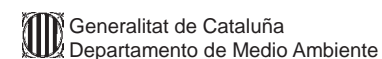
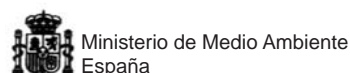


Metodología para la realización de **Grupos de Trabajo**

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL)
Plan de Acción para el Mediterráneo



Nota: Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente, con fines educativos y no lucrativos sin permiso específico del Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia (CAR/PL), siempre y cuando se mencione el origen de la información. El CAR/PL agradecería recibir una copia de cualquier publicación donde este material sea usado como fuente.

No está permitido en uso de esta información con fines comerciales o de venta sin permiso escrito del CAR/PL.

Si considera que algún punto del estudio puede mejorarse o existe alguna imprecisión, le agradeceríamos nos lo comunicase.

Estudio terminado en Diciembre 2001
Estudio publicado en Marzo 2002

Si desea solicitar copias adicionales o para cualquier información adicional, póngase en contacto con:

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL)

C/ París, 184 – 3ª planta
08036 Barcelona (España)
Tf. +34 93 415 11 12 - Fax. +34 93 237 02 86
e-mail: cleanpro@cema-sa.org
Web page: <http://www.cema-sa.org>

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	7
2. GLOSARIO	9
3. LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	13
3.1. De los tratamientos a final de línea a la producción más limpia	13
<i>La P+L como estrategia integral de gestión</i>	16
<i>La P+L como fuente de oportunidades</i>	16
<i>La P+L como estrategia adaptable</i>	16
<i>La P+L y los beneficios económicos</i>	16
<i>La P+L y los beneficios ambientales</i>	17
<i>La P+L como política integral de participación</i>	17
<i>La P+L y la imagen de la empresa</i>	17
4. GRUPOS DE TRABAJO	19
4.1. ¿Qué es un Grupo de Trabajo?	19
4.2. Tipos de Grupo de Trabajo	20
4.3. Actores que intervienen y el convenio de colaboración	22
<i>Las empresas</i>	22
<i>El/los experto/s</i>	22
<i>La Administración</i>	22
<i>La asociación empresarial</i>	23
4.4. El Convenio de Colaboración	23
5. METODOLOGÍA Y ELEMENTOS DEL GRUPO DE TRABAJO	25
5.1. Trámites previos	25
<i>Reunión inicial</i>	25
<i>Elección del experto</i>	26
<i>Adhesión de las empresas</i>	28
5.2. DAOM individuales	28
<i>Visita y reunión iniciales</i>	28
<i>Definición de las directrices básicas</i>	28
<i>Presentación de la propuesta de trabajo</i>	29
<i>Visitas de trabajo</i>	29
<i>Tratamiento de la información</i>	29
<i>Evaluación de las oportunidades de minimización</i>	30
<i>Estudio de las alternativas de minimización</i>	30
<i>Presentación del documento final</i>	31
5.3. Reuniones	31
<i>Preparación de las reuniones del Grupo de Trabajo</i>	31
<i>Temas a tratar</i>	32
<i>Seguimiento y valoración del Grupo de Trabajo</i>	32

5.4. Informe final	34
<i>Tipología de la muestra</i>	34
<i>Descripción de los procesos industriales</i>	35
<i>Corrientes residuales generadas</i>	35
<i>Alternativas de minimización aplicables</i>	35
<i>Conclusiones</i>	37
<i>Anexos</i>	37
6. BENEFICIOS Y ASPECTOS QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA	39
6.1. Benchmarking	39
6.2. Mejores Tecnologías Disponibles (MTDs)	39
6.3. Indicadores sectoriales	40
6.4. Fuerza de Grupo	40
6.5. Difusión de la producción más limpia	40
7. EJEMPLO DE INFORME FINAL	41
7.1. Tipología de la muestra	41
7.2. Procesos productivos	43
7.3. Descripción de las corrientes residuales generadas	52
7.4. Descripción de alternativas de minimización del sector	55
7.5. Tabla resumen de las opciones de minimización	64
7.6. Tabla resumen de las opciones de minimización	65
7.7. Conclusiones	67
8. BIBLIOGRAFÍA	71

1. INTRODUCCIÓN

El Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) del Plan de Acción para el Mediterráneo presenta en este documento el manual “GRUPOS DE TRABAJO”, con el objetivo de aportar una guía práctica para la aplicación de la metodología desarrollada por el *Centre per a l’Empresa i el Medi Ambient* (CEMA) para la elaboración de los Grupos de Trabajo¹. Con la edición de esta guía se pretende poner al alcance de las Administraciones Ambientales y de las Asociaciones Empresariales, Cámaras de Comercio y otras agrupaciones empresariales, así como expertos en medio ambiente y producción más limpia de los países del Plan de Acción para el Mediterráneo, un instrumento práctico que se aplica en Cataluña desde el año 1997 para promover la incorporación en las empresas de la prevención en origen de la contaminación.

Desde 1997, el CEMA ha colaborado en la ejecución de 6 Grupos de Trabajo en los siguientes sectores industriales de Cataluña²:

- Baños galvanicos (17 empresas).
- Textil (7 empresas).
- Aplicación de pinturas (6 empresas).
- Fabricación de pinturas (6 empresas).
- Artes gráficas (19 empresas).
- Metalúrgico (6 empresas).

La metodología de los Grupos de Trabajo no es complicada, pero existen ciertos aspectos que hay que tener en cuenta durante su desarrollo para poder sacar el mayor provecho posible de su ejecución. Estos aspectos son los que el CEMA ha ido identificando a lo largo de su experiencia en la realización de los diferentes Grupos de Trabajo y que ahora pretende transmitir a cualquier organismo, asociación, experto, etc. que esté interesado en llevar a cabo un Grupo de Trabajo.

Es posible que, dependiendo del país donde se aplique la metodología, las funciones de los diferentes actores que intervienen en el Grupo de Trabajo, descritas en el capítulo 3, puedan sufrir variaciones. Estas variaciones afectarán sobre todo a los papeles que desempeñen la Administración ambiental y la asociación empresarial. En el caso específico de Cataluña, el CEMA aporta la metodología y, siempre que sea posible y se trate de sectores considerados prioritarios, cofinancia los gastos con las empresas. Aun así, no existe ningún inconveniente para que esta función la adopte la asociación empresarial, Cámara de Comercio, Gremio, o similar. Igualmente, todos los

¹ Para la elaboración del presente documento, el Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) ha contratado a Olga Villacañas Beades (ECOASSIST).

² Actualmente, el CEMA está participando en varios Grupos de Trabajo en otros sectores industriales, como, por ejemplo, el sector de vinos y cavas y el sector de fabricación de tintas de impresión.

trámites previos que se presentan en esta Guía (Convenio de Colaboración, Adhesión de las Empresas, etc.) pueden ser diferentes en cada caso, en función de la legislación aplicable en cada país o de los actores que intervengan en cada ocasión.

Los expertos deben estar especializados en producción más limpia y en el sector industrial estudiado, a fin de asegurar un desarrollo adecuado del Grupo de Trabajo. En los países donde sea difícil encontrar expertos en los dos ámbitos a la vez, siempre se podrán aportar los conocimientos necesarios en materia de producción más limpia desde la Administración ambiental u otra entidad (Institutos de Tecnología, Universidades, etc.)³.

Antes de abordar los Grupos de Trabajo, se hará una breve introducción al concepto de la producción más limpia, ya que los Grupos de Trabajo son una de las herramientas existentes para la introducción y aplicación de dicho concepto en las empresas. Es conveniente que los diferentes actores que intervienen en el Grupo de Trabajo conozcan y estén familiarizados con esta opción de gestión medioambiental.

Una vez establecido el marco de la producción más limpia, se definirá la herramienta de los Grupos de Trabajo, los objetivos perseguidos con su aplicación y los actores que participan en su desarrollo. También se explicarán las diferentes tipologías de Grupos de Trabajo que pueden existir, en función de si el objetivo del estudio es un sector industrial concreto o un área geográfica determinada.

Como punto central de la guía, se describirá, paso a paso, la metodología de los Grupos de Trabajo, destacando los aspectos que deberán tenerse en cuenta para poder desarrollarlos con éxito, desde la presentación de la herramienta a las empresas hasta la elaboración del informe final.

Tras explicar la metodología, se presentarán los beneficios que supone llevar a cabo un Grupo de Trabajo para cada uno de los actores que intervienen en su ejecución.

Por último, se presentará un ejemplo práctico de algunos de los Grupos de Trabajo realizados en Cataluña para una mejor comprensión de la herramienta.

³ En ocasiones, se ha de formar previamente al experto en el concepto de producción más limpia. Por eso resulta de gran importancia la supervisión del trabajo realizado por el experto, pues controla que no se pierde el enfoque que se le pretende dar al Grupo de Trabajo.

2. GLOSARIO

Buenas Prácticas: Conjunto de formas correctas de actuación por parte del personal en cuanto a la gestión y el control de las actividades industriales que favorecen la minimización de residuos y emisiones. Las buenas prácticas se pueden llevar a cabo, en general, a un coste muy bajo y, por tanto, con un retorno rápido de la inversión; además, son muy efectivas. Para poder aplicar con éxito las buenas prácticas, en muchos casos se precisa un cambio de actitud que involucra a todo el personal de la empresa, desde los operarios a pie de máquina hasta los directivos: hay que informarles del proyecto que se quiere llevar a cabo y de los objetivos propuestos y, a medida que éstos se van consiguiendo, hacerles partícipes de los resultados alcanzados.

Cambio de materiales: Sustitución de las materias primas y/o productos auxiliares que ejercen un impacto significativo en el medio ambiente por otros materiales menos nocivos o que puedan ser reutilizados en menores cantidades, pero que conservan la misma utilidad que los primeros.

Cambio de tecnología: Modificación de procesos y equipos con el objetivo de reducir en origen las corrientes residuales. Estas modificaciones pueden comprender desde pequeños cambios que se pueden implantar en pocos días a un coste reducido, hasta la sustitución de procesos que supongan un coste elevado. Estos cambios pueden consistir en: cambios en el proceso de producción, cambios de equipos, secuencias o conducciones, automatización, cambios en las condiciones de operación de los procesos (caudales, temperatura, presión, tiempo de residencia, etc.), nuevas tecnologías (telemática, domótica, biotecnología, etc.).

Corrientes residuales: Emisiones residuales en cualquier estado físico (gas, sólido, líquido) y a cualquier medio receptor (agua, aire, suelo).

DAOM, Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización: Evaluación de las posibilidades de minimización de los residuos y emisiones producidos o generados por una actividad industrial determinada.

EMAS, Sistemas de ecogestión y auditoría: Sistema que permite la participación voluntaria de las empresas que desarrollan actividades industriales en la evaluación y mejora de los resultados de estas actividades en relación con el medio ambiente, y que, a su vez, facilita la correspondiente información al público (Reglamento 1836/93 del Consejo Europeo).

Emisión: La expulsión a la atmósfera, al agua o al suelo de sustancias, vibraciones, calor o ruido procedentes de forma directa o indirecta de fuentes puntuales o difusas de la instalación (Directiva 96/61/CE del Consejo, de 24 de Septiembre de 1996, relativa a la Prevención y al Control Integrados de la Contaminación).

Minimización: Operaciones de reducción y reciclaje en origen que permiten la disminución de las emisiones que se generan en un proceso productivo, en cantidad y/o en peligrosidad, y con un balance medioambiental favorable.

Modificación de los procesos: Readaptación de los procesos que tienen lugar en una empresa para que sean más eficientes. Esto significa potenciar el ahorro de agua, energía, materiales, etc. mediante unos cambios en la estrategia de producción que permitan que en ésta no se derrochen recursos, que se re-

duzcan las corrientes residuales y que se lleve a cabo el proceso de una forma más eficiente.

Modificación de los productos: Readaptación de las propiedades y utilidades de los productos elaborados para que, con una perspectiva amplia desde el momento en que se fabrica el producto hasta su disposición final, se consideren sus impactos ambientales así como la necesidad de recursos como la energía, el agua y los materiales que requiere su fabricación y para que, al mismo tiempo, sean lo más eficientes posible. Esto supone reducir la cantidad de *inputs* que necesita el producto para ser elaborado y, a su vez, que se prolongue su vida útil (por ejemplo, con piezas reutilizables y desmontables, con capacidad multifuncional, etc.).

MTD, Mejores Técnicas Disponibles (en inglés: BATs, Best Available Techniques): Conjunto de técnicas, actividades, procedimientos y métodos de trabajo desarrollados y probados a escala industrial, diseñados de forma que sea posible su aplicación en un contexto industrial determinado, en condiciones económicamente viables para la empresa, puestos en práctica para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir las emisiones al mínimo.

Mejores Técnicas Disponibles Económicamente Viables (en inglés, BATNEEC, Best Available Techniques Not Entailing an Excessive Cost). Mejores técnicas disponibles siempre que se haya demostrado que son económicamente rentables, una vez aplicadas en el sector medioambiental correspondiente.

Prevención: Conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de corrientes residuales o a conseguir la reducción de las mismas y de su contenido en sustancias peligrosas o contaminantes.

Producción más limpia: Aplicación continua de una estrategia integrada de prevención ambiental a los procesos, a los productos y

a los servicios, con el objetivo de incrementar la eficiencia global y de reducir los riesgos que suponen para los seres humanos y el medio ambiente. En cuanto a los procesos, la producción más limpia incluye la conservación de las materias primas, el agua y la energía, la eliminación de las materias primas tóxicas y la reducción de la cantidad y la toxicidad de todas las emisiones al agua y a la atmósfera, así como de los residuos. En cuanto a los productos, la estrategia tiene por objeto reducir todos los impactos que puedan causar durante su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta el residuo final. En cuanto a los servicios, supone la inclusión de aspectos medioambientales en el diseño y la distribución de los servicios. La producción más limpia se consigue mediante la aplicación de los conocimientos, la mejora de la tecnología y el cambio de actitudes (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

Reciclaje en origen: Opción de valorización que implica volver a utilizar una corriente residual en el mismo centro productivo donde se ha generado, ya sea en el mismo proceso o en otro.

Reducción en origen: Cualquier modificación en procesos, instalaciones, procedimientos, composición del producto o sustitución de materias primas que comporte la disminución de la generación de corrientes residuales - en cantidad y/o peligrosidad potencial - tanto en el proceso productivo como en las etapas posteriores.

Residuo: Cualquier sustancia u objeto del que su poseedor se desprenda o tenga la obligación de desprenderse.

Residuo especial: Residuos con las propiedades de ser explosivos, comburentes, fácilmente inflamables, irritantes, nocivos, tóxicos, cancerígenos, corrosivos, infecciosos, teratogénicos, mutagénicos, ecotóxicos; sustancias o preparados que emiten gases tóxicos o muy

tóxicos al entrar en contacto con el aire y el agua o con un ácido; sustancias o preparados que, después de eliminarlos, son susceptibles de dar lugar a otra sustancia en un medio cualquiera, como por ejemplo un lixiviado que tenga algunas de las características mencionadas anteriormente (Directiva 91/689/CE).

Sistema de gestión medioambiental: Cualquier sistema que implante una empresa para organizar y controlar su gestión medioambiental.

Subproducto: Residuos que se pueden utilizar directamente como materias primas de otras producciones o como sustitutos de productos

comerciales, y que son recuperables sin necesidad de someterlos a operaciones de tratamiento.

Tratamientos a final de línea: Tratamientos de las corrientes residuales, aguas abajo del proceso productivo que las ha generado, normalmente dentro del mismo establecimiento industrial donde tiene lugar el proceso, con el objetivo de acondicionarlas para su vertido.

Valorización: Procedimiento que permite el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

3. LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La producción más limpia⁴ es una opción de gestión ambiental en la empresa que incluye la prevención de la contaminación en origen y la minimización de las corrientes residuales⁵, que son opciones que pretenden evitar la generación de contaminación como estrategia preferible al tratamiento finalista. La producción más limpia sigue esta estrategia y la aplica a los procesos y a los productos.

En cuanto a los procesos, la producción más limpia incluye la conservación de las materias primas, el agua y la energía, la eliminación o reducción de las materias primas tóxicas o de la cantidad y la toxicidad de las corrientes residuales superfluas⁶.

En lo que respecta a los productos, la estrategia tiene por objeto reducir todos los impactos durante el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas hasta el residuo final.

3.1. De los tratamientos a final de línea a la producción más limpia

La antinomia que provoca la limitada disponibilidad de recursos y la necesidad de crecimiento y progreso de nuestra sociedad (a la cual responden de forma decisiva las actividades industriales que la proveen de bienes y servicios) obliga a un replanteamiento de los procesos y mecanismos de gestión a la empresa. Las actividades industriales acompañan con demasiada frecuencia la provisión de bienes y servicios con una generación no deseada de materiales de rechazo e impactos sobre el medio, en unas cantidades y con una peligrosidad generalmente desconocidas por las empresas.

Desde un punto de vista histórico, se pueden diferenciar tres etapas que caracterizan la actitud y las responsabilidades de la industria en relación con el medio ambiente.

1. En primer lugar, se dio un largo período de producción industrial que permaneció al margen de cualquier consideración medioambiental. Este contexto cambió al surgir nuevas inquietudes respecto a la protección del medio ambiente, ya que se empezó a tomar conciencia de la limitación

⁴ El término *producción limpia* ha sido utilizado de forma maximalista como un estadio final idealizado. Nosotros preferimos el término *producción más limpia*, traducido del término inglés *Cleaner Production*, porque con éste se ejemplifica una característica más dinámica, que señala un movimiento tendencial de las empresas.

⁵ Inicialmente, en Cataluña, la minimización se orientó muy particularmente hacia la reducción del volumen y la toxicidad de los residuos más peligrosos, pero el concepto se amplió posteriormente hacia todas las corrientes residuales.

⁶ Corrientes residuales que se muestra de manera realista que se pueden evitar, o que se pueden reintroducir en el proceso productivo.

de los recursos del planeta y de los efectos derivados de los impactos producidos por las actividades industriales, entre otros, sobre el medio y la calidad de vida de las personas. Al mismo tiempo, también surgió una legislación ambiental⁷ asociada a estas nuevas inquietudes, y ello dio lugar a un nuevo escenario donde la empresa debe responder a las nuevas exigencias y considerar el antiguo sistema de producción, que no incorporaba criterios ambientales, como pretérito y obsoleto.

2. En respuesta a las nuevas demandas de protección del medio ambiente, y a la incipiente legislación ambiental, las empresas empezaron a prever la internalización de los costes ambientales ocasionados por su actividad industrial, iniciando una gestión ambiental con criterios correctores dirigida al tratamiento a final de línea de las corrientes residuales⁸. Los primeros pasos se orientaron hacia la construcción de numerosos equipamientos e instalaciones (plantas depuradoras, instalaciones de incineración, inertización o de vertido de residuos, etc.), con sistemas de tratamiento de residuos y emisiones industriales que, a menudo, favorecen el traspaso de contaminantes de un medio físico a otro y, por tanto, no son tan efectivos desde el punto de vista de la reducción integral de la contaminación. Estas medidas suponen gastos económicos, no “aportan valor”, solamente actúan una vez se ha generado la contaminación, y se deben practicar de forma reiterada porque no solucionan el origen de la contaminación.

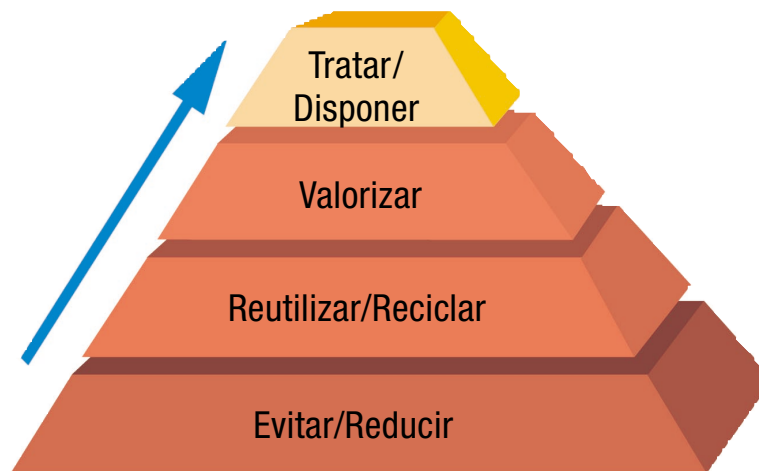
3. Hoy se está encauzando un camino que ha de provocar un verdadero cambio en la forma de abordar y gestionar la problemática de la contaminación y la generación y el tratamiento de las corrientes residuales a las empresas, que puede ir más allá del carácter prescriptivo de la legislación al ofrecer nuevas oportunidades de optimización y ahorro a las empresas. Aunque, evidentemente, no se ha de considerar como superadas, innecesarias o caducadas las instalaciones estrictamente correctoras, que son complementarias, las tendencias se orientan a la producción más limpia, ya que económica y ambientalmente prevenir es una hipótesis de trabajo y la primera opción que hay que estudiar, opción menos costosa que corregir.

Este orden de prioridades en la aproximación a la gestión ambiental en las empresas deberá seguir la secuencia que muestra la figura siguiente. (*Figura 1*)

⁷ De acuerdo con la publicación de la United States Environmental Protection Agency - *Waste Minimization. Environmental Quality with Economic Benefits* (April 1990. EPA / 530 - S W-90-044), no fue hasta bien entrada la década de los setenta que se empezaron a identificar las problemáticas asociadas a los residuos tóxicos y peligrosos (nombre que puede recibir otras denominaciones en función de lo que establezca la legislación local), al mismo tiempo que de forma paralela la Resource Conservation and Recovery Act empezó a desarrollar una extensa legislación dedicada al tema. En relación con este punto, en los EUA se desarrolló el *Toxic Release Inventory*, inventarios de emisiones de más de trescientas sustancias tóxicas sujetas a control.

⁸ Traducción del inglés *end-of-pipe (eop)*, y sinónimo del término *tratamiento a final de tubería*.

Figura 1
PRIORIDADES DE LA POLÍTICA AMBIENTAL



Justo es decir que, aunque las nuevas tendencias hacia la producción más limpia ya están bastante arraigadas como idea, aún hay empresas que tienen que superar una situación de partida y una serie de obstáculos básicos porque, en general, sus imperativos guardan más relación con los conceptos clásicos de la competitividad y la productividad, el nivel de ventas, etc., que con la minimización de los impactos y las corrientes residuales que generan. Los obstáculos a la hora de acometer programas y de implantar políticas de producción más limpia en las empresas se podrían expresar sintéticamente de la manera siguiente:

- I. La gestión del medio ambiente se considera una carga económica y no una oportunidad de optimizar procesos y disminuir costes.
- II. Muchas empresas no disponen de una información organizada y estructurada sobre su situación ambiental, tanto desde el punto de vista interno como externo.
- III. Los sistemas establecidos, la tradición, las rutinas, el trabajo cotidiano y los imperativos de producción hacen que muchas empresas tengan poca información sobre las estrategias de prevención y reducción de la contaminación en origen, las tecnologías y las técnicas que las hacen posibles y las ventajas competitivas que generan.
- IV. Aún son pocas las empresas que disponen, en su organización, de profesionales especializados para abordar las cuestiones ambientales generadas por sus procesos productivos y organizativos.
- V. Casi siempre se tiende a considerar, como objetivo principal, alcanzar los umbrales de emisión o de vertido establecidos en la legislación y no ir más allá, que es donde se puede hallar el auténtico beneficio marginal de la gestión ambiental.
- VI. Para muchos expertos y consultores ambientales, resulta más fácil recurrir a soluciones correctoras a final de línea que acometer acciones de prevención y reducción de la contaminación en origen, que impliquen adentrarse en los procesos productivos.
- VII. Los costes integrales de la gestión ambiental (recuperación, almacenamiento, transporte, disposición, tasas,...) son generalmente desconocidos e incorrectamente asignados al producto a modo de gasto general.

La producción más limpia presenta una serie de ventajas ante los tratamientos a final de línea de la contaminación, y es por ello que, como estrategia de gestión ambiental en la empresa, es preferible, aunque no nos podemos olvidar de que los tratamientos de final de línea, de ámbito corrector, son complementarios.

La P+L como estrategia integral de gestión

La producción más limpia es una estrategia de gestión empresarial que va más allá de objetivos concretos que puedan surgir puntualmente, y se traduce en una política que tiene en cuenta todo el proceso productivo en la empresa. Los tratamientos finalistas, en cambio, no tienen en cuenta todo el proceso productivo, y solamente se dedican a tratar efectos concretos sin afrontar su origen, y adoptan una postura a remolque de las problemáticas que vayan surgiendo.

La P+L como fuente de oportunidades

La producción más limpia optimiza los procesos que tienen lugar en la empresa, potencia la adaptación a las nuevas tendencias de cara a la eficiencia de los procesos, y posibilita el crecimiento y la competitividad de la empresa al mejorar sus condiciones de funcionamiento. Los tratamientos a final de línea, bien al contrario, no ofrecen nuevas oportunidades a la empresa, ya que responden solamente a la mitigación de las corrientes residuales que se generan. Podríamos decir que la producción más limpia potencia el software, y hace posible un análisis, unas oportunidades y un modo de funcionamiento más eficiente en la empresa, y el tratamiento a final de línea solamente se basa en el hardware, en la inversión en equipamientos e instalaciones, en tratamientos externos o, lo que es lo mismo, en actuaciones sin valor añadido.

La P+L como estrategia adaptable

Al estar incorporada como estrategia en el proceso productivo, la producción más limpia responde automáticamente a las variaciones que se puedan producir en este proceso (aumento de la productividad, incremento en el uso de determinadas materias, etc.), y se puede aplicar a un proceso concreto o en todos los procesos dentro de la empresa, a diferentes etapas de un proceso, o se puede iniciar por fases, respondiendo a las necesidades y posibilidades de la empresa.

El tratamiento a final de línea es menos adaptable, ya que solamente se concibe como fase suplementaria del proceso de producción y, por tanto, no puede responder tan fácilmente a los cambios que se producen en este proceso.

La P+L y los beneficios económicos

Al aplicar medidas viables de producción más limpia, se ahorran costes de tratamiento de las corrientes residuales, y al fomentar medidas más eficientes, también se ahorra en el consumo de agua, energía, materias primas, etc. A la vez, la optimización de los procesos productivos a los que da lugar la producción más limpia puede permitir un aumento de la productividad de la empresa⁹ ya que, por ejemplo, se puede dar un ahorro de tiempos susceptible de invertirse en el mismo pro-

⁹ La combinación de un uso de los recursos más eficientes con un incremento añadido de la productividad recibe el nombre de ecoeficiencia.

ceso, o con una tecnología más limpia se puede aumentar al mismo tiempo la producción. El tratamiento a final de línea no prevé un ahorro de costes para la empresa, sino que, por el contrario, **supone un coste añadido, constante y creciente, tanto por el aumento de producción que pueda tener la empresa como por las nuevas reglamentaciones que puedan surgir.**

La P+L y los beneficios ambientales

Al prevenir la generación de contaminación y el uso más eficiente de los recursos, la producción más limpia es una opción más positiva para el medio ambiente. El tratamiento a final de línea también es una opción que reduce la presión contaminante sobre el medio receptor, aunque actúa después de que ésta se haya generado y no favorece el uso más eficiente del agua, la energía, las materias primas, etc.

La P+L como política integral de participación

La producción más limpia es una política integral que mejora y optimiza la estructura del trabajo y el nivel técnico de la empresa. Al mismo tiempo, es una estrategia que adopta todo el personal de la empresa, desde el operario a pie de máquina hasta el directivo de la empresa, con un proceso de aprendizaje y concienciación previos y que se refleja en unas mejores prácticas ambientales y productivas. El tratamiento a final de línea incluye una actuación consciente del directivo que propone la medida, y del técnico que la implanta, pero no fomenta una actuación responsable que incluya la participación y los beneficios derivados de todo el personal.

La P+L y la imagen de la empresa

Toda estrategia que incorpora criterios ambientales favorece la imagen de la empresa. La producción más limpia y el tratamiento de las corrientes residuales cumplen este requisito, pero las tendencias actuales ponen de manifiesto que prevenir es mejor que corregir, tanto desde el punto de vista ambiental como económico y, por tanto, la prevención de la contaminación es la mejor imagen para la empresa.

El esquema que se muestra a continuación expone claramente las actuaciones que hay que llevar a cabo con el objetivo de promover la producción más limpia en la empresa. (*Figura 2*)

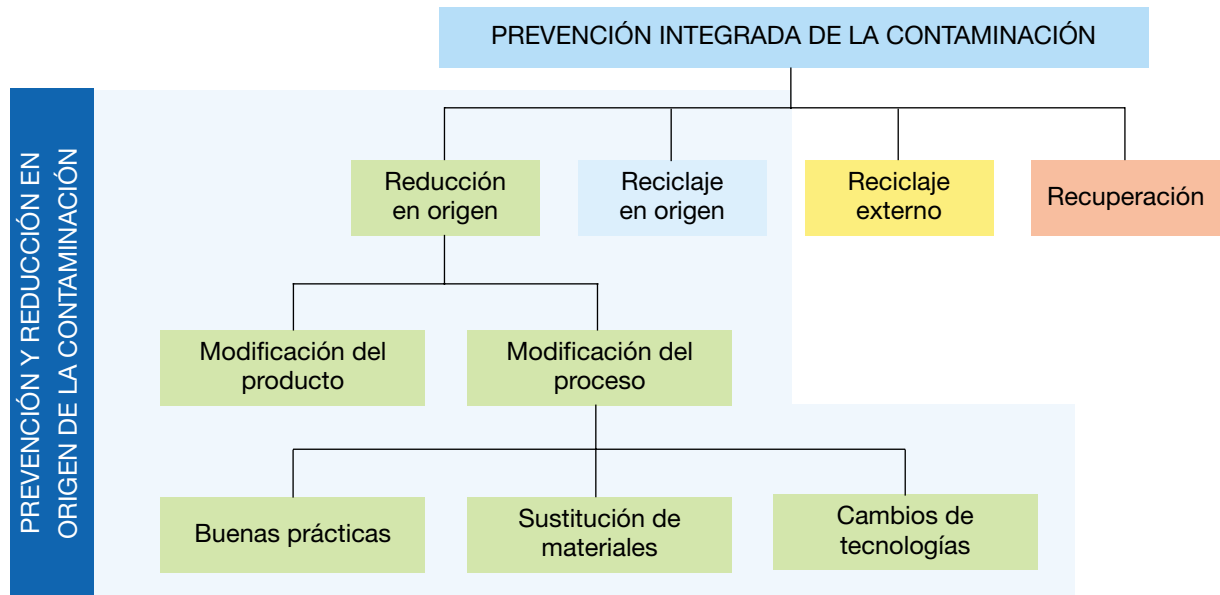
Una vez asumidas, como principio, las ventajas que la prevención en origen de la contaminación puede aportar a los procesos productivos, hay que pasar de la teoría a la práctica. ¿Cómo se pueden detectar en cada caso concreto las oportunidades de reducción en origen de la contaminación?

Y, lo que resulta fundamental para las empresas, ¿cómo se ha de decidir qué opciones (de prevención o tratamiento) resultan más viables y recomendables?

Es evidente que no se puede gestionar correctamente lo que se desconoce y/o está insuficientemente identificado o medido; en definitiva, diagnosticado.

Se precisa, pues, una herramienta de diagnóstico que permita a las empresas decidir las opciones y el grado de intensidad de cada una de ellas en el momento de diseñar su política ambiental. El DAOM es una de estas herramientas.

Figura 2
PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN EN ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN



4. GRUPOS DE TRABAJO

4.1. ¿Qué es un Grupo de Trabajo?

Un Grupo de Trabajo consiste, como su propio nombre indica, en la creación de un **grupo formado por un conjunto de empresas y uno o varios expertos con el objetivo de definir las alternativas de prevención y reducción de la contaminación en origen del sector o área geográfica al que representan las empresas que lo forman**. A partir del análisis y el trabajo con un número concreto de empresas, se pretende extraer una información aplicable a otras empresas similares (del mismo sector o con la misma problemática) que no han participado en el Grupo de Trabajo. De este modo, trabajando sobre un número reducido de empresas, se obtienen las alternativas tipo de minimización para un sector industrial o área geográfica concretos.

El número de empresas participantes es variable, pero no debería ser nunca inferior a seis, ya que la representatividad del sector se pierde a medida que disminuimos el número de empresas que participan. El margen superior es más difícil de establecer, ya que dependerá mucho de la complejidad de los procesos del sector industrial estudiado, en el caso de los Grupos de Trabajo sectoriales, y de la diversidad de los sectores industriales presentes en la zona geográfica abarcada, en el caso de los Grupos de Trabajo territoriales. No obstante, un número de empresas superior a 10 haría que el desarrollo del trabajo fuera demasiado lento y poco práctico. La duración del Grupo de Trabajo no debería superar los 6 meses.

La metodología del Grupo de Trabajo consiste en la realización de un Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización (DAOM)¹⁰ individual para cada una de las empresas¹¹ que componen el Grupo, así como una serie de reuniones periódicas de los representantes de las empresas con el experto que dirige el Grupo de Trabajo a fin de tratar las medidas de prevención de la contaminación adecuados a los intereses del sector o área territorial a los que represente el Grupo.

Como resultado final, se obtendrá un informe que recoja las alternativas de minimización aplicables al sector o área geográfica representados, los puntos importantes discutidos y presentados en las reuniones, y un DAOM individual para cada una de las empresas participantes. La información contenida en el informe final será de carácter anónimo y no se incluirán los nombres de las empresas participantes.

¹⁰ Ver Guía sobre “DAOM: Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización”, publicada en castellano, inglés, francés y árabe por el Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia del Plan de Acción para el Mediterráneo. ISBN 84-393-5126-7 Mayo 2000.

¹¹ En Cataluña la información contenida en el DAOM es totalmente confidencial y sólo será conocida por la empresa diagnosticada, el experto (que firma una cláusula de confidencialidad en el contrato) y el CEMA. El CEMA se compromete a no difundir dicha información y mantener la absoluta confidencialidad de los datos.

A diferencia de otras herramientas, como pueden ser algunas auditorías sectoriales elaboradas sin contacto directo con las empresas, **el Grupo de Trabajo se basa en un trabajo interactivo de todas las empresas participantes, que aportan la información real sobre su situación y exponen los puntos débiles y fuertes del sector o zona geográfica estudiados, con el experto, que estudia y presenta las soluciones adecuadas a partir de la problemática existente.** Debido a este trabajo tan directo con las empresas, en muchas ocasiones, el Grupo de Trabajo llega a abarcar otros temas aparte de la prevención en origen de la contaminación, ya que se exponen otras problemáticas medioambientales que preocupan a las empresas (por ejemplo: como resultado del análisis de las corrientes residuales se puede detectar la falta de gestores autorizados para un residuo específico del sector). Esta estrecha colaboración con las empresas, permite a la Administración conocer a la perfección las características y preocupaciones del sector o zona geográfica estudiados y poder trabajar en la búsqueda de soluciones a los problemas detectados.

El DAOM realizado en cada empresa perteneciente al Grupo de Trabajo detecta las oportunidades de minimización y propone alternativas para cada una de ellas. **Cada empresa participante dispondrá, por tanto, de un diagnóstico de minimización hecho a medida, pero además se podrá aprovechar del intercambio de conocimientos con otras empresas durante las reuniones.** Este es, pues, el valor añadido que aporta la participación en un Grupo de Trabajo a las empresas interesadas en realizar un DAOM. Por ejemplo, puede ocurrir que una de las alternativas propuestas en el DAOM de algunas de las empresas participantes ya haya sido implantada en otra empresa del Grupo de Trabajo. En las reuniones del Grupo de Trabajo, esta empresa tendrá ocasión de compartir su experiencia con el resto de las empresas interesadas y explicar las razones que llevaron a su implantación. Sin duda, uno de los motivos que más convence a una empresa a la hora de rediseñar un producto o modificar un proceso (aparte del beneficio económico y medioambiental previsto) es conocer que la alternativa ha sido implantada con éxito en otra empresa similar.

El informe final presenta los procesos industriales estudiados y las oportunidades de minimización detectadas para dichos procesos, y recoge todas las alternativas tipo del sector/es estudiado/s, evitando establecer las alternativas específicas de una empresa concreta que sean de difícil aplicación en el resto de las empresas de su sector. Por ejemplo, éste sería el caso de una empresa que lleve a cabo un proceso que no se realice en ninguna otra empresa de su país.

Una vez concluido el Grupo de Trabajo, el informe final se pone a disposición del resto de empresas que no hayan participado a fin de dar a conocer las alternativas de minimización técnica y económicamente viables de su sector, así como los temas tratados durante las reuniones (presentación de tecnologías, intereses y preocupaciones de las empresas participantes, etc.) y las conclusiones del Grupo de Trabajo.

4.2. Tipos de Grupo de Trabajo

Un Grupo de Trabajo tiene objetivos diferentes según si es de tipo sectorial o territorial. **El Grupo de Trabajo sectorial tiene como objetivo definir las alternativas de minimización de un sector industrial determinado**, extraídas a partir de un grupo de empresas representativo del sector. El resultado del Grupo de Trabajo será, por tanto, una serie de alternativas de minimización aplicables a las empresas del sector.

En un **Grupo de Trabajo territorial** las empresas pueden pertenecer al mismo sector industrial o a sectores diferentes: **el ámbito de estudio es una zona geográfica con una problemática específica**. En este caso, el resultado deberá consistir en una serie de alternativas de minimización para solucionar la problemática medioambiental de esa zona geográfica en concreto.

Supongamos que una cuenca hidrográfica se encuentra altamente afectada por la actividad industrial presente en la zona. En este caso, sería necesaria una actuación en las industrias a fin de reducir el impacto sobre el río al que éstas vierten las aguas residuales. Pongamos el ejemplo de que la degradación del río se deba a una alta concentración de materia orgánica. El Grupo de Trabajo enfocará su labor a encontrar las alternativas de prevención y reducción en origen de las aguas residuales con alto contenido en compuestos orgánicos, sea cual sea el sector al que pertenezcan las empresas del área geográfica estudiada¹².

También puede ocurrir que el Grupo de Trabajo territorial no se centre en una problemática específica y que abarque todas las corrientes residuales generadas en la zona de estudio. Tanto si se centra en una problemática concreta, como si ésta es de ámbito general, en el caso de un Grupo de Trabajo territorial es necesario realizar un análisis previo de la problemática presente en el territorio abarcado a fin de conocer los siguientes puntos:

- Medio/s afectado/s (agua, suelo, aire, ...).
- Contaminantes presentes en los medios afectados.
- Sectores industriales responsables de la contaminación.

A partir de este análisis se podrán definir las empresas que deberán integrar el Grupo de Trabajo territorial. Normalmente, existirá más de una empresa de cada sector/subsector industrial presente en la zona (aunque depende de las dimensiones de la zona abarcada) y se deberá elegir una serie de empresas que representen adecuadamente la problemática del sector y territorio al que pertenecen. Es posible, también, que un sector industrial esté representado por una única empresa en la zona geográfica estudiada. En este caso, ésta deberá incluirse siempre y cuando su participación sea necesaria porque está directamente relacionada con la problemática estudiada.

En el caso de los Grupos de Trabajo territoriales, en el informe final se puede llegar a valorar la reducción de la contaminación que se alcanzaría en el territorio estudiado si las empresas participantes implantaran las alternativas de prevención de la contaminación propuestas. Es difícil extrapolar dicha valoración al resto de empresas presentes en la zona geográfica abarcada que no hayan participado en el Grupo de Trabajo, ya que no se conoce su potencial de minimización (sin un diagnóstico de minimización previo de las empresas o una declaración de la empresa, es imposible conocer qué alternativas están ya implantadas y si las no implantadas son viables o no)¹³.

¹² Aunque en este ejemplo el enfoque sea muy concreto, se debe tener en cuenta la generación de otras corrientes residuales en las empresas para evitar el traspaso de contaminación de un medio a otro.

¹³ El Grupo de Trabajo aporta las alternativas aplicables a un mismo sector industrial, pero respecto a aquellas empresas que no han participado en el Grupo de Trabajo se desconocen el resto de parámetros que definen si una alternativa es o no viable: espacio, presupuesto, calidad de producto, etc.

4.3. Actores que intervienen y el Convenio de Colaboración

Cuando el CEMA diseñó la metodología de los Grupos de Trabajo definió los siguientes actores¹⁴:

- Las empresas.
- El/los experto/s.
- La Administración medioambiental.
- La asociación empresarial.

A continuación, se detallan las funciones asignadas a cada uno de ellos cuando se lleva a cabo un Grupo de Trabajo.

Las empresas

Las empresas son el objeto de estudio y aportan información real sobre el grado de implantación de la prevención en origen de la contaminación. Además, su participación es básica para poder contrastar la viabilidad de las alternativas y proponer las más adecuadas para cada caso (a veces, las empresas demuestran que algunas soluciones “de libro” no son aplicables a la práctica).

El/los experto/s

El experto aporta los conocimientos sobre prevención de la contaminación en el sector o los sectores industriales estudiados y dirige el Grupo de Trabajo. Asimismo, debe estar familiarizado con la metodología del DAOM. El experto es quien realiza los DAOM en las diferentes empresas, prepara las reuniones del Grupo de Trabajo, busca las alternativas de minimización aplicables al sector estudiado y elabora el informe final.

La Administración

La Administración competente en materia de medio ambiente y, en el caso de que exista, de producción más limpia¹⁵, tiene como función difundir el concepto de producción más limpia entre las empresas y presentar la herramienta del Grupo de Trabajo y las ventajas de llevarlo a cabo. También propone la realización de un Grupo de Trabajo a sectores industriales potencialmente contaminantes o a las empresas ubicadas en una zona vulnerable cuando lo considera especialmente beneficioso para el medio ambiente¹⁶.

Durante la elaboración del Grupo de Trabajo, la Administración colabora con las empresas velando por el seguimiento de la metodología establecida por parte del experto.

Está claro que el órgano de la Administración que participa en el Grupo de Trabajo no puede tener asignadas funciones inspectoras, sancionadoras o de control, ya que debe colaborar estrechamente con las empresas y será más fácil crear un clima de confianza si sus funciones son

¹⁴ Los actores y sus funciones pueden variar en función de la modalidad de implantación del Grupo de Trabajo.

¹⁵ En Cataluña se lleva a cabo desde el CEMA.

¹⁶ En Cataluña, la adhesión de las empresas a los Grupos de Trabajo es totalmente voluntaria.

exclusivamente de asesoramiento y ayuda y se asegura que no se difundirá la información de las empresas¹⁷.

Una vez finalizado el Grupo de Trabajo, la función de la Administración consiste en la difusión de la información recogida en el informe final¹⁸ entre el resto de empresas para fomentar la implantación de la producción más limpia¹⁹.

Además, se recomienda llevar a cabo un seguimiento del estado de implantación de las alternativas para comprobar periódicamente la eficacia de los Grupos de Trabajo. Sería aconsejable, por tanto, que durante la realización del Grupo de Trabajo se establecieran indicadores medioambientales adecuados para facilitar su seguimiento.

La asociación empresarial

En una primera fase de contacto, la asociación empresarial suele actuar como intermediario en la comunicación Administración-Empresa. La asociación empresarial convoca a las empresas a la reunión inicial de presentación de la metodología del Grupo de Trabajo y asegura la participación de un número adecuado de empresas, para garantizar el correcto funcionamiento de la herramienta.

Una vez que se decide llevar a cabo el Grupo de Trabajo, la asociación empresarial coordina la tarea burocrática (adhesión de las empresas, convocación de reuniones, etc.) y, normalmente, facilita las instalaciones para las reuniones.

Pero su papel más importante es que representa otra vía más de difusión, entre sus asociados, de la información contenida en el informe final.

4.4. El Convenio de Colaboración

En el caso de Cataluña, los Grupos de Trabajo se forman a partir de la firma de un Convenio de Colaboración entre el CEMA y la asociación empresarial correspondiente. Las empresas se adhieren al citado convenio a través de un documento de adhesión individual para cada una de ellas.

En el caso de Cataluña, el Convenio de Colaboración aborda los siguientes puntos:

- Objetivo del convenio.
- Obligaciones de las partes firmantes.
- Metodología del Grupo de Trabajo.
- Financiación.
- Confidencialidad del CEMA y del experto.

¹⁷ En Cataluña, el CEMA desempeña estas funciones y mantiene la confidencialidad de la información facilitada por las empresas.

¹⁸ La información recogida en el informe final es anónima y no hace referencia a ninguna empresa en concreto.

¹⁹ El Departamento de Medio Ambiente de la Generalidad de Cataluña colabora económicamente en la realización de los grupos de trabajo de los sectores considerados prioritarios, aportando, según los casos, entre un 50-80 % del presupuesto. Además, el CEMA, una vez finalizados los DAOM individuales, informa a las empresas de las diferentes líneas de ayuda abiertas desde la Administración para llevar a cabo las inversiones necesarias.

En el caso de los Grupos de Trabajo territoriales, puede ocurrir que no exista ninguna asociación empresarial territorial que represente a todas las empresas participantes. Si se diera esta circunstancia, sería bastante lento y complicado firmar un convenio con cada una de las asociaciones empresariales de los sectores representados y, en consecuencia, se valorarían dos opciones:

- Firmar un Convenio de Colaboración entre todas las empresas participantes y la Administración medioambiental correspondiente.
- No firmar ningún Convenio de Colaboración y contratar individualmente cada uno de los DAOM y la elaboración del informe final.

En estos casos, las funciones de la asociación empresarial las asumirá la Administración medioambiental.

En la tabla 1 se resumen las funciones de cada uno de los actores.

Tabla 1: Funciones de los actores

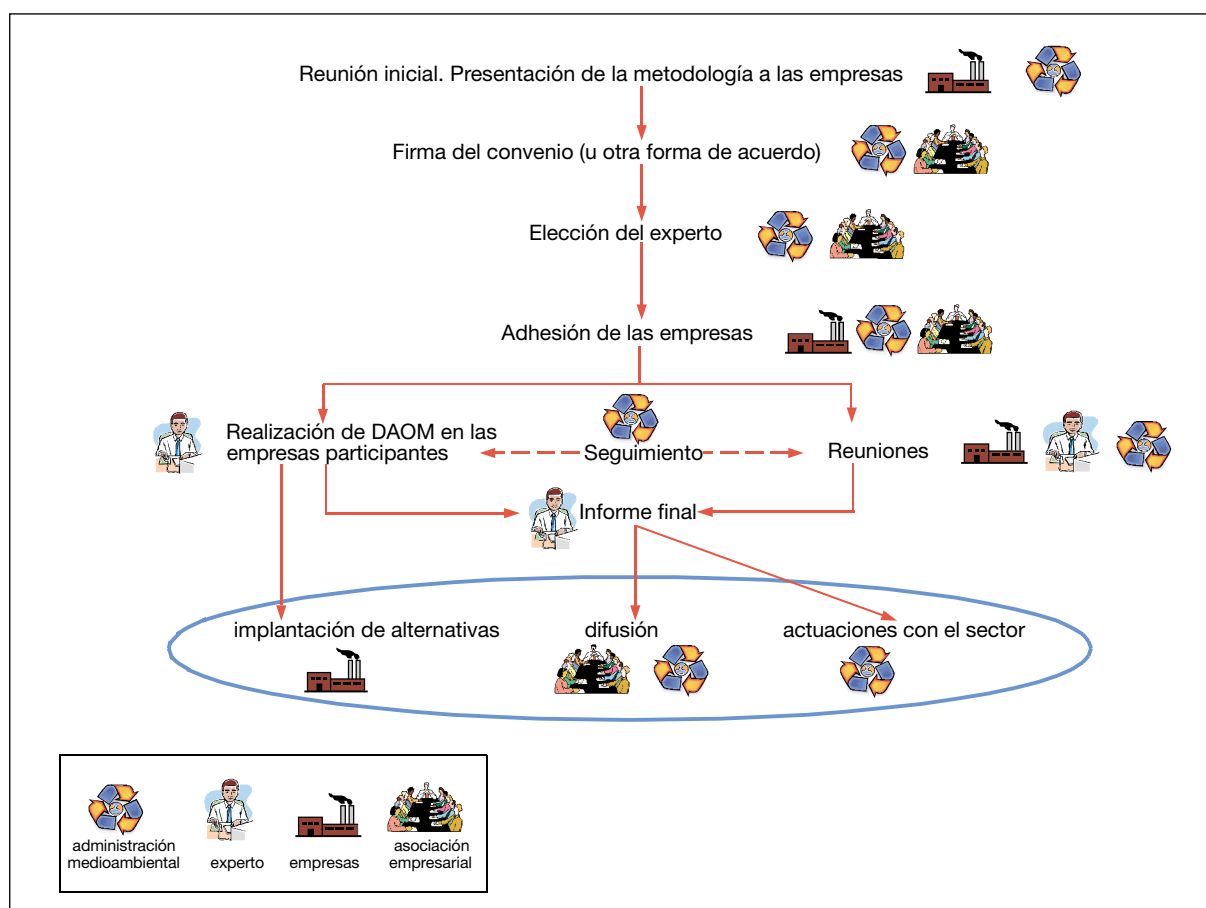
Función	Actor
Convocatoria de las empresas	Asociación empresarial
Presentación de la metodología a las empresas	Administración
Firma del convenio	Asociación empresarial y Administración
Adhesión al convenio	Empresas
Realización de los DAOM individuales	Experto
Preparación de las reuniones	Experto
Asistencia a las reuniones	Experto, Empresas y Administración
Elaboración informe final	Experto
Difusión resultados del informe final	Asociación empresarial y Administración
Implantación de las alternativas ²⁰	Empresas
Seguimiento implantación de las alternativas	Administración

²⁰ En Cataluña, la implantación de las alternativas propuestas en el DAOM es de carácter voluntario.

5. METODOLOGÍA Y ELEMENTOS DEL GRUPO DE TRABAJO

Antes de comenzar con la ejecución de un Grupo de Trabajo se han de realizar una serie de trámites previos para asegurar su correcta puesta en marcha. Estos trámites, así como la metodología empleada en la realización, propiamente dicha, del Grupo de Trabajo —DAOM, reuniones y elaboración del informe final— se presentan a continuación.

Figura 3
METODOLOGÍA DE LOS GRUPOS DE TRABAJO



5.1. Trámites previos

Reunión inicial

Como ya se ha explicado anteriormente, la iniciativa para la realización de un Grupo de Trabajo puede surgir desde diferentes ámbitos. Así, éste puede ser promovido por las propias empresas, por la Administración, por el experto, etc. Independientemente de quién sea el promotor, se pre-

sentará la metodología a las empresas en una reunión inicial²¹ (fig.4). En esta reunión se dejarán claros los siguientes aspectos:

- Ventajas medioambientales, económicas y competitivas de la aplicación de la producción más limpia.
- Metodología del Grupo de Trabajo y los aspectos positivos de su elaboración.
- Tareas y funciones que corresponden a cada uno de los actores.
- Condiciones de confidencialidad que se mantendrán a lo largo de todo el Grupo de Trabajo y después de su realización.
- Posibilidades de financiación existentes.

Ese será el momento de aclarar todas las dudas que puedan surgir y, por tanto, debe ser una reunión participativa y con un turno de preguntas y respuestas abierto y cordial. No se debe olvidar que en muchos casos no existe un contacto frecuente entre las empresas y la Administración y del desarrollo de la reunión inicial depende en gran medida que las empresas adopten una actitud participativa y una buena predisposición para formar parte del Grupo de Trabajo.

Figura 4
ÍNDICE DE LA PRESENTACIÓN

Índice de la presentación de la metodología de GT en la reunión inicial (CEMA)
<ul style="list-style-type: none">• ¿Qué es la producción más limpia?• Ventajas de la producción más limpia• Presentación del CEMA• ¿Qué puede hacer el CEMA por las empresas?• Grupos de Trabajo:<ul style="list-style-type: none">—Definición—Composición—Objetivos—Obligaciones de los diferentes actores—Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización (DAOM)—Posibilidades de ayudas económicas

Para evitar que los trámites burocráticos retrasen demasiado el comienzo de la actividad del Grupo de Trabajo, durante la reunión inicial se puede solicitar a las empresas que deseen participar que lo comuniquen lo antes posible. Es interesante marcar un plazo máximo de presentación de la solicitud de adhesiones por parte de las empresas, que puede quedar definido el día de la reunión inicial.

Elección del experto

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo del Grupo de Trabajo es la elección del experto. El experto debe reunir la serie de características que se detallan a continuación:

²¹ En Cataluña, el CEMA se encarga de presentar la metodología a las empresas.

- *Capacidad técnica para la realización de los DAOM.* Esto supone conocer el/los sector/es industrial/es a los que pertenecen las empresas participantes y estar al día de las alternativas de minimización existentes para cada uno de ellos. Si el experto no tiene claro el concepto de minimización creará confusión entre las empresas y, además, no se conseguirá el objetivo del Grupo de Trabajo²².
- *Capacidad de dirección y organización de un grupo.* Durante las actividades del Grupo de Trabajo, el experto, con ayuda del responsable de la Administración, conduce las reuniones y redirige los temas tratados cuando es necesario. Una dirección deficiente podría redundar en unas reuniones de contenidos pobres o equivocados.
- *Capacidad para hacer participar al grupo.* En cualquier reunión, si tras la presentación de la información el interlocutor no consigue que los oyentes participen activamente y se generen comentarios y preguntas, muy probablemente significará que el tema no era de interés para estos y, por tanto, de poco habrá servido la reunión. El experto ha de conocer o averiguar qué cuestiones preocupan a las empresas y tratarlas en las reuniones. Además, ha de crear un clima de confianza que propicie una elevada participación. De esta manera obtendrá información de primera mano para poder valorar las diferentes alternativas de mejora. Nadie puede ayudar al experto a valorar la viabilidad de una alternativa mejor que las propias empresas. Por ejemplo, el experto puede conocer una alternativa consistente en la sustitución de una materia prima en una etapa del proceso, con la que se generen menos residuos y que además tenga un precio de compra más barato que la que se utilizaba habitualmente en las empresas del Grupo de Trabajo. Incluso puede obtener datos de implantación de esta alternativa en otras empresas, en principio, similares a las del Grupo de Trabajo. A primera vista resulta una alternativa técnica y económicamente viable. Sin embargo, puede ser que la calidad del producto acabado disminuya con respecto a la materia prima empleada hasta el momento y que las exigencias de calidad de los clientes de las empresas participantes no permitan su utilización. Si el experto no consigue la participación de las empresas en la reunión, al acabar ésta, se sabrá si no implantarán la alternativa; pero el experto igualmente la propondrá en cada uno de los DAOM²³.
- *Capacidad de síntesis.* Una vez elaborados los DAOM y finalizadas las reuniones del Grupo de Trabajo, el experto deberá elaborar un informe final que recoja las alternativas aplicables y las conclusiones del trabajo extraídas de los DAOM y de las reuniones llevadas a cabo. Si el experto no es capaz de sintetizar toda la información obtenida, se corre el peligro de que el informe final consista en un mero recopilatorio de alternativas de minimización y de actas de reuniones. Es preciso que el experto analice toda la información y presente las conclusiones, ya que este informe servirá para trabajar después con otras empresas del sector o del territorio estudiado y para llevar a cabo actuaciones desde la Administración para la ayuda a la implantación de la producción más limpia.

²² Aunque este tipo de advertencias puedan resultar obvias, son decisivas a la hora de asegurar el éxito del Grupo de Trabajo. Reunir a un grupo de empresas para trabajar en un tema tan “novedoso” como la producción más limpia no es tarea fácil y debemos asegurarnos de que se saca algún provecho de ello y de que, con acciones de este tipo, contribuimos a la implantación de la producción más limpia. Una elección desafortunada del experto sería dar un paso en falso en el esfuerzo de introducir el concepto de producción más limpia en la industria.

²³ Como ya hemos repetido varias veces, el experto ha de conocer el sector industrial y las alternativas de minimización existentes, pero no se le puede exigir que conozca todas las variables que hacen viables las alternativas, ya que, en bastantes ocasiones, nadie más que la empresa puede aportar toda la información necesaria.

Adhesión de las empresas

Antes de contratar al experto y de que el Grupo de Trabajo comience a actuar se deberá asegurar la participación de un número de empresas lo suficientemente alto como para obtener un grupo representativo. Sólo de esta manera podremos tener por seguro que la información obtenida se corresponde con la realidad de un sector industrial o de un territorio concretos. La realización de un Grupo de Trabajo supone para las empresas y la Administración asignar una parte de sus recursos humanos y económicos a dicha actividad. Con la firma de un documento de adhesión al convenio (en caso de éste exista) o de un contrato, se garantiza la participación de las empresas.

El mayor valor añadido que aporta un Grupo de Trabajo a las empresas es el intercambio de experiencias con otras empresas. Por tanto, en el caso de que el número de empresas dispuestas a participar no garantice la representatividad del Grupo de Trabajo, es preferible recomendar a estas empresas que realicen un DAOM individual y esperar a tener un número suficiente de participantes para poder formar el Grupo de Trabajo más adelante.

5.2. DAOM individuales

No se pretende repetir en el presente manual todo lo recogido anteriormente en la Guía de “DAOM: Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización”²⁴. No obstante, debido a que forma parte del proceso de creación del Grupo de Trabajo, a continuación se presenta un resumen de la metodología para llevar a cabo un DAOM.

Visita y reunión iniciales

Antes de comenzar a efectuar el diagnóstico, el experto debe visitar la empresa. Si bien durante la reunión inicial ya se habrán definido claramente los objetivos del trabajo, esta primera visita servirá para poder preparar mejor las visitas de trabajo posteriores y conocer las áreas en las que será necesario hacer especial hincapié.

Definición de las directrices básicas

La primera fase de planificación de un DAOM requiere tener bien definidos los aspectos siguientes:

- Alcance del estudio.
- Áreas y los procesos significativos.
- Cuestiones clave sobre las cuales hay que centrarse.
- Aspectos que se pueden excluir.
- Lista de personas que se tendrán que visitar y su cargo.
- Método de recogida de datos (internos y externos).

²⁴ Esta guía ha sido publicada en castellano, inglés, francés y árabe por el Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia del Plan de Acción para el Mediterráneo en mayo de 2000.

Presentación de la propuesta de trabajo

En el caso de los Grupos de Trabajo, muchos de los puntos ya habrán sido concretados en la reunión inicial y en el contrato realizado con el experto. No obstante, éste es el momento de dejar claro el objetivo del trabajo y el grado de participación que se espera de la empresa, así como explicar a todos los interlocutores la finalidad del trabajo y la importancia de su participación.

Visitas de trabajo

Según la complejidad de los procesos y el tamaño de la empresa se llevarán a cabo más o menos visitas para la recogida de datos y la revisión de los procesos y las instalaciones. Normalmente, entre dos y cuatro visitas a la empresa son suficientes.

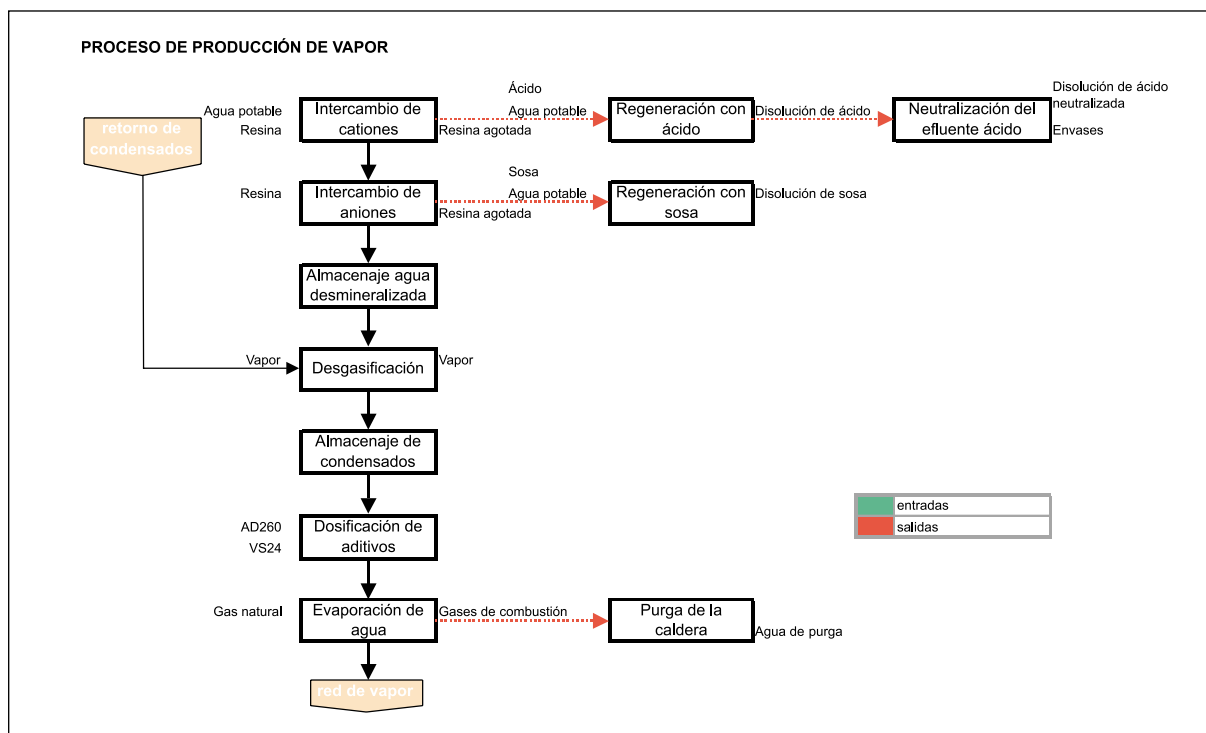
Para la recogida de información se realizan entrevistas al personal y visitas a las instalaciones. Para facilitar esta tarea es conveniente que el experto prepare un sistema ordenado y estructurado de los procesos industriales, ya que posteriormente se analizarán los diferentes procesos por el método de cajas negras²⁵. Por tanto, cuanto mayor cantidad de información, segregada por procesos, se pueda conseguir, más ajustado será el análisis. La información también se puede estructurar según las corrientes residuales, pero desde nuestro punto de vista resulta más adecuado hacerlo por procesos. No obstante, ocurre muchas veces que la información disponible es general de la empresa y no está segregada por procesos (es el caso, en muchas ocasiones, del consumo de recursos naturales y de la generación de corrientes residuales). En este caso, se intentará cuantificar lo máximo posible, pero recordando que no se trata de un proyecto de detalle y que siempre se pueden realizar cálculos empíricos o estimaciones de datos, cuando sea imposible la obtención rápida y sencilla de datos reales y precisos.

Tratamiento de la información

Como ya se ha comentado anteriormente, se lleva a cabo un tratamiento de la información recogida, estructurada en cajas negras, hasta conseguir el grado de detalle necesario. En esta fase se solicitan los datos que faltan para poder definir los recursos implicados en los diferentes procesos (materias primas, materias auxiliares, agua, energía, etc.) y las corrientes residuales, así como dónde se originan y en qué cantidad. Es decir, se trata de realizar balances de materia a fin de definir las pérdidas más significativas de los procesos y actividades. (fig. 5)

²⁵ Cada proceso o subproceso industrial (según el grado de detalle que se pretenda conseguir) se representa por una caja en la que se produce un flujo de materiales (entradas: materias primas, energía, consumo de agua; salidas: productos, subproductos, corrientes residuales, calor...). Las entradas y salidas de materiales se deberán cuantificar para poder llevar a cabo un balance de materia y detectar a partir del análisis de dicho balance las oportunidades de minimización para cada proceso.

Figura 5
DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PROCESO



Evaluación de las oportunidades de minimización

Para cada corriente residual se tiene que estudiar:

- Cantidad generada.
- Proceso que la genera.
- Impacto ambiental.
- Gastos ocasionados atribuibles a la generación de la corriente residual.

De esta manera se habrán identificado las oportunidades concretas de mejora.

Estudio de las alternativas de minimización

Para cada oportunidad de mejora se deben estudiar las alternativas existentes, valorando su beneficio ambiental y su viabilidad técnica y económica. Las alternativas propuestas serán de reducción o de reciclaje en origen de la contaminación, aunque darán prioridad a la reducción frente al reciclaje.

Primero se analizará la viabilidad técnica de la alternativa, para verificar si es implantable en la empresa estudiada, ya que pueden existir multitud de condicionantes técnicos que imposibiliten su implantación (falta de espacio, problemas de calidad, incompatibilidad con otros procesos, etc.).

Posteriormente se analizará la viabilidad económica calculando el ahorro neto que supone la implantación de la alternativa y el período de retorno de la inversión. Como norma general, se con-

sidera que una alternativa es económicamente viable cuando el periodo de retorno de la inversión es inferior a 3 años y no viable cuando éste es superior a 10 años. En los casos intermedios es recomendable realizar un análisis económico más ajustado calculando el VAN²⁶ y el TIR²⁷.

Presentación del documento final

Antes de presentar el documento final se facilita un borrador a la empresa. Una vez ésta ha comprobado que los datos incluidos en el DAOM son correctos, se presenta y entrega el documento final. En este momento se organizará una reunión con la empresa para comentar las cuestiones detectadas que cabría mejorar y las alternativas propuestas.

Esta reunión no tiene nada que ver con las reuniones del Grupo de Trabajo, ya que, en vistas a mantener la confidencialidad del trabajo realizado y de los datos obtenidos, sólo estarán presentes el responsable de la empresa diagnosticada, el experto y el representante de la Administración.

5.3. Reuniones

Preparación de las reuniones del Grupo de Trabajo

Antes de llevar a cabo la primera reunión es conveniente que el experto haya realizado la visita previa a cada una de las empresas participantes. De esta forma contará con la información necesaria (tipo de empresa, procesos realizados, tecnologías utilizadas, materias primas empleadas, grado de implantación de las buenas prácticas, etc.) para poder ajustar el contenido de las reuniones a la medida de las empresas participantes. De hecho, puede ocurrir que, una vez visitadas las empresas, el experto crea conveniente dividir el Grupo de Trabajo en dos o tres subgrupos. Esto puede deberse, por ejemplo, en el caso de los Grupos de Trabajo sectoriales, a que el grado de desarrollo tecnológico es muy diverso, o el tamaño de las empresas demasiado desigual, y que, en consecuencia, sea necesario tratar los temas de diferente manera para cada uno de los subgrupos.

Otra ventaja de haber realizado la visita previa a las empresas es que en esta primera toma de contacto se puede detectar alguna de sus inquietudes (por ejemplo, una nueva tecnología que no se conoce suficientemente, o el desconocimiento de las posibles ventajas de ajustar un proceso ya existente).

Con todos los *inputs* recibidos de las empresas y con su conocimiento intrínseco de la materia, el experto preparará el contenido de las reuniones.

El número de reuniones que conviene realizar a lo largo del periodo de actividad del Grupo de Trabajo es variable y debe definirse en el momento de contratación del experto. Es recomendable, de todos modos, que se celebre al menos una reunión al mes, ya que un intervalo de tiempo superior entre reuniones las haría demasiado esporádicas como para facilitar la comprensión y la asimilación del concepto de producción más limpia por parte de los participantes.

²⁶ VAN: Valor actual neto. Es el valor actualizado de los beneficios diferenciales que se generan cada año. Representa los beneficios que se generarán durante la vida de la inversión, medidos a su inicio. El VAN positivo significa que la inversión es rentable y cuanto mayor es el valor, más interesante resulta la inversión.

²⁷ TIR: Tasa interna de rentabilidad. Es el interés al cual el valor actualizado de los beneficios diferenciales acumulados cada año iguala al valor de la inversión realizada. Se calcula igualando el VAN a cero.

Temas a tratar

Los temas de las reuniones se definirán en función del grado de conocimiento que presente el Grupo de Trabajo en referencia a la producción más limpia. De hecho, en ocasiones es necesario realizar una breve explicación de los conceptos más fundamentales y exponer los diferentes requisitos legales en materia de medio ambiente aplicables a las empresas participantes. No obstante, no se debe olvidar el objetivo del Grupo de Trabajo y, por tanto, estas explicaciones deben ser breves y no ocupar más de una o dos sesiones.

Los temas que se deben tratar en las reuniones son:

- Corrientes residuales generadas en el/los sector/es y su impacto ambiental.
- Alternativas de minimización aplicables.
- Nuevas tecnologías y nuevos materiales: el experto puede contar con la ayuda del proveedor de la tecnología o material, quien podrá responder con exactitud a las preguntas de las empresas. Asimismo, si alguna de las empresas participantes ha implantado en su empresa la alternativa presentada, será de gran interés que exponga su experiencia al resto de empresas.
- Buenas Prácticas Ambientales aplicables²⁸.

En alguno de los Grupos de Trabajo creados en Cataluña se llevó a cabo una experiencia práctica en la que cada participante aportaba los datos de su empresa necesarios para el estudio de la implantación de una alternativa concreta y realizaba el estudio de la viabilidad de la misma. A simple vista, esta experiencia puede parecer demasiado sencilla como para resultar interesante, pero no se debe presuponer que todas las empresas están acostumbradas a realizar este tipo de cálculos y balances en lo que se refiere a medio ambiente y que están al corriente de que se obtienen ventajas económicas con la aplicación de la producción más limpia.

Fuera del temario preestablecido y a partir de las intervenciones de las empresas participantes pueden surgir temas de gran interés para todo el colectivo. Estos temas son tanto o más importantes que los detallados en el temario (ya se ha comentado que las empresas disponen de alguna información no accesible al resto de los actores). En algunos casos puede ocurrir que el número de temas aportados por las empresas sea tan elevado que obligue a convocar sesiones adicionales.

Es conveniente que el experto redacte el acta de cada reunión, para garantizar que queda constancia de todos los temas en el informe final.

Seguimiento y valoración del Grupo de Trabajo

El representante de la Administración ambiental debe asegurarse del correcto funcionamiento del Grupo de Trabajo, por lo que es conveniente realizar una encuesta u otro tipo de sondeo durante su transcurso (*fig. 6*). De este modo, cualquier problema que se detecte podrá ser solucionado a tiempo (cambio en el temario de las reuniones, modo de realización de los DAOM, etc.). El inicio o final de una reunión es un buen momento para llevarlo a cabo.

²⁸ Ver la Guía "Diseño y aplicación de un programa de Buenas Prácticas Ambientales en la industria" publicada por el Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia del Plan de Acción para el Mediterráneo.

Por otro lado, para favorecer un clima distendido y la confianza de las empresas, durante las intervenciones de las empresas es recomendable que el representante de la Administración evite tomar apuntes. En caso de que éste lo considere necesario en un momento dado, sería conveniente que explicara los motivos abiertamente. A simple vista, esta recomendación puede resultar algo chocante para los técnicos de las Administraciones Ambientales que consulten esta guía. Pero, si bien hemos afirmado que el éxito de las reuniones depende en gran medida de una buena elección del experto, no depende menos de la actitud del representante de la Administración, que ha de ser amistosa, colaboradora y en ningún momento inquisitiva y fiscalizadora.

Figura 6
MODELO DE ENCUESTA PARA EL SEGUIMIENTO DE LAS REUNIONES

EVALUACIÓN DE LAS REUNIONES DEL GRUPO DE TRABAJO						
Por favor, marque con una cruz la respuesta que considere más adecuada						
1) PROGRAMA – DOCUMENTACIÓN						
a) ¿Los temas trabajados han sido los adecuados?						
0	1	2	3	4	5	
muy deficiente	mejorable	aceptable	bueno	muy bueno	excelente	
b) La duración de los temas trabajados ha sido:						
0	1	2	3	4	5	
muy escasa	escasa en general	escasa a veces	correcta	excesiva	muy excesiva	
c) ¿Es suficiente la documentación facilitada?						
0	1	2	3	4	5	
muy deficiente	mejorable	aceptable	bueno	muy bueno	excelente	
2) NIVELES DE LAS SESIONES DE FORMACIÓN						
a) El nivel de la formación recibida en las sesiones es:						
0	1	2	3	4	5	
muy deficiente	mejorable	aceptable	bueno	muy bueno	excelente	
b) La formación recibida es de utilidad para mi empresa						
0	1	2	3	4	5	
nunca	muy poco	a veces	bastante	casi siempre	siempre	
3) PROFESORADO						
a) Considero que la capacidad técnica del profesorado es:						
0	1	2	3	4	5	
muy deficiente	mejorable	aceptable	bueno	muy bueno	excelente	
b) Considero que la experiencia profesional del profesorado es:						
0	1	2	3	4	5	
muy deficiente	mejorable	aceptable	bueno	muy bueno	excelente	
c) Considero que el profesorado se ha mostrado abierto a sugerencias y comentarios:						
0	1	2	3	4	5	
nunca	muy poco	a veces	bastante	casi siempre	siempre	
d) ¿Se ha respondido a las cuestiones y dudas con exactitud?						
0	1	2	3	4	5	
nunca	muy poco	a veces	bastante	casi siempre	siempre	
4) SUGIERA UN TEMA PARA LAS PRÓXIMAS REUNIONES:						
5) ASPECTOS POSITIVOS DE LA REUNIÓN:						
6) ASPECTOS QUE MEJORARÍA:						

5.4. Informe final

Una vez elaborados los DAOM de cada una de las empresas y finalizadas las reuniones, el experto elaborará el informe final. Como ya se ha dicho anteriormente, no se trata de una simple recopilación de la información de los DAOM y de las reuniones. En su elaboración se han de tener en cuenta al menos los siguientes aspectos:

- Tipología de la muestra: tamaño de las empresas, sector y subsector al que pertenecen.
- Descripción de los procesos industriales, formas de trabajo y organización.
- Corrientes residuales generadas.
- Alternativas de minimización aplicables.
- Análisis de viabilidad de las alternativas y propuesta de indicadores para valorar la minimización conseguida con su aplicación.
- Conclusiones.
- Anexos: material didáctico empleado en las reuniones, actas de reunión, información de tecnologías, etc.

Es imprescindible recordar que:

- El informe final es de carácter **anónimo** y, por cuestiones de **confidencialidad**, en ningún momento se desvelará el nombre de las empresas participantes. De la misma forma se explicarán los procesos industriales, y se omitirán en su caso aquellos aspectos que la empresa considere propios y cuya revelación pudiera afectar a su competitividad.
- No se trata de describir de nuevo cada una de las empresas ni de aportar datos cuantitativos de cada una de ellas (aunque sí es conveniente aportar datos relativos, porcentuales, como se explica más adelante). Por tanto, se explicarán de un modo general los procesos llevados a cabo, las corrientes residuales generadas y la causa de su generación, y las alternativas de minimización aplicables al sector en general; pero **no se transcribirá paso a paso el DAOM** realizado a cada una de las empresas.

El **objetivo del informe final** es que éste sea una herramienta útil para:

- Otras empresas interesadas en implantar la producción más limpia.
- Aportar soluciones, desde la Administración y las asociaciones empresariales, a problemáticas específicas del sector o territorio estudiados.
- Difundir la producción más limpia.

Tipología de la muestra

Se incluirán al menos los siguientes datos:

- Número de empresas participantes.
- Distribución del tamaño de las empresas.
- Distribución de los sectores (Grupo de Trabajo territorial) o de los subsectores (Grupo de Trabajo sectorial).
- Datos de producción de las empresas participantes.

Los datos de producción son especialmente importantes, ya que permiten obtener ratios de consumos de recursos y de generación de las corrientes residuales por unidad de producto acabado y disponer, de esta forma, de un indicador de eficiencia ambiental. Este indicador servirá a cada empresa para conocer su situación con respecto a las otras; si bien esta propuesta de indicadores no debe considerarse excluyente, ya que en cada caso habrá de determinarse cuál o cuáles deben ser los más indicados para permitir un seguimiento sencillo y adecuado.

Descripción de los procesos industriales

En este apartado se incluirán:

- Datos de consumo de materias primas.
- Datos de consumo de agua y energía.

Siempre que sea posible, los datos presentados corresponderán a la unidad producida, ya que el dato absoluto no sirve de referencia para las otras empresas del mismo sector que quieran consultar el informe final y verificar si realizan una gestión adecuada de sus consumos.

Además, se describirán de un modo detallado cada uno de los procesos industriales llevados a cabo en las empresas. Si para un mismo proceso se utilizan diferentes tipos de equipos o tecnologías, se hará constar este hecho en la descripción del proceso, ya que puede modificarla enormemente. Éste es el caso, por ejemplo, del proceso de preimpresión de artes gráficas. Una empresa que disponga del sistema *computer to plate* no realizará el revelado de las planchas y, por tanto, las corrientes residuales y su incidencia ambiental pueden ser muy diferentes de las de otra que sí lo utilice.

Corrientes residuales generadas

En este apartado se describirán las corrientes residuales generadas en cada proceso, sus características y la causa de su generación. Al igual que se detallan los datos sobre consumos de recursos, se aportarán datos relativos a la unidad de producción siempre que sea posible.

Alternativas de minimización aplicables

Para cada alternativa se presentará una descripción técnica, sus ventajas y sus inconvenientes. Resulta de gran utilidad aportar datos referentes a la reducción de la contaminación que se espera conseguir con la implantación de la alternativa. Por supuesto, ésta variará de una empresa a otra, pero se pueden indicar valores orientativos. Son de gran utilidad los cuadros o tablas resumen ya que permiten revisar de manera rápida las diferentes alternativas y comparar la viabilidad de cada una de ellas. En la descripción de cada alternativa se definirá el indicador de minimización para su seguimiento (*figs. 8 y 9*).

Figura 8
ALTERNATIVA DE MINIMIZACIÓN EN EL SECTOR ALIMENTARIO

<p>Oportunidad de minimización: Disminución de la conductividad del agua residual Alternativa: Recogida de sal de la salazón de pescado Categoría: Buenas prácticas Proceso relacionado: Línea de salazón de pescado Corriente residual afectada: Agua salada</p> <p>La alternativa consiste en recoger la sal en seco mediante aspiración de los recipientes y equipos y barrido del suelo antes de limpiar las instalaciones. De esta forma se reduciría la cantidad de sal que va a parar al agua de limpieza. Además, algunas de las mesas carecen de bandejas de recogida, por lo que la sal cae fácilmente al suelo. Con esta alternativa, la sal queda retenida en la bandeja y se puede recoger fácilmente y gestionar como residuo valorizable.</p> <p>Viabilidad técnica La alternativa propuesta es sencilla y totalmente adaptable al proceso e instalaciones actuales de las empresas estudiadas.</p> <p>Viabilidad económica INVERSIÓN: Bandeja: 120,20 € AHORRO: Reducción consumo de agua: 40-50% Disminución de costes de depuración Ahorro anual: 901,52 € PERÍODO DE RETORNO: 1,6 meses</p> <p>Indicador de minimización m³ agua/kg pescado procesado concentración de sales solubles en el agua de entrada a la depuradora</p>
--

Figura 9. CUADRO RESUMEN DE VIABILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS DETECTADAS EN EL GRUPO DE TRABAJO DEL SECTOR DE ARTES GRÁFICAS

Viabilidad técnica	Opciones de minimización
Plenamente viables: instalación de un sistema en serie	Planchas: agua Películas: químicos y agua Osmosis: prefiltrado
Plenamente viables: instalación de un aparato independiente	Solución de mojado: filtrado Rasquetas <i>offset</i> : aparato limpieza
Viables "a priori", según las características de la empresa	Solución de mojado: enfriamiento Tintas negras: preparación Aguas sanitarias: grifos de pedal
Viables en empresas grandes	Evaporador Destilador Solventes: adiciones automatizadas Flexo: tinteros cámara cerrada Sistema CTP
Viabilidad económica	Opciones de minimización
Plenamente viables	Planchas: agua Películas: químicos y agua Solución de mojado: filtrado Rasquetas <i>offset</i> : aparato limpieza Tintas negras: preparación Solventes: adiciones automatizadas Flexo: tinteros cámara cerrada
Viables "a priori", según las características de la empresa	Solución de mojado: enfriamiento
Viables en empresas grandes o con volúmenes importantes de corrientes residuales	Sistema CTP Evaporador Destilador Osmosis: prefiltrado Sanitarias: grifos de pedal

Conclusiones

En este apartado se resumirá la situación actual del sector o territorio, según la información recogida de las empresas del Grupo, y se harán las recomendaciones pertinentes para la implantación de la producción más limpia en el sector o territorio estudiados. En este apartado se podrá valorar la reducción de la contaminación (a través de los indicadores) que se conseguiría si todas las empresas participantes implantaran las alternativas viables propuestas en sus DAOM.

Se incluirán también las impresiones recogidas de las empresas. Esta fase es un punto clave del informe final, ya que revela las preocupaciones y motivaciones de las empresas y permite marcar las líneas de trabajo futuras. Asimismo, se propondrán las alternativas de minimización más recomendables en función de la situación actual y de su viabilidad técnica y económica (*fig. 9*)²⁹ y se incluirán las necesidades detectadas de cara al desarrollo medioambiental del sector o territorio estudiados.

Anexos

En este último apartado se incluirá:

- El material didáctico empleado en las reuniones.
- Las actas de reunión.
- La información técnica de las tecnologías aportadas por los proveedores.
- Los artículos técnicos que hagan referencia a las alternativas de minimización.
- Toda aquella información que pueda resultar de interés y que no se haya podido recoger en los diferentes apartados del informe.

²⁹ En el apartado de alternativas de minimización ya se habrán descrito todas las propuestas de los diferentes DAOM, pero en este apartado se trata de recoger las más recomendables, es decir, las aplicables a cualquier empresa tipo. No es necesario repetir la explicación: basta con listarlas.

6. BENEFICIOS Y ASPECTOS QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA

A continuación se presentan los principales beneficios que pueden obtenerse con la actuación de un Grupo de Trabajo.

6.1. Benchmarking

Cualquier trabajo en el que existan relaciones entre empresas con un objetivo común supone una buena oportunidad para el intercambio de información.

Como resultado de la colaboración del Grupo de Trabajo se obtienen datos relativos a la cantidad de residuos y emisiones generados en cada proceso por unidad de producto fabricado. Estos datos sirven a las empresas para realizar un análisis comparativo y constatar en que situación de competitividad se encuentran con respecto a las demás empresas en lo que a gestión medioambiental se refiere.

Además, las reuniones ofrecen ocasiones idóneas para captar nuevas ideas de empresas más avanzadas en la implantación de la producción limpia, así como para obtener información de primera mano que ayude a la toma de decisiones sobre la implantación de alternativas.

En ocasiones, no obstante, cuando se dan condicionantes de elevada confidencialidad en lo que respecta a los procesos industriales de las empresas participantes, puede resultar complicado al experto conseguir la complicidad y la participación necesarias para facilitar un intercambio de información que sea realmente útil para alcanzar los objetivos del Grupo. Por ello, es especialmente recomendable que se incida en el beneficio común del intercambio sincero y abierto de información.

6.2. Mejores Tecnologías Disponibles (MTDs)

Para la aplicación de la Directiva Europea 96/61/CE de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC) se está elaborando, para cada uno de los sectores industriales que se listan en su Anexo I, un documento de referencia, BREF, que recoge las mejores técnicas disponibles económicamente viables de cada uno de ellos (*European IPPC Bureau, IPTS., España*)³⁰.

Estos documentos de referencia se están elaborando mediante el intercambio de información entre expertos designados por los diferentes países de la Unión Europea. Los países pueden presentar información sobre el sector en su país y propuestas de tecnologías para que sean consideradas en el estudio y puedan, así, gozar de una situación competitiva respecto a las MTD que se definan.

³⁰ Aunque este apartado hace referencia a la normativa aplicable a los países miembros de la Unión Europea, es adaptable a los demás países, en cuanto a la fuente de información sectorial que representa el Grupo de Trabajo.

El Grupo de Trabajo sectorial es una buena fuente de información, ya que presenta las tecnologías viables de prevención de la contaminación en origen y, a su vez, aporta datos sobre la situación del sector en cada momento.

6.3. Indicadores sectoriales

Los indicadores medioambientales de un sector industrial determinado se pueden definir a partir de un estudio teórico de éste. No obstante, es posible que a la hora de aplicar dichos indicadores en las empresas del sector, éstos necesiten un reajuste para que su aplicación se ajuste a la práctica real. La realización de un Grupo de Trabajo sectorial permite definir unos indicadores de minimización del sector basados en el análisis directo de éste y realizar una puesta en común con las empresas participantes para acabar de definirlos con exactitud.

Estos indicadores, que se presentarán en el informe final, permitirán a las empresas analizar periódicamente su gestión medioambiental y compararse con el resto del sector para valorar si se encuentran en una situación competitiva o si, por el contrario, requieren de un esfuerzo mayor en la implantación de la producción más limpia.

Además, poder disponer de estos indicadores resulta de gran utilidad a las empresas que han implantado un sistema de gestión medioambiental según la norma ISO 14001 o el Reglamento Europeo EMAS y que, por tanto, tienen implantado un sistema de mejora continua que han de evaluar.

6.4. Fuerza de Grupo

Durante el periodo de actuación del Grupo de Trabajo se recoge información sobre las necesidades de un sector o territorio concretos y, generalmente, las empresas solicitan colaboración en aquellos objetivos que comprueban que no pueden lograr sin la intervención de la Administración y/o de la asociación empresarial. Tanto para la Administración ambiental correspondiente como para la asociación empresarial a la que pertenecen (en el caso de que esta exista) esta información resulta de gran interés a la hora de preparar planes de actuación.

6.5. Difusión de la producción más limpia

El informe final del Grupo de Trabajo se pone a disposición de cualquier empresa, experto, asociación, etc. que esté interesado en la información en él contenida, tanto en las oficinas del organismo de la Administración como de la asociación empresarial que hayan participado. Además, la Administración difundirá la información recogida durante el Grupo de Trabajo a través de conferencias y charlas a otras empresas.

Otra vía de difusión es el material didáctico que se puede preparar a partir de la información disponible, como guías de buenas prácticas ambientales o fichas sobre tecnologías de producción más limpia aplicables a un sector específico, manuales de producción más limpia enfocados a un territorio específico, etc. Este material puede prepararse en soporte de papel o difundirse a través de la página web de la Administración ambiental correspondiente y de las asociaciones empresariales.

7. EJEMPLO DE INFORME FINAL

A continuación se presenta un ejemplo correspondiente a cada una de las partes que configuran el informe final del Grupo de Trabajo. Así, se han recogido puntos de los dos Grupos de Trabajo realizados más recientemente en Cataluña (existen otros en fase de elaboración). Se ha preferido presentar el ejemplo de esta manera, en lugar de incluir el informe final perteneciente a un solo Grupo de Trabajo, ya que existen diferentes modos de realizarlo y no se pretende imponer un único modelo, aunque sí debe incluir siempre al menos los puntos definidos en el manual.

Los Grupos de Trabajo³¹ que se presentan en el ejemplo son:

- Grupos de Trabajo de Artes Gráficas. Año 1999.
Experto contratado: RCC Ricard Casals Consultants, S.A.
- Grupo de Trabajo del Sector Metalúrgico. Año 2000.
Experto contratado: DEPLAN S.L. Desarrollo y Planificación Ambiental.

7.1. Tipología de la muestra

(Grupos de Trabajo de Artes Gráficas)

El Grupo de Trabajo se compone de un total de 19 empresas, distribuidas en dos grandes grupos:

- **Grupo A:** 10 empresas de más de 100 trabajadores o pertenecientes al subsector *offset*.
- **Grupo B:** 9 empresas de menos de 45 trabajadores o pertenecientes a otros subsectores.

Datos generales

Número de empresas	19
Localización	Provincia de Barcelona: 95% Otras zonas: 5%

Subsector

En líneas generales, todas las empresas analizadas se dedican básicamente a la impresión, excepto una de ellas que tiene como actividad principal la preimpresión (aunque también realiza impresión digital). No obstante, la mayoría de ellas realiza también otras tareas relacionadas en gran medida con la preimpresión y postimpresión (manipulación de los impresos).

En la tabla siguiente se especifica el porcentaje de empresas que, aparte de los procesos propios de impresión, realizan también procesos de preimpresión y de postimpresión o manipulación

³¹ En la lectura de los ejemplos se ha de tener presente el contexto catalán en que estos Grupos de Trabajo se han realizado, lo que lleva a encontrar referencias a organismos concretos de la Administración Ambiental catalana.

del impreso, o bien que ofrecen servicios a otras empresas, como la preparación de fotolitos o de planchas.

Subsector	Porcentaje de empresas
Preimpresión	84
Impresión	100
Postimpresión (manipulación impreso)	79
Servicios a terceras empresas	16

Trabajadores

Trabajadores	% Empresas Grupo A	% Empresas Grupo B
1-20	—	34
21-50	10	45
51-100	—	—
Más de 100	90	21

Gestión ambiental

Aspectos en consideración	Porcentaje de empresas
Gestión de Residuos	100
Formación en temas ambientales	42
Departamento propio de Medio Ambiente	37
Sistema de Gestión Ambiental en la empresa	37

7.2. Procesos productivos

(Grupo de Trabajo del Sector Metalúrgico)

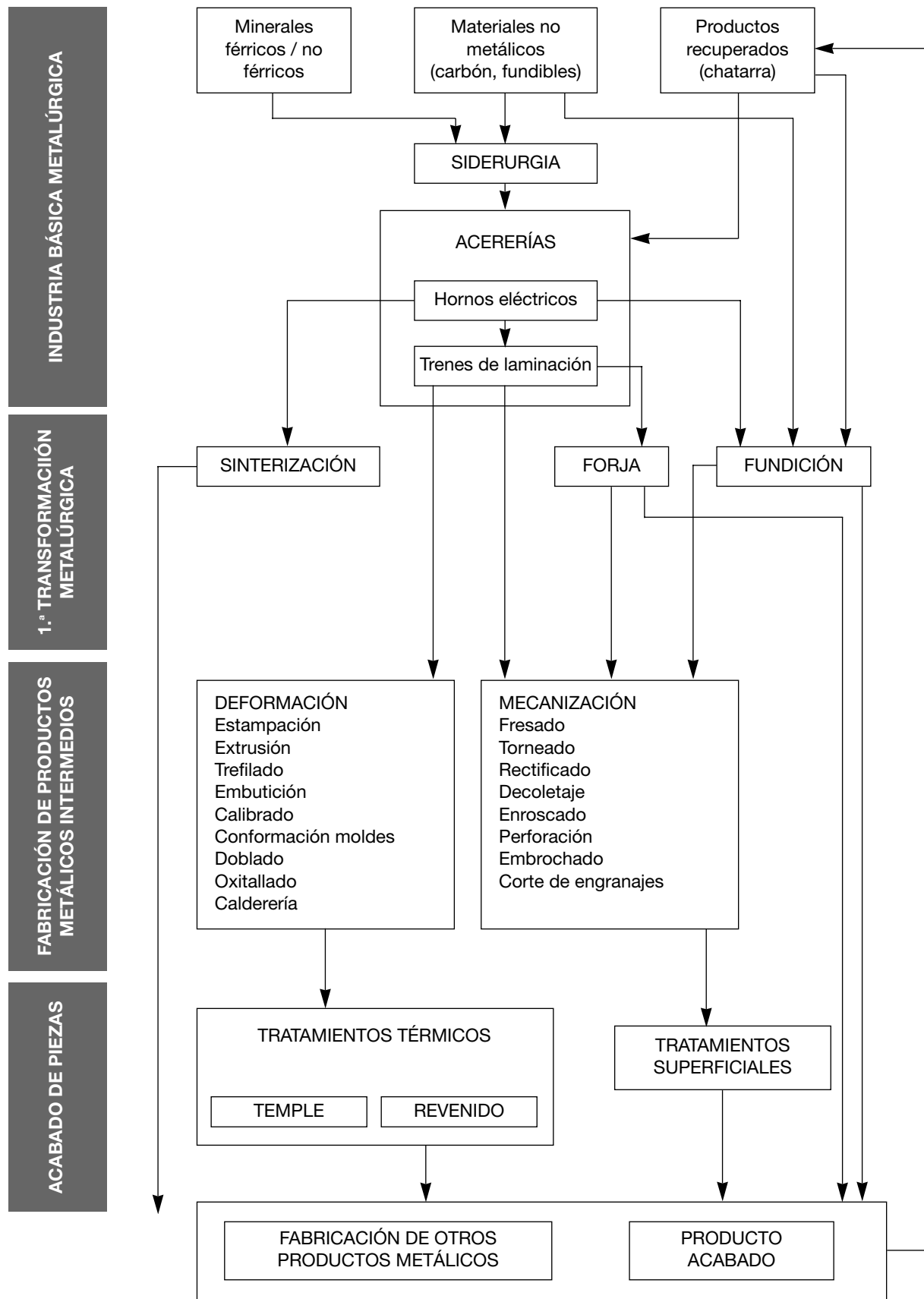
Los diferentes procesos productivos del sector del metal se pueden agrupar en cuatro grandes bloques según la fase de tratamiento del metal que realicen.

FASE	DESCRIPCIÓN
Industria básica metalúrgica	En este grupo se engloban las actividades de siderurgia y acería, es decir, aquellas industrias que realizan la extracción de materiales del subsuelo y los transforman hasta obtener alguna forma de metal puro o aleación que servirá de materia prima para las siguientes fases. Esta clase de industria no se encuentra muy arraigada en España.
Primera transformación metalúrgica	Esta fase la forman los procesos de fundición, forja y sinterizado, en las que se lleva a cabo la fabricación de piezas metálicas con la geometría y composición deseadas mediante moldes.
Fabricación de productos intermedios	La mayoría de procesos desarrollados en esta fase se engloban en las actividades de mecanizado y deformación. La pieza obtenida en la primera transformación metalúrgica sufre diversas transformaciones hasta convertirse en producto acabado, que opcionalmente puede verse sometido a operaciones de acabado de piezas, descritas en la siguiente fase.
Acabado de piezas	Se sitúan en esta fase las empresas que llevan a cabo tratamientos térmicos y tratamientos superficiales a las piezas ya transformadas.

A continuación se dispone un diagrama de flujo de dichas fases.

Las empresas españolas del sector metalúrgico están distribuidas básicamente en las tres últimas fases: primera transformación, productos intermedios y acabados de piezas.

El presente estudio se centrará en la descripción de procesos, corrientes residuales y alternativas de prevención de la contaminación de las tres últimas fases descritas, obviando las características particulares del sector galvanizado, pues se trata de un tipo de industria enclavado en la fase de acabado de piezas.



PRODUCCIÓN

Los productos fabricados en las diferentes empresas del sector se pueden agrupar en dos grandes bloques:

SECTOR	DESCRIPCIÓN
Bienes de equipo mecánico	Está formado por las actividades de fabricantes de bienes de equipo mecánico dedicadas a la producción de máquinas-herramientas que trabajan por arranque de virutas, máquinas de deformación de metales, partes y accesorios.
Automoción	Engloba todas las actividades de construcción de automóviles, remolques y semirremolques, así como la fabricación de componentes para automoción, grupos mecánicos de tracción, dirección, suspensión y motores.

MATERIAS PRIMAS

A continuación se describen las principales materias primas utilizadas en cada una de las fases anteriormente especificadas.

FASE	MATERIAS PRIMAS	OBSERVACIONES
Primera transformación	Polvo de metales puros (hierro, bronce, aluminio, cobre, etc.)	
	Tierra química o verde	Tierra para fabricación de moldes
	Chatarra	Procedente de otros procesos o subproductos de otras empresas
	Aleaciones de metales, y Zamak de diferentes composiciones	Principalmente, se distribuyen en forma de lingotes
	Aditivos (sulfuro de manganeso, ceras, óxido de cal, etc.)	Sirven tanto para favorecer el proceso de fabricación, como para condicionar la composición final de la pieza
Fabricación de productos metálicos intermedios	Chapa de acero y aluminio	Este material será necesario solamente en aquellas empresas en las que se lleven a cabo procesos de estampado, conformado, corte
	Granalla de acero, muelas abrasivas, granalla de arena, moletas cerámicas, y tensioactivos	Generalmente, estos son los materiales que se utilizan para el granallado y desbarbado de las piezas
	Disolventes halogenados	El tricloroetileno y el percloroetileno son los más utilizados para el proceso de desengrasado
	Petróleo, aceites acuosos y no acuosos	Se utilizan como lubricantes en la etapa de mecanizado
	Aceites de corte, taladrinas	Sirven como lubricantes de la maquinaria que se utiliza en los diferentes procesos de fabricación de productos intermedios
	Pinturas en base disolvente	Generalmente
Acabado de piezas	Aceite de temple	
	Antioxidantes	
	Nitrógeno, metano,...	Gases para atmósfera de hornos en el tratamiento
	Desengrasas alcalinos, Decapados ácidos, etc.	Baños para el tratamiento de superficies

CONSUMO DE AGUA EN EL SECTOR

El abastecimiento de agua procede mayoritariamente de la red pública de las diferentes compañías públicas que ofrecen dicho servicio.

El consumo de agua presenta una gran fluctuación de una empresa a otra y depende de las actividades que cada una lleve a cabo. Principalmente, el uso mayoritario al que se destina el agua es sanitario (aproximadamente un 50-60 %). El resto del consumo de agua se da en procesos entre los que destacan:

- El uso de aguas de refrigeración.
- La fabricación de productos intermedios: vibrado, desbarbado, taladrinas, etc.

CONSUMO ENERGÉTICO

Las empresas del sector disponen habitualmente de dos fuentes de energía: la energía eléctrica, utilizada para usos generales, y el gasoil o el gas natural, fuente de energía secundaria para el funcionamiento de hornos y calderas.

DESCRIPCIÓN DE PROCESOS GENERALES

A continuación se presenta una breve descripción de los procesos más significativos que se llevan a cabo en las diferentes empresas del sector metalúrgico agrupados en: primera transformación, fabricación de productos metálicos intermedios y acabado de las piezas.

Primera transformación

Entre los principales procesos llevados a cabo en la transformación de metales se encuentran el sinterizado, la forja y la fundición. A continuación se describen brevemente dichos procesos.

Sinterizado³²

Proceso térmico de calentamiento y enfriamiento en el que las piezas experimentan una recristalización de los componentes metálicos.

En primer lugar, las piezas son sometidas a elevadas temperaturas dentro de una mufla durante un intervalo de entre 15 y 25 minutos. Posteriormente, se enfrían mediante serpentines de agua, hasta alcanzar una temperatura ambiente. La temperatura de cocción de las piezas puede superar los 1100 °C para un determinado grupo de metales, mientras que para otros se sitúa alrededor de los 800 °C.

Durante este proceso se inyecta dentro de la mufla una mezcla gaseosa que forma una atmósfera inerte, de manera que se impide la oxidación superficial de las piezas mientras están siendo sometidas a cambios bruscos de temperatura.

³² Nótese que, aunque el proceso de sinterización se realiza básicamente de la forma explicada, existe la posibilidad de que se utilice otro tipo de proceso similar no descrito.

Fusión

Proceso mediante el cual se obtiene metal o aleación en estado líquido a partir de la fusión en un horno de la materia prima (lingotes, polvo de metales, chatarra). A partir de este caldo y, tras el llenado de un molde, el enfriamiento y la solidificación de la aleación, se obtiene un objeto con las dimensiones y características deseadas.

Los hornos de fusión pueden ser de diferentes tipos:

- *Hornos eléctricos de inducción de crisol*: Funden el metal por efecto de una corriente eléctrica que atraviesa una bobina de inducción. Debido a su carácter discontinuo, permiten una gran flexibilidad de funcionamiento; mediante la selección de los materiales de carga, posibilitan la consecución de composiciones químicas diferentes con una gran precisión.
- *Cubilotes*: Se trata de un horno que funciona a contracorriente y de manera continua. Se utiliza en fundiciones con gran demanda de metal líquido sin variación importante en su composición. Pueden ser de aire frío o caliente y en ellos se introduce la carga metálica por la parte superior acompañada de coque y de caliza. El coque se quema con el aire que se insufla por unas toberas situadas en la parte inferior y proporciona la energía necesaria para la fusión del metal. La caliza se emplea para formar una escoria en donde se recogen las impurezas producidas durante el proceso. Tanto la aleación líquida como la escoria se extraen por la parte inferior del cubilote, mientras que los gases de la combustión son expelidos desde la parte superior.
- *Hornos rotativos de oxicomustión*: Son hornos horizontales, que giran sobre su eje para facilitar la transferencia de calor de las paredes del horno a la carga cuando está en estado líquido. Utilizan quemadores de gas-oxígeno para calentar la carga y fundirla. Su funcionamiento es discontinuo. Tienen como desventaja la limitación de los materiales de carga en lo que se refiere al uso de chatarra de acero, debido a la dificultad que supone ajustar la composición de la aleación.
- *Hornos eléctricos de arco*: Fusión de una aleación haciendo pasar un arco eléctrico desde unos electrodos de grafito, situados en la parte superior, a la carga metálica colocada en el interior del horno. En estos hornos es posible efectuar operaciones metalúrgicas de afinado, desulfuración y desfosforación, que no son posibles en los hornos eléctricos de inducción.

Forja

Proceso mediante el cual se modifica la forma de los metales por deformación plástica producida por presión o impacto. La estampación en caliente tiene como finalidad la obtención de una forma maciza a través de la deformación metálica de un trozo de acero entre dos estampas, cada una de las cuales lleva grabada en relieve la semiforma de la pieza que se desea fabricar.

Esta operación, realizada a alta temperatura, aporta una mayor calidad metalúrgica y mejora las propiedades mecánicas del producto final. El calentamiento del material para hacerlo más plástico se lleva a cabo en hornos de muy diversos tipos, y se emplean diferentes combustibles: inducción, electricidad de resistencia, gas y fuel. La temperatura de calentamiento depende del tipo de acero y oscila entre 1.150-1.250 °C.

Las máquinas para forjar lanzan un peso con una de las semimatrices incorporada contra otro que lleva la segunda semimatriz. Esta operación está dirigida por medio de guías integradas en las columnas del martillo. Para facilitar la extracción de la pieza se utilizan aceites y lubricantes.

Fabricación de productos metálicos intermedios

La pieza obtenida en la primera transformación se ve sometida a una serie de procesos de deformación y mecanizado que le conferirán la forma deseada.

Deformación

Las piezas pueden someterse a una o varias de las siguientes operaciones:

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Estampación	Proceso en el que se cortan las chapas metálicas mediante prensas hidráulicas u otras máquinas de corte.
Embutición	Esta operación consiste en realizar agujeros en las chapas que lo requieran. Según el tipo de pieza y su posterior uso, requerirá un tamaño u otro de agujero y por este motivo se dispone de varias matrices y máquinas embutidoras.
Conformado de moldes	Formación o reparación de moldes para la estampación.
Trefilado	Proceso por el cual se reduce la sección de un alambre a un valor preestablecido. Esta reducción da lugar a un aumento de la longitud total del alambre, de manera que la disminución de la superficie de la sección es inversamente proporcional al aumento de la longitud. Esta transformación confiere al alambre una mayor dureza y una mayor fragilidad. Para evitar posibles roturas durante el proceso, debe realizarse siempre una adecuada lubricación, que se puede llevar a cabo con aceite de trefilado o bien con jabón de trefilado.
Doblado	Este proceso está muy ligado al de estampación, ya que consiste en doblar y dar forma a las piezas cizalladas.
Calibrado	Proceso de rectificado que consiste en la aplicación de una presión a la pieza sinterizada dentro de un molde de dimensiones exactas a las requeridas por el producto final. Este proceso permite rectificar la pieza según las dimensiones de su contorno, pero no de su altura. El proceso de calibrado se lubrica con taladras o productos lubricantes similares.
Soldadura	Proceso mediante el cual se unen piezas y se reparan las pequeñas grietas o poros por soldado.

Mecanizado

Las operaciones más comunes utilizadas para el mecanizado de piezas son las siguientes:

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Torneado de las piezas	Proceso de mecanizado de las piezas, por rotación alrededor de un eje.
Roscado	Adaptación de los agujeros de una pieza fabricada para ser usados como rosca.
Amolado	Operación con la cual se consigue que el contorno de las piezas se ajuste a las formas y dimensiones exigidas, mediante amoladoras.
Equilibrado estático	Ensayo realizado con posterioridad a la fabricación de piezas que trabajan en rotación, ya que deben estar equilibradas a ambos lados del eje.

Todas estas operaciones tienen en común el uso de aceites de corte o taladrinas como principal materia prima, tal y como se comenta en la tabla del punto 3.3 del presente estudio.

Otras Operaciones

Tras las operaciones de deformación y mecanizado, o incluso al finalizar los procesos de primera transformación, las piezas se someten a los procesos de pulido que se especifican a continuación:

OPERACIÓN	TIPOS	DESCRIPCIÓN
Vibrado y tamizado		Las piezas obtenidas a partir del proceso de fusión se mezclan con la colada; el contacto entre pieza y pieza producido en una vibradora provoca la rotura de las coladas y la eliminación de las pequeñas impurezas adheridas a las piezas. Puesto que las piezas salen de la vibradora mezcladas con las coladas, se dispone de un tamiz circular o lineal para proceder a su separación.
Desmazarotado		Proceso por el cual las piezas provenientes de la fusión se someten al corte de los bebederos y mazarotes (canales y depósitos de metal dispuestos en la cavidad del molde para la alimentación de las zonas más problemáticas).
Pulido de las piezas por vibrado (desbarbado/granallado)		Este proceso elimina las irregularidades que puedan tener las piezas, suaviza los cantos más afilados, y da a la pieza un pulido general en toda su superficie. Dependiendo del grado de pulido requerido, este proceso se puede realizar a través de diversos mecanismos.
	<i>Granallado</i>	Proceso de pulimentado de las piezas a partir de granalla de acero proyectada a alta velocidad contra las piezas que hay que pulir. Si este proceso es realizado con posterioridad al de fusión, su función será extraer de la superficie de la pieza la capa de arena calcinada y conseguir un acabado homogéneo en toda su superficie. Este proceso se realiza en seco, sin agua ni aditivos.
	<i>Desbarbado</i>	Proceso de pulimentado de las piezas a partir de rozamientos entre ellas, o con ayuda de agentes externos (pequeñas moletas cerámicas) que vibran en un torno junto a las piezas metálicas. Las diferentes formas de desbarbado más comúnmente utilizadas son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Desbarbado en seco pieza contra pieza</i>: Se utiliza para eliminar rebabas y suavizar los cantos, y pueden introducirse las piezas metálicas en el torno sin ningún tipo de agente abrasivo ni lubricante. • <i>Desbarbado en seco con serrín y piedra de muela</i>: Se aplica a piezas de elevada dureza. Se introducen las piezas metálicas en el torno con serrín y muelas abrasivas para que con el rozamiento se eliminen los cantos y las rebabas. • <i>Desbarbado lubricado con agua</i>: Se emplea para dar a la pieza un acabado más fino y homogéneo. Las piezas se introducen en un torno junto con piedras abrasivas y agua mezclada con un agente tensioactivo y en circulación.

Posteriormente, se extrae la humedad de las piezas mediante un proceso de secado que combina procesos mecánicos, calor y un absorbente de la humedad.

ACABADO DE LAS PIEZAS

Tras las operaciones de deformación y mecanizado, las piezas son sometidas a distintos tratamientos que a continuación se detallan:

Tratamiento térmico

Con este proceso se pretende modificar la estructura molecular del acero, conseguir unas características mecánicas determinadas, homogeneizar las características estructurales de todas las piezas sometidas a este tratamiento, adaptar la estructura a las condiciones necesarias para posteriores tratamientos y eliminar tensiones y estructuras groseras provenientes del proceso anterior.

Existen dos clases de tratamientos térmicos: máscopicos (tratamiento térmico al conjunto de la pieza) y termoquímicos (tratamiento térmico superficial a través de productos químicos en estado gaseoso). A continuación se resumen los más comunes.

TRATAMIENTOS MÁSCOS	
OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Recocido	Las piezas se introducen en hornos de grandes dimensiones en los que se puede ajustar la temperatura, el tiempo y la velocidad de calentamiento y enfriamiento. Estos tratamientos se realizan bajo atmósferas inertes o bajo atmósferas reductoras.
Temple	Proceso mediante el cual se enfrían las piezas a distintas velocidades en función de las características mecánicas que se quieran conferir a la pieza. Existen diferentes sistemas de temple: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Temple con agua</i>: La pieza se enfría de forma brusca, lo que le aporta una mayor dureza y, a la vez, mayor fragilidad. Este temple puede disponer de sales de nitratos o nitritos. • <i>Temple con aire</i>: La pieza se deja enfriar a temperatura ambiente. • <i>Temple con aceite</i>: Enfriamiento intermedio entre los dos sistemas anteriormente expuestos. La pieza se introduce en un tanque de aceite, hasta que se enfría.
Revenido	Secado en caliente mediante ventilación forzada, para eliminar tensiones que el proceso de temple confiere a las piezas.

TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS	
OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Cementación	Proceso de endurecimiento superficial mediante difusión de alcohol isopropílico o mezcla de gas natural y aire (dependiendo del reactor donde se realice), con el que se consigue una elevada dureza superficial, resistencia al desgaste, etc.
Carbonitruración	Proceso de endurecimiento superficial mediante difusión, mezcla de gas natural, aire y amoníaco (con más aporte de carbono que de nitrógeno), el cual consigue una elevada dureza superficial, resistencia al desgaste, etc.
Nitruración	Proceso de endurecimiento superficial mediante difusión de nitrógeno (enriquecido con amoníaco), con el que se consigue una elevada dureza superficial, resistencia al desgaste, etc.
Nitrocarburation	Proceso de endurecimiento superficial mediante difusión, de una mezcla de amoníaco, con el que se consigue una elevada dureza superficial, resistencia al desgaste, etc.
Ionitruración	Proceso de endurecimiento superficial mediante difusión de nitrógeno y bombardeo de electrones, con el que se consigue una elevada dureza superficial, resistencia al desgaste, etc.

Tratamiento de superficies

A continuación se destacan las operaciones generales del sector, sin especificar operaciones propias de empresas galvanicas enclavadas en el sector del tratamiento de superficies.

Las principales operaciones realizadas son las descritas a continuación:

TRATAMIENTO DE SUPERFICIES		
FASE	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Tratamientos previos		Son procesos que se realizan para eliminar las impurezas orgánicas e inorgánicas presentes en las superficies metálicas y procedentes de operaciones anteriores como el corte, pulido, almacenamiento, transporte, etc. Los más importantes son el desengrase y el decapado, para los que existen distintos métodos según el tipo de superficie que haya que recubrir, el metal, el tipo de recubrimiento y el grado de limpieza exigido.
	<i>Desengrasado</i>	Esta operación se utiliza para limpiar la pieza de la posible impregnación de sustancias en su superficie. Para ello se utilizan tanto baños de disolventes halogenados (percloroetileno o tricloroetileno), como desengrasantes químicos, según el tipo de sustancia que se quiera retirar.
	<i>Decapado</i>	Con esta operación se eliminan los óxidos metálicos de la superficie de la pieza. Puede realizarse mediante procedimientos tanto químicos como físicos.
Recubrimientos con metales		Posteriormente, la pieza metálica se introduce en una solución de sales de un metal y, a través de un proceso de oxidación-reducción, se deposita este metal sobre la pieza y se forma una capa de óxido metálico sobre la superficie. Las principales operaciones de recubrimiento son las siguientes:
	<i>Recubrimientos electroquímicos</i>	Cobreado, niquelado, cromado, etc.
	<i>Recubrimientos químicos o por conversión</i>	Anodizado de aluminio, fosfatado, cromado, etc.
Acabados	<i>Pintado</i>	Tras los tratamientos de acondicionamiento, se procede al pintado de las piezas, ya sea con pintura en polvo (epoxi), o con pinturas en base disolvente, siendo de menor uso las de base acuosa.
	<i>Sellado</i>	Tratamiento de final de proceso realizado para evitar la oxidación de piezas mediante sales de níquel que sellan los poros que éstas puedan tener.
	<i>Tratamiento al vapor</i>	Proceso característico de las piezas fabricadas mediante sinterizado. Con este proceso se pretende dotar a las piezas de una elevada resistencia superficial a los agentes oxidantes, al tiempo que se incrementa la dureza de la pieza en un 60%, aproximadamente. Para llevarlo a cabo se requieren varios hornos, cuya función es calentar las piezas hasta una temperatura de unos 500°C, para posteriormente ser bañadas en vapor de agua recalentado procedente de calderas. De este modo, se forma una capa de óxido ferroso-férrico en la superficie de la pieza.
	<i>Tratamiento antioxidante</i>	Este proceso, mediante el que se aporta una capa protectora de aceite antioxidante por inmersión, se aplica solamente a un pequeño porcentaje de las piezas fabricadas en el sector metalúrgico.
	<i>Impregnación</i>	Proceso desarrollado principalmente en empresas proveedoras de productos para el sector de la automoción. Con su aplicación se consigue que las piezas tengan capacidad de autolubrificarse durante su uso. Requiere que las piezas fabricadas presenten una elevada porosidad, ya que así pueden retener el aceite de impregnación en los poros e ir desprendiéndolo con el uso. Para llevar a cabo esta operación, normalmente se dispone de un autoclave alimentado por un depósito de aceite de impregnación. Las piezas se introducen en el autoclave, donde se inyectará el aceite de impregnación y éste será absorbido por las piezas.

7.3. Descripción de las corrientes residuales generadas

(Grupo de Trabajo del Sector Metalúrgico)

Tratamiento actual de efluentes

Las empresas objeto del presente estudio generan una serie de efluentes líquidos, sólidos y gaseosos que deben recibir el tratamiento y la gestión adecuados a su naturaleza. A continuación se detallan los principales residuos generados por las empresas del sector metalúrgico y el tratamiento que reciben.

Residuos industriales

El principal residuo del sector metalúrgico está formado por los restos de su principal materia prima, es decir, metales en forma de chatarra, escorias, coladas defectuosas por paradas técnicas o inicios de producción, piezas defectuosas, etc. Normalmente son gestionados por empresas autorizadas que valorizan el residuo (a excepción de las escorias); aunque, a veces, la impregnación con aceite del material dificulta la valorización (especialmente la de la chatarra).

Los aceites hidráulicos y taladrinas también son un residuo muy habitual, ya que son necesarios para el funcionamiento de las máquinas de planta. Son gestionados por empresas externas.

Los disolventes halogenados sucios son regenerados mediante destilación para su posterior utilización en la mayoría de las empresas del sector, lo que genera un residuo sólido gestionado por empresas externas. Las empresas que no valorizan dicho disolvente lo almacenan como residuo para su posterior tratamiento por empresas externas.

Los envases de materias primas suelen ser gestionados como residuo no especial y sólo una parte de las empresas del sector tienen un convenio con el proveedor para su retorno y posterior utilización.

Los residuos generales de fábrica corresponden a los generados en comedores, vestuarios y oficinas. Si la empresa no tiene un gestor autorizado para palets y material de embalaje, acostumbra a gestionarlos como residuos generales de fábrica.

Por último, las empresas que disponen de estación depuradora producen una cantidad determinada de lodos que son tratados convenientemente por el gestor autorizado. El sector metalúrgico no es un sector que genere una gran cantidad de lodos de depuradora (a excepción de las empresas de tratamiento de superficies).

Aguas residuales

Según los procesos llevados a cabo, la composición de las aguas residuales a la salida de la planta variará de una empresa a otra. No obstante, la mayor parte de las aguas generadas en el sector proceden de usos sanitarios y de la limpieza de instalaciones.

En cuanto a los procesos productivos, el consumo y la generación de agua más elevados se dan en las fases de fabricación de productos intermedios (refrigeración de la sección de mecanizados, lavado de piezas) y acabados (enjuagues y limpiezas de enjuagues de los baños en los tratamientos de superficies; temple con agua en tratamientos térmicos, etc).

Una pequeña parte de las empresas del sector disponen de una estación depuradora, que en todos los casos es físico-química debido a las características de las aguas del sector. Las operaciones llevadas a cabo más habitualmente son la homogeneización de los efluentes que se reciben y la decantación de los metales disueltos mediante la adición de un coagulante o floculante. Los lodos generados acostumbran a gestionarlos empresas externas, previa reducción del porcentaje de humedad en un filtro prensa o una centrífuga.

Emisiones atmosféricas

Las principales emisiones atmosféricas son las generadas por los diferentes hornos, tanto en la fase de primera transformación de los metales (fundición y sinterización) como en la fase de acabados (tratamiento al vapor, de secado; quemadores para los tratamientos terciarios: pintura, horno de temple y de recocido, etc). Los contaminantes generados más importantes son: hidrocarburos, CO_x, SO₂, NO_x, y partículas sólidas.

La utilización de disolventes halogenados en operaciones de desengrase produce emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV's). Las extracciones provenientes de calderas son otro de los focos a considerar en las empresas metalúrgicas, por la emisión de compuestos como CO, CO₂, NO_x, SO_x y partículas sólidas.

Gran parte de las empresas dispone de captadores de polvo, extractores, aspiradores, etc., destinados principalmente a recoger partículas emitidas en las secciones que generan emisiones durante su funcionamiento habitual.

Primera transformación

En esta fase, el aspecto ambiental más destacado es el elevado consumo energético debido al uso de hornos en los procesos de fundición, de forja o de sinterizado. Con respecto a los efluentes, los más significativos son los residuos y las emisiones atmosféricas, como se describe a continuación:

1. Coladas: Son las piezas defectuosas y las primeras piezas que se obtienen en un inicio de producción o después de un paro técnico.
2. Escorias: Son el producto de las limpiezas de los hornos de fundición.
3. Emisiones atmosféricas: Son los vapores que se generan en los diferentes hornos como producto de la combustión de gas natural y de los compuestos volatilizados en el interior de los hornos, etc.

Normalmente, las coladas, chatarra y piezas defectuosas que se generan se retornan al proceso o, en algunas ocasiones, se valorizan. En cambio, las escorias se gestionan en depósitos controlados.

En lo que respecta a las emisiones, hay empresas que disponen de medidas correctoras tales como el filtro de mangas para evitar que estas emisiones lleguen a la atmósfera; si bien no es ésta la práctica habitual.

Fabricación de productos metálicos intermedios

Debido a la variedad de operaciones, los residuos pueden ser de diferentes tipos, entre los que los más comunes son los residuos metálicos, los disolventes, las taladrinas y los aceites de corte. A continuación se ofrece una relación de los residuos más frecuentes:

1. Polvo, virutas, piezas, merma de chapa: se recogen durante los procesos de corte, estampación, conformado, vibrado.
2. Disolvente halogenado (tricloroetileno o percloroetileno residual): se genera en el proceso de desengrase.
3. Bidones: envases de plástico y metal de las diferentes materias primas utilizadas.
4. Restos de granalla: residuos generados por desgaste de la granalla mezclada con componentes de las piezas fabricadas (grafito,...).
5. Sustancias abrasivas: se emplean en el desbarbado.
6. Residuo del absorbente de humedad: se utiliza en el secado de las piezas desbarbadas.
7. Residuo de taladrinas y aceites de corte: son generados por la maquinaria de mecanizado, corte y embutición.
8. Palets: mayoritariamente, embalajes de materia prima.
9. Aguas residuales: provienen tanto de las operaciones que requieren agua como de las limpiezas.
10. Emisiones de hidrocarburos: corresponden a los vapores de tricloroetileno producto del baño de desengrase.
11. Emisiones generadas en las distintas operaciones de mecanizado.

El principal destino que se da a las piezas metálicas es la valorización por parte de una empresa externa, si bien existen empresas que llevan a cabo la recuperación en planta e introducen de nuevo las piezas en el proceso.

Los diferentes aceites y disolventes, así como los lodos de depuradora, son mayoritariamente gestionados por empresas externas. No obstante, hay centros que recuperan las taladrinas y el disolvente halogenado.

Los palets normalmente reciben el mismo tratamiento que los residuos generales de fábrica, aunque hay empresas que los segregan y los valorizan.

Por último, la mayoría de los residuos emitidos por los diferentes focos no está sujeta a medidas correctoras, por lo que son emitidos directamente a la atmósfera. Los centros que disponen de equipos correctores acostumbran a instalar un filtro de mangas para emisiones de partículas.

Acabado de piezas

A continuación se ofrece una relación de los residuos más comunes:

1. Aguas residuales:
 - Vertido de las aguas con aceite generadas de la condensación del vapor de agua.
 - Agua residual proveniente de operaciones de limpieza.
 - Agua residual de resinas de intercambio iónico: aguas provenientes de la regeneración de las columnas de desmineralización.
 - Agua de refrigeración.
2. Restos de baños de los tratamientos de superficie.
3. Emisiones:
 - Emisiones de compuestos halogenados y COV's.
 - Emisiones generadas por los focos correspondientes a las calderas de gas natural.
 - Emisiones generadas por los focos emisores correspondientes a los hornos.
 - Extracciones en las diferentes secciones: contaminantes atmosféricos generados en la sección.

Las aguas residuales se someten a procesos de depuración distintos según la carga contaminante que posean; por tanto, dependiendo del proceso del que provengan, las aguas serán tratadas en estaciones depuradoras o vertidas directamente al alcantarillado. Una práctica generalizada en todas las empresas metalúrgicas es la gestión por parte de una empresa externa de los restos de los baños de los tratamientos de superficie.

Las emisiones producidas en los diferentes procesos son recogidas mediante extractores, aunque no es habitual que las empresas del sector dispongan de estas medidas. Los residuos generados por calderas y hornos son emitidos a la atmósfera con la aplicación en algunos casos de medidas correctoras y de control de los focos emisores.

7.4. Descripción de alternativas de minimización del sector

(Grupo de Trabajo del Sector Metalúrgico)

Introducción

Hasta hace pocos años, el marco de desarrollo industrial estaba condicionado casi exclusivamente por criterios económicos. Así, el criterio ambiental se quedaba al margen o en un segundo plano.

Actualmente, la creciente sensibilización respecto al medio ambiente ha llevado a un primer plano la gestión medioambiental en las empresas.

Una de las estrategias básicas que puede utilizar una empresa para la gestión ambiental es una producción más limpia.

Se entiende por “producción más limpia” la aplicación continuada de una estrategia integrada de prevención ambiental a:

- los procesos,
- los productos, y
- los servicios,

con el objetivo de reducir riesgos para el medio ambiente y, en definitiva, para los seres humanos, pues incrementa la competitividad de la empresa y garantiza la viabilidad económica.

Las ventajas de una producción más limpia, entre otras, son:

- Ahorro en costes medioambientales.
- Mejora de la imagen frente a la Administración.
- Aumento de la eficacia por mejora de la estructura del trabajo.
- Establecimiento de innovaciones en el trabajo diario: procedimientos, nuevas tecnologías, etc.
- Optimización de los procesos.
- Supresión de los tratamientos al final de línea.

Así pues, conseguir una producción más limpia supone la implantación de acciones preventivas contra la contaminación, entre las que se pueden destacar:

- Cambios en los procesos.
- Cambios en materias primas.
- Buenas prácticas ambientales.
- Introducción de nuevas tecnologías.

Uno de los objetivos principales de los diagnósticos ambientales de oportunidades de minimización es la descripción detallada de las diversas alternativas de minimización que son posibles en cada empresa; por eso

- Se justifican las causas por las cuales se recomiendan.
- Se valora su beneficio ambiental.
- Se realiza un análisis de su viabilidad tanto técnica como económica.

Así, el análisis técnico y económico de una alternativa de minimización permitirá disponer de datos sobre ahorros netos que generaría la implantación de dicha alternativa en relación con el proceso actual.

En referencia al sector metalúrgico, a continuación se detallan las alternativas de minimización existentes, clasificadas de forma general para este sector y según los siguientes aspectos:

- Modificación de procesos.
- Buenas prácticas ambientales.
- Cambio de materias primas.

Modificación de procesos

Para todas las alternativas de las que se dispone que suponen una modificación de proceso y la adopción de MTD (mejores técnicas disponibles) se realiza un análisis económico que permita obtener datos de inversión, costes de operación, mantenimiento, etc. y compararlos con los datos del proceso actual.

Sobre la base de los resultados obtenidos, se calcula el periodo de retorno de la inversión, así como su rentabilidad, que indicará la conveniencia y viabilidad de la ejecución del proyecto.

A continuación se detallan alternativas de minimización para el sector metalúrgico así como el coste y el retorno de la inversión aproximados de cada una.

		OPORTUNIDAD DE MINIMIZACIÓN DETECTADA	ALTERNATIVA PROPUESTA	COSTE ORIENTATIVO	RETORNO DE LA INVERSIÓN
PRIMERA TRANSFORMACIÓN	Fundición	Minimización del residuo de tierra química	Instalación de recuperadora de tierra química	60.101,21 €	3 años
		Optimización de la mezcla y dosificación de arena de sílice	Instalación de mezcladora y dosificadora automática de arena de sílice	66.111,33 €	3 años
		Minimización de las escorias de fundición	Sustitución de hornos inmóviles por hornos basculantes	42.070,85 €	5 años
		Minimización del consumo energético en los hornos de fundición	Sustitución de hornos de arco por hornos de inducción	240.404,84 €	60 años
	Sinterización	Minimización de aguas residuales generadas en el proceso de tratamiento al vapor	Ultrafiltración	30.050,61 €	2 años
		Separador de grasas	3.005,06 €	3 años	
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS INTERMEDIOS	Deformación/Mecanización	Recuperación del aceite de corte de las piezas	Centrifugación de las piezas	30.050,61 €	10 años
		Minimización del residuo de chapa generado	Optimización del cizallado de la chapa	- €	Inmediato
		Recuperación de aguas residuales de vibrado / desbarbado	Centrifugación de las aguas	18.030,36 €	7 años
		Recuperación/ regeneración de taladrinas	Ultrafiltración	3.005,06 €	2 años
			Evaporación	3.606,73 €	1,5 años
Recuperación de disolvente halogenado	Destilación	3.005,06 €	0,3 años		
ACABADO DE PIEZAS	Tratamientos superficiales	Recuperación baños desengrase	Ultrafiltración	18.030,36 €	1,5 años
		Recuperación baños activación piezas (fosfatado,...)	Ultrafiltración	36.060,73 €	2 años
		Minimización del consumo de agua de enjuagues	Eliminación de vaciado de enjuagues en continuo	-	Inmediato
		Minimización del consumo de agua y materias primas de baños	Instalación de enjuagues de recuperación	1.202,02 €	0,2 años
	Tratam. térmicos	Recuperación de aguas de lavado	Ultrafiltración de las aguas	18.030,36 €	1,5 años

Nota: Los valores de costes y retorno de la inversión se basan en casos concretos e información que se ha podido recoger, por lo que se deberá estudiar la viabilidad económica para cada caso. Estos valores son meramente orientativos.

A continuación se describe en qué consisten *algunas* de las alternativas expuestas, diferenciando los procesos que se siguen actualmente de los que se llevarían a cabo con la aplicación de la alternativa propuesta:

Recuperación de la “Tierra química” utilizada

Situación actual: Actualmente, un elevado porcentaje de moldes de fundición se elaboran con la llamada “tierra química”. Este material, una vez usado, adquiere una dureza muy elevada que impide su recuperación.

Alternativa propuesta: Instalación de una recuperadora de arena. Se trata de un equipo de trituración y tamizado de la “tierra química” utilizada. Una vez triturados los bloques de tierra química utilizada, retiene las partículas finas y envía la arena recuperada a los silos de almacenaje de materia prima. En algunos casos (según fundición) es necesario el aporte de tierra nueva a esta tierra recuperada. Con este equipo, la “tierra química se puede recuperar hasta 10 veces.

Sustitución de horno de arco por horno de inducción

Situación actual: Actualmente, la actividad de fundición se sirve de hornos eléctricos para fundir los distintos metales. Estos hornos pueden ser de inducción o de arco.

Alternativa propuesta: Los hornos de inducción consumen menos energía (aprox. un 12%) y generan menos emisiones atmosféricas (aprox. un 75%) que los hornos de arco.

En la siguiente tabla se muestra la diferencia de consumo y emisiones entre ambos hornos:

		H. arco	H. inducción
Consumo de electricidad	Fusión acero (1.600 °C)	0,85 Kw/Kg	0,75 Kw/Kg
	Fusión hierro (1.450 °C)	0,8 Kw/Kg	0,7 Kw/Kg
Emisiones atmosféricas		X	X x 0,25

Recuperación de las aguas residuales generadas en el proceso de tratamiento al vapor

Situación actual: El proceso de tratamiento al vapor de piezas genera un agua residual producto de la condensación del vapor caliente una vez aplicado a las piezas metálicas. Este vapor arrastra consigo aceites y agentes lubricantes que contienen las piezas, fruto de los procesos de calibrado y mecanizado a los que han sido sometidas. La presencia de agentes lubricantes en el agua impide que ésta pueda ser reutilizada en los procesos productivos de la empresa.

Alternativa propuesta: La extracción de la fase aceitosa de las aguas mediante un sistema de ultrafiltración (consistente en una membrana mineral cuyo diámetro de poro se puede seleccionar según convenga) puede permitir su recuperación para generar vapor de agua de nuevo. Las principales ventajas son las siguientes:

- Reducción del consumo de agua.
- Reducción de la carga contaminante vertida a la red de saneamiento.
- Reducción de la energía necesaria para generar vapor a partir de agua.

Siempre y cuando la fracción aceitosa no esté emulsionada, la depuración de las aguas condensadas se puede llevar a cabo mediante un sistema de separación de grasas. Las principales ventajas son las siguientes:

- Reducción de la carga contaminante vertida a la red de saneamiento.
- Nulo coste energético de la instalación.
- Reducido coste del equipo.

Recirculación de aguas generada en el proceso de vibrado/desbarbado

Situación actual: El proceso de lavado de piezas por vibración vía húmeda en la sección de acabados genera unas aguas residuales que deben ser tratadas con anterioridad a su vertido dado su alto contenido en metales y detergente.

Alternativa propuesta: Se propone la instalación de un separador de alta potencia del agua de desbarbado por vibrado. Este equipo consta de una centrifugadora que permite separar el agua de las partículas de hasta 0,5 μm . Estas partículas forman un lodo que se debe gestionar adecuadamente, previa caracterización. Las ventajas son:

- Ahorro en materias primas.
- Reducción del consumo de agua.

Recuperación/ Regeneración de taladrinas

Situación actual: En el proceso de mecanizado de piezas se genera habitualmente taladrina sucia, que debe gestionar un gestor autorizado.

Alternativa propuesta: La extracción de la fase aceitosa de las aguas mediante un sistema de ultrafiltración puede permitir su recuperación. De igual manera, un proceso de evaporación puede regenerar la taladrina, ya que el agua extraída puede introducirse de nuevo en el proceso.

Por otro lado, una posible estrategia sería alargar la vida de las materias primas utilizando un tratamiento mecánico como es la filtración por filtros de banda o incluso un proceso físico como la decantación.

Asimismo, podemos destacar la aireación de fluidos de corte como medida de producción más limpia ya que esta operación puede disminuir en un 10% la cantidad de residuo generado.

Recuperación de disolvente halogenado

Situación actual: En las operaciones de desengrasado de piezas después del mecanizado, en el sector suelen utilizarse disolventes con compuestos halogenados.

Alternativa propuesta: Con un equipo de recuperación del disolvente usado a partir de un pequeño destilador podría recuperarse el disolvente halogenado. Las principales ventajas son las siguientes:

- Reducción del consumo de disolvente.
- Reducción del residuo halogenado generado.
- Reducción del stock de disolvente halogenado en planta.

Recuperación de baños de desengrase

Situación actual: En el proceso de tratamiento de superficies se utilizan baños de desengrase para separar los aceites y grasas que llevan las piezas antes de ser tratadas. Estos baños se van contaminando con aceite hasta que no es posible su utilización y entonces se vierten a la depuradora.

Alternativa propuesta: Una unidad de ultrafiltración para baños de desengrase los regenera. Estos equipos incorporan membranas que proporcionan una separación eficaz de los aceites y grasas en emulsión y permiten el paso del agua con sus sales disueltas. De esta forma, el aceite separado se retira periódicamente y el agua sin aceite se recircula al baño de desengrase. Las ventajas son:

- Reducción de la carga contaminante vertida y ahorro en el coste de tratamiento.
- Mantenimiento de la calidad del agua de los baños (concentración de aceite constante).

Buenas prácticas ambientales

Las buenas prácticas ambientales se definen como el conjunto de formas correctas de actuación del personal y de gestión y control de las actividades industriales que favorecen la minimización de residuos y emisiones residuales.

Las buenas prácticas ambientales pueden llevarse a cabo, en general, a un coste muy bajo y, por lo tanto, con un retorno de la inversión rápido. Además, suponen un cambio de actitud que ha de involucrar a todo el personal de la empresa y se consideran una de las formas más efectivas de minimización de residuos y emisiones residuales.

La implantación de buenas prácticas ambientales implica un análisis constante de los procesos que lleva a reflexionar sobre: el porqué de una determinada tecnología, el número de baños, enjuagues, filtraciones u otros procesos necesarios para cada pieza, etc. Esta reflexión conduce en muchas ocasiones a la adopción de nuevas tecnologías, a la introducción de cambios de materiales y productos, etc., a fin de reducir la cantidad de contaminación que se genera.

A continuación se presentan algunos ejemplos que son de aplicación en la mayoría de las empresas:

<p>Aislar, recoger y limpiar <i>Favorece la valorización de los productos vertidos y minimiza las necesidades de agua y/o productos de limpieza.</i></p>	<p>Mantener las instalaciones en buen estado de conservación</p>
<p>La comunicación</p>	<p>Las limpiezas <i>Las limpiezas de equipos de manera eficiente consiguen un ahorro de recursos.</i></p>
<p>Cada cosa en su sitio</p>	<p>Ajustarse a los procedimientos establecidos</p>
<p>Orden y gestión en el almacén</p>	<p>Segregación de residuos</p>
<p>Manipular, transportar y transvasar <i>Una manipulación, un transporte y un transvase correctos de los productos minimiza los residuos.</i></p>	<p>Cerrar <i>Un recipiente abierto o mal cerrado conlleva un derroche innecesario de recursos que puede constituir una fuente de generación de residuos.</i></p>

Dentro del sector metalúrgico en particular, destacan las buenas prácticas siguientes:

		BUENAS PRÁCTICAS
PRIMERA TRANSFORMACIÓN	Fundición	Reducir el cociente entre consumo de arena y consumo de metal: Utilizando cajas de medidas ajustadas al tamaño del modelo, se puede reducir de forma considerable el consumo de “tierra química”, es decir, de arena de sílice y de agentes fraguantes.
		Instalar cubeto de contención para almacenar la tierra verde de forma controlada en un área bien delimitada de forma que no quede esparcida por el suelo.
		Evitar temperaturas excesivas en las coladas. Una temperatura excesiva en la colada supone un consumo innecesario de energía eléctrica.
		Coordinar los desmoldeos de las piezas con el granallado y desmazarotado para evitar volver a calentar las piezas.
		Mejorar la segregación de la arena con destino a depósito de la recuperable en plantas cementeras con el fin de valorizar el máximo volumen posible de tierra química.
FABRICACIÓN PRODUCTOS METÁLICOS INTERMEDIOS	Deformación/ Mecanización	Mejora de la dosificación del aceite de corte en las prensas manuales.
		Controlar el buen funcionamiento de las instalaciones de desbarbado y realizar un mantenimiento adecuado para evitar efluentes puntuales no deseados.
		Deponer en contenedores específicos y debidamente identificados todos los residuos derivados de los procesos de mecanizado en los que se usan taladrinas, para proceder a su caracterización y posterior gestión.
		Valorar la duración de los procesos de desbarbado. La reducción del tiempo de duración del proceso, siempre y cuando no repercuta negativamente en la calidad del producto, puede suponer un ahorro en el consumo de energía y de materias primas auxiliares.
ACABADO DE PIEZAS	Tratamientos superficiales	Instalar sistemas de control de renovación del agua de los enjuagues: sistemas de apertura y cierre de válvulas basados en la conductividad de los enjuagues, para disminuir el consumo de agua y los costes de depuración y de producción de residuos.
		Eliminar el vaciado periódico de los enjuagues en continuo.
		Aumento del tiempo de escurrido de las piezas, aunque esté muchas veces limitado por el tiempo que las piezas pueden estar fuera de los baños y enjuagues, o por motivos de producción.
		Para conseguir una buena renovación del agua en los enjuagues en continuo, se ha de disponer de entradas y salidas de agua en lugares diametralmente opuestos. Asimismo, es precisa una aireación en los enjuagues a fin de conseguir una óptima renovación de los mismos.
		Establecer un programa de mantenimiento y revisión periódica del aislamiento de los hornos.
		Proceder a actuaciones encaminadas al ahorro en el consumo de agua: habilitar contadores de agua en las diferentes secciones, sistemas de pulsadores automáticos en duchas y lavabos, realizar campañas de sensibilización de ahorro de agua, etc.
	Tratamientos térmicos	Sustituir o mejorar el sistema de refrigeración del circuito cerrado de agua para la estructura de los hornos.
		Estancar, lo máximo posible y mediante la colocación de alguna protección, el proceso de descarga de las piezas que provienen del baño de aceite de los hornos.

De forma general, destacan las buenas prácticas siguientes:

—Medidas para mejorar la gestión ambiental de la empresa:

1. Mejora de la gestión de los residuos generales de fábrica separando las fracciones de cartón, plástico y trapos sucios del resto de residuos generales.

2. Deposición en contenedores específicos de los trapos sucios y otros productos absorbentes utilizados en la actividad y en la limpieza de las instalaciones para proceder a gestionarlos debidamente.
3. Segregación de las corrientes residuales evitando la mezcla de residuos inertes con residuos que puedan comportar riesgos para el medio ambiente y para la salud de las personas.
4. Sensibilización del personal mediante campañas informativas para evitar el mayor número posible de incidencias accidentales.
5. Llevar a cabo limpiezas periódicas en aquellas áreas de trabajo en las que se utilizan agentes lubricantes de forma habitual.
6. Realización de programas de mantenimiento de quemadores y del aislamiento de hornos.

—Medidas para mejorar el almacenamiento y la gestión de residuos y materias primas:

1. Se registrará la cantidad, tipología y fecha de todas las entradas y salidas de residuos que se produzcan en la zona de almacenamiento.
2. Se cuidará especialmente la correcta ubicación de los residuos y materias primas evitando dificultar el paso de personal, vehículos, carretillas, etc.
3. La zona del almacén estará aislada de las arquetas de registro del alcantarillado. El almacén dispondrá de sistemas de contención y drenaje de efluentes con depósitos y canalizaciones dimensionadas de acuerdo con la cantidad materiales que se tengan que almacenar.
4. El tiempo máximo de almacenamiento de los residuos será de 6 meses.

Sustitución de materias primas

En general, dentro del sector metalúrgico encontramos una serie de materias primas (que a continuación se especifican) que podrían ser sustituidas teniendo en cuenta la calidad final de la pieza.

Materia prima utilizada	Contaminante	Materia prima alternativa
Desengrase mediante Tricloroetileno y Percloroetileno	Compuestos Halogenados	<ul style="list-style-type: none"> • Desengrases no halogenados • Detergentes en base acuosa
Aceite de corte	Residuo especial	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite de corte evaporativo
Pinturas en base disolvente	Tolueno y xileno (principalmente)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinturas en base acuosa • Pintura en polvo

Sustitución de Compuestos Halogenados

El tricloroetileno/percloroetileno, hoy por hoy, es el mejor desengrasante para las empresas que existe en el mercado por la calidad de su acción y por su precio económico. Pero, debido a su toxicidad y a sus efectos nocivos sobre el medio ambiente y las personas, las empresas buscan alternativas para el desengrasado de piezas.

Actualmente existen en el mercado tres sistemas para la sustitución del tricloroetileno:

- Disolventes no halogenados.
- Desengrasantes base acuosa.
- Disolventes químicos.

Las ventajas son:

- Eliminación de disolventes clorados.
- Ahorro de materias primas.

Las desventajas son:

- Elevado precio económico.
- Bajo punto de inflamación.
- Adecuación de la máquina existente al producto alternativo (por ejemplo, en la disposición de enjuagues).
- Baja calidad del desengrasado de la pieza.

Sustitución de pinturas en base disolvente

Las pinturas en base disolvente causan un impacto medioambiental significativo debido a su composición que puede minimizarse por medio de su sustitución por pinturas en base agua o por pinturas en polvo.

Ventajas medioambientales de las pinturas con base acuosa

Menor impacto ambiental: se reducen al máximo las emisiones de disolventes en las fases de aplicación y secado de la pintura.

Limpieza: el lavado de los útiles y el aseo personal se pueden realizar con agua con el fin de eliminar los riesgos para la salud y minimizar al máximo el uso de disolventes.

Seguridad: se eliminan riesgos de incendio al minimizar el uso de disolventes altamente inflamables.

Economía: al aplicar pintura mediante pistola, se puede utilizar como disolvente el agua de la red, sin pretratamiento alguno. De esta forma, se minimiza el riesgo de incendio y, en consecuencia, el coste de las instalaciones de protección contra incendios, las primas de seguros, etc.

Aprovechamiento de instalaciones: las pinturas en base acuosa se pueden utilizar en instalaciones ya existentes para la aplicación de pinturas en base disolvente.

Ventajas medioambientales de la pintura en polvo

Optimización del consumo de materias primas: mediante aspiración, se recoge la materia prima que no se ha depositado en la superficie para devolverla al proceso.

Disminución de la contaminación: se eliminan posibles aguas residuales o contaminación atmosférica generadas.

7.5. Tabla resumen de las opciones de minimización

(Grupo de Trabajo de Tratamiento de Superficies)

Opciones de minimización³³:

Posibles alternativas	Aspecto ambiental	Beneficio
Recuperación de la "tierra química" utilizada	Residuo de tierra química	↓ Consumo materias primas ↓ Residuos sólidos
Horno de inducción	Emisiones gaseosas del horno	↓ Emisiones gaseosas ↓ Consumo energético
Recuperación de las aguas residuales generadas en el tratamiento a vapor	Aguas residuales asociadas al proceso	↓ Consumo de agua ↓ Carga contaminante de las aguas residuales ↓ Consumo energético
Recirculación de aguas del proceso de vibrado / desbarbado	Aguas residuales asociadas al proceso	↓ Consumo de agua ↓ Consumo materias primas ↓ Volumen de aguas vertido
Recuperación / regeneración de taladrinas	Taladrina sucia	↓ Consumo taladrina ↓ Taladrina residual
Recuperación de disolvente halogenado	Disolventes halogenados sucios	↓ Consumo disolvente ↓ Corriente residual de disolventes halogenados
Recuperación de baños de desengrase	Baños de desengrase agotados	↓ Consumo materias primas ↓ Carga contaminante de las aguas residuales ↑ Calidad de desengrase
Sustitución de compuestos halogenados	Disolventes halogenados sucios Emisión gaseosa de compuestos organoclorados	Eliminación de disolventes clorados Eliminación de las corrientes residuales cloradas ↑ seguridad laboral
Sustitución de pinturas en base disolvente	Emisión gaseosa de disolventes	↓ Corriente residual de disolventes ↑ seguridad laboral limpieza con agua ↓ riesgo de incendio

³³ Ver Buenas Prácticas Ambientales aplicables en el apartado 4.

7.6. Tabla resumen de las opciones de minimización

(Grupo de Trabajo de Artes Gráficas)

Opciones de minimización:

Alternativas	Aspecto ambiental	Beneficio
Películas: minimización químicos y agua	Corriente residual de químicos y agua de lavado, con iones de plata: residuo especial	↓ Consumo materias primas ↓ Residuos líquidos Valorización plata
Planchas: minimización agua lavado	Corriente residual de agua de lavado: residuo especial	↓ Consumo agua ↓ Aguas residuales
Sistema Computer To Plate (CTP)	Corrientes residuales asociadas a preimpresión y a impresión Calidad del proceso productivo	↓ Consumo materias primas (preimpresión + impresión) ↓ Corrientes residuales asociadas Mejor calidad producto y proceso
Solución de mojado: enfriamiento	Utilización de alcohol isopropílico	↓ Consumo de alcohol isopropílico ↓ Contenido de alcohol en la corriente residual líquida Mejor calidad producto impreso
Filtrado solución mojado	Corriente residual constituida por la solución de mojado	↓ Consumo solución ↓ Corriente residual líquida Mejor calidad producto impreso
Tintas negras: fabricación	Corriente residual de tintas sobrantes	↓ Consumo tintas ↓ Corriente residual de tintas
Solventes: automatización de las adiciones	Evaporaciones de COV's	↓ Consumo solventes ↓ Evaporaciones COV's Mejor calidad producto impreso
Flexografía: tinteros de cámara cerrada	Calidad del proceso productivo	Mejor calidad producto impreso ↑ Eficiencia máquinas impresión ↓ Evaporaciones COV's
Evaporador	Corrientes residuales líquidas base agua	↓ Consumo agua ↓ Aguas residuales
Destilador	Corrientes residuales líquidas base solvente	↓ Consumo solventes ↓ Corriente residual solventes
Envases residuales tintas: minimización	Corriente residual de botes de tintas	↓ Corriente residual de botes ↑ Aprovechamiento tintas
Rasquetas: aparato de limpieza	Corrientes residuales asociadas a la limpieza de rasquetas	↓ Consumo trapos y solventes ↓ Corrientes residuales asociadas ↓ Tiempo empleado en la limpieza
Aguas sanitarias: grifos pedal	Aguas residuales origen sanitario	↓ Consumo agua ↓ Aguas residuales sanitarias
Sistemas osmosis: prefiltrado	Aguas residuales para regeneración	↓ Consumo agua ↓ Aguas residuales asociadas ↓ Tiempo empleado en regeneración

Buenas prácticas ambientales referentes a la reducción de mermas:

Alternativas	Aspecto ambiental	Beneficio
Sistema <i>soft</i> para recepción y control pedidos recibidos	Errores en preimpresión	↓ Repeticiones películas ↓ Repeticiones planchas ↓ Corrientes residuales asociadas ↑ Eficiencia operación
Preparación planchas <i>offset</i> : utilización de escalas de control	Errores en preimpresión e impresión	↓ Repeticiones planchas ↓ Paradas impresión ↓ Corrientes residuales asociadas ↑ Eficiencia operación
Planchas <i>offset</i> + pantallas serigrafía: iluminación zona	Errores a preimpresión e impresión	↓ Retoques ↓ Corrientes residuales asociadas ↑ Eficiencia operación
Planchas <i>offset</i> preparadas con CTP	Calidad impresión	↓ Consumo materias primas ↓ Corrientes residuales asociadas Mejor calidad producto y proceso
Planificación de los trabajos	Errores a impresión Calidad proceso	↓ Consumo materias primas ↓ Corrientes residuales asociadas Mejor calidad producto y proceso
Cartas Pantone + Tiras control color	Errores preparación del color Errores en impresión	↑ Eficiencia operación
Aparatos para medida del color	Errores preparación del color Errores en impresión	
Medida del color: iluminación	Errores preparación del color Errores en impresión	
Conductividad solución mojado: medida	Errores en impresión	
Acondicionado del soporte previa impresión	Errores en impresión	
Eliminación polvo del soporte previa impresión	Errores en impresión	
Máculas: reutilización	Corriente residual de las mermas	↓ Consumo materias primas ↓ Corrientes residuales asociadas
Preparación del color: mejoras	Errores preparación del color Errores en impresión	↓ Consumo materias primas ↓ Corrientes residuales asociadas Mejor calidad producto y proceso
Prueba de Ishihara	Errores preparación del color Errores a impresión	↑ Eficiencia operación
Registro de mermas	Errores en el proceso productivo	
Paradas para comidas: eliminación	Mermas en impresión	
Zona de impresión: limpieza	Errores en impresión	
Maquinaria: mantenimiento	Errores en impresión	

Otras buenas prácticas ambientales:

Posibles alternativas	Aspecto ambiental	Beneficio
Gestión compras de materiales	Corrientes residuales asociadas	↓ Consumo materias primas ↓ Corrientes residuales asociadas ↑ Eficiencia general proceso
Fugas y derrames: prevención	Corrientes residuales asociadas	↓ Consumo materias primas ↓ Corrientes residuales asociadas ↓ Tiempo empleado restablecimiento
Superficie libre solventes: disminución	Evaporación COV	↓ Consumo solventes ↓ Emisiones COV
Almacenes: gestión general	Corrientes residuales asociadas	↓ Consumo materias primas
Orden y limpieza general	Corrientes residuales asociadas	↓ Corrientes residuales asociadas
Control parámetros producción	Conocimiento proceso	↑ Eficiencia general proceso
Pruebas ozálidas: cambio	Evaporaciones amoníaco Corrientes residuales asociadas	↓ Corrientes residuales asociadas
Hexano: eliminación	Emisiones de COV Toxicidad producto	
Gasolina y petróleo: eliminación	Emisiones de COV	
Recuperación de plata: control	Conocimiento proceso	↓ Corrientes residuales asociadas ↓ Plata en solución

7.7. Conclusiones³⁴

En el presente estudio se ha efectuado un Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización (DAOM) a 19 empresas del sector gráfico y se ha realizado toda una serie de reuniones con sus representantes para poder trabajar sobre los diferentes aspectos relativos a la posible implantación de actuaciones de prevención y reducción en origen de la contaminación. Gracias a ello han podido extraerse unas conclusiones, que son las que se especifican a continuación.

Para una mejor descripción de estas conclusiones, se han estructurado básicamente en dos puntos: un primero referente a las cuestiones mencionadas por las empresas durante la realización de las reuniones de los Grupos de Trabajo, y un segundo que recoge las conclusiones propias de los consultores y que hace referencia no sólo a los puntos evaluados durante la realización del estudio, sino también al estado actual del sector en Cataluña y a su evolución previsible en los próximos años.

Apreciaciones de las empresas participantes

Fruto de las reuniones de los Grupos de Trabajo, los representantes de las empresas tomaron nota de una serie de reclamaciones, de carácter general, que cabe destacar. Son las que se describen a continuación:

³⁴ Las conclusiones presentadas en este ejemplo son sólo una parte de las contenidas en el informe final del Grupo de Trabajo de Artes Gráficas.

- La legislación actual vigente en materia ambientales de aplicación en las industrias gráficas se considera muy compleja. Así, las empresas se encuentran con una legislación extensa que proviene de orígenes distintos, cuyas lectura e interpretación resultan a menudo dificultosas, y que plantea numerosos trámites burocráticos necesarios a fin de disponer de toda la documentación legalmente requerida en la gestión de los corrientes residuales.

En este sentido surgió la propuesta que el Gremio participara en la solución de este punto, para reforzar así el servicio de información a todas las empresas agremiadas existente, y elaborar una base de datos actualizada sobre legislación ambiental. El objetivo de este servicio ha de ser la información sobre los preceptos legales que afectan a las empresas del sector. Y es que, en general, las empresas apuntan que la legislación ambiental no resulta asequible, de forma que, a menudo, pueden surgir problemas, simplemente por desconocimiento de la materia.

- En relación con los residuos líquidos, existe cierto desconocimiento con respecto al impacto que ocasionan las propias corrientes residuales, siendo este un aspecto sobre el que va tomándose cada vez más conciencia.

Aparte de esto, se cree que, en las empresas que ya realizan una gestión más o menos cuidadosa de sus aguas residuales, la gestión de estas aguas y de sus parámetros de contaminación depende en gran medida de las actitudes de los propios trabajadores. Es decir, esta gestión ha de basarse en gran parte en la segregación voluntaria de residuos líquidos especiales y en las buenas prácticas aplicables al respecto.

- Sobre los residuos sólidos, cabe destacar diversos puntos. Ante todo, los empresarios consideran que los costes de gestión son elevados, es decir, parece que segregar en origen para gestionar después de forma individualizada es más caro que gestionar una gran parte de estos residuos como residuos generales de fábrica.

También en este punto surgió la idea de que fuera el Gremio el que potenciase la recopilación de información sobre los diferentes gestores existentes en el mercado, para poder facilitarla a sus agremiados. Hay que tener presente que muchos de los gestores autorizados no recogen residuos de cierto tipo, o lo hacen en cantidades demasiado pequeñas, o bien en condiciones físicas muy determinadas, por lo que se considera una opción muy interesante el hecho de poder disponer de una base de datos fiable a la que consultar para buscar aquellos gestores especializados en empresas del sector que recogen una cierta variedad de residuos determinados.

- También en relación con los residuos sólidos, cabe destacar el hecho de que existen residuos para los que no está establecida una gestión específica. Esto se observa sobre todo en las empresas pequeñas. Estas empresas generan residuos en baja cantidad, que se acumulan en la propia empresa y que se gestionan conjuntamente con los residuos generales de fábrica o bien mediante gestores no autorizados.

El conjunto más importante de estos residuos es el formado por:

- Residuos especiales en baja cantidad: fluorescentes, pilas, piezas de máquinas, cables, neumáticos, baterías, vidrio, etc.
- Cauchos de la impresión *offset*.
- Troqueles.
- Maderas (paletas y otros).

En este punto, se propusieron dos posibles soluciones al respecto: por un lado, se sugirió que fuese de nuevo el Gremio el que potenciara la tarea de localización de gestores que acepten estos residuos y que, lógicamente, los gestionen a precios competitivos para a las empresas más pequeñas (si conviene, mediante convenios, como ya se ha hecho en otros casos). Esta opción es especialmente necesaria en el caso de los cauchos, de los troqueles y de las maderas, ya que no se encuentran gestores que los acepten.

Por otro lado, y sobre todo en lo que respecta a los residuos especiales en pequeñas cantidades, se planteó también la idea de recoger y gestionar conjuntamente todo este grupo de residuos especiales, de forma que se dispusiera de una cantidad suficientemente importante como para que un gestor externo la retirara y gestionara a precios competitivos.

- Una idea similar surgió para el caso de los residuos valorizables. Y es que, si bien las empresas grandes que generan estos residuos en mayor cantidad consiguen valorizarlos a unos precios muy favorables, esto no ocurre con las pequeñas empresas, que a menudo han de malvender estos residuos debido a que poseen cantidades relativamente reducidas de ellos que no pueden almacenar por falta de espacio o por exceder el plazo establecido por la legislación (de seis meses en el caso de los residuos especiales, y de un año en el caso de los residuos no especiales).

En este caso, la gestión conjunta también se propuso como idea para conseguir una mejor valorización y, a la vez, obligar a las empresas a llevar una estadística fiel de los residuos valorizables que generan, así como a realizar una gestión correcta de estos residuos (segregación, recogida, almacenaje, etc.).

- Como último punto destacado con relación a la gestión de los residuos sólidos, se planteó la problemática de la gestión de los trapos. Y es que prácticamente en cualquier industria gráfica se utilizan trapos para la limpieza de las máquinas de impresión y otros accesorios (rasquetas, planchas, pantallas, etc.), lo que genera una corriente importante de trapos sucios que hay que gestionar externamente.

En este punto, existen algunos gestores que ofrecen un “servicio completo de trapos”, es decir, se ofrece el suministro de los trapos, la recogida una vez han sido utilizados, y el lavado, de forma que la empresa sólo ha de preocuparse de recogerlos separadamente del resto de residuos.

Éste es un servicio que ha tenido, en general, mucho éxito entre las empresas gráficas, pues resulta cómodo y garantiza una gestión global y sencilla. Además, parece que también a los trabajadores les gustan más estos trapos, ya que poseen características adecuadas para una limpieza correcta.

Las empresas solicitan ampliar el listado de gestores autorizados con empresas especializadas que ofrezcan estos servicios.

- Con relación a las emisiones gaseosas, se llega al acuerdo de que esta corriente residual genera un impacto desconocido para la mayoría de las empresas.

No obstante, cabe tener en cuenta que, recientemente, ha sido aprobada una Directiva Europea que regula las emisiones de COV a la atmósfera (Directiva 1999/13/CE del Consejo, de 11 de marzo de 1999, relativa a la limitación de las emisiones de COV debidas al uso de solventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones).

Esta directiva, se refiere específicamente a las emisiones generadas por las empresas gráficas y, más concretamente, a aquellas que comportan mayores volúmenes de emisiones debido a la utilización de solventes, como las rotativas *offset*.

En este punto, parece imprescindible que las propias empresas se esfuercen en adaptarse a esta nueva normativa, acogiéndose, si hace falta, a Programas Graduales de Reducción de Emisiones (PGRE)³⁵.

- Respecto a las buenas prácticas ambientales expuestas en las reuniones, y sugeridas de forma individualizada para cada empresa en las diagnosis correspondientes, se llega a la conclusión de que hace falta realizar una tarea de formación importante en las empresas para que los trabajadores tomen conciencia de aquello que hacen bien y de lo que hacen mal para que pueda irse mejorando día a día.

En este sentido, y si bien también se estuvo de acuerdo en que ésta no es una tarea sencilla, es preciso formar y concienciar, a la vez que incentivar, sobre las buenas prácticas en detrimento de las malas. Así, si se realizasen programas al respecto, parece que su éxito estaría garantizado, pues se tiene muy claro que este punto influye de forma decisiva en la generación de residuos y en su correcta gestión.

También sobre esta cuestión, se propuso la ayuda del gremio, que podría seguir en su línea de formación y diseñar un programa de formación, que contemple tanto la organización de cursos de formación, como la publicación de material de divulgación al respecto.

- Un aspecto considerado en lo referente a las buenas prácticas ambientales son las operaciones de limpieza de las instalaciones. Se trata de un punto especialmente delicado, pues parece que hay más de una empresa que ha tenido problemas a raíz de la utilización de productos de limpieza que, al pasar a las aguas, pueden dar lugar a valores excesivamente elevados de ciertos parámetros en los análisis.

Por otro lado, ésta es una operación que, generalmente, suele subcontratarse a terceros y sobre las que las empresas tienen, en cierta forma, poco poder de decisión.

No obstante, y a raíz de la realización del presente estudio, se ha hecho también una labor de investigación al respecto, para intentar localizar algún producto de limpieza general que sea más “limpio” y que no ocasione problemas de este tipo.

- Finalmente, y como última conclusión destacable (aunque ya se ha mencionado en algunos de los puntos anteriores), cabe recordar la gran distancia que separa todavía a una parte importante de las empresas de la información ambiental necesaria para su buena gestión (gestores nuevos, sistemas de gestión, equipos de minimización y tratamiento, etc.). La información ambiental es una herramienta imprescindible para el buen funcionamiento de cualquier empresa, y resulta necesaria si esta empresa pretende avanzar hacia a una buena gestión ambiental a escala global.

³⁵ El programa gradual de reducción de las emisiones forma parte de un sistema voluntario de autodeclaración de las empresas y ha de tener en cuenta los objetivos de calidad que se propone conseguir la empresa, los medios que hay que emplear y el calendario de ejecución. En Cataluña está regulado por Decreto 398/1996, de 12 de diciembre, regulador del sistema de planes graduales de reducción de emisiones a la atmósfera.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ABAG-Abfallberatungsagentur. *Manual para realizar la gestión y auditoría medioambiental*. 1995.
- Agencia Europea de Medio Ambiente. *La efectividad de los acuerdos ambientales*. Serie de cuestiones ambientales, n.º 3. Vol. 1. 1997.
- Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia. Plan de Acción para el Mediterráneo. *DAOM. Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización*. 2000.
- Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia. Plan de Acción para el Mediterráneo. *Diseño y Aplicación de un Programa de Buenas Prácticas Ambientales en la Industria*. 2000.
- European Commission. *Waste Prevention and Minimisation*. 1996.
- European Commission. *Clean Technologies for waste minimisation*. 1998.
- IHOBE, s.a. *Guía de indicadores medioambientales para la empresa*. Ministerio Federal de Medio Ambiente (Bonn), Agencia Federal de Medio Ambiente (Berlín) 1999.
- Institut Cerdà. *Manual de Minimització de Residus i Emissions Industrials*. 1992.
- Junta de Residus. *Reducció de Residus. Guia per a l'avaluació d'oportunitats als processos industrials*. Generalitat de Catalunya. 1991.
- Ministerio de Industria y Energía. *Manual Media. Minimización Económica del impacto ambiental en la industria*. 1995.
- OECD. *Strategic Waste Prevention*. 2000.
- OECD. *Eco-efficiency*. 1998.
- US EPA. *Business guide for reducing solid waste*. 1993.
- US EPA. *Waste minimization opportunity assessment manual*. 1988.
- US EPA. *Environmental economics: profiting from waste minimization: a practical guide to achieving improvements in quality, profitability, and competitiveness through the prevention of pollution*. 1998.

