



*Fundación Entorno
Empresa y Medio Ambiente*

SECTOR TRATAMIENTO DE SUPERFICIES CON DISOLVENTES ORGÁNICOS

Subsector Automoción

Epígrafe 6.7

GUÍAS TECNOLÓGICAS

Octubre, 2000



 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del Documento

La presente Guía resume el estudio de prospección tecnológica en el subsector automoción-fabricación de vehículos incluido dentro del sector de tratamiento de superficies con disolventes orgánicos con objeto de recoger los aspectos más relevantes del Informe Tecnológico de manera que las partes interesadas puedan disponer de un documento de consulta más manejable.

En caso de estar interesado en consultar el documento completo pueden solicitarlo por escrito a:

Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente
 C/ Padilla 17, ático. 28006 -Madrid
 Telf. 91-575 63 94; Fax: 91-575 77 13
 e-mail: administrador@fundacion-entorno.org

1.2. Metodología de Trabajo

En colaboración con las diferentes asociaciones empresariales y demás entidades con competencias en cada sector, se diseñó la siguiente metodología de trabajo para la elaboración del presente estudio:

- **Fase I: Informe Preliminar.** Se realizó un primer informe con el objeto de definir el ámbito de estudio e identificar las actividades incluidas en cada epígrafe. Ello permitió llevar a cabo para cada sector, un informe previo sobre la situación tecnológico-ambiental que serviría de base para el trabajo a realizar directamente con las empresas en una fase posterior. Estos documentos quedaron recogidos en un CD-Rom y fueron distribuidos a las partes interesadas.
- **Fase II: Mesas de trabajo.** Con objeto de poder contar con la opinión directa de las empresas, se convocaron distintas reuniones sectoriales de trabajo con el objetivo principal de discutir el contenido del informe elaborado en la fase anterior. Además, en estas sesiones se proporcionó a las empresas información sobre el desarrollo de los trabajos realizados para la definición de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD's del sector).
- **Fase III: Trabajo de campo.** Las jornadas de trabajo y el compromiso adquirido por las organizaciones empresariales, permitieron contactar con empresas representativas de cada sector para la realización de visitas en las que, con ayuda de un cuestionario, se recopilaron una serie de datos que pudieron ser comprobados in situ por una serie de asesores y expertos. La amplitud y relevancia del estudio requirió que la muestra de empresas a visitar pudiera ser extrapolable a la globalidad del sector, por lo que se diseñaron los siguientes criterios de selección:

 Fundación Entorno <i>Empresa y Medio Ambiente</i>	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

Tabla 1.2. Criterios de selección

SECTOR	Nº CENTROS	
	VISITADOS	POTENCIALMENTE AFECTADOS
AUTOMOCIÓN	11	12

- **Fase IV: Difusión.** Uno de los objetivos que dan sentido a este proyecto es contar con la opinión directa de los industriales, que son pocas las veces en que la negociación precede a la norma. Por ello, además de la edición y distribución gratuita tanto de los Informes Preliminares como de los Finales, se ha participado en diferentes foros profesionales para difundir los resultados del estudio.
- **Fase V: Guías Tecnológicas.** Para que las personas interesadas puedan disponer de una información más manejable y de documentos de discusión para los distintos foros, se han confeccionado las guías tecnológicas que resumen los aspectos más significativos del estudio.

1.3. Estructura de la Guía

Para el logro de los objetivos propuestos la Guía se estructurará de acuerdo con el siguiente índice:

1. Introducción. Presentación, objetivos, metodología y estructura del documento.
2. La industria del sector en España. Visión general del estado de la industria en España, actividades e instalaciones afectadas por la Directiva.
3. Descripción general del proceso productivo. Diagrama de flujo y descripción de los problemas medioambientales.
4. Características especiales del proceso productivo. Descripción detallada de las etapas críticas desde el punto de vista medioambiental.
5. Criterios de selección de las MTD's. Aspectos a tener en cuenta para la selección de las MTD's, tomando como referencia la capacidad productiva marcada y los anexos III y IV de la Directiva.
6. Técnicas disponibles. Resumen de las técnicas productivas con relevancia a la hora de definir las MTD's y evaluación general de las mismas.
7. Técnicas disponibles para el control de emisiones. Resumen de las técnicas correctivas y evaluación general de las mismas.
8. Mejores Técnicas Disponibles. Resumen de la información agrupando las diferentes técnicas estudiadas.
9. Técnicas emergentes. Resumen de las técnicas en desarrollo para un nivel de control de la contaminación igual o superior al actualmente en uso.

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	<p>EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos</p> <p>GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN</p>
--	---

10. Conclusiones y recomendaciones. Consecuencias de aplicación de las MTD's en cada una de las actividades, valoración económica y recomendaciones para facilitar el cambio tecnológico.

1.4. Entidades Participantes

Las entidades que han colaborado en la realización de este estudio han sido la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC), la Asociación Metalgráfica Española (AME), la Confederación Española de Organizaciones Empresariales del Metal (CONFEMETAL) y empresas del sector.

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

2. LA INDUSTRIA DEL TRATAMIENTO DE SUPERFICIES CON DISOLVENTES ORGÁNICOS EN ESPAÑA

2.1. Actividades e Instalaciones afectadas por la Directiva 96/61

El número de sectores industriales que utilizan disolventes orgánicos para el tratamiento de superficies dentro de sus procesos productivos es muy amplio tal y como queda reflejado en la siguiente tabla.

Tabla 2.1.1. Sectores industriales que utilizan disolventes orgánicos para el tratamiento de superficies

ACTIVIDAD INDUSTRIAL*	CNAE
Industria Textil	1711-1730
Industria del Cuero	1910
Industria de la Madera y el Corcho	2010-2052
Industria del Papel, Edición, Artes Gráficas y Reproducción de soportes grabados	2211-2225
Industria de la transformación del caucho y materias plásticas	2511-2524
Metalurgia y Fabricación de Productos metálicos	2811,2812,2821,2822,2862,2863,2871,2875
Industria de la Construcción de Maquinaria y Equipo Metálico	2911-2972
Fabricación de Material de transporte	3410-3550
Lavado y teñido de prendas textiles y de piel	9301

(*) Otras categorías: industria del mueble, industria de fabricación de material eléctrico, electrónico y óptico.

El límite de consumo que se fija en la Directiva 200 T/año o 150 Kg/h, es determinante a la hora de identificar las empresas afectadas. Así pues se debe tener en cuenta que muchas de las empresas enclavadas dentro de estos sectores no están afectadas ya que un buen número son PYMES no llegando al consumo de 200 T/año o 150 Kg/hora fijado por la Directiva.

Los grupos industriales que se han identificado como afectados y han sido, por tanto, sectores objeto de estudio son los siguientes:

- Sector automoción: fabricación de vehículos de turismo
- Sector caucho: fabricación de neumáticos
- Sector vidrio: fabricación de espejos (azogado)
- Sector metalgráfico: fabricación de envases metálicos (excluidos bebidas)
- Sector artes gráficas, principalmente huecograbado
- Otros procesos/sectores: laminación de plásticos, fabricación cintas adhesivas
- Coil Coating (recubrimiento de bobinas).

Como se puede observar, el tratamiento de superficies con disolventes orgánicos es una actividad industrial con un fuerte carácter horizontal, dado que abarca un gran número de procesos o etapas de proceso aplicable en una gran multitud de sustratos o materiales y, por tanto, presente en una gran diversidad de sectores industriales.

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

2.2. Panorama General del Sector de la Automoción en España

El sector automovilístico en España representa el 5% del PIB y alrededor del 8% del empleo. Es, junto a la construcción y el turismo, uno de los principales sectores de economía y genera más de la cuarta parte de nuestras ventas al exterior. Es, a su vez, un sector plenamente integrado en el conjunto de la Unión Europea.

En las siguientes tablas se presentan los principales datos del sector de la automoción español durante los años 1998 y 1999:

Tabla 2.2.1. Datos del sector de automoción

TIPO DE VEHÍCULO	PRODUCCIÓN	
	1999	%99/98
Turismos	2.208.685	-0,35
Todoterreno	72.909	1,04
Comercial Ligeros	399.047	7,66
Furgonetas	110.321	0,66
Veh. Industriales ligeros	39.484	10,3
Veh. Industriales Pesados	11.911	20,55
Tracto Camiones	8.421	-18,55
Autobuses	1.588	27,55

Fuente: Anfac

TIPO DE VEHÍCULO	EXPORTACION	
	1999	%99/98
Turismos	1.799.214	3,5
Todoterreno	45.517	-8,03
Comercial Ligeros	333.354	7,4
Furgonetas	93.774	-0,65
Veh. Industriales ligeros	26.726	10
Veh. Industriales Pesados	9.167	18,82
Tracto Camiones	5.556	-25,6
Autobuses	803	28,9

Fuente: Anfac

 Fundación Entorno <i>Empresa y Medio Ambiente</i>	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

DATOS	1999
Producción de vehículos	2.852.366 unidades
Matriculación de vehículos	1.752.069 unidades
Exportación de vehículos	2.314.111 unidades
% Exportación de vehículos	81,13
Empleo Indirecto	Aprox. 2 millones

Fuente: Anfac

De los 16 centros productivos que actualmente existen en España, estarían potencialmente afectados 12 de ellos cuya distribución geográfica sería la que aparece a continuación:

LOCALIZACION	Nº DE CENTROS
Andalucía	1
Aragón	1
Castilla y León	2
Cataluña	2
Galicia	1
Madrid	2
Navarra	1
País Vasco	1
C. Valenciana	1
TOTAL	12

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

Entre los procesos productivos que implican un uso general de disolventes orgánicos para el tratamiento de superficies, es posible enumerar los siguientes:

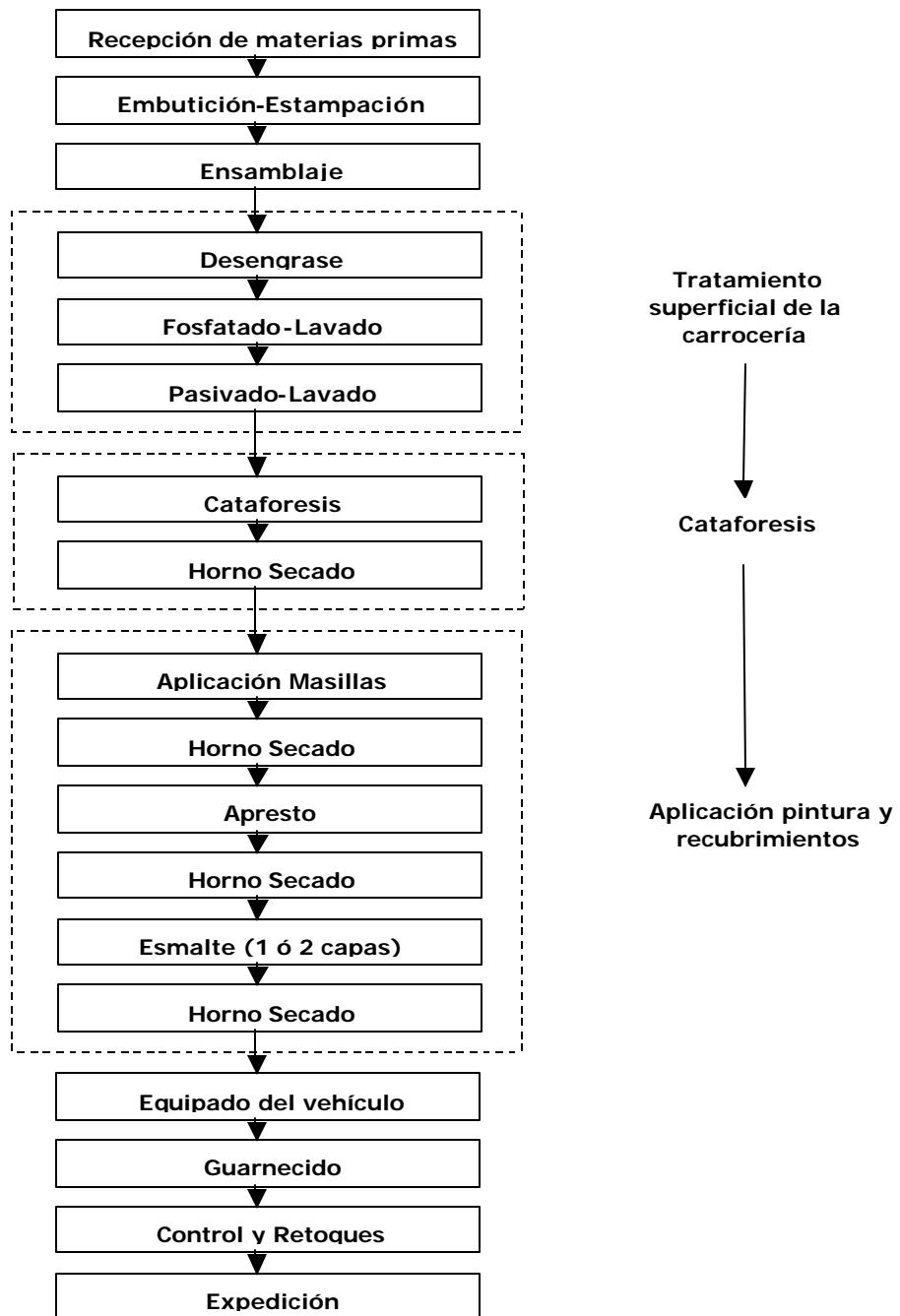
- Procesos de recubrimientos: en vehículos, cabinas de camiones, furgonetas, autobuses; superficies metálicas y de plástico; superficies de madera; superficies de cuero; telas, películas, vidrio y papel.
- Procesos de recubrimiento de bobinas (Coil-Coating): recubrimientos en procesos continuos de acero, acero inoxidable, aleaciones de cobre o tiras de aluminio.
- Conversión de caucho natural o sintético: mezclado, trituración, homogeneización, calandrado, extrusión y vulcanización de caucho sintético o natural y operaciones auxiliares para convertirlos en productos acabados.
- Limpieza en seco: todo proceso que utilice compuestos orgánicos volátiles para eliminar la suciedad de piel, cuero, plumón, tejidos, u otros objetos fabricados a partir de fibras.
- Procesos de impresión y en concreto, flexografía, offset de bobinas por secado al calor, laminación asociada a un proceso de impresión, gradado de publicaciones, rotograbado, barnizado.
- Limpieza de superficies, especialmente desengrasado.
- Renovación de vehículos: procesos de reparación, conservación, decoración, etc...
- Procesos de aplicación de adhesivos sobre distintos sustratos para convertirlos en productos acabados (Ejem.- Cintas adhesivas)

3.1. Diagrama del Proceso de Fabricación de Vehículos

El pintado del cuerpo del automóvil es una operación de múltiples pasos llevados a cabo en una línea de montaje con un sistema transportador en el que se utilizan disolventes orgánicos en los procesos de recubrimiento, limpieza y mantenimiento.

El proceso de pintado consta de varias etapas siguiendo una serie de operaciones de tratamientos superficiales químicos y electroquímicos tal y como se presenta de forma esquemática en la siguiente figura:

Fig.3.1.1. Diagrama del proceso



 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

3.2. Problemática Medioambiental

En este apartado se exponen para cada tipo de proceso la principal problemática medioambiental destacando en verde aquellas que hacen necesaria la implantación de MTDs.

Tabla 3.2.1 Resumen de la problemática ambiental

ETAPA	PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL	AFECCIÓN
Tratamiento superficial de la carrocería (Desengrasar, fosfatado, lavados etc...)	C. ATMOSFÉRICA	Gases de combustión (secado)
	C. RESIDUOS	Lodos, baños agotados
	C. AGUAS	Vertidos contaminados con aceites, grasas, fosfatos, metales etc...
Cataforesis	C. ATMOSFÉRICA	Emisiones de VOCs
Aplicación de pintura y recubrimientos	C. RESIDUOS	Lodos de pintura, papeles de protección de zonas de pintado, trapos, cotones etc...
	C. AGUAS	Agua de las cortinas de las cabinas de lavado
Equipado, control y retoques	C. RESIDUOS	Materiales sobrantes de las distintas operaciones

 Fundación Entorno <i>Empresa y Medio Ambiente</i>	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

4. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL PROCESO PRODUCTIVO

Este capítulo recoge las características más relevantes de las etapas de proceso que han sido analizadas en el estudio con especial dedicación, dado su impacto ambiental y para cuya reducción se recomienda la aplicación de las MTDs.

Pintado de Vehículos

Tabla 4.1. Etapa: Aplicación de Masillas Sellantes

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias Primas	Plastisoles	5-10 Kg/vehículo	Componentes de PVC plastificado para sellar e impermeabilizar
Energía	Gas Natural	Baja	Para Secado

EFFECTO M.A.	ASPECTO M.A.	CARAT.	CANTID.	TRAT. ACTUAL	OBSERVACIÓN
C. Atmosférica	VOCS	Disolventes y plastificantes	0,2-0,4 Kg/vehículo	Ninguno	C. Atmosférica
Residuos	Trapos, envases, etc.	R.P.	Baja	Gestor autorizado	Residuos

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

Tabla 4.2. Etapa: Imprimación y esmalte (color "sólido"/color metalizado BC-CC)

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias Primas	Pinturas bajo disolvente	8-10 Kg/vehículo	Principal proceso contaminante
Materias Secundarias	Disolventes de limpieza y dilución	5-10 Kg/vehículo	Para limpieza de líneas y equipos
Energía	Eléctrica	Alta	Consumos de cabinas y hornos
	Gas Natural	70-100 Ter/vehículo	

EFECTO M.A.	ASPECTO M.A.	CARAT.	CANTID.	TRAT. ACTUAL	OBSERVACIÓN
Residuos	Lodos de pintura, filtros sólidos de cabinas, trapos y cotones de limpieza	R.P.	2-6 Kg/veh.	Gestor autorizado	-----
	Disolventes sucios	R.P.	2,5-5,5 Kg/vehíc.	Reciclado externo	Disolvente recuperado: 2-5 Kg/vehículo
C Atmosférica	Emisiones VOCs	Pinturas, limpiezas de líneas y cabinas	6-10 Kg/vehíc.	Incineración en algunos hornos	Algunas instalaciones disponen de sistemas de pintado en base agua.
	Gases de combustión	Combust. de gas natural	Baja	No precisa	-----
C. Agua	Agua de cabina de pintura	DQO, sediment., SS, metales, disolvente etc....	Alta	Tratamiento interno	Todas las fábricas disponen de depuradora propia

 Fundación Entorno y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MTD'S

En este capítulo se comentan los aspectos que se han tenido en cuenta para la selección de las Mejores Técnicas Disponibles tomando como referencia los anexos III y IV de la Directiva.

5.1. Anexo III

Las principales sustancias contaminantes a considerar para fijar los valores límite de emisión, hacen referencia a la atmósfera y al agua fundamentalmente. Estas sustancias, se relacionan específicamente en el Anexo III de la Directiva.

Dentro de estas sustancias se puede encontrar en el apartado correspondiente a los compuestos contaminantes que se tomarán obligatoriamente para fijar límites de emisión los "Compuestos Orgánicos Volátiles", principales contaminantes generados tras el uso de los disolventes citados en este epígrafe 6.7.

5.1. Anexo IV

Las tecnologías alternativas seleccionadas están agrupadas según la siguiente clasificación:

- Generación de efectos medioambientales: cantidad y toxicidad.
- Consumo de materias primas: cantidad y toxicidad.
- Consumo de energía.
- Riesgo de accidentes.
- Procesos e instalaciones que hayan dado pruebas positivas.
- Coste.

El criterio general que se ha seguido a la hora de seleccionar las Mejores Técnicas Disponibles en el presente estudio ha sido el siguiente:

1. Se han clasificado en orden de importancia los criterios marcados por el anexo IV en base a los puntos prioritarios antes señalados, dando así prioridades diferentes a los criterios establecidos en la Directiva.
2. Se compara cada técnica alternativa detectada según el orden de prioridad dado en el punto anterior.
3. Se comparan, eliminan y seleccionan las distintas técnicas alternativas.
4. Se alcanza un grupo que será el compuesto por las Mejores Técnicas Disponibles.

A partir de esta selección se estudian otros factores (económicos, consumos energéticos, tiempo de instalación, etc...) de interés y que finalmente llevarán a encontrar la Mejor Técnica Disponible.

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

6. TÉCNICAS DISPONIBLES

En este apartado se presentan tablas que resumen las diferentes técnicas productivas utilizadas para las etapas relevantes a la hora de definir las MTD´s.

Etapa: Pintado y Recubrimiento

Probablemente el método más barato para la reducción de VOCs es aumentar la eficacia de transferencia (fracción de pintura depositada respecto al total de pintura usada) ya que un uso más eficiente de la pintura (menor consumo), además de reducir la generación de emisiones y residuos, disminuye los costes de almacén y limpieza.

Sin embargo, la reducción de emisiones de VOCs es muy inferior a otras técnicas. A continuación se resumen las características de los distintos sistemas de pintado, tanto por inmersión como por proyección en cabina.

Tabla 6.1. Técnicas de pintado por inmersión

TÉCNICAS DE PINTADO POR INMERSIÓN	
AUTODEPOSICIÓN	ELECTRODEPOSICIÓN
<p>Descripción: Deposición de capas de pintura sobre la superficie de un sustrato sumergido en un baño tras una reacción química entre los componentes del baño y el sustrato. La lechada acuosa de ácido del baño ataca la superficie provocando la migración de iones de hierro que desestabilizan el látex de la pintura provocando la deposición en la superficie metálica de las partículas pigmentadas.</p> <p>Ventajas frente a sistemas convencionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema de resinas utilizado no contiene VOCs • Requiere menos espacio al necesitar de menos fases de pretratamiento. • No requiere fosfatado por lo que se ahorra energía (mantenimiento de la temperatura del baño de fosfatado) y se eliminan los costes de tratamiento de las aguas de fosfatado. • Mayor capacidad de pintado. • Al no usarse cargas eléctricas se evitan los problemas de formación de celdas de Faraday. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El galvanizado, acero inoxidable, aluminio y sustratos no metálicos no pueden ser cubiertos por este sistema ya que no provocan la reacción química necesaria. • El hierro del tanque debe ser mantenido a cierto nivel. • La presencia de cualquier contaminante disminuye la eficacia de deposición por lo que las labores de limpieza son de gran importancia. 	<p>Descripción: La pintura de la disolución acuosa del baño se deposita en la superficie mediante el paso de una corriente eléctrica entre el sustrato (cátodo) y otro electrodo (ánodo) inmersos en un baño.</p> <p>Ventajas frente a sistemas convencionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las pinturas utilizadas contienen poca cantidad de VOCs (baño con 80% agua y 20% de especies no volátiles) • Los costes se reducen a causa del gran nivel de automatización, operando en líneas de alta velocidad que pueden ser diseñadas para incrementar el rendimiento. • La utilización de pintura es muy alta llegando incluso al 100%. • Las piezas poseen una mayor resistencia a la corrosión al mejorarse la uniformidad del film. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la mayoría de los casos el cambio de color es inviable por lo que se debería disponer de un tanque para cada color. • Necesita grandes inversiones

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

Tabla 6.2. Técnicas de pintado por proyección en cabina

TÉCNICAS DE PINTADO POR PROYECCIÓN EN CABINA	AIR SPRAY	SPRAY ELECTROSTÁTICO
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> Atomización de la pintura líquida en un fino spray. En el caso del Air Spray, la pintura es alimentada a la pistola y lanzada a través de una válvula de aguja. Para la técnica de Hot Airless Spray, la pintura es forzada a pasar por una boquilla atomizadora. <p>Ventajas frente a sistemas convencionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Versatilidad en cuanto a colores, tipos de pinturas y sustratos. Para el Hot Airless Spray, el caudal necesario es menor, se reduce el over spray y se requiere menos disolvente por lo que disminuyen las emisiones de VOCs. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Spray convencional; baja eficiencia y altos requerimientos energéticos para el compresor de aire. (Eficacia de 30-60% con aire a tomizado y de 65-70% sin aire). 	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> La pintura se atomiza y es cargada por un electrodo en la boquilla de la pistola. Las partículas son electroestáticamente atraídas hacia la carrocería. El sistemas más usado es el "Rotating Bells" donde la pintura es atomizada por centrifugación y por campo electrostático. Una variante es la técnica Air-Assisted que utiliza aire comprimido para apoyar la atomización. <p>Ventajas frente a sistemas convencionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mayor eficacia de transferencia llegando a alcanzar eficacias de 90-95% para bordes y superficies externas. Reducción del overspray por la atracción electrostática entre las partículas de pintura cargadas y la superficie del sustrato. Más eficiente con pinturas de baja viscosidad. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Difícil aplicación a interiores o superficies huecas. 	

Las emisiones de VOCs pueden también ser reducidas disminuyendo la proporción de disolvente en las pinturas. A continuación se presentan las características principales de los diferentes tipos de recubrimientos existentes con bajo contenido en disolventes:

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

Tabla 6.3. Técnicas de recubrimiento con bajo contenido en disolventes

TÉCNICAS DE RECUBRIMIENTO CON BAJO CONTENIDO EN DISOLVENTES		
PINTURAS EN BASE ACUOSA	PINTURAS CON ALTO CONTENIDO EN SÓLIDOS	PINTURAS EN POLVO
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> El agua es el disolvente mayoritario o el agente dispersante. La pintura puede ser disolución, emulsión o dispersión coloidal. <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reducción de las emisiones de VOCs en un 60-90%. Menor probabilidad de inflamación. Bajo nivel de toxicidad. La velocidad del aire es más baja ahorrando capital y costes de operación. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las limitaciones resistentes a la corrosión y de mayores dimensiones. Algunas formulaciones (emulsiones) deben ser protegidas contra heladas. Limpieza extrema del equipo No es posible pintar húmedo sobre húmedo 	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pinturas con un 40% mínimo de contenido en sólidos, normalmente en base disolvente pero con menor contenido que los convencionales <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reducción de las emisiones de VOCs en un 40-80%. Menor capacidad de pintura para alcanzar los espesores requeridos. Ahorro entre un 20-30% de los costes energéticos del horno al reducirse el contenido de disolventes en las formulaciones <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Debido a la viscosidad a veces es necesario calentar la pintura (problema para los uretanos), no pueden aplicarse por inmersión o duchas y para el bombeo y spray se requiere una presión adicional que la mayoría de las pistolas no soportan. Aumenta el coste de la materia prima. Las pinturas de dos componentes tienen una vida más corta que sus similares. Deposición de lodos en el agua de las cabinas de pintura, por lo que el mantenimiento de dichas cabinas se incrementará. 	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pintura en forma de polvo libre de disolventes. Técnica de lecho fluidificado con aplicación por inmersión, pistola o sprayado electrostático. <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reducción de las emisiones de VOCs en un 92-98%. Eliminación de defectos por secado rápido y efectos de lágrimas o de gran espesor. Bajo riesgo de inflamabilidad Alta calidad, resistencia a golpes y a la corrosión. Bajo nivel de toxicidad Reducción de costes operacionales. Debido a la recirculación, no necesitan de agentes químicos para limpiar la cabina, no generación de lodos, tecnología más simple. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Materia prima más cara Problemas con la reutilización y el cambio de color. Limpieza extrema de líneas y de las superficies para asegurar la adhesión. Su aplicación está en fase de experimentación ya que presenta problemas de amarilleamiento y de piel de naranja. En superficies soldadas: retracción. En superficie porosa: cráteres (acero galvanizado en caliente, superficie metálica con zinc).

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

7. TÉCNICAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL DE EMISIONES, VERTIDOS Y RESIDUOS

En este capítulo se presenta la evaluación técnico-económica de las técnicas disponibles para controlar los efectos medioambientales con relevancia a la hora de definir las MTDs.

En concreto para este sector se han analizado las emisiones de VOCs mediante técnicas "end of pipe", válidas para todos los procesos productivos estudiados.

Tabla 7.1. Técnicas para la eliminación de VOCs

TÉCNICA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE		OBSERVAC.
		Inv. (MEuros)	Oper. (MEuros)	
Incineración térmica regenerativa	T=800-1.000°C CC=<25%LEL Q=10.000-20.000 Nm ³ Tiempo de residencia:0,5-1 sg E. Térmica= 1,5 Btu/hora E. Eléctrica = 56 KWh Eficacia = 98-99%	0.38	0.17	Recuperación de energía térmica del 95%
Incineración Catalítica	T=350-500 °C CC.: < 25% LEL Q=10.000-20.000 m3N/h Tiempo de residencia: 0,5-1seg E. Térmica=145,54 m3/h Eléctrica: 27,3 kW· h Datos de partida Eficacia=90-95%	0.39	0.25	-----
Adsorción en carbón no regenerativa	CC= Hasta 15 g/m3N Q=10.000-450.000 m3N/h E. Eléctrica: 5,63 kwh/h Eficacia= 90-99%	0.08	0.23	Equipos para CC<100 ppm de contaminante ya que el coste del cambio de carbón supone grandes gastos y acortar la vida de funcionamiento.
Adsorción en carbón regenerativa	CC= Hasta 15 g/m3N Q=10.000-450.000 m3N/h E. Eléctrica: 13,5 kwh/h Eficacia= 90-99%	0.17	0.09	-----
Absorción	CC= Hasta 1.000 g/m3N Q=20-más de 2000Nm3/h E. Eléctrica: 18,38 kwh/h Eficacia= hasta 99%	1.42	0.31	La eficacia depende del número de etapas de absorción y el grado de contacto
Condensación (criogénesis)	CC=hasta 1.000 g/Nm3 Q=20-20.000 Nm3/h E. Eléctrica = N.D. Eficacia= N.D.	1.36	0.37	-----
Biofiltración	CC= hasta 1.000 ppm Q= hasta >4.000 Nm3/h E. Electrica = baja Eficacia = 90%	Medio	Bajo	-----

(*) Los datos de partida son para una concentración de VOC=330 mgC/Nm3

(**) Los costes están calculados para 8.000 horas/año, destrucción del 95% y caudal de 17.000 m3/hora

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

8. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

El objeto de este apartado es definir para las etapas de proceso más relevantes las mejores técnicas disponibles desde la óptica medioambiental.

Tabla 8.1. Proceso: impregnación del sustrato

Etapa	Problema M.A.	MTDs	% Reduc.	Límites legislados	Observaciones
Secado	Emisión de VOCs	Incineración	6-7%	Directiva 99/13/CE relativa a los VOCs	Medida correctora
	Lodos de pintura	Mejora de la eficacia de transferencia	5-10%	Gestor autorizado	Nuevos sistemas de aplicación
Aplicación de la pintura	Emisión de VOCs	Pintura de alto contenido en sólidos	28-39%	Directiva 99/13/CE relativa a los VOCs	Mejora del proceso
		Pintura en base agua en la imprimación	6%	Directiva 99/13/CE relativa a los VOCs	Mejora del proceso
		Adsorción o sistemas de incineración de gases de cabina	60-70%	Directiva 99/13/CE relativa a los VOCs	Mejora del proceso
Limpieza de líneas y cabina	Emisión de VOCs	Recuperación de disolventes de limpieza	25%	Directiva 99/13/CE relativa a los VOCs	Buenas prácticas
Organización del proceso	Emisión de VOCs	Pintado por lotes del mismo color	ND	Directiva 99/13/CE relativa a los VOCs	Buenas prácticas

(*) %reducción de emisiones totales (aplicación y secado)

Nota: % de reducción referidos a cada etapa en particular

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

9. TÉCNICAS EMERGENTES

En este capítulo se exponen las técnicas en desarrollo para resolver la problemática medioambiental de las actividades de tratamiento de superficies con disolventes orgánicos.

Las técnicas que a continuación se describen se refieren al control de las emisiones de VOCs (disolventes) en general, dado que constituyen la principal problemática medioambiental derivada del epígrafe. Además de éstas, pueden considerarse como técnicas emergentes los nuevos desarrollos en las formulaciones de productos (pinturas, tintas,...) y las nuevas tecnologías en desarrollo, muchas veces paralelo al de las nuevas formulaciones para su aplicación/utilización.

9.1. Tecnologías de Membrana

El elemento clave de este proceso es el material innovador de la membrana utilizado para separar los vapores orgánicos del aire o de otros gases inertes. La membrana es un composite de tres capas enrolladas en unos módulos espirales. El gas entra con los vapores orgánicos que son permeables a la membrana y pasa a través de la espiral hacia una tubería interior. El aire fluye a través de la superficie de la membrana y sale hacia viento. Para conseguir la capacidad adecuada que asegure el grado de separación requerido, los módulos se conectan con distribuidores de flujo en serie ó en paralelo.

Los sistemas con membranas son adecuados para tratar corrientes gaseosas que contenga más de 5.000 p.p.m. (en volumen). El costo se incrementa en proporción al caudal que entre, pero es relativamente independiente de la concentración de vapores orgánicos.

Esta es una tecnología que acaba de estrenarse y que está en plena expansión en cuanto a la investigación para nuevas aplicaciones. Por el momento las aplicaciones que se han llevado a cabo han sido en procesos que incluyen reactores químicos, refrigeración, esterilización, esterilización en hospitales, recuperación de vapores orgánicos.

9.2. Equipo de recuperación de disolventes en lecho fluidificado

Se utiliza en cualquier lugar donde se generen diversas clases de disolventes orgánicos. El equipo recoge los disolventes orgánicos con una alta pureza y eficiencia, y en particular los solubles en agua, los clorados y los CFC's, los cuales son difícilmente recuperables mediante sistemas convencionales con lecho fijo.

Consiste en una torre de adsorción multietapas y una torre de desorción, circulando de forma continua un lecho de carbón activo y produciéndose así un sistema de recuperación del disolvente. Si lo comparamos con los sistemas tradicionales de lechos fijos, este equipamiento asegura una operación más segura y continua de recuperación.

- Los disolventes se podrán recuperar con gran pureza.
- El costo de mantenimiento es bajo.

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

- Se requiere una pequeña área para la instalación.

Los campos de aplicación son diversos: Instalaciones de impresión, pintado, limpieza, caucho y plástico, almacenamiento de disolventes etc.

Para la recuperación de los disolventes orgánicos se utiliza nitrógeno como gas para la desorción.

9.3. Sistema ADR para el reciclado de VOCs

El sistema ADR se compone de un adsorbedor de VOCs y un equipo de reciclaje. Utiliza carbón activo como agente de adsorción, y es principalmente usado para adsorber los vapores de los disolventes orgánicos (hidrocarburos) de los gases residuales generados en las distintas planta e instalaciones. Este adsorbedor puede ser usado para el gas efluente de proceso de producción de semiconductores, instalaciones de pintado, industrias fabricantes de film, etc. No sólo trabaja correctamente con simples hidrocarburos, sino también con compuestos halogenados.

La eficiencia de recuperación depende de la concentración del gas, la clase de contaminantes y temperatura de los gases efluentes. En este caso se puede alcanzar una eficacia del 95% o más, y especialmente en casos como Benceno, Tolueno, Xileno y 1,1,1-Tricloroetano (99%).

El sistema requiere electricidad, un enfriador de agua, agua fría, vapor y aire comprimido, pero el consumo en general es menor que en otras técnicas. La vida del carbón activo será mayor que 3 años, con un uso convencional.

9.4. Adsorbentes poliméricos

Se trata de una tecnología basada en adsorbentes poliméricos y un proceso de desorción por microondas. Se ha comprobado que esta tecnología posee un costo que la convierte en una alternativa económicamente viable frente al clásico sistema de carbón granular activado.

El sistema de recuperación de vapor regenerativo ha sido probado en una gran variedad de aplicaciones, desde la captura de trementina (aguarrás) en la producción de madera hasta la de alcohol isopropílico en el proceso de baño de cobre. En su más reciente aplicación, este sistema se está utilizando para retirar VOCs generado en procesos de pintado para marcos de gafas de protección solar.

Los materiales poliméricos pueden ser reactivos a bajas temperaturas (menores que 177°C), mientras que el carbón reacciona a temperaturas mayores a 760 °C. La reacción puede ser acompañada con un calentamiento indirecto con aire caliente o nitrógeno o un calentamiento directo con microondas. Como último paso se encuentra la regeneración.

 Fundación Entorno <i>Empresa y Medio Ambiente</i>	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

Los compuestos que pueden ser tratados mediante esta tecnología son:

1. 1,1,1 Tricloroetano 2. Acetona 3. Aldehídos 4. Alifáticos (C4 a C12) 5. Benceno 6.- Etanol 7.- Etil benceno 8.- Isopropilo 9.- Metanol 10.- Metil Etil Cetona	11.- Metil Isobutil Cetona 12.- Metil terciario butil eter 13.- Metil bromuro 14.- Metilen cloruro 15.- Estireno 16.- Tetracloroetano 17.- Tolueno 18.- Tricloroetano 19.- Cloruro de Vinilo 20.- Xileno
---	---

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El hecho de que en España no haya existido, hasta la actualidad, una reglamentación que regule las emisiones de VOCs, ha acrecentado la problemática actual para adecuar las plantas afectadas por el epígrafe 6.7 a unas limitaciones que se espera sean bastante restrictivas, lo que puede complicar la situación de muchas empresas frente a las existentes en otros países europeos (Alemania, Francia....), donde la normativa en vigor ha sido tradicionalmente mucho más exigente, hecho que implica que la totalidad de instalaciones estén mejor preparadas.

Todas estas consideraciones constituyen una gran preocupación para los distintos sectores industriales afectados, que se ven además presionados puesto que la Directiva de 99/13/CE relativa a la emisión de VOCs, afecta a un mayor número de instalaciones, incluidas PYMES.

De esta manera, habrá que hacer una especial incidencia en la defensa de la situación española, cuando se trate a nivel europeo la definición de MTD para cada uno de los sectores afectados (grupo de trabajo técnico nº30) cuyas reuniones tienen previsto comenzar en el año 2001 según el último calendario. Recomendaciones para el Sector

10.1. Recomendaciones para el Sector

La industria de la fabricación de automóviles es uno de los principales sectores incluidos en el epígrafe 6.7 ya que afecta a la práctica totalidad del sector.

En este sector la candidata a MTD más óptima puede ser el cambio de formulaciones de los productos utilizados para el pintado/acabado de vehículos, mediante la implantación de instalaciones de pintado al agua. Otra vía que se está experimentando es la utilización de pinturas en polvo, aunque todavía no se dispone de datos suficientes para garantizar su implantación.

La implantación de pinturas al agua como MTD podría suponer para el sector una inversión que rondaría (incluso superaría) los 1202.02 MEuros, presentando una serie de complicaciones a la hora de poder implantarla en todos los centros productivos de Estado, muchas veces por falta de espacio físico.

Otra MTD posible sería la implantación de sistemas de depuración para cabinas y hornos, encontrándose con limitaciones similares a la anteriormente mencionada. La implantación de esta MTD podría valorarse de forma muy orientativa en unos 210.35 MEuros, cifra que podría también incrementarse por posibles necesidades de obra civil. Además, habría que sumar otros costes asociados a paradas de producción para la implantación e incluso la necesidad en ocasiones, de construir nuevos edificios para albergar este tipo de instalaciones.

En la siguiente tabla se muestran para cada técnica, los costes unitarios, el número de empresas susceptibles de aplicarlas y finalmente, la inversión necesaria para la implantación de estas técnicas.

 Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente	EPÍGRAFE 6.7.: Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos
GUÍA RESUMEN. AUTOMOCIÓN	

Tabla 10.1.1. Características MTDs

ETAPA	Problema M.A.	MTDs	Coste Unitario (1)	Nº de Empresas	Inversión (2)
Aplicación de masillas y bajos, imprimación, pintado, acabado y aplicación de ceras	Emisión de VOCs	Pintado en base agua	48.08 MEuros	12	901.52 – 1502.53 MEuros
		Incineración térmica (3)	0.9 MEuros/horno 3.01 MEuros/cabina		180.3 – 240.4 MEuros
		Incineración catalítica (3)	1.8 MEuros/horno 3.01 MEuros/cabina		240.4 – 300.51 MEuros

- (1) El coste unitario está calculado para una instalación con capacidad de 10 vehículos/hora e incluye los tratamientos superficiales previos, cataforesis, pintado/acabado de vehículos, hornos, plantas de tratamiento de aguas residuales, edificios y obra civil, instalación de recambios etc.
- (2) La inversión total no corresponde al producto entre el coste unitario y número de empresas susceptibles de cambios, debido a que la mayor parte de ellas tienen una capacidad mayor (incluso 5 veces más) y poseen parte o la totalidad de las instalaciones necesarias tanto para el pintado al agua como para la incineración en hornos y cabinas.
- (3) Para el caso de la incineración en cabinas, es necesario disponer de dispositivos para eliminar las partículas/gotículas de pintura y reducir el caudal (concentrar la corriente de gases).