trabajadores entre diferentes tareas.

Proteger al trabajador

Cuando no sean posibles las opciones anteriores, y sólo temporalmente, se proporcionarán al trabajador equipos de protección individuales (EPI).

Proteger el medio ambiente

Se debe evitar la liberación al medio ambiente de las sustancias disolventes, eliminándolas con las técnicas mencionadas antes. En cualquier caso se debe evitar su vertido al suelo o al agua a través de desagües o sumideros; se deben almacenar en contenedores estancos; utilizar sistemas de filtrado para evitar emisiones a la atmósfera desde equipos de ventilación o extracción, y almacenar sus residuos de forma segura en recipientes estancos a entregar a un gestor autorizado.



3. La sustitución como principio de intervención

3.1. DEFINICIONES

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales⁵ (**art 15. Principios de la acción preventiva**) incluye la sustitución como uno de los principios de la prevención que deben seguir los empresarios a la hora de aplicar medidas preventivas.

⁵ Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en el artículo anterior con arreglo a los siguientes PRINCIPIOS GENERALES:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona...
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.

Por otra parte, el Real Decreto 374/2001, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos de los agentes químicos⁶ (**art. 5.2. Medidas específicas de prevención y protección**), se refiere a la sustitución en los siguientes términos:

«El empresario garantizará la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la salud y seguridad de los trabajadores durante el trabajo. Para ello, el empresario deberá, preferentemente, evitar el uso de dicho agente sustituyéndolo por otro o por un proceso químico que, con arreglo a sus condiciones de uso, no sea peligroso o lo sea en menor grado.»

El Centro Lowell para la Sostenibilidad⁷ y Kooperationstelle Hamburg⁸, dos organizaciones de referencia en la prevención del riesgo químico, nos aportan unas definiciones operativas de la prevención del riesgo químico y de la sustitución de sustancias químicas peligrosas:

⁶ Artículo 5.2. del Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Modificado por Real Decreto 1124/2000 y Real Decreto 349/2003.

⁷ Lowell Center for Sustainable production.
<http://sustainableproduction.org/>

⁸ Kooperationstelle Hamburg.
<http://www.kooperationsstelle-hh.de>

- **Prevención:** cualquier modificación de una sustancia, material o producto que reduce, evita o elimina el uso de sustancias peligrosas o la generación de subproductos peligrosos a lo largo de su ciclo de vida, de forma que reduce los riesgos para la salud de los trabajadores, consumidores o el medio ambiente, sin trasladar los riesgos entre trabajadores, consumidores o compartimentos medioambientales⁹.
- **Sustitución:** reemplazo o reducción de sustancias peligrosas en productos o procesos por sustancias que no lo sean o lo sean en menor medida, o consiguiendo una funcionalidad equivalente a través de medidas tecnológicas u organizacionales¹⁰.

Según esta definición, habría tres tipos de sustitución:

- Tipo 1** Sustituir una sustancia peligrosa por otra de menor peligrosidad, manteniendo la misma funcionalidad del producto o tecnología. Ej. Sustituir xileno por terpenos en la limpieza de grasa de piezas metálicas.
- Tipo 2** Utilizar una sustancia menos peligrosa o una alternativa no química modificando la funcionalidad del producto o tecnología. Ej. Sustituir xileno por un sistema de limpieza por abrasión en la limpieza de metales.
- Tipo 3** Utilizar una sustancia menos peligrosa o una alternativa no química modificando la organización del trabajo o el modo de utilizar el producto. Ej. Modificar la organización del trabajo para evitar que las piezas se manchen de grasa y, por tanto, no sea necesario el proceso de limpieza.

⁹ Rossi, M., Tickner, J. & Geiser, K. *Alternatives Assessment Framework*, Lowell Center for Sustainable production, 2006.

¹⁰ Lohse J., Lissner L. et al (2003): *Substitution of hazardous chemicals in products and processes, Revision 1*. http://ec.europa.eu/environment/chemicals/pdf/substitution_chemicals.pdf

3.2. ¿POR QUÉ SUSTITUIR?

Las técnicas preventivas tradicionales, procesos de producción cerrados, ventilación y extracción localizada y equipos de protección personal pueden controlar el riesgo, pero no eliminarlo. Estas técnicas, por otra parte, pueden proteger al trabajador, pero no el medio ambiente.

La sustitución, que tiene por objetivo la eliminación de la sustancia tóxica del proceso productivo, reduce el nivel de riesgo del tóxico en cuestión a cero, por lo que puede decirse que la sustitución es la estrategia preventiva más poderosa¹¹.

Ahora bien, que sea la técnica preventiva más poderosa no significa que sea en la práctica la técnica de elección, ni la primera que se tiene en cuenta en las empresas. De hecho, en la mayoría de las ocasiones ni se piensa en ella como posibilidad. Es más fácil e inmediato pensar en reducir la exposición al tóxico que eliminarlo del proceso productivo, entre otras razones porque el sistema de extracción o el uso de la mascarilla protectora están disponibles en el mercado de forma inmediata y no alteran ni el proceso productivo ni los hábitos de trabajo.

¹¹ **Goldschmidt-G. An analytical approach for reducing workplace health hazards through substitution. American Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 54, No. 1, pages 36-43.**

Eliminar o sustituir una sustancia peligrosa conlleva una serie de beneficios para los trabajadores y para la empresa de carácter directo e indirecto:

BENEFICIOS DIRECTOS

- Reducción de riesgos de salud laboral.
- Reducción de riesgos para el medio ambiente.
- Mejora de la seguridad.
- Cumplimiento de la normativa.
- Evitar o reducir la necesidad de equipos de protección individual y colectiva.
- Evitar la necesidad de sistemas de tratamiento de emisiones o vertidos.
- Reducción de la generación de residuos peligrosos y los gastos que conlleva.
- Reducción de costes ligados a gestión de riesgos.
- Mejora de la eficiencia del proceso productivo.

BENEFICIOS INDIRECTOS

- Mejora de las relaciones laborales.
- Motivación de los departamentos de ingeniería, medio ambiente y salud laboral.
- Mejora de la imagen de la empresa.

3.3. LO QUE DICE LA LEY

La sustitución de sustancias peligrosas es un objetivo prioritario en la gestión del riesgo químico. Este principio ha sido recogido en la normativa para proteger la salud de los trabajadores, de los consumidores y para proteger el medio ambiente, tal como se muestra a continuación.

Al inicio de este capítulo, ya hemos recogido el deber general de las empresas de sustituir las sustancias peligrosas según establece la

Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, en sus artículos 14.2. y 15.1. Además, en los artículos 25 y 26 establece medidas específicas para proteger la salud reproductiva y la maternidad, que pueden apoyar la intervención para la eliminación de muchas de las sustancias disolventes tóxicas.

El **Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**, establece, en su art. 5.2., entre las obligaciones del empresario, eliminar o reducir al mínimo el riesgo que entrañe un agente químico peligroso. Para ello deberá, *«preferentemente, evitar el uso de dicho agente sustituyéndolo por otro o por un proceso químico que, con arreglo a sus condiciones de uso, no sea peligroso o lo sea en menor grado»*.

El **Real Decreto 665/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**, establece la obligación de sustituir las sustancias cancerígenas, mutágenas o tóxicas para la reproducción (CMR) de nivel 1 y 2, siempre que exista una alternativa viable técnicamente más segura, sin tener en cuenta el coste.

«Art. 4: *En la medida en que sea técnicamente posible, el empresario evitará la utilización en el trabajo de agentes cancerígenos o mutágenos, en particular mediante su sustitución por una sustancia, un preparado o un procedimiento que, en condiciones normales de utilización, no sea peligroso o lo sea en menor grado para la salud o la seguridad de los trabajadores»*.

El **Real Decreto 117/2003, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades**, establece la obligación de las empresas afectadas de sustituir las sustancias cancerígenas, mutagénicas o tóxicas para la reproducción. Afecta a un listado de 15 actividades, desarrolladas en un gran número de sectores e industrias, que son descritas en el anexo I del real decreto. Las autoridades deben informar al público sobre las instalaciones, emisiones y controles objeto de este RD.

«Art. 5.4: Las instalaciones que utilicen sustancias o preparados que tengan asignada una frase de riesgo (que las identifique como cancerígenas, mutagénicas o tóxicas para la reproducción) deberán sustituirlos, en la medida de lo posible, por sustancias y preparados menos nocivos. A estos efectos, cuando se haya demostrado que existen alternativas de sustitución, ésta se llevará a cabo lo antes posible».

El **Reglamento (CE) 1907/2006, sobre registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos (REACH)**, incorpora el principio de sustitución a través del procedimiento de autorización, de forma que para poder comercializar sus productos los fabricantes o importadores de sustancias disolventes muy preocupantes (CMR, DE, TPB, etc.) deberán demostrar que no existen alternativas en el mercado. Los fabricantes de productos que contengan sustancias disolventes peligrosas (ej. pinturas, adhesivos, cosméticos, etc.) deben notificar a la Agencia Europea de sustancias y preparados químicos el uso de estas sustancias preocupantes en sus productos.

«Considerando 72: A fin de apoyar el objetivo de la sustitución final de

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

las sustancias altamente preocupantes por sustancias o tecnologías alternativas adecuadas, todos los solicitantes de autorización deberán facilitar un análisis de las alternativas teniendo en cuenta sus riesgos y la viabilidad económica y técnica de la sustitución, incluida la información sobre toda investigación y desarrollo que el solicitante esté realizando o se proponga realizar».

Cuadro 2. Marco normativo sobre sustitución de sustancias peligrosas

Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales. Artículos 14.2 y 15.1.

Real Decreto 665/1997, protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. Artículo 4.

Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Artículo 5.2.

Ley 10/1998, de Residuos. Artículo 1.1.

Ley 16/2002, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. Artículo 1.

Real Decreto 1383/2002, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil. Artículo 3.

Real Decreto 1054/2002, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas. Artículo 10.

Real Decreto 117/2003, sobre limitación de emisiones de COV debidas al uso de disolventes en determinadas actividades. Artículos 1 y 5.4.

Real Decreto 208/2005, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos. Artículo 3.

Reglamento (CE) 1907/2006, sobre registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos (REACH).



4. El proceso de sustitución paso a paso

4.1. PAPEL DE LOS DELEGADOS Y DELEGADAS EN EL PROCESO DE SUSTITUCIÓN

Como hemos visto en el capítulo anterior, es obligación legal del empresario eliminar el riesgo químico y sustituir las sustancias más preocupantes. Existen numerosos institutos tecnológicos, centros de información sobre tecnologías y productos limpios (ver capítulo 6) y consultoras que pueden ofrecerle asesoramiento a las empresas sobre alternativas y cómo aplicarlas.

Nuestro principal papel como delegados y delegadas de prevención será exigir a la empresa la eliminación de las sustancias más preocupantes, promover la sustitución de los disolventes más tóxi-

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

cos y garantizar la seguridad para la salud y el medio ambiente de las alternativas. Para ello, debemos aprender a identificar los disolventes más peligrosos, tener criterios para priorizar los productos a eliminar mediante el proceso de sustitución, conocer la normativa que respalda la sustitución, conocer las distintas etapas de un proceso de sustitución y cómo podemos participar en cada una y tener criterios para valorar las alternativas.

En algunos casos podemos estar interesados en proponer alternativas, haciendo uso de la experiencia e información existente en el sindicato en este campo.

Para promover iniciativas de sustitución podemos hacer uso de las distintas posibilidades de negociación con la empresa, como el Comité de Seguridad y Salud, los Sistemas de Gestión Medioambiental o el convenio colectivo.

En el Anexo I se muestra un ejemplo de hasta qué nivel de detalle se puede llegar en los acuerdos.

A continuación se detallan las etapas de un proceso de sustitución y el papel que los delegados y delegadas de prevención podéis jugar en cada una de ellas. En cualquier caso, recuerda que los Gabinetes de Salud Laboral y Medio Ambiente de tu territorio pueden ayudarte.

4.2. ETAPAS DEL PROCESO DE SUSTITUCIÓN

- Paso 1:** Identificación del problema.
- Paso 2:** Establecer criterios de sustitución.
- Paso 3:** Búsqueda de alternativas.
- Paso 4:** Evaluación de alternativas.
- Paso 5:** Experiencia piloto.
- Paso 6:** Implantación y seguimiento.

PASO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El primer paso del proceso de sustitución consiste en identificar el problema.

Conocer qué riesgo queremos eliminar y las circunstancias que generan la necesidad de poner en marcha la sustitución, esto es, conocer cómo y por qué se plantea la sustitución.

No es lo mismo que el proceso de sustitución obedezca a una obligación legal (por ejemplo, tras una sanción por el vertido de una sustancia tóxica), a una decisión de la dirección en función de la puesta en marcha de un Sistema de Gestión Medioambiental en la empresa, o que la decisión haya sido tomada en el seno del Comité de Salud y Seguridad. Cada una de estas circunstancias condicionará la percepción de las prioridades y los costes de la sustitución, así como su alcance.

Así pues, durante la etapa de identificación del problema, debemos conocer **qué riesgo se quiere eliminar y por qué**.

También es conveniente responder a las siguientes preguntas en relación con los productos y las tareas que se realizan habitualmente en el puesto de trabajo y por qué se realizan:

- ¿Para qué se utiliza este disolvente?
- ¿Cómo actúa?
- ¿Qué tareas se realizan?
- ¿Por qué se hace de esta manera?
- ¿Qué riesgos presenta?
- ¿Puedo hacerlo de otra forma? ¿Qué pasaría?
- ¿Para qué utilizo este producto? ¿Cómo actúa?
- ¿Puedo utilizar otro producto? ¿Qué pasaría?
- ¿Podría utilizar otras herramientas? ¿Qué pasaría?

Podemos conseguir la información que necesitamos consultando los siguientes documentos:

- **Etiquetas y Fichas de Datos de Seguridad Química (FDS).** Puedes encontrar la información básica para identificar los productos que utilizas y las sustancias disolventes que contienen. Revisa la clasificación y riesgos sobre la salud y el medio ambiente que se encuentra en las etiquetas y FDS de cada producto, en las frases de riesgo (frases R). Si no tienes las FDS, el empresario está obligado a entregártelas.
- **Evaluación de Riesgos.** Contiene una descripción de las tareas que se realizan en la empresa y los riesgos asociados a ellas. Debería incluir una relación de las sustancias presentes en cada puesto de trabajo y sus riesgos. Si no conoces este documento, el empresario tiene la obligación de entregar una copia a los representantes de los trabajadores.
- **Informes periódicos de emisiones, vertidos y gestión de residuos de la empresa.** Todas las empresas están obligadas a elaborar estos informes, que están en poder de las Administraciones responsables (Confederaciones Hidrográficas, Consejerías, Ayuntamientos). Esta documentación es pública, y tienes derecho a recibirla solicitándola por escrito. Su consulta puede resultar muy útil para conocer los impactos sobre el medio ambiente que genera la empresa, así como contrastar la información sobre las sustancias identificadas en los puestos de trabajo y las emitidas al exterior.
- Si la empresa posee un **Sistema de Gestión Ambiental (SGA)**, como la certificación ISO 14001 o EMAS, debemos consultar el apartado sobre «aspectos significativos».

- Los **manuals y folletos de manejo de los equipos y productos** utilizados en el trabajo pueden aportar información útil sobre sus posibilidades y versatilidad. En bastantes ocasiones, los proveedores de estos equipos y productos disponen de alternativas más eficientes o de menor riesgo para las mismas prestaciones.
- **Registro de emisiones y vertidos de la empresa.** La Ley 16/2002, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (LPCIC), obliga a las empresas afectadas a elaborar un registro de emisiones y vertidos de 50 sustancias.
EPER: www.eper-es.com; www.eper.cec.eu.int/eper/default.asp
- **Guías sobre Mejores Técnicas Disponibles**, proporcionan información sobre sustancias utilizadas en diversos sectores industriales y productos y procesos alternativos.
www.eper-es.com
- Es muy importante hablar con los **trabajadores** para conocer su percepción del riesgo del uso de disolventes.
- **Bases de datos:** Fichas Internacionales de Seguridad Química del INSHT
(<http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/introducci.htm>)
RISCTOX del Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), con información toxicológica de más de 100.000 sustancias químicas
(<http://www.istas.net>)

PASO 2: ESTABLECER CRITERIOS DE SUSTITUCIÓN

Debemos establecer criterios para determinar qué sustancias son prioritarias sustituir y, por otro lado, para determinar qué sustancias podrían constituir una alternativa.

Sustancias cuya sustitución es prioritaria

El propio marco normativo¹² señala como sustancias a eliminar prioritariamente las cancerígenas, mutágenas, tóxicas para la reproducción (CMR), tóxicas, persistentes y bioacumulativas (TPB), muy persistentes y muy bioacumulativas (MPMB) y disruptores endocrinos, por ocasionar daños muy graves e irreversibles en la salud y en el medio ambiente. A estas sustancias consideramos que habría que añadir las sustancias sensibilizantes y neurotóxicas, por los graves efectos que tienen sobre la salud de los trabajadores.



12 El Real Decreto 117/2003, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades, incluye las sustancias CMR y el Reglamento 1906/2007 REACH incluye entre las sustancias de elevado nivel de preocupación las CMR, TPB, MTMP y disruptores endocrinos.

Tabla 3. Sustancias cuya eliminación es prioritaria

FAMILIA	FRASES R ASOCIADAS	DÓNDE ENCONTRAR LISTADOS
CANCERÍGENAS	R40, R45, R49	LEP ^I ; RISCTOX ^{II}
MUTAGÉNICAS	R46, R48	LEP; RISCTOX
TÓXICAS PARA LA REPRODUCCIÓN	R33, R60, R61, R62, R63	RISCTOX
DISRUPTORES ENDOCRINOS	No tienen Frases R asociadas como disruptores endocrinos, aunque algunas están incluidas en el listado de sustancias tóxicas para la reproducción, cancerígenas o que causan daños neurológicos	LEP (nota «æ»); RISCTOX
SENSIBILIZANTES ^{III}	R42, R43, R42/43	LEP: Nota «Sc», posibilidad de sensibilización por contacto con la piel y/o Nota «Si», posibilidad de sensibilización por inhalación. RISCTOX
NEUROTÓXICOS	R67 y otras que no tienen Frases R asociadas	RISCTOX
TÓXICAS, PERSISTENTES Y BIOACUMULATIVAS	R53 y 58 y otras que no tienen Frases R asociadas	RISCTOX

^I Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España:
<http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm>

^{II} Base de datos de sustancias peligrosas de ISTAS:
<http://www.istas.net/ecoinformas/web/index.asp?idpagina=575>

^{III} Hay muchas sustancias irritantes (R36, R37 y R38 o sus combinaciones) que pueden acabar generando una sensibilización.

Sustancias alternativas

En general, todas las sustancias químicas presentan un peligro intrínseco (por pequeño que éste sea), por lo que siempre existirá un riesgo de daños al medio ambiente o a la salud. Sin embargo, es obvio que no representa el mismo riesgo trabajar con una sustancia cancerígena que trabajar con una irritante.

«La búsqueda de una alternativa no puede plantearse como una ausencia total de peligro, sino como el cumplimiento de un objetivo centrado en la eliminación de un riesgo previamente establecido, siempre que la alternativa planteada no traslade un riesgo equivalente o mayor a otro medio o parte del proceso de trabajo»¹³.

La tabla siguiente recoge unos criterios sobre las propiedades de las sustancias que proponemos para elegir alternativas.



¹³ Crespo, M. y Ferrer, A. *Guía para la sustitución de sustancias peligrosas en la empresa*, ISTAS, 2006.

Tabla 4. Criterios para la elección de productos alternativos

DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

El primer criterio para decidirnos por uno u otro producto o sustancia debería ser la información que sobre él tengamos: composición, peligro intrínseco, uso y aplicaciones, ficha de seguridad.

EVITAR LAS SUSTANCIAS HALOGENADAS

Todos los compuestos que incorporan bromo, flúor o cloro presentan una alta persistencia en el medio ambiente y un alto grado de toxicidad en organismos vivos. La mayor parte de las sustancias cloradas se asocian a daños neurotóxicos, considerándose muchas de ellas posibles cancerígenos y presentan una elevada persistencia en el medio ambiente.

PREFERIR OPCIONES MECÁNICAS O FÍSICAS AL USO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

Muchas de las tareas asociadas a procesos de limpieza, pintura, decapado, desengrase, corte, soldadura, etc., tienen buenas alternativas mecánicas (raspado, abrasión, arrastre...) y físicas (soplado, fluido a presión, calor...), que suelen presentar unos niveles de riesgo mucho menores que los asociados al uso de las sustancias químicas.

EVITAR LAS SUSTANCIAS Y PRODUCTOS MÁS PELIGROSOS

Debemos evitar siempre aquellas sustancias que puedan ocasionar un daño (sobre la salud o el medio ambiente) mayor.

PREFERIR PRODUCTOS SENCILLOS Y COMPATIBLES

La acción de cualquier sustancia o producto químico se fundamenta en un «principio activo» con la capacidad de generar el efecto deseado: limpiar, decapar, desinfectar, proteger, etc. En general, este «principio activo» se asocia a una sustancia o, en menor medida, a la combinación de varias, por lo que seguramente siempre podremos obtener resultados semejantes con el uso de una sola sustancia o productos sencillos.

La elección de la alternativa más adecuada para cada tarea o proceso dependerá de muchos factores, como las condiciones de uso, cómo se realiza la gestión ambiental y de la prevención en la empresa, la opinión de los trabajadores, las posibilidades de suministro, etc. En cada caso debemos definir estos criterios de forma consensuada entre las partes que propicien la iniciativa de sustitución para establecer el marco de trabajo.

PASO 3: BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS

Una vez que hemos identificado las sustancias disolventes peligrosos y hemos priorizado su sustitución, debemos comenzar la **búsqueda de posibles alternativas**. Para ello, podemos consultar:

- Bases de datos: ISTAS, CLEANTOOL (ver **apartado 5** de fuentes de información)
- Proveedores
- Trabajadores
- Otros departamentos empresa (medio ambiente, calidad, compras...)
- Institutos tecnológicos
- Universidades
- Mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales
- Organizaciones ecologistas
- Patronales
- Gabinetes sindicales de salud laboral y de medio ambiente

El Anexo II incluye una relación de alternativas para los principales usos de las sustancias disolventes.

PASO 4: EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Esta etapa consiste en poner sobre la mesa las alternativas encontradas y comparar y evaluar su utilidad, aplicabilidad y seguridad. Los aspectos a evaluar serían:

1. **Impactos sobre la salud y el medio ambiente:** Podemos organizar la información disponible sobre una matriz como la del ejemplo, lo que permitirá comparar los riesgos que presenta cada sustancia, tanto la propuesta como las alternativas reflejadas en la siguiente tabla.

Tabla 5. Ejemplo de matriz de comparación de 3 productos para limpiar rodillos y mantillas de equipos de impresión

	PRODUCTO 1 BENCENO	PRODUCTO 2 PENTANOL	PRODUCTO 3 ÉSTERES DE ACEITE DE COCO
VÍAS DE EXPOSICIÓN			
Inhalación	SI	SI	NO
Contacto	SI	SI	SI
Ingestión	SI	SI	SI
EFFECTOS AGUDOS			
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Dolor, enrojecimiento, posible lesión corneal.	Puede causar ligeras molestias en contacto con los ojos. No afecta al tejido ocular.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento. Dolor.	Enrojecimiento.	Muy bajo grado de toxicidad. Para causar ligera irritación el producto debe estar en contacto durante un tiempo muy prolongado.
Vías respiratorias	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Tos, dolor de cabeza, náusea, vértigo.	El producto no presenta ningún riesgo.
Ingestión	Dolor abdominal. Dolor de garganta. Vómitos.	Tos, dolor de cabeza, náusea, vómitos, vértigo.	En principio no se prevén efectos negativos. Toxicidad mínima.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

	PRODUCTO 1 BENCENO	PRODUCTO 2 PENTANOL	PRODUCTO 3 ÉSTERES DE ACEITE DE COCO
EFFECTOS CRÓNICOS			
Cáncer	SI (IARC: 1, RD 363/1995: 1)	NO	NO
Reproducción	NO	NO	NO
Sistema nervioso	SI (Afecta al Sistema Nervioso Central)	SI (Puede afectar al Sistema Nervioso Central)	NO
Disruptor endocrino	SI	NO	NO
Sensibilizante	NO	NO	NO
Otros	NO	El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.	NO
MEDIO AMBIENTE			
Persistencia	NO	NO	NO
Bioacumulación	NO	NO	NO
Toxicidad	SI (Muy Tóxico)	SI (Nocivo)	Mínima: DL50 especies rata > 2000 mg/Kg
Contaminante agua	SI: Según Directiva de aguas. La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.	NO	Se considera contaminante débil del agua.
Contaminante suelo	SI	NO	NO
Contaminante aire	SI: Según Directiva 96/62/CE	NO	NO
Daña capa ozono	NO	NO	NO
COV	SI	NO	NO
Otros	NO	NO	NO

Podemos realizar una valoración preliminar del riesgo utilizando el Modelo de columnas (ver **Tabla 6** y Anexo III) que permite comparar sustancias y productos a partir de la información de las Fichas de Datos de Seguridad.

A partir de este modelo ISTAS ha desarrollado la herramienta on-line «**Evalúa y compara lo que usas**», <http://www.istas.net>, que permite realizar una valoración preliminar de los peligros de las sustancias y comparar sustancias y productos de forma automatizada.

En el caso de que se comparen alternativas químicas, técnicas y organizacionales, puede ser útil la siguiente matriz en **Tabla 6**:



Foto: cleantool.org

Tabla 6. Matriz de comparación de productos y procesos alternativos para limpiar rodillos y mantillas de equipos de impresión

RIESGOS PARA LA SALUD		PRODUCTO 1 PENTANOL	PRODUCTO 2 ESTERES DE ACEITE DE COCO	PROCESO 1 CEPILLADO MANUAL	PROCESO 2 LIMPIEZA CON AGUA CALIENTE
		Irritante, neurotóxico. La exposición a muy altas concentraciones puede producir pérdida de conocimiento.	Muy bajo grado de toxicidad. Para causar ligera irritación.	Lesiones músculo-esqueléticas.	Quemaduras.
¿SE PUEDEN MINIMIZAR/ CONTROLAR LOS RIESGOS PARA LA SALUD?		PRODUCTO 1 Sí	PRODUCTO 2 Sí	PROCESO 1 Sí	PROCESO 2 Sí
¿QUÉ MEDIDAS SERÍAN NECESARIAS?		PRODUCTO 1 Ventilación, extracción localizada o EPI's. No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	PRODUCTO 2 Guantes y gafas protectoras. No fumar, ni comer o beber durante el trabajo.	PROCESO 1 Cepillado mecanizado.	PROCESO 2 EPI's

RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

PRODUCTO 1	PRODUCTO 2	PROCESO 1	PROCESO 2
PENTANOL	ESTERES DE ACEITE DE COCO	CEPILLADO MANUAL	LIMPIEZA CON AGUA CALIENTE
Contaminante del agua.	Contaminante débil del agua.	No	No

¿SE PUEDEN MINIMIZAR/
CONTROLAR LOS RIESGOS
PARA EL MEDIO AMBIENTE?

PRODUCTO 1	PRODUCTO 2	PROCESO 1	PROCESO 2
Sí	Sí	PROCESO 1	PROCESO 2

¿QUÉ MEDIDAS SERÍAN
NECESARIAS?

PRODUCTO 1	PRODUCTO 2	PROCESO 1	PROCESO 2
Recoger el líquido en recipientes herméticos; Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladar a lugar seguro; NO verter en el alcantarillado.	Evitar que penetre en el alcantarillado, aguas superficiales o subterráneas. En caso de penetración en cursos de agua, el suelo o los desagües.	PROCESO 1	PROCESO 2

RESIDUOS

PRODUCTO 1	PRODUCTO 2	PROCESO 1	PROCESO 2
Residuo Peligroso.	Residuos de limpieza (restos de tintas).	Residuos de limpieza (restos de tintas).	Residuos de limpieza (restos de tintas).

¿PUEDEN GESTIONARSE
SUS RESIDUOS?

PRODUCTO 1	PRODUCTO 2	PROCESO 1	PROCESO 2
Gestor autorizado	Gestión adecuada de los residuos de limpieza.	Gestión adecuada de los residuos de limpieza.	Gestión adecuada de los residuos de limpieza.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

2. **Viabilidad técnica:** consiste en evaluar la funcionalidad de las alternativas, para garantizar que igualan o superan los productos a sustituir. Incluirían análisis del departamento de I+D, análisis técnicos detallados por parte de los usuarios y análisis de mercado.
3. **Viabilidad económica:** debe incluir una valoración de costes y un análisis coste/beneficio. En muchas ocasiones puede rechazarse una alternativa por tener un precio de compra superior, sin embargo, es necesario analizar todos los costes y beneficios ligados al uso del producto, como muestra el **Cuadro 4**.
4. **Impacto social:** consiste en valorar el impacto que una alternativa puede tener sobre otros trabajadores, los derechos humanos, la sociedad, etc. Hasta ahora el sistema más utilizado ha sido valorar la responsabilidad social corporativa a través del índice Global Reporting Initiative (GRI)¹⁴.

Cuadro 4. Factores económicos a considerar al comparar alternativas¹⁵

Precio unitario

Horas de trabajo relacionadas con el uso de la sustancia/preparado

Costes de inversión en equipos técnicos

Consumo de energía

Coste suministro de agua y coste de tratamiento de aguas residuales

Costes medio ambientales (aire, suelo y agua)

Costes de protección de la salud y de seguridad

Costes de gestión de residuos

Costes de protección frente a accidentes e incendios, costes de seguros, etc.

¹⁴ <http://www.globalreporting.org>

¹⁵ Lothar Lissner, *Substitution of hazardous chemicals - in general and under REACH. Ponencia del curso de verano de El Escorial Una nueva etapa frente al riesgo químico. Julio de 2007.*

PASO 5: EXPERIENCIA PILOTO ¿SIRVE LA ALTERNATIVA?

La introducción de un cambio en un proceso de trabajo, por pequeño que resulte, puede generar disfunciones, por lo que será necesario realizar una primera experiencia para conocer **cómo funciona la alternativa** elegida.

En esta etapa será fundamental la adecuada presentación de la iniciativa de sustitución a las personas directamente afectadas, ya que son las actitudes y percepciones personales las que pueden generar las mayores resistencias a los cambios, o las que pueden impulsarlos.

PASO 6: IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO

La introducción de una sustancia, producto o proceso alternativo implica modificaciones en las condiciones de trabajo y la posible introducción de riesgos diferentes. Por ello, será importante revisar la evaluación de riesgos y las medidas preventivas necesarias de acuerdo a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).

Además, es importante actualizar los procedimientos de **vigilancia de la salud y del medio ambiente**, así como la **formación e información a los trabajadores**.



5. Fuentes de información

5.1. BASES DE DATOS

ISTAS-Base de datos de Alternativas

Esta base de datos elaborada por ISTAS, ofrece documentos sobre sustancias, productos, procesos y tecnologías alternativas que pueden ayudar a prevenir el riesgo químico en la empresa. La búsqueda se puede realizar por sustancias, productos, procesos o sectores. Se puede consultar la lista completa de documentos sobre alternativas y experiencias de sustitución y una selección de enlaces de interés. Se han incluido documentos en español, catalán, eusquera y gallego.

También se puede acceder a las alternativas desde la base de datos de sustancias RISCTOX.

<http://www.istas.net>

CLEANTOOL (Limpieza de metales)

CLEANTOOL ofrece una base de datos de alternativas y de buenas prácticas en los procesos de limpieza de superficies metálicas. Facilita información para ayudar a las empresas elegir el proceso de limpieza óptimo según las necesidades de su actividad.

http://www.cleantool.org/lang/sp/start_sp.htm

Proyecto FITTEMA

Página web que ofrece, entre otros, información sobre disolventes, como datos socioeconómicos, actividades y procesos productivos donde se emplean disolventes, efectos sobre el medio ambiente y la salud, legislación aplicable, buenas prácticas, alternativas y mejoras con las alternativas.

<http://www.istas.net/fitema/att/subatt.htm>

EPA-Sustitución de disolventes (inglés)

Página web que ofrece herramientas para la sustitución integrada de disolventes, guías de alternativas, sistemas de sustitución de disolventes peligrosos, servicio de prevención de la contaminación, información de sustancias destructoras de la capa de ozono, base de datos de disolventes, base de datos de materiales compatibles y documentos relacionados.

<http://es.epa.gov/ssds/ssds.html>

Waste Reduction Resource Center (WRRC).

Alternativas a disolventes (inglés).

<http://www.p2pays.org/ref/01/00023.htm>

CAGE Data Base (inglés)

Alternativas para la sustitución de pinturas y revestimientos industriales.

<http://cage.rti.org>

6.2. SISTEMAS DE SUSTITUCIÓN DE DISOLVENTES (SAGE, ETC)

SAGE Data Base

Alternativas para la sustitución de disolventes industriales.

<http://sage.rti.org/>

SUBSPRINT

Sustitución de Disolventes orgánicos en la industria de impresión. Ofrece una guía para la limpieza de impresoras offset con aceite vegetal:

<http://www1.uni-hamburg.de/kooperationsstelle-hh/content/arbeitsgebiete/ersatzstoffe/praxis/subsprint/uk/welcome.html>

Cleaner Solutions-TURI (*inglés*)

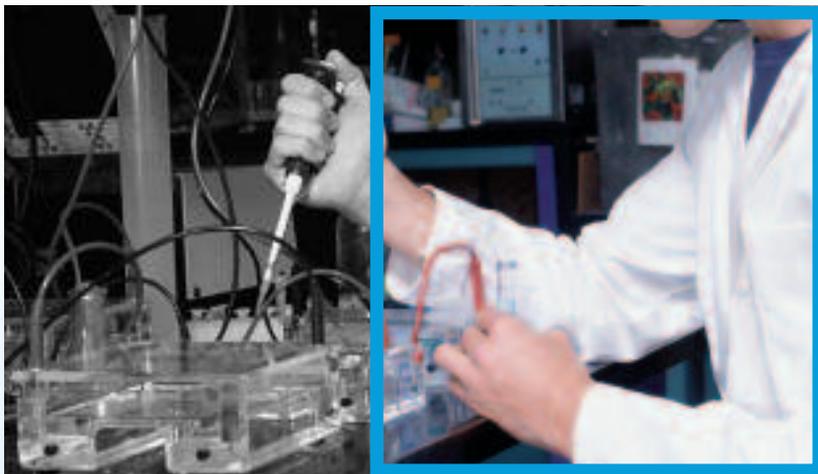
Página del Instituto de Reducción del uso de tóxicos de Massachussets (TURI), que promociona la sustitución de disolventes para la limpieza.

<http://www.cleanersolutions.org/>

EPA-Paris II

Software de ayuda para el diseño automatizado de disolventes, para la prevención de la contaminación.

<http://www.epa.gov/nrmrl/std/mtb/paris.htm>



6. Referencias

AIDIMA. *Buenas prácticas de medio ambiente para el sector de madera y mueble*. Valencia, 2005.

Base de datos de Alternativas de ISTAS.
<http://www.istas.net>

Comisión Europea. *BREF: Surface treatment using organic solvents*. Enero 2007

Comunidad Europea. Proyecto SUBSPRINT.
<http://www1.uni-hamburg.de/kooperationsstellehh/content/arbeitsgebiete/ersatzstoffe/praxis/subsprint/uk/welcome.html>

Consejo Europeo de la Industria de Fabricantes de Pinturas, Tinta de Imprimir y Colores para Artistas. *Guía para impresores sobre el empleo seguro de tintas de imprimir y barnices de curado por energía*. ASEFAPI, 2001.

Crespo, M. y Ferrer, A. *Guía para la sustitución de sustancias peligrosas en la empresa. Manual práctico para la intervención*. ISTAS, 2005.

Fundación Entorno. *Guía tecnológica tratamiento de superficies con disolventes orgánicos: fabricación de cintas adhesivas*. Madrid, 2000.

Joint Research Center Institute for Prospective Technological Studies. *Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents*. European Commission. Sevilla, 2007.

Gobierno de Navarra. Departamento de Medio Ambiente, ordenación del Territorio y Vivienda. *Manuales de buenas prácticas ambientales: carpintería*. Pamplona, 2001.

IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. *Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones: sector artes gráficas*. Bilbao, 2000

ISTAS. *Disruptores Endocrinos. Un nuevo riesgo tóxico*. ISTAS, 2002.

Ministerio Medio Ambiente. *Manual de buenas prácticas ambientales en la familia profesional: INDUSTRIAS GRÁFICAS*.

Rossi, M., Tickner, J. & Geiser, K. *Alternatives Assessment Framework*. Lowell Center for Sustainable Production. Massachusetts, 2006.

CCOO-ISTAS-CSIC-UPM «Proyecto FITTEMA: Fomento de la innovación, transferencia de tecnología y empleo medioambiental». Madrid, 2001.

<http://www.istas.net/fittema/>

Anexos





Anexo I.

MODELOS DE ACUERDOS CON EMPRESAS

MODELO DE ACUERDO CON LA INDUSTRIA EN EL REINO UNIDO

Algunos principios del acuerdo recogidos en *UK printing solvent substitution scheme (Version 6 rev.10/00. Health and Safety Executive)*.

- Todas las nuevas máquinas (suministradas a partir del 11 octubre 2000) serán capaces de ser usadas a lo largo de su vida útil y en el rango de sus capacidades de producción con disolventes de limpieza con un punto de inflamación de 55° C o más.
- Los disolventes de limpieza con un punto de inflamación de 21°C o menos no se suministrarán o usarán para limpieza rutinaria de rodillos o planchas.
- Los productores, suministradores, impresores, los trabajadores y las autoridades trabajarán conjuntamente para promover el uso de alternativas para los disolventes peligrosos, que incluyen disolventes de elevado punto de ebullición (más de 100° C) y limpiadores de base vegetal.
- Los disolventes para separador de tinta y mantas conteniendo hidrocarburos halogenados o terpenos (con frases R38, R39,) n-hexano, aminas secundarias o amidas no se pueden suministrar o usar.
- El contenido de benceno de un disolvente ha de ser menor del 1%.
- El contenido de tolueno y xileno ha de ser inferior al 10%
- El contenido de hidrocarburos aromáticos ha de ser inferior al 10%
-/.....
- Los suministradores indicarán la conformidad con estos principios en la sección 16 de las Fichas de Seguridad.
- La prensa, los componentes de prensa y suministradores de consumibles y usuarios trabajarán conjuntamente para proporcionar apoyo técnico y formación en métodos de limpieza para producir el cambio a disolventes de elevado punto de ebullición y el cambio de rodillos y planchas de impresión.



Anexo II.

SUSTANCIAS Y PROCESOS ALTERNATIVOS PARA LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE UTILIZAN DISOLVENTES

- A. Impresión
- B. Limpieza
- C. Limpieza en seco
- D. Fabricación de productos farmacéuticos
- E. Fabricación de calzado
- F. Fabricación de preparados de recubrimientos, barnices, tintas y adhesivos
- G. Industria del automóvil
- H. Impregnación fibras de madera
- I. Recubrimientos con adhesivos
- J. Laminación madera y plástico
- K. Recubrimientos

A. IMPRESIÓN

Actividad de reproducción de texto o imágenes en la que, mediante el uso de un portador de imagen, se transfiere tinta a cualquier tipo de superficie.

Sustancias alternativas

■ Tintas alternativas:

- Tintas vegetales¹⁶.
- Tintas al agua¹⁷.
- Tintas UV¹⁸.
- Tintas EB (curadas por haz de electrones)¹⁹.

■ Uso de **productos de limpieza** basados en:

- Aceites vegetales (ésteres vegetales; aceite de soja, colza, etc.)
- Emulsiones de base acuosa (por ejemplo disoluciones de carbonato de sodio).
- Agentes de limpieza con punto de inflamación elevado (>100°C): HBS (High Boiling Solvents), para evitar la evaporación.
- Añadir un 2% de ácido tartárico (E334) o un 2% de ácido cítrico al agua utilizada en la limpieza para prevenir la formación de depósitos.
- Las manchas de aceite en la máquina, el suelo o las mesas se eliminan con agua tibia.



¹⁶ Son tintas basadas en aceites vegetales, como aceite de soja. Su principal ventaja es que están hechas con agentes renovables y son más biodegradables que las tintas basadas en aceites minerales. Además, pueden limpiarse con agua y detergentes.

¹⁷ Tienen un contenido muy bajo en disolventes orgánicos (aunque siguen conteniendo etanol, isopropanol y/o n-propanol). Se están desarrollando resinas basadas en poliéster que no necesitan agentes neutralizantes como amoníaco o aminas. Se pueden limpiar con agua.

¹⁸ Las tintas que se utilizan en este tipo de procesos, poseen reactivos con acrilatos monómeros y polímeros, algunos de los cuales son alergénicos.

¹⁹ Consisten en polímeros de bajo peso molecular, que reaccionan con un haz de electrones del tubo de vacío. No poseen disolventes. Tienen el inconveniente de la exposición de los trabajadores a radiación.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■

- Uso de **adhesivos y barnices: en base agua** o con menos disolventes²⁰.
- **Adhesivos con alto contenido en sólidos**²¹.
- **Sustitución del isopropil alcohol (IPA)**²² de la solución humedificante o de mojado, utilizando los siguientes aditivos:
 - Propilen alcohol.
 - Glicerol.
 - Dihidro-3-metil-2,5-furandion.
 - Butil diglicol.

Procesos alternativos

- Curado por energía.
- Curado con lámparas UV²³.
- Curado con haces de electrones (EB).
- En el **proceso de limpieza**:
 - Limpieza automática de la maquinaria a alta presión
 - Sistemas de limpieza de utensilios con restos de tinta
 - Aparato de limpieza manual de envases de tinta*
 - Instalación de limpieza automática de rasquetas*
 - Túnel automatizado de lavado de tinteros y otros.*
 - Uso de sistemas de dosificación para disolventes de limpieza.
- Sistema no acuoso (*waterless offset*)²⁴.
- Sistema *dispensing* (de dosificación) de tintas.

²⁰ Normalmente, los adhesivos y barnices de base acuosa, no tienen disolventes y pueden limpiarse con agua. Su problema es que requieren mayor energía de secado.

²¹ Poseen un 20% menos de disolventes que los adhesivos basados en disolventes.

²² Los glicol éteres son compuestos orgánicos volátiles como el IPA, pero las emisiones son inferiores a las de éste último. Sin embargo tienen un potencial de formación de ozono troposférico muy elevado. Los aditivos propuestos tienen valores límite sustancialmente inferiores al IPA, sin embargo deben ser usados únicamente cuando quede claro que la evaporación es inferior que en el caso del IPA.

²³ Las lámparas UV contienen mercurio por lo que requieren una gestión especial de residuos.

²⁴ Waterless offset es una técnica de impresión que no requiere separación agua/base de petróleo...

- Eliminar o reducir al máximo el **uso de IPA en la solución de mojado** mediante:
 - Oxigenación del agua
 - Sistema de remojo de nueva generación
 - Uso de rodillos hidrofílicos de distribución, de cerámica o plancha de cromo.
 - Ajuste exacto de los rodillos entintadores
 - Sistema de humidificación con spray en lugar de aplicar la solución humidificante con el sistema de rodillos.
 - Utilización de sistema de refrigeración para solución de mojado (*offset*), también pueden enfriarse los rodillos humidificadores y/o los plancha de cilindros
 - Sistemas de dosificación automáticos.



B. LIMPIEZA

«Toda actividad de limpieza de superficies, salvo la limpieza en seco, con disolventes orgánicos para eliminar la suciedad de las superficies de materiales, con inclusión del desengrasado.»

Sustancias alternativas

- Soluciones acuosas neutras
- Soluciones acuosas ácidas
- Soluciones acuosas alcalinas
- Ésteres de ácidos grasos
- Terpenos (por ejemplo d-limoneno)
- Polvos de limpieza hidrosolubles
- Agua caliente, a presión y/o jabón
- Detergentes y jabones biodegradables

Procesos alternativos

- Cepillado
- Abrasivos
- Abrasión con bolas de CO₂
- Nieve de CO₂
- Limpieza por inmersión
- Vapor
- Pulverización a alta y baja presión
- Plasma (para el desengrase, por ejemplo)
- Fluidos supercríticos
- UV/Ozono
- Limpieza ultrasónica
- Megasonidos
- Limpieza acuosa automatizada
- Lavado acuoso con potencia
- Flujos bajos en sólidos
- Soldadura en atmósfera inerte, para evitar la posterior limpieza de las manchas de soldadura
- Procesos biológicos de limpieza

Es importante considerar si realmente es necesario realizar el proceso de limpieza o desengrase o al menos, reducir la intensidad de ésta. Por otro lado también es posible evitar o minimizar suciedades durante el proceso productivo, de manera que no sea necesaria la limpieza posterior.

C. LIMPIEZA EN SECO

«Toda actividad industrial para eliminar la suciedad de las prendas de vestir, mobiliario y bienes de consumo similares.»

Procesos alternativos

- Limpieza húmeda en multiproceso²⁵.
- Sistemas acuosos automáticos²⁶.
- Máquinas de circuito cerrado de nueva generación.
- Máquinas de circuito abierto con filtro de carbono activo.

²⁵ *Procesos de limpieza de las prendas que emplean agua en lugar de disolventes tóxicos. Se utiliza una combinación de calor, vapor, aspiración, agua y jabones naturales. Es importante la formación de los trabajadores y trabajadoras que deben inspeccionar y cuidar cada prenda individualmente. La prenda es tratada según el tipo de material y la cantidad y el tipo de mancha. En el proceso se emplean cuatro métodos principalmente, bien solos o combinados:*

- *Secado automático para extraer la humedad y la suciedad aislada de prendas que aparentemente no tienen olores ni manchas.*
- *Una combinación de vapor, limpieza de la mancha y secado automático para prendas con olor o manchas.*
- *Inmersión en agua y jabón, con limpieza a mano para textiles delicados con manchas y olores.*
- *Restregar las telas fuertes con manchas o suciedad*

²⁶ *Consiste en una máquina que utiliza agua y detergentes específicos de carácter no peligroso para la limpieza de prendas.*

Las lavadoras/extractoras de suciedad tienen microprocesadores programables con el fin de controlar específicamente las fórmulas de lavado húmedo, y un motor con control de la frecuencia que permite diferentes velocidades. Todos tienen un tanque estándar de reciclaje del agua o de las sustancias químicas.

Las secadoras tienen incorporado un microprocesador con un control de la humedad residual (RMC). EL RMC tiene sensores múltiples que permiten detectar y parar el proceso cuando las prendas hayan alcanzado el nivel de humedad programado, evitando así que éstas encojan.

D. FABRICACIÓN DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS

«Síntesis química, fermentación, extracción, formulación y terminación de productos farmacéuticos y sus productos intermedios.»

Sustancias alternativas

- Fluidos supercríticos
- Disolventes de base acuosa

E. FABRICACIÓN DE CALZADO

«Cualquier actividad de producción de calzado completo o de partes del mismo.»

Sustancias alternativas

- Sustitución de los adhesivos en base disolvente por:
 - adhesivos en base agua.
 - adhesivos termofusibles (hot-melt)
 - otros adhesivos de menor contenido en disolvente

Procesos alternativos

- Utilizar cinta adhesiva a dos caras para uniones de adornos y refuerzos, etc
- Unión mecánica
- Fusión por calor

F. FABRICACIÓN DE PREPARADOS DE RECUBRIMIENTOS, BARNICES, TINTAS Y ADHESIVOS

«Fabricación de los recubrimientos, barnices, tintas y adhesivos, y de sus productos intermedios, mediante mezcla de pigmentos, resinas y materiales adhesivos con disolventes orgánicos u otros medios.»

Sustancias alternativas

- Disolventes de evaporación lenta.
- Sustitución de los disolventes orgánicos por fluidos supercríticos.
- Pinturas en base acuosa, pinturas de alto contenido en sólidos o pinturas de curación con radiación.



G. INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL

«Toda actividad en la que se aplique una o varias veces una película continua de recubrimiento sobre vehículos.»

Sustancias alternativas

- Pinturas de alto contenido en sólidos-pinturas en polvo²⁷.
- Recubrimiento de mezcla de polvos²⁸.
- Pinturas de base agua²⁹.
- Limpiadores de superficies de bajo contenido en disolventes orgánicos
- Barnices con alto contenido en sólidos y barnices al agua
- Sustitución de disolventes halogenados en la etapa de desengrase y limpieza por otros disolventes o soluciones mixtas de compuestos solubles en agua (alcoholes, aminas) o insolubles (ésteres, éteres) menos perjudiciales.
- Sustitución del cromo hexavalente por cromo trivalente (en el pasivado), menos perjudicial desde el punto de vista medioambiental.

²⁷ *Basadas en resinas acrílicas con algún otro ácido o anhídrido. La pintura en polvo de poliéster semi-poli-merizado, se puede aplicar con pistolas electrostáticas manuales o automáticas.*

²⁸ *Polvos dispersados y estabilizados en agua. Se evita la etapa de secado (incineración de disolvente)*

²⁹ *Las pinturas al agua suelen estar basadas en acrilatos, poliésteres, aminas y resinas epoxi. Tienen una media de 3-18% de disolventes orgánicos. Pueden ser limpiadas con agua con una proporción de disolvente del 5 al 20%. No hay peligros asociados al punto de inflamación.*

Procesos alternativos

- Lavadoras de pistolas cerradas y con recirculación de disolvente.
- Máquinas lijadoras con aspiración
- Técnicas de **secado**:
 - Curado con radiación infrarroja.
 - Sistemas de secado por aire forzado (pinturas al agua)
 - Incineración para la aplicación y secado de barnices.
- En los procesos de **pintado**:
 - Spray convencional a alta y baja presión³⁰.
 - Utilización de pistolas aerográficas de alto volumen y baja presión (HVLP: High Volume Low Pressure)³¹.
 - Sistemas de cataforesis³².
 - Sistemas de pinturas acuosas con curado UV.
 - Recubrimiento con pinturas en polvo (con separación húmeda o con técnicas de emulsión acuosa)
 - Sistemas de spray con atomizado electrostático (pinturas en polvo)³³.
 - Pintado por inmersión³⁴.

³⁰ Se atomiza la pintura con un compresor de aire.

³¹ Se utilizan para atomizar el producto, producen un gran caudal de aire (0,7 Kg/cm²). Con ello se consigue eliminar en gran parte la niebla de pulverización que se producía tradicionalmente al aplicar productos de pintura.

Se usa una menor cantidad de pintura que con los sistemas de spray a presión (entre un 40 y un 80% menos).

³² Introducen una corriente eléctrica a la disolución para potenciar la migración de las macromoléculas contenidas en la pintura.

³³ Son sistemas libres de disolventes. Aprovechan las fuerzas electrostáticas entre átomos originadas por la transferencia de electrones. El curado se realiza en hornos a alta temperatura. Puede reciclarse hasta un 95% de pintura y tiene una eficiencia de hasta un 100%.

Hay 3 tipos:

- Spray de hueco: para superficies planas sin depresiones
- Spray de correa: para pequeñas piezas y estructuras tubulares con muy pocas depresiones
- Spray de disco: para pequeñas piezas y estructuras tubulares con depresiones.

³⁴ Se aplica un recubrimiento por electro-inmersión.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

- Cintas de alta rotación asistidas electrostáticamente³⁵.
 - Spray por aire, sin aire o de aire comprimido, asistido electrostáticamente³⁶.
 - Pintado por lotes/por grupos de color/de bloque a bloque³⁷.
 - Sistema de aclarado por módulo de separación elástico (*pig-clearing*)³⁸.
- Para el **desengrase**:
- Ultrafiltración
 - Destilación
 - Desaceitador
 - Centrifuga
 - Centrifuga + microfiltración
- Electro-Electrodialisis para aumentar la vida de los baños de cromo.
- Electrocogulación/floculación electrolítica, para precipitar los metales del agua de proceso sin necesidad de emplear agentes químicos.



- ³⁵ Se atomiza la pintura mecánicamente.
- ³⁶ Las partículas de pintura están cargadas electrostáticamente. Esta técnica reduce la necesidad de agentes de limpieza, la pérdida de pintura y disolvente y disminuye los trabajos manuales con el cambio de color.
- ³⁷ Se pintan las piezas por series del mismo color.
- ³⁸ La pintura se hace pasar por un tubo flexible a un módulo de separación elástico. Se pueden purgar los disolventes usados.

H. IMPREGNACIÓN FIBRAS DE MADERA

«Toda actividad que suponga impregnar la madera de conservantes.»

Sustancias alternativas

- Uso de agentes preservantes en base acuosa o con bajo contenido en disolvente.
- Recubrimientos naturales (por ejemplo, capa de cera en lugar de barniz).
- Recubrimientos de base acuosa.
- Recubrimiento en polvo con secado convencional³⁹.
- Tratamiento con jabón.
- Pintura de base acuosa⁴⁰.
- Pinturas de 2 componentes basadas en poliuretano⁴¹.
- Pinturas de curado UV
- Ésteres del ácido acrílico y fotoiniciadores (en base acuosa)

Procesos alternativos

- Usar madera vieja u otros métodos de construcción.
- Instalar una línea de aplicación de barniz en continuo y transporte por medio de rodillos.
- Secado:
 - Secado o fijación mediante lámparas de rayos ultravioletas (UV)
 - Secado por convección⁴²
 - Secado con microondas
 - Secadores de alta frecuencia (HF)
 - Curado con radiación infrarroja
 - Curado con radiación infrarroja cercana (0,8-2,5 μm)
 - Curado de haz de electrones (EB)
 - Secado combinado de radiación/convección
- Enrollado y relleno con recubrimiento reverso⁴³.

³⁹ Normalmente no pueden aplicarse a la pintura de madera, ya que se necesitan temperaturas elevadas.

⁴⁰ Contienen un 2% de disolventes orgánicos.

⁴¹ Contienen un 9% de disolventes orgánicos

⁴² El aire caliente circula por el secador u horno. El tiempo de secado es de 3 a 60 minutos.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■■

- Recubrimiento en cortina (bastidor).
- Inmersión⁴⁴.
- Inundación⁴⁵.
- Recubrimiento al vacío⁴⁶.
- Spray convencional a alta y baja presión⁴⁷.
- Spray de alto volumen y baja presión (HVLP)⁴⁸.
- Spray por aire, sin aire o de aire comprimido, asistido electrostáticamente
- Sistemas de spray con atomizado electrostático (con pinturas en polvo)
- Cabinas de spray:
 - Cabina de separación húmeda⁴⁹.
 - Cabina de pintura en pintura⁵⁰.

⁴³ El enrollado se realiza en el rodillo de caucho o en los rodillos cubiertos de espuma.

⁴⁴ Las piezas se introducen en un tanque lleno del producto de recubrimiento.

⁴⁵ Las piezas se transportan a un canal cerrado que se inunda de la pintura por medio de tubos de inyección. El material sobrante se recoge y reutiliza.

⁴⁶ Las piezas se transportan a una cámara cerrada, donde se genera vacío. Se aplica la pintura desde cuatro lados diferentes.

⁴⁷ Es interesante para la aplicación de pinturas de base acuosa de curado UV (1-2,5% disolventes orgánicos)

⁴⁸ La atomización de la pintura se lleva a cabo mecánicamente usando aire comprimido.

⁴⁹ Se aplican normalmente en cabinas con cascada o el agua se circula con flotación de aire y se recicla la pintura.

⁵⁰ Los restos de pintura se recogen en una pantalla de teflón un poco caliente y se forma una capa de condensación.

I. RECUBRIMIENTOS CON ADHESIVOS

«Toda actividad en la que se aplique a una superficie un adhesivo.»

> *Adhesivo*: todo preparado, utilizado para pegar partes separadas de un producto.

Sustancias alternativas

- Adhesivos de base acuosa
- Adhesivos termofusibles (hot-melt)
- Silicona
- Adhesivos de bajo contenido en disolvente.
- Adhesivos curados por radiación.

Procesos alternativos

- Junta mecánica
- Fundido en caliente

J. LAMINACIÓN MADERA Y PLÁSTICO

«Toda actividad de pegado de madera y plástico para producir laminados.»

Sustancias alternativas

- Sustitución de los adhesivos en base disolvente por:
 - Adhesivos de bajo contenido en disolvente
 - Adhesivos en base agua
 - Resinas naturales (por ejemplo polifenoles contenidos en la corteza de Pino radiata, para el pegado de maderas)

Procesos alternativos

- Junta mecánica
- Fundido en caliente

K. RECUBRIMIENTOS

«Toda actividad en la que se aplique una o varias veces una película continua de recubrimiento sobre una superficie».

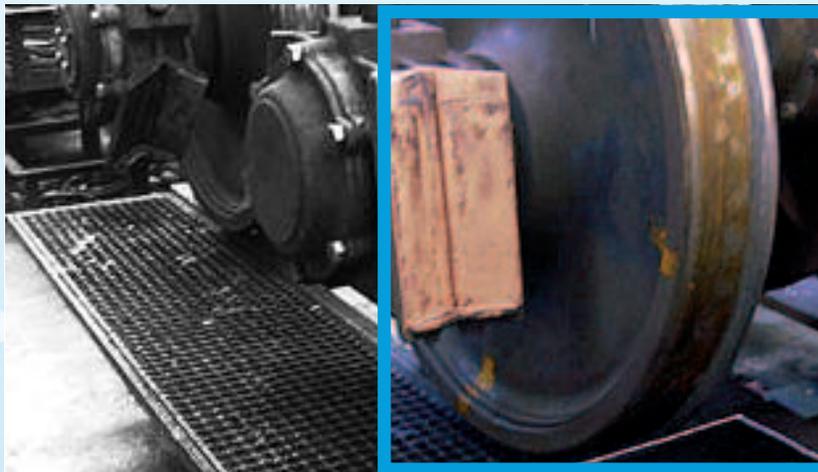
- > *Recubrimiento*: todo preparado, que se utilice para obtener un efecto decorativo, protector o de otro tipo sobre una superficie.
- > *Barniz*: todo recubrimiento transparente.
- > *Pinturas*: composición líquida, pigmentada, que se utiliza para cubrir superficies con una película sólida y opaca después de su aplicación con una fina capa.

Sustancias alternativas

- Recubrimientos con alto contenido en sólidos (pinturas HS (*High solids*) o MS (*médium solids*)).
- Recubrimientos en base agua.
- Recubrimientos en polvo (por ejemplo tintura en polvo fino de poliéster).
- Recubrimientos de curado por radiación.
- Recubrimientos naturales (capa de cera en lugar de barniz).

Procesos alternativos

- En los procesos de **pintado**:
 - Pistolas aerográficas de alto volumen y baja presión (HVLP)
 - Sistemas de catafóresis
 - Sistemas electrostáticos



Anexo III.

MODELO DE COLUMNAS

El modelo incluye las siguientes variables: efectos agudos, efectos crónicos, ecotoxicidad, inflamabilidad y explosión, tipo de exposición y tipo de proceso de trabajo.

El MODELO DE COLUMNAS permite clasificar cada una de las sustancias según los siguientes **niveles de riesgo: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo**.

En aquellas situaciones de riesgo en las que coincidan más de una sustancia química, tendremos que realizar una evaluación de la situación de riesgo que resuma los resultados parciales de la evaluación de cada una de las sustancias implicadas.

Dado que en condiciones de multiexposición es probable que los efectos de cada una de las sustancias, se sumen o incluso multipliquen el resultado final, calificaremos el riesgo resultante, como mínimo, igual al nivel de riesgo encontrado para alguna de las sustancias.

Procedimiento:

1. Haz una copia del modelo para cada una de las sustancias químicas presentes en la situación que quieres evaluar y pon el nombre de la sustancia en el modelo.
2. Busca la información requerida por el modelo en las Fichas de Datos de Seguridad:
 - Frases R.
 - Forma física de la sustancia (gas, líquido y sólido) y su temperatura de evaporación.
3. Clasifica el nivel de riesgo según el modelo. Se clasifica la sustancia por el nivel más alto que haya dado en cualquiera de las cuatro primeras columnas (Toxicidad aguda, toxicidad crónica, ecotoxicidad y fuego y explosión).
En el caso de que la sustancia contenga alguna de las siguientes frases R: 20, 21, 22, 23, 24 y 25, en combinación con la frase R48 se clasificará en el nivel superior.
4. Comprueba la facilidad de exposición y el tipo de proceso.

MODELO COLUMNAS: Evaluación preliminar del riesgo químico*

SUSTANCIA:

	TOXICIDAD AGUDA	TOXICIDAD CRÓNICA	ECO-TOXICIDAD	FUEGO Y EXPLOSIÓN	FACILIDAD DE EXPLOSIÓN	PROCESO
MUY ALTO RIESGO	R26,R27, R28. R32.	R45, R49 R46.	R50, R51, R53 R54, R55, R56, R57, R58, R59.	R2, R3. R12. R17.	Gases y Líquidos que se evaporan a Tª ambiente. Sólidos que producen polvo. Aerosoles.	Procesos abiertos. Posibilidad de contacto con la piel. Aplicación en una zona amplia.
ALTO RIESGO	R23, R24, R25. R29, R31. R35. R42. R43.	R33. R40. R60, R61, R68.		R11, R15, R7, R8, R9, R1, R4, R5, R6, R7, R14, R16, R18, R19, R30, R44.	Líquidos que se evaporan entre 30 y 50 °C.	
RIESGO MEDIO	R20, R21, R22. R34. R41. R64.	R62, R63.	R52, R53.	R10 (punto de inflamación entre 21- 55 °C).	Líquidos que se evaporan entre 50 y 150 °C. Sólidos polvo medio.	Proceso cerrado pero posibilidad de exposición (ej: llenado, limpieza, etc.).
BAJO RIESGO	R36, R37, R38. R65. R66. R67.	Otras (sin Frase-R, sin embargo una sust. peligrosa).		Poco inflamables (punto de inflamación 55-100 ° C).	Líquidos que se evaporan a más de 150 °C. Sólidos poco polvo.	
RIESGO MUY BAJO	Sustancias no dañinas: agua, azúcar, parafina en estado sólido, etc.			No o muy poco Inflamables (punto de inflamación >100° C).	Líquidos que forman vapor a más de 200 °C.	Equipo cerrado. Equipo cerrado con extracción en los puntos de emisión.

* En caso de duda , elegir la categoría superior.

Sustitución de sustancias disolventes peligrosas ■■■■

RIESGO POR LA TENDENCIA DE LOS SÓLIDOS A FORMAR POLVO:

BAJO RIESGO

Sustancias en forma de granza (pellets) que no tienen tendencia a romperse. No se aprecia producción de polvo durante su empleo.

Ejemplos:
granza de PVC, escamas enceradas, pepitas, etc.

RIESGO MEDIO

Sólidos granulares o cristalinos. Cuando se emplean se observa producción de polvo que se deposita rápidamente y se observa sobre las superficies adyacentes.

Ejemplo:
polvo de detergente

ALTO RIESGO

Polvos: finos y de baja densidad. Cuando se emplean se observa que se producen nubes de polvo que permanecen en el aire durante varios minutos.

Ejemplos:
cemento, negro de humo, tiza, etc.

