

COMISIÓN EUROPEA
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO COMÚN DE INVESTIGACIÓN
CENTRO COMÚN DE INVESTIGACIÓN CCI
Instituto de Estudios Tecnológicos Prospectivos

Prevención y control integrados de la contaminación
Documento de referencia sobre las Mejores Técnicas
Disponibles para el sector de Tratamiento de superficies
con Disolventes Orgánicos
INDUSTRIA GRÁFICA

Edificio EXPO, c/Inca Garcilaso s/n, E-41092 Sevilla – España

Teléfono: línea directa (+34-95) 4488-284, centralita 4488-318. Fax: 4488-426.
Internet: <http://eippcb.jrc.es>; correo electrónico: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu

El presente es el primero de una serie de documentos que se prevé que incluya los que se citan a continuación (hasta la fecha no todos han sido finalizados):

Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles. . Código

- Grandes instalaciones de combustión LCP
- Refinerías de petróleo y gas REF
- Producción de hierro y acero I&S
- Sector de tratamiento de metales ferrosos FMP
- Sector de metales no ferrosos NFM
- Sector de forja y fundición SF
- Tratamiento de superficies de metales y materias plásticas STM
- Sector de fabricación de cemento y cal CL
- Sector de fabricación de vidrio GLS
- Sector de fabricación de cerámica CER
- Sector de sustancias químicas orgánicas de gran volumen LVOC
- Fabricación de productos químicos finos orgánicos OFC
- Producción de polímeros POL
- Sector de fabricación de cloro y alcalisis CAK
- Productos inorgánicos de gran volumen de producción – sectores de amoníaco, ácidos y fertilizantes LVIC-AAF
- Productos inorgánicos de gran volumen de producción – sector de sólidos y otros LVIC-S
- Productos químicos inorgánicos industriales SIC
- Sistemas comunes de gestión y tratamiento de aguas y gases residuales del. sector químico CWW
- Sector de tratamiento de residuos WT
- Incineración de residuos WI
- Operaciones de gestión de escombros y residuos rocosos en el sector de la minería MTWR
- Sector de pulpa y papel PP
- Sector textil TXT
- Curtido de pieles TAN
- Mataderos y sector de productos cárnicos SA
- Sectores de alimentación, bebidas y productos lácteos FDM
- Cría intensiva de cerdos y aves de corral ILP
- Tratamiento de superficies con disolventes orgánicos STS
- Sistemas de refrigeración industrial CV
- Emisiones procedentes de productos almacenados ESB

Documento de referencia . . .

- Principios generales de monitorización MON
- Efectos en distintos medios y economía ECM
- Técnicas de eficiencia energética ENE

RESUMEN

El BREF (documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles (MTD)) titulado «Tratamiento de superficies mediante disolventes orgánicos (STS)» recoge el intercambio de información efectuado con arreglo a lo dispuesto en el artículo 16, apartado 2, de la Directiva 96/61/CE del Consejo (Directiva IPPC). El presente resumen describe los principales resultados, así como las conclusiones más importantes sobre las MTD y los niveles asociados de consumo y emisiones. Conviene leerlo junto con el «Prefacio», donde se exponen los objetivos del documento BREF, cómo debe consultarse y la terminología jurídica empleada. Este texto puede leerse y comprenderse por sí solo pero, al tratarse de un resumen, no es tan completo como el documento BREF íntegro; por este motivo, no pretende sustituirlo como instrumento para la toma de decisiones en cuanto a las MTD.

Ámbito de aplicación del documento

El ámbito de aplicación de este documento se describe en el anexo I, punto 6.7, de la Directiva IPPC: *«Instalaciones de tratamiento de superficie de materias, objetos o productos, que utilicen disolventes orgánicos, en particular para operaciones de preparación, impresión, revestimiento, desengrase, impermeabilización, encolado, pintado, limpieza o impregnación y con una capacidad de consumo superior a 150 kg de disolventes por hora o a 200 toneladas por año».*

El sector solicitó que se aclararan las definiciones de «disolventes orgánicos» y «capacidad de consumo». Al término del intercambio de información, pudo observarse que la información sobre disolventes orgánicos manejada durante el mismo se correspondía con la definición de COV (según establece la Directiva 1999/13/CE del Consejo, sobre emisiones de disolventes). También se vio que, a la hora de determinar las conclusiones sobre las MTD, el intercambio se había centrado en instalaciones cuyo uso efectivo de disolventes superaba los umbrales de capacidad de consumo establecidos en la Directiva IPPC (en casos en que el uso en la actividad incluía disolventes recuperados de los equipos de reducción de emisiones de gases residuales). La interpretación de estos umbrales de capacidad se debate en el seno de la Dirección General de Medio Ambiente a fin de desarrollar criterios para la interpretación de determinadas disposiciones de la Directiva.

En este documento se tratan las siguientes cuestiones:

- tres procesos de impresión que utilizan disolventes a gran escala (*offset* de bobinas por secado al calor, embalajes flexibles y huecograbado de publicaciones);
- recubrimiento y/o pintura de cables para bobina, coches y vehículos industriales, autobuses, trenes, equipos agrícolas, buques y yates, aeronaves, bobinas de acero y aluminio, embalajes de metal, muebles y madera, así como otras superficies metálicas y de plástico;
- aplicación de adhesivos en la fabricación de abrasivos y cintas adhesivas;
- impregnación de madera con conservantes;
- limpieza y desengrase relacionados con estas actividades; no se ha señalado ninguna industria de desengrase independiente.

En este BREF se trata igualmente el uso de alternativas hidrosolubles a los revestimientos a base de disolventes (como el revestimiento por galvanización); en el BREF STM se consideran otros tratamientos de superficies a base de agua.

En este documento no se han considerado otras actividades, como las siguientes:

- otros procesos de preparación, impermeabilización, encolado o impregnación que puedan pertenecer al ámbito del documento o los documentos BREF del sector textil o curtidos;
- la producción de paneles laminados, tableros de partículas, etc., ya que éstos utilizan resinas a base de agua;

- industrias (o partes de ella) o actividades que emplean disolventes manifiestamente por debajo de los umbrales;
- fabricación de pinturas, tintas, adhesivos, etc., que no pertenecen al ámbito del presente BREF.

A todas las industrias incluidas en este documento se les aplica también la Directiva sobre emisiones de disolventes (SED, Directiva 1999/13/CE del Consejo). Cuando la SED establece valores límite de emisión, se acepta que éstos corresponden a valores límite de emisión mínimos con arreglo a la Directiva IPPC (artículo 18, apartado 2). No se utilizan como valores de emisión asociados a las MTD.

Información general

Este sector no es homogéneo y engloba diversas industrias, con instalaciones cuyo tamaño va desde las PYMES hasta las multinacionales. Cada año se venden en Europa 4,5 millones de toneladas de disolventes, el 27 % de los cuales se utilizó en 2003 en las industrias de la pintura y revestimientos, lo que supone un descenso respecto al 47 % de 1998, sin duda debido al aumento del uso de tecnologías de polvos al agua y otras tecnologías que utilizan poco los disolventes. Las formulaciones de tinta para imprimir utilizan alrededor del 7 % y los adhesivos alrededor del 4 % (estas cifras incluyen usos importantes no relacionados con la Directiva IPPC).

Principales problemas ambientales

Los principales problemas ambientales se refieren a la emisión de disolventes a la atmósfera, al agua y a las aguas subterráneas y al suelo. También es importante el consumo de energía, así como las emisiones de partículas a la atmósfera, la minimización y gestión de los residuos (incluida la reducción del consumo de materias primas mediante una aplicación más eficiente) y el estado del emplazamiento tras el cese de las actividades.

Estructura del documento

Cada uno de los capítulos del 2 al 19 se refiere a una industria del sector y contiene cuatro secciones, a saber:

Sección 1: información general sobre la industria o actividad correspondiente;

Sección 2: descripción de los procesos industriales utilizados en esta industria o actividad;

Sección 3: datos e información sobre los niveles actuales de consumo y emisiones;

Sección 4: técnicas que han de tenerse en cuenta para la determinación de las MTD, como se explica más abajo para el capítulo 20; sin embargo, se insiste especialmente en las técnicas o la información específicas de cada industria o actividad.

El capítulo 20 describe técnicas genéricas para la reducción del consumo y de las emisiones así como otras técnicas idóneas para determinar las MTD y las condiciones de obtención de permisos basadas en ellas y que son pertinentes para varias de las industrias o actividades correspondientes.

Consumo y emisiones

Los mejores datos se relacionan con el volumen de producción sobre la base de parámetros de producción como, por ejemplo, superficie tratada (m²) o introducción de sólidos en el proceso. La mayoría de los datos se refiere a instalaciones específicas o bien corresponde a los rangos de las industrias. En la mayor parte de los casos, se indican valores de emisión asociados con una serie de MTD de cada industria con arreglo a unos parámetros de producción adecuados.

Mejores técnicas disponibles

El capítulo sobre MTD (capítulo 21) señala las técnicas que se consideran MTD a nivel europeo, basándose especialmente en la información que figura en el capítulo 20 y en los capítulos sobre cada industria. A este respecto se tienen en cuenta tanto la definición de mejores técnicas disponibles prevista en el artículo 2, apartado 11, como las consideraciones recogidas en el anexo IV de la Directiva IPPC. El capítulo sobre MTD no fija ni propone valores límite de emisión, sino que indica valores de consumo y emisión que suelen asociarse al uso de una combinación de MTD.

En el BREF STM se exponen las MTD asociadas a los tratamientos de superficies a base de agua (tal como se definen en la Directiva IPPC, anexo I, punto 2.6) realizados con procesos a base de

disolventes. Pueden encontrarse otras técnicas y más información especialmente en los documentos BREF CWW, BREF de almacenamiento y BREF de monitorización así como en otros documentos BREF. Sin embargo, dichas técnicas no se han validado para las industrias incluidas en este documento.

A continuación se resumen las principales conclusiones sobre las MTD en relación con los principales problemas medioambientales. Aunque la industria es compleja en cuanto al tamaño y la diversidad de sus actividades, pueden considerarse unas mismas MTD genéricas para todas ellas. También se indican otras MTD aplicables a procesos concretos. Los elementos de las MTD aplicables a una instalación concreta se seleccionarán de las MTD descritas en relación con la actividad, teniendo en cuenta las consideraciones recogidas en el anexo IV de la Directiva IPPC.

MTD genéricas

Diseño, construcción y funcionamiento de la instalación. Constituye una MTD minimizar el consumo y las emisiones (en particular al suelo, al agua y las aguas subterráneas y a la atmósfera) mediante:

- la aplicación y el seguimiento de sistemas de gestión ambiental y de otros tipos, tanto si están validados externamente como si no; entre ellos se incluye la planificación de la reducción continua de la huella ecológica de la instalación (con medidas e inversiones), la comparación de consumos y emisiones (respecto a datos internos y externos a lo largo del tiempo), la consideración del cierre final a la hora de diseñar nuevas instalaciones o mejorar las existentes, etc.;
- el uso de una gestión del riesgo simple para diseñar, construir y explotar una instalación, junto con las técnicas descritas en este documento y en el BREF de almacenamiento en relación con el almacenamiento y la utilización de sustancias químicas y materias primas; estas MTD ayudan al cierre de la instalación reduciendo las emisiones imprevistas, registrando el historial de utilización de sustancias químicas prioritarias y peligrosas y tratando con prontitud la posible contaminación;
- la aplicación de técnicas de explotación como la automatización, la formación y el uso de procedimientos escritos de explotación y mantenimiento.

Monitorización Constituye una MTD monitorizar las emisiones de disolventes para poder reducir las emisiones mediante:

- la utilización de un plan de gestión de disolventes, fundamental para calcular las emisiones fugitivas o totales: esto debe hacerse regularmente, aunque pueden establecerse parámetros clave con fines de evaluación comparativa y control periódico; deben hacerse mediciones directas según las técnicas contempladas;
- la garantía de realizar un mantenimiento periódico del equipo necesario para el cálculo de las emisiones, efectuándose una recalibración en caso necesario.

Reducción del consumo de agua y/o conservación de materias primas en los procesos de tratamiento a base de agua. Constituye una MTD el uso de:

- técnicas como el aclarado en cascada (múltiple), el intercambio iónico o la separación por membrana;
- medidas de control para minimizar el uso de aguas de refrigeración;
- sistemas cerrados de refrigeración y/o intercambio de calor.

Minimización del consumo de energía. Constituye una MTD aplicar las técnicas descritas, en particular: reduciendo el volumen de aire que se traslada, minimizando las pérdidas de energía reactiva, controlando la elevada demanda de energía en el momento del arranque de los aparatos, usando aparatos con elevada eficiencia energética, etc.

Gestión de las materias primas. Constituye una MTD:

- reducir el impacto medioambiental de las emisiones a la hora de seleccionar las materias primas adecuadas;
- reducir el consumo de materias primas mediante una o varias de las técnicas descritas.

Sistemas de tratamiento, aplicación y secado/curado de superficies. Constituye una MTD minimizar las emisiones de COV y el consumo de energía y maximizar la eficiencia de las materias primas (es decir, reducir los residuos) seleccionando un sistema que combine estos objetivos. Esto es aplicable tanto a instalaciones nuevas como a mejoras de instalaciones ya existentes.

Limpieza. Constituye una MTD utilizar las técnicas descritas para:

- conservar las materias primas y reducir las emisiones de disolventes mediante la limpieza y reduciendo al mínimo los cambios de color;
- reducir las emisiones de disolventes recogiendo y reutilizando los disolventes empleados al limpiar las pistolas de pintura;
- minimizar las emisiones de COV seleccionando una o varias técnicas en función del proceso y del equipo, de la persistencia de la contaminación y del objeto limpiado (equipo o sustrato).

Uso de sustancias menos peligrosas (sustitución). Constituye una MTD:

- emplear técnicas que no utilicen disolventes, o que utilicen una cantidad pequeña, para la limpieza, tal como se describe en la parte general, y para la producción, según se dispone en la parte correspondiente a industrias específicas;
- minimizar los efectos fisiológicos adversos sustituyendo las sustancias que llevan las frases de riesgo R45, R46, R49, R60 y R61 de acuerdo con el artículo 5, apartado 6, de la Directiva 1999/13/CE del Consejo;
- minimizar los efectos ecotóxicos adversos sustituyendo las sustancias que llevan las frases de riesgo R58 y R50/53 cuando haya riesgo de emisión al medio ambiente y existan alternativas;
- reducir el agotamiento del ozono estratosférico (capas altas) sustituyendo las sustancias que lleven la frase de riesgo R59; en particular, todos los disolventes halogenados, total o parcialmente, con la frase de riesgo R59 que se utilicen para la limpieza deben sustituirse o controlarse de la forma descrita;
- minimizar la formación de ozono troposférico (capas bajas) utilizando COV o mezclas con bajo potencial de formación de ozono (PFO) en caso de que no existan otras medidas que permitan alcanzar los valores de emisión asociados no o de que tales medidas no sean técnicamente aplicables (por ejemplo, por tener efectos cruzados desfavorables) y cuando se proceda a hacer sustituciones como las descritas anteriormente. No obstante, esto no se puede aplicar a formulaciones complejas, como las pinturas de automóviles o determinados sistemas de un solo disolvente, cuando no se disponga aún de solución alternativa, como el huecograbado de publicaciones; en caso de que no aumente el PFO, puede efectuarse la sustitución con disolventes cuyo punto de inflamación sea > 55 °C.

Emisiones atmosféricas y tratamiento de los gases residuales. Constituye una MTD (en el diseño, la explotación y el mantenimiento de las instalaciones):

- minimizar las emisiones en origen, recuperar los disolventes de las emisiones o destruir los disolventes presentes en los gases residuales. Se indican los valores de emisión asociados a distintas industrias. (El uso de materiales con bajo contenido de disolventes puede provocar un exceso de demanda energética para el funcionamiento de los oxidantes térmicos; pueden dejar de usarse los oxidantes en caso de que los efectos cruzados negativos superen a los beneficios de destruir los COV);
- buscar posibilidades para recuperar y utilizar el exceso de calor generado por la destrucción de los COV y minimizar la energía utilizada en la extracción y destrucción de estos compuestos;
- reducir las emisiones de disolventes y el consumo de energía utilizando las técnicas descritas, como la reducción del volumen extraído y la optimización o concentración del contenido de los disolventes.

Partículas emitidas al aire por la pintura en pistola. Constituye una MTD utilizar una combinación de las técnicas descritas. Los valores de emisión asociados son:

- 5 mg/m³ como máximo en caso de instalaciones existentes;
- 3 mg/m³ como máximo en caso de instalaciones nuevas.

En la industria del revestimiento de madera y muebles se observa un enfoque divergente: el valor de emisión correspondiente es de 10 mg/m³ como máximo tanto para las instalaciones nuevas como para las ya existentes. La justificación para ello es que este valor es económica y técnicamente factible en la industria.

Aguas residuales. Constituye una MTD:

- reducir los vertidos al agua utilizando técnicas de minimización del agua, realizar pretratamiento y tratamiento de las aguas residuales según se describe;
- monitorizar las materias primas y efluentes para minimizar el vertido de los materiales con toxicidad acuática y reducir sus efectos cuando haya riesgo de contacto con el agua mediante alguna de las siguientes vías: uso de materiales menos nocivos, reducción del uso y de la pérdida de material en los tratamientos del proceso y por derrames y tratamiento de las aguas residuales;
- en caso de que los disolventes puedan entrar en contacto con el agua, evitar niveles peligrosos en la atmósfera de las canalizaciones del alcantarillado manteniendo un nivel seguro de vertidos;
- en lo que se refiere a los talleres de pintura que utilicen agua, aplicar las técnicas descritas; los valores de emisión asociados en caso de vertido a aguas superficiales son una DQO de 100 - 500 mg/l y una concentración de sólidos en suspensión de 5 - 30 mg/l;
- en caso de sistemas de lavadores, reducir el consumo de agua y los vertidos y el tratamiento de efluentes optimizando la transferencia de pintura minimizando la formación de lodos de pintura.

En el BREF CWW pueden consultarse técnicas de depuración biológica de aguas residuales. En el BREF STM se estudian otras técnicas y los valores de emisión asociados.

Recuperación de materiales y gestión de residuos. Constituye una MTD reducir el consumo y las pérdidas de material, así como recuperar, reutilizar y reciclar el material según se describe.

Olores desagradables. Constituye una MTD, en lo que afecta a un receptor sensible, utilizar una técnica de control de las emisiones de COV, como el empleo de materiales o procesos que generen menos olores y/o el tratamiento de los gases residuales con métodos como las chimeneas altas.

Ruido. Constituye una MTD señalar las fuentes importantes de ruido y los posibles receptores sensibles situados en sus proximidades; cuando el ruido pueda tener impacto, constituye una MTD utilizar buenas prácticas como cerrar las puertas de los compartimentos, reducir al mínimo las entregas o utilizar controles de ingeniería, como el uso de silenciadores con los ventiladores grandes.

Protección de las aguas subterráneas y cierre de las instalaciones. En la MTD relativa al diseño, construcción y explotación de la instalación, más arriba, se indican MTD para tratar estas cuestiones.

MTD para industrias concretas

Impresión con offset de bobinas por secado al calor. Constituye una MTD utilizar una combinación de técnicas para la impresión, la limpieza y la gestión de gases residuales, así como MTD genéricas para reducir la suma de las emisiones fugitivas y los COV que permanecen después del tratamiento de los gases residuales. Los valores de emisión asociados a la combinación de alcohol isopropílico y disolvente de limpieza son los siguientes:

- en caso de prensas nuevas o mejoradas del 2,5 % al 10 % de COV, expresado como porcentaje en peso del consumo de tinta;
- en caso de prensas ya existentes, del 5 % al 15 % de COV, expresado como porcentaje en peso del consumo de tinta.

Obsérvese que la mitad superior de estas gamas se asocia con emisiones de alcohol isopropílico de tareas «difíciles» (según la definición). No pueden utilizarse técnicas de concentración debido a problemas de olores.

Impresión de embalajes flexibles por flexografía y huecograbado de embalajes. Constituye una MTD:

- utilizar una combinación de técnicas descritas para reducir la suma de emisiones fugitivas y no fugitivas de COV; los valores de emisión asociados a los tres supuestos que se dan en la industria son los siguientes (utilizando la emisión de referencia definida en el anexo II B de la SED):

(supuesto 1) instalaciones en las que todas las máquinas de producción funcionan con disolventes y están conectadas a dispositivos de reducción:

- con incineración: emisiones totales entre el 7,5 % y el 12,5 % de la emisión de referencia;
- con recuperación de disolventes: emisiones totales entre el 10 % y el 15 % de la emisión de referencia;

(supuesto 2) instalaciones existentes que cuentan con dispositivos de reducción de los gases residuales, pero no todas las máquinas de producción a base de disolventes están conectadas:

(2.1) para las máquinas conectadas al dispositivo de reducción:

- con incineración: emisiones totales entre el 7,5 % y el 12,5 % de la emisión de referencia relativa a estas máquinas;
- con recuperación de disolventes: emisiones totales entre el 10 % y el 15 % de la emisión de referencia relativa a estas máquinas;

(2.2) para las máquinas no conectadas al tratamiento de gases residuales constituyen MTD las siguientes:

- uso en estas máquinas de productos con bajo o nulo contenido de disolventes;
- conexión al dispositivo de reducción de los gases residuales cuando haya capacidad;
- dar preferencia a las tareas que necesiten un contenido elevado de disolventes en las máquinas conectadas a los dispositivos de reducción de gases residuales;

(supuesto 3) en caso de que las instalaciones carezcan de dispositivos de reducción de los gases residuales y estén utilizando la sustitución, constituye una MTD seguir la evolución de las tintas, los barnices y los adhesivos con bajo o nulo contenido en disolventes y reducir continuamente la cantidad de disolventes consumidos.

En los supuestos 1 y 2.1, cuando una instalación presente una proporción sólidos: disolventes superior a 1:5,5 para el total de las tintas, los barnices y los adhesivos a base de disolventes, es posible que no puedan alcanzarse los valores de emisión. En tal caso, constituye una MTD cubrir los tinteros o utilizar rasquetas de cámara y aplicar una combinación adecuada de otras técnicas descritas.

También constituyen MTD:

- reducir el consumo energético cuando se optimiza el tratamiento de los gases residuales en todos los emplazamientos, y
- buscar oportunidades para recuperar y utilizar posibles excesos de energía en todos los emplazamientos.

Impresión con huecograbado de publicaciones. Constituye una MTD:

- reducir la suma de emisiones fugitivas y los COV que permanecen después del tratamiento de los gases respecto a la entrada total de disolventes:
 - en caso de nuevas instalaciones, del 4 % al 5 %, utilizando técnicas aplicables a las nuevas instalaciones, y
 - en caso de instalaciones ya existentes, del 5 % al 7 %, utilizando técnicas aplicables a las instalaciones ya existentes;
- evitar el consumo excesivo de energía utilizando el número óptimo de regeneraciones necesario para mantener las emisiones dentro de los valores mencionados;
- reducir las emisiones de tolueno al alcantarillado municipal a un nivel inferior a 10 mg/l mediante

Técnicas emergentes

Se tratan varias técnicas que están desarrollándose más, o transfiriéndose, para su aplicación a diversas industrias. En particular, en lo que se refiere a las tintas, los revestimientos o los adhesivos, dichas técnicas son: el uso de una cantidad menor o nula de disolventes, la mejora de los sistemas al agua, los sistemas de uno y dos componentes, las pinturas con alto contenido de sólidos y el revestimiento con polvo. Estas técnicas suelen implicar el desarrollo de secado no térmico o el curado mediante radiación UV o de otro tipo. Para aplicar una capa final de lubricante sobre los cables para bobina, el avance fundamental es la utilización de técnicas con cantidades pequeñas o incluso nulas de disolventes, lo que actualmente tiene aplicaciones limitadas. En las industrias de revestimiento de vehículos, se está avanzando en lo relativo a las pinturas solubles en agua, los barnices de uno y dos componentes, las pinturas con alto contenido en sólidos, los revestimientos de polvo, las pinturas de poliuretano que pueden aplicarse tanto en materiales metálicos como plásticos, el aumento del uso de materiales pre-revestidos y, como consecuencia de muchos de estos avances, una reducción del número de capas de pintura.

Observaciones finales

El intercambio de información sobre las mejores técnicas disponibles para el tratamiento de superficies con disolventes orgánicos se llevó a cabo entre 2003 y 2006. El intercambio de información fue fructífero y se alcanzó un elevado nivel de consenso durante el trabajo y tras la reunión final del grupo de trabajo técnico. Sólo se observaron enfoques divergentes en cuanto a las emisiones de partículas procedentes del revestimiento de muebles y madera.

Al final del intercambio de información pudo observarse que se había referido a la información indicada en la sección «Ámbito del documento».

En el capítulo «Observaciones finales» se indican las lagunas de conocimiento y las recomendaciones para futuros estudios. Debe trabajarse más en ciertos aspectos clave, como el potencial de generación fotoquímica de ozono y la relación coste-beneficio de la combustión de gas natural para reducir los COV.

Mediante sus programas de IDT, la CE lanza y apoya una serie de proyectos sobre tecnologías limpias, tecnologías emergentes de tratamiento y reciclado de efluentes y estrategias de gestión. Estos proyectos podrían suponer una aportación útil a futuras revisiones de los documentos BREF. Por lo tanto, se ruega a los lectores que informen a la Oficina Europea de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (EIPPCB) de todos los resultados de los estudios relativos al ámbito de aplicación del presente BREF (véase también su prefacio).

PREFACIO

1. Consideración del documento

A menos que se especifique de otro modo, toda referencia a 'la Directiva' a lo largo del presente documento se entenderá como la Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación. En la medida que la Directiva sea de aplicación sin perjuicio de las disposiciones de la Comunidad relativas a la salud y seguridad en el trabajo, también lo será este documento.

El presente documento forma parte de una serie de documentos que describen los resultados del intercambio de información desarrollado entre los Estados miembros de la Unión Europea y las industrias correspondientes acerca de las mejores prácticas disponibles (MTD), las prescripciones de control relacionadas y su evolución. *[La Comisión Europea publica este documento en virtud del apartado 2 del artículo 16 de la Directiva y, por tanto, éste debe considerarse de acuerdo con el anexo IV de la Directiva a fin de determinar las «mejores técnicas disponibles»].

** Nota: se eliminarán los corchetes cuando se complete el procedimiento de publicación por parte de la Comisión.*

2. Obligaciones jurídicas relevantes previstas por la Directiva IPPC y la definición de MTD

A fin de facilitar al lector la comprensión del marco jurídico en el cual se ha elaborado el presente documento, se recogen aquí algunas de las principales disposiciones de la Directiva IPPC, entre ellas la definición de «mejores técnicas disponibles». No obstante la información a este respecto es parcial y se expone únicamente a efectos informativos, por lo que no tiene validez legal y en ningún caso modifica en modo alguno las disposiciones reales de la Directiva.

El objetivo de la Directiva es conseguir la prevención y el control integrados de la contaminación producto de las actividades enumeradas en el anexo I, lo que permitiría un mayor grado de protección medioambiental en términos generales. La base jurídica de la Directiva está relacionada con la protección del medio ambiente. Para su puesta en práctica deberían considerarse asimismo otros objetivos de la Comunidad tales como la contribución al desarrollo sostenible mediante la competitividad de la industria.

Más concretamente, establece un sistema de permisos para ciertos tipos de instalaciones industriales que requieran que operarios y reguladores adopten una perspectiva general integrada en relación con el potencial de consumo y contaminación de las instalaciones. El fin de dicha perspectiva integrada debe ser la mejora de la gestión y el control de los procesos industriales de forma que se garantice un alto nivel de protección medioambiental en líneas generales. Un aspecto fundamental de esta perspectiva es el principio general previsto en el artículo 3, el cual dispone que los operarios deberían adoptar todas aquellas medidas preventivas contra la contaminación, en particular mediante la aplicación de las mejores técnicas disponibles, que resulten adecuadas para reducir su huella medioambiental.

La expresión «mejores técnicas disponibles» se define en el apartado 11 del artículo 2 de la Directiva como «la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea practicable, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente». El apartado 11 del artículo 2 continúa explicando esta definición como sigue:

«técnicas» se refiere tanto a la tecnología utilizada como a la forma en que la instalación está diseñada, construida, mantenida, explotada y paralizada;

las técnicas «disponibles» son aquellas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del sector industrial correspondiente, en condiciones económica y técnicamente viables, tomando en consideración los costes y los beneficios, tanto si las técnicas se utilizan o producen en el Estado miembro correspondiente como si no, siempre que el titular pueda tener acceso a ellas en

condiciones razonables;

«mejores» se refiere a las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto.

Además, el anexo IV de la Directiva contiene una lista de «aspectos que deben tenerse en cuenta con carácter general o en un supuesto particular cuando se determinen las mejores técnicas disponibles [...] teniendo en cuenta los costes y las ventajas que pueden derivarse de una acción y los principios de precaución y prevención». Entre estos aspectos se encuentra la información publicada por la Comisión con arreglo al apartado 2 del artículo 16.

Los organismos públicos competentes para la concesión de permisos deben tener en cuenta los principios generales que se establecen en el artículo 3 para determinar si se reúnen las condiciones necesarias para la obtención del permiso. Tales condiciones incluyen valores límite de emisión, complementados o reemplazados en caso necesario por parámetros equivalentes o medidas técnicas. En virtud del apartado 4 del artículo 9 de la Directiva, dichos valores límite de emisión, parámetros equivalentes y medidas técnicas deben estar basados, sin perjuicio del cumplimiento de las normas de calidad medioambiental, en las mejores técnicas disponibles, sin prescribir el empleo de técnicas o tecnologías específicas, pero teniendo en cuenta las características técnicas de las instalaciones correspondientes, su situación geográfica y las condiciones medioambientales locales. En todos los casos, las condiciones de permiso establecerán disposiciones relativas a la minimización de la contaminación a larga distancia o transfronteriza y garantizarán un nivel elevado de protección del medio ambiente en su conjunto.

Los Estados miembros tienen la obligación, con arreglo al artículo 11 de la Directiva, de garantizar que las autoridades competentes sigan o estén al corriente de los avances en torno a las mejores técnicas disponibles.

3. Objetivo del documento

El apartado 2 del artículo 16 de la Directiva prevé que la Comisión organice «un intercambio de información entre los Estados miembros y las industrias correspondientes acerca de las mejores técnicas disponibles, las prescripciones de control relacionadas y su evolución» así como la publicación de los resultados de dicho intercambio.

El objetivo del intercambio de información se recoge en el considerando 25 de la Directiva, que dispone que «los avances y el intercambio de información en la Comunidad sobre las mejores técnicas disponibles contribuirán a reducir los desequilibrios tecnológicos a nivel de la Comunidad, ayudarán a la divulgación mundial de los valores límite establecidos y de las técnicas empleadas en la Comunidad y, asimismo, ayudarán a los Estados miembros para la aplicación eficaz de la presente Directiva».

La (Dirección General de Medio Ambiente de la) Comisión estableció un foro para el intercambio de información (IEF) a fin de facilitar el trabajo previsto en el apartado 2 del artículo 16 en cuyo seno se han creado una serie de grupos técnicos de trabajo. Tanto el IEF como los distintos grupos técnicos de trabajo cuentan con representantes de los Estados miembros y de la industria, tal como se prevé en el apartado 2 del artículo 16.

El objetivo de esta serie de documentos es recoger con exactitud el intercambio de información llevado a cabo con arreglo al apartado 2 del artículo 16 y proporcionar información de referencia que las autoridades responsables de la concesión de permisos puedan utilizar a fin de determinar las condiciones necesarias para ello. El hecho de recoger información relevante acerca de las mejores técnicas disponibles hace que estos documentos deban considerarse valiosas herramientas para reducir la huella medioambiental.

4. Fuentes de información

Este documento constituye un resumen de la información recogida a través de diversas fuentes, entre las cuales destaca la experiencia de los grupos creados para ayudar a la Comisión, todas ellas verificadas por los servicios de la Comisión. Se agradecen todas las contribuciones realizadas a la

elaboración del documento.

5. Cómo interpretar y utilizar este documento

La información recogida en este documento debe utilizarse como una aportación a la determinación de las MTD aplicables a casos concretos. Para determinar las MTD y las condiciones necesarias según éstas para la obtención de permisos deberá tenerse en cuenta el objetivo general de asegurar un alto nivel de protección del medio ambiente en su conjunto.

El resto de la presente sección describe el tipo de información recogida en cada una de las secciones del documento.

El capítulo 1 recoge información general acerca de las industrias o las actividades correspondientes. Los capítulos del 2 al 19 están divididos en cuatro secciones, a saber:

1. información general sobre la industria o actividad correspondiente;
2. descripción de los procesos industriales utilizados en esta industria o actividad;
3. datos e información relativos a los niveles actuales de consumo y emisiones a fin de conocer la situación actual de las instalaciones existentes
4. técnicas que han de tenerse en cuenta para la determinación de las MTD, como se explica más abajo para el capítulo 20; sin embargo, se insiste especialmente en las técnicas o la información específicas de cada industria o actividad consideradas dentro del ámbito de aplicación de este documento.

El capítulo 20 describe más a fondo técnicas para la reducción del consumo y de las emisiones, así como otras técnicas que se consideran primordiales para determinar las MTD y las condiciones necesarias según éstas para la obtención de permisos y que son pertinentes para varias de las industrias o actividades correspondientes. Esta información incluye datos sobre los niveles de consumo y emisiones estimados posibles mediante el empleo de la técnica, los costes y los efectos cruzados asociados a ella y la medida en que dicha técnica puede aplicarse a los diversos tipos de instalaciones que pertenecen al ámbito de aplicación de este documento. Esto incluye, por ejemplo, las industrias o actividades en las cuales se utiliza la técnica en la actualidad y si ésta es o no aplicable a otras industrias o actividades con instalaciones nuevas, existentes, grandes o pequeñas. No se han incluido aquellas técnicas que suelen considerarse obsoletas.

El capítulo 21 describe las técnicas y los niveles de consumo y emisiones que se consideran compatibles con las MTD en un sentido general. La sección 21.1 define las MTD genéricas aplicables a todas las industrias del sector, mientras que las secciones de la 21.2 a la 21.19 recogen aquellas MTD específicas de cada industria que deben utilizarse en combinación con las previstas en la sección 21.1.

Por tanto el objetivo es proporcionar unas pautas generales en relación con los niveles de consumo y emisiones que puedan tomarse como punto de referencia adecuado para facilitar la determinación de las condiciones necesarias para la obtención de permisos según las MTD y el establecimiento de reglas generales vinculantes con arreglo al apartado 8 del artículo 9. Debe subrayarse, sin embargo, que este documento no propone valores de emisión límite. La determinación de las condiciones adecuadas para la concesión de permisos implicará la consideración de las características locales específicas de las instalaciones así como de otras características técnicas de la instalación, su situación geográfica y las condiciones medioambientales locales. En el caso de las instalaciones existentes, también deberá considerarse la viabilidad económica y técnica de la realización de mejoras. Incluso el objetivo último de garantizar un alto nivel de protección del medio ambiente en general a menudo implicará tomar decisiones que supongan un equilibrio entre los distintos tipos de impacto medioambiental, en las cuales se tendrán en consideración aspectos locales.

Si bien se pretende solucionar algunas de estas cuestiones, no es posible considerar todas ellas en este documento. Por tanto, las técnicas y los niveles descritos en el capítulo 21 no necesariamente serán adecuadas para todas las instalaciones. Por otro lado, la obligación de garantizar un alto nivel de protección medioambiental, incluida la minimización de la contaminación a larga distancia o transfronteriza, conlleva que las condiciones adecuadas para la concesión de permisos no puedan

determinarse únicamente según consideraciones locales. Por tanto resulta primordial que las autoridades responsables de la concesión de permisos tengan muy en cuenta la información recogida en este documento. El resto de la presente sección describe el tipo de información recogida en cada una de las secciones del documento.

Dado que las mejores técnicas disponibles van cambiando a lo largo del tiempo, este documento será revisado y actualizado cuando sea necesario. Cualquier comentario o sugerencia se remitirá a la Oficina Europea de la IPPC del Instituto de Estudios Tecnológicos Prospectivos a la siguiente dirección:

Edificio Expo, c/Inca Garcilaso, s/n, E-41092 Sevilla, España

Teléfono: +34 95 4488 284

Fax: +34 95 4488 426

correo electrónico: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu

Internet: <http://eippcb.jrc.es>

Interfaz entre la Directiva IPPC y la Directiva sobre emisiones de disolventes

A continuación se describen los aspectos que conforman la interfaz entre la Directiva 1999/13/CE de 11 de marzo de 1999 relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones (Directiva sobre emisiones de disolventes) y la Directiva 96/61/CE de 24 de septiembre de 1996 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (Directiva IPPC).

Téngase en cuenta que la interpretación última de la legislación comunitaria corresponde al Tribunal de Justicia y, por tanto, existe la posibilidad de que esa interpretación por parte del Tribunal pueda plantear nuevos problemas en el futuro.

La Directiva sobre emisiones de disolventes presenta las siguientes alusiones explícitas a la Directiva IPPC:

- el artículo 14 de la Directiva sobre emisiones de disolventes prevé que «sin perjuicio de la Directiva 96/61/CE, los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias a fin de garantizar que a 31 de octubre de 2007 todas las instalaciones existentes cumplen las disposiciones previstas en los artículos 5, 8 y 9». Esto significa que el cumplimiento de las condiciones previstas en la Directiva sobre emisiones de disolventes no exime del cumplimiento con las disposiciones de la Directiva IPPC, lo que incluye los permisos que prevean valores límite de emisión o parámetros equivalentes y las medidas técnicas determinadas con arreglo a los apartados 4 y 8 del artículo 9 de la Directiva IPPC. Tal como se indica en el prefacio estándar de los documentos BREF, las disposiciones del apartado 4 del artículo 9 de la Directiva IPPC y la definición de MTD prevén cierto margen de flexibilidad. Sin embargo, si las autoridades competentes o unas normas generales vinculantes impusieran criterios más estrictos que los previstos en la Directiva sobre emisiones de disolventes para cumplir con la Directiva IPPC para un permiso concreto, serían de aplicación las condiciones más estrictas.
- El artículo 6 de la Directiva sobre emisiones de disolventes ofrece a los Estados miembros la posibilidad de definir y poner en práctica planes nacionales de reducción de las emisiones de las actividades e instalaciones existentes a las cuales es de aplicación la Directiva a excepción de la limpieza de superficies y de la limpieza en seco. Sin embargo, en virtud del apartado 1 del artículo 6 de la Directiva, «un plan nacional no podrá eximir a las instalaciones existentes de la aplicación de las disposiciones establecidas en la Directiva 96/61/CE bajo ningún concepto». Por lo tanto, aunque la instalación se ajuste a un plan nacional, siempre serán de aplicación todas las disposiciones de la Directiva IPPC, lo que incluye los permisos que prevean valores límite de emisión o parámetros equivalentes y las medidas técnicas determinadas con arreglo a los apartados 4 y 8 del artículo 9 de la Directiva IPPC.

La Directiva IPPC hace la siguiente referencia a otros valores límite de emisión y leyes:

Una manera de hacer Europa

- El apartado 2 del artículo 18 prevé que: *A falta de valores límite de emisión comunitarios definidos en aplicación de la presente Directiva, los valores límites de emisión pertinentes, tal como se fijan en las Directivas enumeradas en el Anexo II y otras normativas comunitarias, se aplicarán a las instalaciones enumeradas en el Anexo I en cuanto valores límite de emisión mínimos con arreglo a la presente Directiva.*

En el anexo II no se menciona la Directiva sobre emisiones de disolventes, pues ésta es posterior a la Directiva IPPC. No obstante, se trata sin duda de «*otras normativas comunitarias*» a los efectos del apartado 2 del artículo 18 y por tanto los valores límite de emisión previstos **en ella son los valores límite de emisión mínimos para la industria del sector.**

Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para el tratamiento de superficies con disolventes orgánicos

RESUMEN	I
PREFACIO.	XI
ÁMBITO DE APLICACIÓN	XLI
1 INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DE SUPERFICIES CON DISOLVENTES ORGÁNICOS	1
1.1 Los disolventes orgánicos y el tratamiento de superficies	1
1.2 Principales problemas ambientales	2
1.2.1 General	2
1.2.2 Disolventes	3
1.2.3. Metales	4
1.2.4. Otros contaminantes	4
1.2.5. Energía	5
1.2.6. Consumo de materias primas	5
1.2.7. Consumo de agua	5
1.2.8. Residuos sólidos y líquidos	5
1.2.9. Partículas aéreas	5
1.2.10. Ruido	5
2. IMPRESIÓN	7
2.1. Información general sobre la impresión	7
2.1.1. La industria de la impresión en la Comunidad Europea	7
2.1.2. Los productos	11
2.1.2.1. Periódicos	11
2.1.2.2. Revistas y catálogos	11
2.1.2.3. Libros	12
2.1.2.4. Impresión general	12
2.1.2.5. Impresión de seguridad..	12
2.1.2.6. Etiquetas	... 12
2.1.2.7. Formularios comerciales	. 12
2.1.2.8. Embalaje de papel y cartón	... 13
2.1.2.9. Embalajes flexibles	. 13
2.1.2.10. Productos que requieren película de tinta gruesas	.. 13
2.1.2.11. Papel de empapelar paredes, papel decorativo y en láminas basadas en papel para la industria de fabricación de muebles y laminación	. 13
2.1.2.12. Sobres	... 14
2.2. Procesos y técnicas utilizados en la impresión	.. 14
2.2.1. Sistemas de pre prensa y pruebas de imprenta	.. 14

2.2.2. Creación del portador de imagen: planchas de impresión, cilindros, pantallas, CTP	... 15
2.2.3. Impresión de	... 16
2.2.3.1. Tipografía y ajustes de impresión	... 16
2.2.3.2. Flexografía	... 16
2.2.3.3. Offset: generalidades.	.. 18
2.2.3.4. Offset de alimentación por hojas	.. 20
2.2.3.5. Rotativas (offset heatset y coldset)	. 21
2.2.3.6. Huecograbado	. 22
2.2.3.7. Impresión serigráfica	. 23
2.2.3.8. Impresión digital	. 25
2.2.3.9. Laminado y barnizado en embalajes flexibles	25
2.2.4. Acabado	... 26
2.2.5. Actividades asociadas	. 26
2.3. Niveles de consumo y emisiones actuales en la industria de impresión	28
2.3.1. La industria gráfica en conjunto	... 28
2.3.2. Impresión offset de bobina de secado en caliente	. 28
2.3.2.1. Balances de masa – secado en caliente	... 28
2.3.2.2. Consumos – secado en caliente...	... 35
2.3.2.2.1. Componentes y aditivos	... 35
2.3.2.2.2. Tintas de imprenta	... 35
2.3.2.2.3. Soluciones de humectación...	... 35
2.3.2.2.4. Barnices	.. 36
2.3.2.2.5. Agentes limpiadores	. 36
2.3.2.2.6. Energía y recursos	.. 38
2.3.2.2.7. Sustratos de impresión y otros consumos	... 39
2.3.2.3. Emisiones – secado en caliente	... 39
2.3.2.3.1. Emisiones atmosféricas – fuentes y emisiones fugitivas...	.. 39
2.3.2.3.2. Residuos	.. 41
2.3.2.3.3. Aguas residuales.	. 42
2.3.3. Impresión de embalajes flexibles – flexografía y huecograbado	. 43
2.3.3.1. Balances de masas - embalajes flexibles	.. 43
2.3.3.2. Consumos - embalajes flexibles	.. 47
2.3.3.2.1. Disolventes orgánicos...	... 47
2.3.3.2.2. Tintas y barnices de impresión	.. 48
2.3.3.2.3. Agentes de limpieza	. 52
2.3.3.2.4. Los adhesivos en laminación	... 53
2.3.3.2.5. Energía y recursos	.. 53
2.3.3.3. Emisiones - embalajes flexibles	... 54

2.3.3.3.1. Emisiones atmosféricas	. 54
2.3.3.3.2. Residuos	58
2.3.3.3.3. Aguas residuales.	. 59
2.3.4. Huecograbado de publicaciones	.. 59
2.3.4.1. Balances de masas - huecograbado de publicaciones....	59
2.3.4.2. Consumos - huecograbado de publicaciones	. 63
2.3.4.2.1. Tintas de impresión ...	63
2.3.4.2.2. Agentes de limpieza	. 63
2.3.4.2.3. Energía y recursos	.. 64
2.3.4.2.4. Sustratos de impresión y otros	. 64
2.3.4.3. Emisiones - huecograbado de publicaciones	. 64
2.3.4.3.1. Emisiones atmosféricas	. 64
2.3.4.3.2. Residuos	65
2.3.4.3.3. Aguas residuales.	. 66
2.4. Técnicas a tener en cuenta a la hora de determinar las MTDs para la impresión	. 66
2.4.1. Impresión offset de secado en caliente	. 67
2.4.1.1. Tintas secado en caliente convencionales	... 67
2.4.1.2. Reemplazo de tintas secado en caliente convencionales (sustitución)	68
2.4.1.2.1. Tintas de aceites vegetales 68
2.4.1.3. Reducción de las emisiones de la solución de humectación	. 69
2.4.1.3.1. Reemplazo del extracto AIP en la solución de humectación (sustitución)	.. 69
2.4.1.3.2. Optimizar la concentración de AIP en la solución de humectación 70
2.4.1.3.3. Rodillos de planchas y de distribución cerámicos, de metal e hidrófilos	... 71
2.4.1.3.4. Ajuste exacto de rodillos entintadores ...	72
2.4.1.3.5. Aplicar un sistema de pulverización en la unidad de humectación	.. 72
2.4.1.3.6. Refrigeración de la solución de humectación	... 73
2.4.1.3.7. Refrigeración de los rodillos de humectación y cilindros de planchas	. 73
2.4.1.3.8. Eliminación de las soluciones AIP de la unidad de humectación	.. 74
2.4.1.4. Filtración de la solución de humectación	. 74
2.4.1.5. Control de la dureza del agua para la solución de humectación	. 75
2.4.1.6. Offset seco	... 75
2.4.1.7. Recogida y tratamiento de gases residuales	... 76
2.4.1.7.1. Encapsulamiento de prensas o extracción y tratamiento de aire del taller de imprenta	... 76
2.4.1.7.2. Extracción y tratamiento de aire de los secadores 77
2.4.1.8. Limpieza	.. 78
2.4.1.8.1. Reemplazo (sustitución) y control de los COV utilizados durante la limpieza	78
2.4.1.8.2. Limpiadores de alta presión automáticos para los rodillos de humectación	. 79

2.4.1.8.3. Sistemas de limpieza automática para los cilindros de impresión y de mantillas	...	79
2.4.2. Flexografía y huecogrado de embalajes	...	80
2.4.2.1. Tintas convencionales a base de disolventes	..	81
2.4.2.2. Reemplazo de tintas convencionales a base de disolventes (sustitución)	...	81
2.4.2.2.1. Alternativas de curado UV	...	81
2.4.2.2.2. Alternativas de curado por haz de electrones	..	83
2.4.2.2.3. Tintas al agua	..	83
2.4.2.3. Barnices y adhesivos convencionales a base de disolventes	..	85
2.4.2.4. Sustitución de barnices y adhesivos convencionales	..	85
2.4.2.4.1. Barnices y adhesivos al agua	.	85
2.4.2.4.2. Alternativas con un alto contenido de materiales sólidos	...	86
2.4.2.4.3. Alternativas de curado UV	...	87
2.4.2.4.4. Alternativas librese de disolventes	...	87
2.4.2.4.5. Coextrusión	...	88
2.4.2.5. Tratamiento de aguas residuales	..	88
2.4.2.5.1. Encapsulado/cerramiento	...	88
2.4.2.5.2. Extracción y tratamiento de aire de las prensas y otras áreas de producción	.	89
2.4.2.5.3. Bypass de volúmenes máximos y moderación de máximos/mínimos: extracción y tratamiento de aire de las prensas y áreas de producción	...	90
2.4.2.5.4. Mantenimiento de los equipos de tratamiento de gases residuales, bypasses, sistemas de recogida, etc.	...	90
2.4.2.5.5. Cierre automático y oportuno de sistemas bypass	...	91
2.4.2.6. Limpieza	..	91
2.4.2.6.1. Reemplazo de los COV con disolventes menos volátiles para la limpieza de suelos (sustitución)	...	91
2.4.2.6.2. Limpieza de equipos y componentes de máquinas de las máquinas de limpieza/lavado automáticas	...	92
2.4.2.6.3. Limpieza de componentes de las máquinas mediante pulverización de agua a alta presión	...	92
2.4.3. Impresión de huecogrado de publicaciones	...	92
2.4.3.1. Tintas convencionales a base de disolventes	..	93
2.4.3.2. Sustitución de tintas convencionales a base de disolventes	..	93
2.4.3.2.1. Alternativas al agua	..	93
2.4.3.2.2. Empleo de retención de tintas	...	94
2.4.3.3. Tratamiento de aguas residuales	..	95
2.4.3.3.1. Aumento de temperatura del taller de imprenta	..	95
2.4.3.3.2. Aumento del tiempo de secado	...	95
2.4.3.3.3. Extracción discontinua de aire de las secadoras	...	96

- 2.4.3.3.4. Extracción continua de aire de las secadoras 96
- 2.4.3.3.5. El aire encerrado de la prensa y de ventilación se dirige hacia el sistema de tratamiento de gases residuales de forma discontinua .. 97
- 2.4.3.3.6. El aire encerrado de la prensa y de ventilación se dirige hacia el sistema de tratamiento de gases residuales de forma continua ... 97
- 2.4.3.3.7. Extracción discontinua de aire de la prensa, los secadores y el taller de imprenta 98
- 2.4.3.3.8. Extracción continua de aire de la prensa, los secadores y el taller de imprenta .. 98
- 2.4.3.3.9. Ventilación de bucle de aire cerrado .. 99
- 2.4.3.3.10. Estucadoras con bobinas de papel impresas . 100
- 2.4.3.4. Limpieza ... 100
- 2.4.3.4.1. Limpieza en prensa de cilindros de impresión ... 100

ALCANCE

El alcance de este documento se basa en el Anexo 1, 6.7 de la Directiva 96/61/CE del Consejo del 24 de septiembre del 1996 sobre la Prevención y el Control Integrados de la Contaminación (la Directiva PCIC).

Anexo 1, 6.7:

“Instalaciones para el tratamiento de superficies de sustancias, objetos o productos que utilicen disolventes orgánicos, en particular para el apresto, impresión, revestimiento, desengrasado, impermeabilización, encolado, pintura, limpieza o impregnación, con una capacidad de consumo superior a 150 kg por hora o a 200 toneladas al año”.

En los documentos de guía que están preparando en estos momentos los servicios de la Comisión podrán encontrarse información sobre la interpretación de ciertas cuestiones surgidas como resultado de la implementación de la Directiva PCIC. Más adelante se ofrece información acerca de la manera de abordar algunas cuestiones relativas al Alcance de este documento.

Instalación

“Instalación” se define en la Directiva PCIC, Artículo 2.3, como: “Una unidad técnica estacionaria en la que se efectúan una o más de las actividades indicadas en el Anexo I (de la Directiva PCIC), así como cualesquiera otras actividades directamente asociadas que estén relacionadas técnicamente con las actividades llevadas a cabo en dicho emplazamiento y que pudieran tener algún efecto sobre las emisiones y la contaminación”.

Disolventes orgánicos y COVs

Los compuestos orgánicos utilizados comercialmente son productos químicos que contienen carbono [76, TWG, 2004]. La Directiva sobre Emisiones de Disolventes [123, CE, 1999] define los disolventes orgánicos como: *“cualquier COV que se utilice en solitario o en combinación con otros agentes y sin experimentar ningún cambio químico, con el fin de disolver materias primas, productos o materiales residuales, o que se utilice como agente de limpieza, como disolvente, como medio de dispersión, como ajustador de la viscosidad, como plastificante o como agente de conservación.*

Los disolventes orgánicos pueden clasificarse en base a su estructura química. Existen tres grupos principales:

- disolventes oxigenados como, por ejemplo:
 - alcoholes
 - aldehídos
 - ésteres
 - éteres
 - éteres glicólicos y sus ésteres
 - cetonas
- disolventes de hidrocarburos:
 - alifáticos
 - aromáticos
- disolventes halogenados.

La definición de COV contemplada en la Directiva sobre Emisiones de Disolventes es la siguiente: *“cualquier compuesto orgánico que tenga a 293,15 K una presión de vapor igual o superior a 0,01 kPa, o una volatilidad correspondiente bajo las condiciones de uso específicas”.* Sin embargo, el Art. 3(k) de la Directiva TNE [139, CE, 2001] dice lo siguiente: *“Compuestos orgánicos volátiles” y “COV” significan todos los compuestos orgánicos resultantes de actividades humanas, aparte del metano, capaces de producir oxidantes fotoquímicos mediante reacciones con óxidos de nitrógeno en presencia de la luz solar”.* Aparte de las anteriores, también existen otros ejemplos de definiciones de

COV diferentes en las legislaciones y directrices europeas y nacionales. Normalmente se utilizan dos términos: COVNM, que significa COV no metánico y COV. Cuando se utiliza este último término, no siempre queda claro si se incluye o se excluye el metano. No obstante, normalmente en este documento COV se utiliza con el significado de COVNM cuando se hace referencia a consumos y emisiones.

La industria solicitó que se aclararan las definiciones de “disolventes orgánicos” y de “capacidad de consumo”. Al finalizar el intercambio de información, se comprobó que el intercambio se había centrado en información sobre disolventes orgánicos definidos como COVs (de acuerdo con la definición de la Directiva sobre Emisiones de Disolventes, Directiva del Consejo 1999/13/CE). También pudo comprobarse que, a la hora de establecer conclusiones sobre las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs), el intercambio había girado alrededor de instalaciones cuyo uso real de disolventes superaba los umbrales de capacidad de consumo contemplados en la Directiva PCIC (en la que el uso en la actividad incluía los disolventes recuperados de equipos de reducción de emisiones de gases residuales). La interpretación de estos umbrales de capacidad se discute dentro del contexto de los trabajos efectuados por DG Environment para desarrollar directrices en lo relativo a la interpretación de ciertas disposiciones de la Directiva.

Tratamiento de superficies

En la Sección 6.7 del Anexo I de la Directiva PCIC se hace referencia a los siguientes tratamientos de superficies: pintura, aplicación de adhesivos, otros procesos de revestimiento adicionales, impregnación, impermeabilización, impresión y limpieza de superficies. Sin embargo, el intercambio de información no tiene en cuenta las MTDs para las industrias o aquellas partes de las industrias cuya operación se considere a nivel general por debajo de las capacidades de consumo de la Directiva PCIC, Anexo 1 (6.7). Se consideran las siguientes actividades en detalle:

- impresión (mediante offset de bobina en caliente, flexografía y huecograbado de materiales de embalaje, huecograbado de publicaciones)
- pintura y otras actividades de revestimiento (hilos para bobinados, coches, camiones, autobuses, trenes, equipos agrícolas y para la construcción, barcos y yates, aviones, otras superficies de metal, bobinas de metal, embalajes metálicos, plásticos, mobiliario, madera y espejos)
- impermeabilización (mediante pintura y preservación de la madera)
- aplicación de adhesivos (en la fabricación de abrasivos y cintas adhesivas)
- limpieza y desengrasado en conjunción con otras actividades de tratamiento de superficies (consultar Las zonas comunes de este documento con otros BREFs, que puede encontrarse más adelante)
- conservación de la madera.

Las siguientes actividades no se incluyeron cuando forman parte de las actividades tratadas en los BREFs para la Industria Textil y las Curtidurías:

- apresto
- impermeabilización
- encolado.

La fabricación de preparaciones de revestimiento, pinturas, tintas y adhesivos y los procesos de extracción de disolventes y conversión de caucho no están incluidos en el alcance del Anexo 1, Sección 6.7 de la Directiva PCIC. Los procesos de tratamiento de madera como, por ejemplo, la fabricación de aglomerados, la laminación de tableros de partículas y fibras (con papel fenólico impregnado, por ejemplo) no se incluyeron debido a que utilizan adhesivos base agua.

Limpieza de superficies.

La limpieza de superficies puede tener tres acepciones diferentes:

1. Limpieza como la actividad “principal”, es decir, la actividad en cuestión consiste fundamentalmente en limpieza.
2. Limpieza cuando la actividad “principal” es otro tratamiento de superficies (es decir, una actividad de tratamiento de superficies descrita en el Anexo I, Sección 6.7 de la Directiva PCIC), como por ejemplo:

- limpieza de superficies de sustratos antes del tratamiento de las superficies
- limpieza de equipos.

En ambos casos, las técnicas se han incluido en el alcance de este documento como tratamiento de superficies o actividades asociadas.

3. Limpieza utilizando disolventes cuando el tratamiento de superficies no es la actividad principal. Por ejemplo, la limpieza de un contenedor entre lotes durante la fabricación de un producto basado en disolventes como la pintura. No se considera una actividad asociada al tratamiento de superficies y, por lo tanto, no se considera dentro del alcance de este documento.

Las zonas comunes de este documento con otros BREFs

El tratamiento de superficies con disolventes también se aborda en algunas ocasiones en otros BREFs. Algunos ejemplos de estos BREFs son los siguientes:

- el curtido de pieles y cueros
- la industria del acabado textil
- la industria de fabricación de pulpa y papel
- el procesamiento de metales ferrosos
- las fibras de vidrio y minerales
- el tratamiento de superficies de metales y plásticos (limpieza y pretratamiento de superficies).

Estos BREFs pueden utilizarse para validar, comparar y cuestionar la información facilitada. Las conclusiones reflejadas en los otros BREFs no afectan o limitan las conclusiones de este documento.

Las técnicas adicionales y la información de apoyo pueden encontrarse en otros documentos de referencia de la PCIC, en particular el BREF¹ sobre CWW, el BREF² sobre Almacenamiento y la REF³ de monitorización. Las conclusiones relativas a las MTDs de estos documentos no se han validado para los procesos de revestimiento con disolventes, pero cuando las condiciones físicas y/o químicas son similares, y teniendo en cuenta la viabilidad económica, podrían aplicarse en este sector.

Existen ejemplos de actividades que se sitúan dentro del alcance del BREF sobre el Tratamiento de Superficies de Metales y Plásticos (STM) que se ocupa de la categoría 2.6: *“Instalaciones para el tratamiento de superficies de materiales metálicos y plásticos utilizando un proceso electrolítico o químico cuando el volumen de las cubas de tratamiento es superior a 30 m³”*, que también se sitúan dentro del alcance de este documento. La elección de dónde encuadrar la información sobre las actividades que se sitúan dentro del alcance de ambos BREFs o de uno de los dos se efectúa en base a razones prácticas, haciéndose referencia a los datos. El electrorrevestimiento (e-coat) se aborda en este documento.

1. El documento de referencia sobre las MTDs de la Gestión/Tratamiento de Aguas y Gases Residuales en la Industria Química 67 EPCICB (2003). “Documento de referencia sobre las Mejores Técnicas Disponibles en los Sistemas de Gestión/Tratamiento Común de Aguas y Gases Residuales de la Industria Química”, Comisión Europea.
2. El documento de referencia de las MTDs Emisiones de Almacenamiento 91 EPCICB (2005). “Documento de referencia sobre las Mejores Técnicas Disponibles sobre Emisiones del Almacenamiento”.
3. El documento de referencia sobre los Principios Generales de Monitorización 113 EPCICB (2003). “Documento de referencia sobre los Principios Generales de Monitorización”.

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TRATAMIENTO DE SUPERFICIES UTILIZANDO DISOLVENTES ORGÁNICOS

[128, TWG, 2005]

Cuando se menciona el término disolventes en este documento, significa disolventes orgánicos (a menos que se proporcione información adicional como, por ejemplo, “base agua”, etc.).

1.1 Los disolventes orgánicos y el tratamiento de superficies

Los disolventes orgánicos se derivan en gran medida de la industria del petróleo y su fabricación corre a cargo de productores establecidos (si bien existen alternativas como, por ejemplo, los ésteres de aceites vegetales). En Europa se venden y utilizan 4,5 millones de toneladas de disolventes y la mayor demanda de estos productos, con diferencia, procede de la industria de las pinturas y los revestimientos. Sin embargo, esta demanda ha experimentado una reducción desde aproximadamente el 46% en 1998 al 27% en el 2003. Este hecho se debe probablemente al gran aumento del uso de tecnologías basadas en agua y en polvo, cuando son técnicamente viables. Del resto, el 7% se utiliza en formulaciones de tinta de impresión y el 4% en formulaciones de adhesivos. No es posible desglosar en mayor medida estas cifras, ya que los productores de disolventes desconocen, por ejemplo, en qué tipo de formulaciones se utilizan los disolventes, o si se utilizan para limpieza, etc.

Los datos históricos de las ventas de disolventes muestran un crecimiento medio marginal del 0,1% al año durante los últimos 10 años, inferior al crecimiento del PNB. Las proyecciones del consumo futuro no contemplan ningún crecimiento. La tendencia hacia la reducción de estos últimos años está relacionada con:

- el endurecimiento de la legislación medioambiental
- el incremento de la implantación de tecnologías basadas en agua o alternativas, cuando resulta viable
- el reciclado de disolventes y el uso más eficaz de los mismos.

Normalmente los disolventes orgánicos se dividen en clases de productos. Las clases más importantes son las siguientes:

- disolventes oxigenados: esta clase incluye los ésteres, cetonas, alcoholes y éteres glicólicos (y sus derivados acéticos)
- disolventes de hidrocarburos: disolventes aromáticos (por ejemplo tolueno, xileno), alifáticos e hidrocarburos parafínicos
- disolventes clorados (no incluidos en estas estadísticas).

Dentro de la familia de los disolventes se ha observado una tendencia a dejar de utilizar los tipos de disolventes aromáticos y de aguarrás para utilizar productos menos volátiles (menos combustibles, menor exposición potencial, menor liberación de COVs) cuando resulta posible.

La producción de disolventes da trabajo directo a unas 10.000 personas y su facturación es de 2.500 - 3.000 millones de Euros. El uso de disolventes supone alrededor de 10 millones de puestos de trabajo en más de 500.000 empresas de la UE-25, la mayoría de ellas PyMES, y que representan una facturación global de aproximadamente 200.000 millones de Euros.

En este sector PCIC, las industrias descritas utilizan disolventes para una amplia gama de actividades. Se utilizan en la limpieza de superficies que han de tratarse, y también como portador del tratamiento (por ejemplo tinta, pintura, agente conservante, aislante, adhesivo). Las mismas industrias utilizan los tratamientos para los siguientes fines, en solitario o en combinación:

- comunicación (impresión)
- decoración
- prevención de la corrosión y/o deterioro de la superficie de un producto
- conservación y entrega de productos (latas de comida y bebidas, envasado de

alimentos, aerosoles, productos de higiene personal, etc.)

- la aplicación de una capa con una función específica (por ejemplo aislamiento eléctrico, abrasión, adherencia).

Este capítulo (Capítulo 1) proporciona información general sobre todas las industrias o actividades afectadas. Cada uno de los Capítulos 2-19 se ocupa de una industria del sector y se dividen en las cuatro secciones siguientes:

Sección 1: información general sobre la industria o la actividad en cuestión

Sección 2: una descripción de los procesos industriales utilizados en esta industria o actividad

Sección 3: datos e información relativos a los niveles de consumo y de emisiones actuales, reflejando la situación en las instalaciones existentes en el momento de la redacción del documento

Sección 4: técnicas que deben tenerse en cuenta para la determinación de las MTDs, tal como se explica más adelante para el Capítulo 20; sin embargo, la atención prioritaria se centra en las técnicas o información específicas de la industria o actividad individual.

En el Capítulo 20 se describen técnicas generales para la reducción del consumo y las emisiones, así como otras técnicas consideradas de la máxima relevancia para la determinación de las MTDs y las condiciones de autorización basadas en MTDs con más detalle, que son relevantes para la mayor parte de las industrias o actividades en cuestión.

El Capítulo 21 se divide en dos partes: En la Sección 21.1 se indican las MTDs genéricas aplicables a todas las industrias de este sector. En las Secciones 21.2 a 21.19 se indican las MTDs específicas de cada industria, que se utilizarán conjunción con las de la Sección 21.1.

En el Párrafo 5 del Prefacio se explica con mayor detalle la manera de entender y utilizar este documento.

1.2 Principales problemas ambientales

1.2.1 General

Los aspectos medioambientales más importantes están relacionados con las emisiones de disolventes a la atmósfera, al agua y al suelo, las emisiones de partículas a la atmósfera, el uso de energía, la minimización y la gestión de los residuos y las condiciones de los emplazamientos tras el cese de las actividades.

Debido a la naturaleza inflamable de los disolventes, su impacto potencial sobre la salud y la seguridad de los trabajadores y su olor fuertemente desagradable en muchos casos, estos compuestos han sido objeto de control y se han extraído de los procesos durante muchos años. La industria también puede liberar partículas como resultado de estos procesos. Para la extracción y, cuando sea aplicable, el tratamiento de disolventes y partículas, se utilizan grandes ventiladores y otros equipos que pueden ser grandes emisores de ruido. Muchas instalaciones también utilizan equipos de producción que son inherentemente ruidosos. Los disolventes pueden utilizarse no sólo en la limpieza de sustratos, sino también de equipos, originando residuos con contenido de disolventes que podrían requerir una gestión especial para su recuperación y eliminación. El sector utiliza una cantidad de energía significativa en los procesos de producción, pero también en la recogida y el tratamiento de gases residuales al final del proceso (*end of pipe*). Los siguientes aspectos tienen una importancia crucial:

- minimización del consumo de materias primas y energía
- minimización de las emisiones mediante el diseño, la gestión y el mantenimiento de los procesos y mediante el tratamiento de los gases residuales
- garantizar la seguridad en lo relativo a los productos químicos y la prevención de accidentes medioambientales.

Las medidas para conseguir un mejor rendimiento desde el punto de vista medioambiental son con frecuencia complejas y deben evaluarse en lo relativo a sus impactos potenciales sobre la salud y la seguridad en el lugar de trabajo, la calidad del producto y otros procesos, la antigüedad y el tipo de la instalación y los beneficios para el medioambiente en general. Se cotejarán las mejores técnicas disponibles frente estos criterios, incluyéndose cambios tanto en las unidades de proceso como en las técnicas de reducción de emisiones.

Las técnicas de tratamiento y el control de procesos sofisticadas desempeñan un papel importante para la mejora del rendimiento medioambiental. Sin embargo, la operación competente y el mantenimiento regular tienen la misma importancia crítica que la elección de tecnología. En vista de ello, los aspectos importantes a tener en cuenta deberán incluir las buenas prácticas de gestión y de trabajo, un buen diseño del proceso y el emplazamiento, educación de la plantilla en lo relativo al rendimiento medioambiental y de los procesos, la seguridad en el lugar de trabajo y la prevención de accidentes y, por último, la monitorización del rendimiento medioambiental y de los procesos.

1.2.2 Disolventes

Debido a sus propiedades y a las cantidades utilizadas, los disolventes son los materiales de mayor relevancia, siendo los siguientes algunos aspectos importantes a tener en cuenta:

- los COVs reaccionan con óxidos de nitrógeno en presencia de la luz solar para formar ozono en la troposfera. Normalmente se trata de COVNM (disolventes orgánicos volátiles no metánicos)
- los disolventes halogenados, su toxicidad y su impacto sobre la reducción de los niveles de ozono en la estratosfera
- algunos disolventes son tóxicos para los organismos acuáticos
- algunos disolventes no son fácilmente biodegradables, por lo que tienen el potencial de contaminar los suelos. Los disolventes tradicionales no son PBT (persistentes, bioacumulativos, tóxicos) y ninguno de ellos es mPmB (muy persistente, muy bioacumulativo). Sin embargo, los disolventes pueden infiltrarse fácilmente por los suelos hasta llegar a las aguas subterráneas cuando los mecanismos para su eliminación o descomposición son limitados o inexistentes. Existe un gran número de informes sobre la contaminación de acuíferos utilizados para el suministro de agua potable con disolventes (si bien no necesariamente de estas industrias).

Según el registro EPER, el tratamiento de superficies utilizando disolventes fue la tercera fuente más importante de emisiones de COVs por parte de las industrias PCIC europeas en el 2001, consultar la Figura 1.1. Sin embargo, el registro tiene un límite mínimo, informando únicamente de las emisiones a la atmósfera superiores a 100 toneladas al año, de modo que habrá muchas instalaciones con emisiones de menor cuantía no incluidas en los informes.

Figura 1.1: Emisiones de disolventes orgánicos volátiles no metánicos procedentes de procesos PCIC para el 2001 [194, EPER, 2001]

Refinerías de aceite mineral y de gas – 213.971 T

Productos químicos orgánicos básicos – 117.143 T

Instalaciones para el tratamiento de superficies o de productos utilizando disolventes orgánicos (>200 T/año) – 94.782 T

Otros – 64.308 T

Industria del metal e instalaciones de tostado y sinterización de minerales metálicos.

Instalaciones para la producción de metales ferrosos y no ferrosos - 34.791 T

Plantas industriales de producción de pulpa a partir de madera u otros materiales fibrosos y de

producción de papel o cartón (>20 T/d) – 20.358 T

1.2.3 Metales

Con frecuencia se indica la presencia de metales tóxicos como el cadmio, plomo, cromo y níquel en los pretratamientos basados en agua y en los pigmentos para tintas y pinturas. Estos metales están controlados por otra legislación como la Directiva 76/769/CEE, que restringe la comercialización y el uso de estos y de otros pigmentos en la UE, la Directiva relativa a los Vehículos al Final de su Vida Útil y las Directivas sobre la restricción del uso de ciertas sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos, etc. Su uso no está muy extendido en los tratamientos de superficies a gran escala que utilizan disolventes orgánicos y no se utilizan en los procesos de impresión discutidos detalladamente en este documento [98, CE, 1976] [102, CE, 2000] [103, CE, 2003].

Pueden utilizarse compuestos organoestánicos y otros compuestos tóxicos como catalizadores en sistemas de pintura de electrorrevestimiento.

La pasivización a base de agua de superficies de cinc o de aleación de cinc de bastidores de aviones antes de la aplicación de pintura es uno de los usos del cromo hexavalente que no se ha interrumpido (en el 2005) debido a la dificultad de encontrar alternativas adecuadas. Esto se discute en el BREF STM [59, EPCICB, 2006].

En la preservación de la madera con base de agua se utilizan sales de cobre, cromo y arsénico (consultar el Capítulo 18).

En los pigmentos azules de ftalocianina de cobre para las tintas se utilizan pequeñas cantidades de cobre, pero no son base agua. Tan sólo se liberan periódicamente y sólo se encuentran a niveles basales en los efluentes. El complejo está fuertemente ligado y no resulta fácilmente disponible.

1.2.4 Otros contaminantes

El uso de revestimientos base agua constituye un sustituto clave para los revestimientos basados en disolventes. En ocasiones requieren el uso de biocidas para detener su degradación durante el almacenamiento o el uso, o podrían tener unos niveles de COD y/o de BOD de solubilizadores elevados, etc., pudiendo presentar una biodegradabilidad reducida en algunos casos.

En algunas soluciones base agua se utiliza el amoníaco como estabilizador.

1.2.5 Energía

Todas las industrias utilizan una cantidad de energía significativa durante sus actividades: en los procesos de tratamiento de superficies, en otras actividades asociadas y en los equipos para la reducción de la contaminación. Se utilizan cantidades importantes de energía para la extracción del aire contaminado con disolventes, y podría utilizarse gas como combustible de apoyo para la destrucción térmica de COVs a bajas concentraciones. El equilibrio entre el uso de energía y la reducción de COVs es un aspecto que debe tenerse en cuenta cuidadosamente. En muchos casos, las soluciones integradas como, por ejemplo, un mejor control de las emisiones fugitivas y el mantenimiento programado, podrían reducir significativamente los COVs en mayor medida, de una manera más eficiente desde el punto de vista energético, que las soluciones basadas exclusivamente en el tratamiento de los gases residuales.

1.2.6 Consumo de materias primas

Pueden utilizarse técnicas de alta eficiencia para reducir el consumo de materiales en general. La emisión de disolventes puede reducirse significativamente mediante técnicas de aplicación de alta eficiencia y materiales de revestimiento con alto contenido de sólidos.

1.2.7 Consumo de agua

Tanto la refrigeración como otros procesos utilizan agua, especialmente en los pretratamientos y revestimientos base agua. La máxima reducción del consumo de agua es un aspecto importante del que, por lo tanto, se ocupa tanto este documento como el BREF STM.

En la Sección 1.2.4 se resaltan los contaminantes acuosos importantes para este sector.

1.2.8 Residuos sólidos y líquidos

Normalmente, cuando se utilizan disolventes los residuos generados pueden clasificarse en muchos casos como peligrosos. Se discute el almacenamiento y la eliminación adecuados de los residuos.

1.2.9 Partículas aéreas

Surgen como resultado de algunos de los procesos (como el lijado de la madera y otros sustratos) y de procesos de revestimiento por rociado.

1.2.10 Ruido

Muchas instalaciones también utilizan equipos de producción que son inherentemente ruidosos como, por ejemplo, plegadoras y cortadoras en la impresión. El elevado nivel acústico también podría deberse a los elevados volúmenes y velocidades de producción. Estos equipos podrían estar contenidos en recintos cerrados debido a razones de salud y seguridad en el lugar de trabajo. Los equipos de extracción de gases residuales se basan en ventiladores de grandes dimensiones que suponen una fuente de ruido importante y algunos tipos de tratamientos de gases residuales también son ruidosos.

2 IMPRESIÓN

[4, Intergraf y EGF, 1999] [128, TWG, 2005], a menos que se indicara lo contrario.

2.1 Información general sobre la impresión

2.1.1 La industria de la impresión en la Comunidad Europea

La industria de la impresión es una de las mayores industrias de fabricación de la Unión Europea, situándose en muchos países entre las diez primeras. Se trata de una industria que sirve a todos los sectores de la economía, incluyendo autoridades públicas, servicios financieros, editoriales, servicios de distribución e industrias de fabricación. Sus clientes pueden ser desde instituciones de gran tamaño a empresas extremadamente pequeñas. Existen muchos miles de empresas competidoras, con una capacidad que supera la demanda del mercado en casi todas las regiones, por lo que la competencia es muy fuerte. En la totalidad de la industria de la UE-25 y de los países de la EFTA trabajan aproximadamente 970.000 personas en aproximadamente 125.000 empresas, con una facturación combinada de 170.000 millones de Euros, consultar la Tabla 2.1, la Tabla 2.2 y la Tabla 3.3. Las notas de la Tabla 2.3 describen las actividades de impresión incluidas en estas cifras, que incluyen un gran número de actividades e instalaciones que se sitúan fuera del alcance de este documento.

		2000	2001	2002	2003	2004
EU-25^(a)						
BE	Bélgica		1.794	1.693	1.683	1.633
CZ	República Checa	4.112	3.708 ^(b)	5.286	6.100	-
DK	Dinamarca	1.736	1.569	1.473	1.352	-
DE	Alemania	13.584	14.680	12.934	12.574	-
EE	Estonia	140	153	168	168	-
EL	Grecia	-	-	-	-	-
ES	España	15.445	14.452	14.445	13.958	-
FR	Francia	17.114	16.962	16.766	-	-
IE	Irlanda	353	357	380	-	-
IT	Italia	20.400	20.320	20.269	19.603	-
CY	Chipre	277	302	316	318	-
LV	Letonia	273	258	-	-	-
LT	Lituania	262	274	291	295	-
LU	Luxemburgo	86	78	77	-	-
HU	Hungría	661	4.265	4.322	-	-
MT	Malta	194	189	-	-	-
NL	Holanda	2.976	2.848	2.668	3.665	3.183
AT	Austria	1.045	1.010	1.088	1.095	-
PL	Polonia	11.001	10.333	11.416	-	-

PT	Portugal	3.055	3.116	2.988	3.237	-
SI	Eslovenia	1.282	1.413	1.133	-	-
SK	Eslovaquia	186	240	245	201	-
FI	Finlandia	1.386	1.311	1.276	-	-
SE	Suecia	3.951	3.835	3.683	-	-
UK	Reino Unido	18.937	18.814	18.777	18.283	-
Totales:		118.438	118.573	121.694	-	-
EFTA ^(a)						
NO	Noruega	1.100	-	-	-	-
CH	Suiza	2.634	-	-	-	-
<p>(a) Indicador Económico para estadísticas empresariales estructurales. Clasificación de actividades económicas – NACE Rev. 1.1 – DE 22.2</p> <p>(b) Valor provisional</p> <p>Extracto de la base de datos de Eurostat New Chronos. La cobertura del tamaño de las empresas podría variar de país a país.</p>						

Tabla 2.1: Número de empresas dedicadas a la impresión en los países europeos [177, Eurostat, 2005/6]

		2000	2001	2002	2003	2004
EU-25^(a)						
BE	Bélgica	-	22.006	21.309	19.586	19.169
CZ	República Checa	-	17.531 ^(b)	18.118	20.274	-
DK	Dinamarca	16.643	15.023	14.025	12.590	-
DE	Alemania	196.489	191.822	186.432	165.511	-
EE	Estonia	^(c)	^(c)	2.489	2.336	-
EL	Grecia	-	-	-	-	-
ES	España	87.209	82.852	84.949	82.864	-
FR	Francia	120.978	119.698	115.796	-	-
IE	Irlanda	8.672	8.523	7.936	-	-
IT	Italia	99.106	98.980	93.680	94.903	-
CY	Chipre	1.382	-	-	1.573	-
LV	Letonia	3.609	3.917	-	-	-
LT	Lituania	3.145	3.363	3.515	3.628	-
LU	Luxemburgo	1.141	1.143	1.140	-	-
HU	Hungría	16.076	21.213	23.683	-	-
MT	Malta	1.284	1.249	-	-	-
NL	Holanda	48.447	48.006	46.550	36.532	47.900
AT	Austria	16.803	16.560	16.066	15.196	-
PL	Polonia	38.653	38.233	34.684	-	-
PT	Portugal	24.588	25.259	22.857	24.762	-
SI	Eslovenia	5.731	5.778	6.058	-	-
SK	Eslovaquia	5.592	6.118	5.046	3.863	-
FI	Finlandia	13.317	13.129	12.390	-	-
SE	Suecia	24.314	23.839	22.606	-	-
UK	Reino Unido	-	201.000	191.000	185.000	-
Totales:		733.179	947.711	930.329	-	-
EFTA^(a)						
NO	Noruega	10.476	-	-	-	-
CH	Suiza	32.302	-	-	-	-
<p>(c) Indicador Económico para estadísticas empresariales estructurales. Clasificación de actividades económicas – NACE Rev. 1.1 – DE 22.2</p> <p>(d) Valor provisional</p> <p>Extracto de la base de datos de Eurostat New Chronos. La cobertura del tamaño de las empresas podría variar de país a país.</p>						

Tabla 2.2: Número de trabajadores de la industria de la impresión europea [177, Eurostat, 2005/6]

Además de la impresión en papel, los mercados adicionales para la impresión en otros sustratos como, por ejemplo, plásticos, cartón y metal también son considerables (para la impresión en metal, consultar Embalajes de metal, Capítulo 15).

Si bien muchos de los productos listados pueden producirse en el mismo tipo de máquina, las razones de carácter económico hacen que muchos de ellos deban imprimirse utilizando equipos especializados. Todos los procesos principales descritos (consultar la Figura 2.1) tienen propiedades específicas y costes asociados y se utilizan en función de los requisitos que deban satisfacerse. En algunas ocasiones puede utilizarse más de un proceso para el mismo trabajo y, ocasionalmente, una prensa de impresión específica podría incorporar más de un proceso.

Los procesos de impresión convierten el texto y las imágenes originales en una imagen sobre un soporte portador (consultar, no obstante, lo indicado más adelante acerca de la impresión digital) y la denominación de los tipos de procesos principales se basa en la manera en que se transporta la imagen. El soporte portador puede ser una plancha, un cilindro o un cliché. Todos los portadores de imágenes tienen dos superficies independientes – un área de imagen (impresión) y un área no de imagen (no de impresión). El área de imagen acepta la tinta, pero el área no de imagen no lo hace o la retiene.

Facturación (Total en millones de Euros)					
		2001	2002	2003	2004
EU-25					
BE	Bélgica	7.698	7.548	7.244	7.319
CZ	República Checa				
DK	Dinamarca	3.418,3	3.248,7	2.904,4	
DE	Alemania	34.404	32.692	32.828	33.050
EE	Estonia	45,2	141,5	182,9	
EL	Grecia				
ES	España	5.855	6.070	6.090	6.325
FR	Francia	22.454,5	12.003,2	21.046,9	
IE	Irlanda	829	800,7		
IT	Italia	21.593,5	22.531,7	22.447,3	
CY	Chipre	177,7	165,1	158	
LV	Letonia		184,3	193	
LT	Lituania	150	183,2	182,8	
LU	Luxemburgo	279,425	281,643	309,557	
HU	Hungría	1.441,4	1.679,1		
MT	Malta	139,7	169,1		
NL	Holanda	11.516,1	10.954,8	10.134,9	
AT	Austria	3.317,5	3.264,6	3.274,7	3.287,47
PL	Polonia				
PT	Portugal	253,3	153,8	89,2	
SI	Eslovenia				
SK	Eslovaquia	374,4	370,9	368,2	
FI	Finlandia	3.326	3.198	3.055	3.147
SE	Suecia	9.048	8.914	8.684	8.850
UK	Reino Unido	44.225,4	42.146,2	35.043,9	
Total UE-25:		186.327,1	172.291,8	166.318,2	
EFTA					
NO	Noruega	2.784,4	2.837,3		
CH	Suiza	13.000	12.800	12.400	12.500
Notas: Los totales son la suma de todas las actividades económicas de NACE Rev. 1.1 – DE 22.2, Impresión y actividades de servicios relacionadas con la impresión: <ul style="list-style-type: none"> • 22.21: Impresión de periódicos • 22.22: Impresión • 22.23: Encuadernación de libros 					

- 22.24: Actividades preimpresión (composición y fabricación de planchas)
- 22.25: Actividades auxiliares relacionadas con la impresión

Tabla 2.3: Facturación de la industria de la impresión europea, todas las actividades [177, Eurostat, 2005/6]

A continuación se indican los procesos de impresión más importantes (consultar también la Figura 2.1), que se describen en la Sección 2.2:

Figura 2.1: Visión general de los procesos de impresión más importantes

Image carrier production = Producción del portador de imágenes

Pre-press proofing = Pruebas preimpresión

Printing process = Proceso de impresión

Examples of finished products = Ejemplos de productos acabados

Relief = Relieve**

*Offset = Offset**

Gravure = Huecograbado**

Screen printing = Serigrafía

Direct = Directa

Letter press = Impresión tipográfica

Flexography & ** = Flexografía* & ***

Other = Otros

Sheetfeed offset = Offset de alimentación por hojas

Coldset web offset = Offset de bobina con secado en frío

Heatset web offset = Offset de bobina con secado en caliente**

Others = Otros

Publication gravure = Huecograbado de publicaciones*

Packaging gravure = Huecograbado de materiales de embalaje*

Dabber printing = Impresión con tampón

Others = Otros

Screen printing = Serigrafía

Digital = Digital

Newspapers, books, tables, business cards = Periódicos, libros, tablas, tarjetas de empresa

Flexible packaging, beverage cartons, paperback books, wall-coverings, forms = Embalajes flexibles, briks de bebidas, libros en edición rústica, papeles de empapelar paredes, formularios

Speciality small runs, arts prints = Tiradas pequeñas especializadas, impresiones artísticas

Brochures, books, folding cartons, business stationery = Folletos, libros, cajas de cartón plegables, material de oficina para empresas

Newspapers, forms, telephone directories = Periódicos, formularios, guías de teléfono

Magazines, brochures, catalogues = Revistas, folletos, catálogos

Art prints = Impresiones artísticas

Catalogues, brochures, magazines = Catálogos, folletos, revistas

Flexible packaging, wallpapers, veneers, decorative finishes = Embalajes flexibles, papeles de empapelar paredes, chapados, acabados decorativos

Bottles, cups = Botellas, tazas

Art prints = Impresiones artísticas

Self-adhesive films, advertising, CDs, printed circuit boards, PVC, PP bottles = Películas autoadhesivas, materiales publicitarios, CDs, circuitos impresos, PVC, botellas de PP

Catalogues, small runs, advertising = Catálogos, tiradas pequeñas, material publicitario

** Described in detail in this document = *Descrito detalladamente en este documento*

*** These will often be found in the same plant = ** Pueden encontrarse con frecuencia en la misma planta*

Impresión en relieve

Este tipo de impresión utiliza una superficie de impresión en relieve, es decir, elevada por encima de la superficie no de impresión. La **impresión tipográfica** y la **flexografía** son ejemplos de este proceso. La impresión flexográfica puede efectuarse en instalaciones lo bastante grandes como para superar los criterios contemplados en PCICD Anexo 1 (6.7), pero es frecuente que en las instalaciones de este tamaño se efectúe junto con huecograbado de materiales de embalaje, en combinación con actividades de laminado y barnizado.

Impresión offset

Las áreas de imagen y de no imagen se sitúan en el mismo plano en una plancha, que puede ser de metal, plástico o papel (una técnica denominada **litografía**).

Puesto que la duración de las planchas offset es limitada debido al desgaste constante causado por el contacto con el sustrato de impresión en las tiradas de impresión largas, la imagen se coloca o “transfiere” a una mantilla intermedia más blanda que transfiere la imagen al sustrato. Este tipo de impresión se denomina **impresión offset** y es el proceso más utilizado.

El sustrato puede alimentarse en forma de rollo o de bobina, (“**alimentación de bobina**”), o en forma de hojas (“**alimentación por hojas**”). Los términos **hotset** o “**en caliente**” y **coldset**, o “**en frío**” hacen referencia a la técnica utilizada para secar la tinta. La impresión offset de bobina en caliente puede efectuarse en instalaciones lo bastante grandes como para superar los criterios contemplados en PCICD Anexo 1 (6.7).

Huecograbado

Este es el mejor conocido de los procesos de impresión intaglio, pero el grabado en cobre y el relieve en seco son otros. En este método, las áreas de impresión son huecos extremadamente pequeños inscritos en un cilindro por debajo de las áreas de no impresión. Estos huecos se llenan de tinta, se retira la tinta sobrante y se presiona el sustrato contra el cilindro de impresión. El huecograbado de publicaciones y el huecograbado de materiales de embalaje pueden efectuarse en instalaciones lo bastante grandes como para superar los criterios contemplados en PCICD Anexo 1 (6.7).

Estarcido

La **impresión por serigrafía** es un ejemplo de impresión por estarcido, en el que las áreas de impresión y de no impresión se transportan en una pantalla. Las áreas de no impresión se forman bloqueando partes de la malla de la pantalla, mientras que se hace pasar la tinta a través de las partes no bloqueadas sobre el sustrato.

Impresión digital

Produce una imagen directamente sobre un sustrato a partir de información digital, sin la creación de una imagen permanente intermedia.

El uso del proceso por parte de las empresas

Si bien un gran número de empresas también se encargan ellas mismas de la creación de la imagen y de todos los procesos implicados antes de que se efectúe la impresión en sí, junto con la encuadernación y el acabado, existen muchas empresas dedicadas exclusivamente a estas operaciones específicas. Del mismo modo, muchos millares de firmas comerciales como, por ejemplo, los bancos, también efectúan sus propias actividades de impresión a nivel interno.

Además hay muchos comercios dedicados a la impresión a nivel de calle (tiendas de fotocopias). Tradicionalmente utilizaban los mismos equipos que las impresoras “convencionales” de menor tamaño, pero en estos momentos se basan en el fotocopiado y en la impresión por chorro de tinta y/o digital.

2.1.2 Los Productos

2.1.2.1 Periódicos

La práctica totalidad de los periódicos se imprimen mediante impresión offset de bobina de secado en frío. Una planta de impresión de periódicos local típica podría tener una o dos prensas con cuatro unidades en cada prensa, pero las instalaciones especializadas de mayor tamaño dedicadas a la impresión de periódicos de tirada nacional podrían tener hasta diez prensas. Las máquinas en frío con una bobina más estrecha también se utilizan para la producción de folletos publicitarios, libros en ediciones rústicas y guías telefónicas.

En algunos países todavía pueden encontrarse las máquinas de impresión tipográfica más antiguas, pero su uso se ha reducido rápidamente durante los últimos 20 años. Recientemente, una o dos firmas se han pasado al proceso flexográfico. Cuando se produce este cambio, siempre es base agua.

2.1.2.2 Revistas y catálogos

Normalmente, las revistas con una tirada superior a 10.000 ejemplares se imprimen mediante impresión offset de bobina de secado en caliente, si bien las tiradas más reducidas se efectúan mediante impresión offset de alimentación por hojas. La impresión offset de bobina en caliente también se utiliza para imprimir folletos de viajes, catálogos de venta por correo y material publicitario para su inserción en periódicos y revistas. También se utiliza para la impresión de algunos libros a color.

Las revistas de gran tirada y otras publicaciones similares tienden a imprimirse mediante huecograbado, ya que en estos casos es posible hacer frente a los costes adicionales que implica la fabricación de un cilindro de huecograbado en comparación con la fabricación de una plancha offset. Como resultado del gran nivel de inversión y de la elevada producción, estos procesos son utilizados normalmente por las grandes empresas.

El huecograbado tiene la reputación de ser capaz de imprimir sobre superficies de papel de relativamente mala calidad, ofreciendo a pesar de ello una impresión satisfactoria e intensa. La impresión offset de bobina de secado en caliente, por otra parte, requiere un buen papel revestido o no revestido para obtener la misma calidad. Algunas empresas cuentan con prensas de huecograbado y offset de bobina en caliente para imprimir revistas de diferentes longitudes de tirada.

2.1.2.3 Libros

La mayor parte de los libros a color y en blanco y negro de tirada corta tienden a imprimirse mediante impresión offset de alimentación por hojas, mientras que los libros de un solo color de tirada larga como, por ejemplo, los libros de edición rústica, se imprimen en bobina, normalmente mediante impresión offset de bobina de secado en frío, aunque en algunas ocasiones también mediante impresión tipográfica. Básicamente, se imprimen secciones de 8, 16 o 32 páginas de una vez, encuadernándose a continuación para producir el libro.

En todos los países existen varias empresas capaces de imprimir libros de tirada corta mediante impresión offset de alimentación por hojas, para la encuadernación a nivel interno en las mismas instalaciones o externa. Los trabajos de tirada larga serían efectuados únicamente por unos pocos especialistas.

Hay un número muy pequeño de prensas de bandas continuas en funcionamiento, capaces de imprimir el libro completo en una sola operación, en lugar de en varias secciones independientes. Normalmente efectúan la impresión mediante impresión tipográfica utilizando planchas flexibles. La producción de folletos y de libros de tirada corta es básicamente una operación que se desarrolla a nivel local, pero los trabajos de tirada larga están abiertos a la competencia nacional e internacional.

2.1.2.4 Impresión general

Existe una enorme variedad de trabajos de impresión denominados trabajos generales o comerciales, que incluyen material publicitario, informes y cuentas de empresas, tarjetas de felicitación, calendarios, folletos, prospectos, pósters y otros artículos similares, que se imprimen mediante impresión offset de alimentación por hojas.

2.1.2.5 Impresión de seguridad

La categoría general de impresión de seguridad incluye un gran número de productos, desde billetes de banco, pasaportes, sellos, cheques, entradas y cupones, hasta los que se basan en la seguridad de la información como, por ejemplo, informes y cuentas de empresas, documentos financieros de los mercados financieros e impresos de examen. Para ello es necesaria una amplia gama de procesos, algunos de los cuales son específicos para la impresión de seguridad.

2.1.2.6 Etiquetas

Básicamente hay dos tipos de etiquetas, etiquetas húmedas y etiquetas en rollo autoadhesivas. Normalmente, las etiquetas húmedas se imprimen mediante impresión offset de alimentación por hojas convencional, cortándose con una guillotina para la aplicación de adhesivo posterior y su colocación alrededor de latas y botellas. Las etiquetas autoadhesivas se imprimen en una bobina formada por varias capas, incluyendo el papel protector, el adhesivo y la capa frontal, que se imprime y corta para darle la forma deseada.

La impresión de etiquetas autoadhesivas en rollo es una operación altamente especializada y los equipos sólo se utilizan para ese fin. Las prensas pueden ser prensas tipográficas rotativas, u offset (base agua o sin agua), y también podrían incorporar impresión por serigrafía y estampado en caliente. Una prensa individual podría incorporar varios procesos.

2.1.2.7 Formularios comerciales

La impresión de formularios comerciales también es una actividad altamente especializada, si bien el mercado se está reduciendo rápidamente debido al aumento constante de las capacidades IT. Puede dividirse en dos áreas: formularios continuos y juegos cortados, que normalmente son de tamaño A4. Los juegos de formularios empresariales pueden imprimirse en forma de hoja, compaginarse a continuación para formar el conjunto y fijarse con adhesivo pegando uno de los bordes de un bloque grueso formado por muchos conjuntos, que serán separados posteriormente por el usuario.

2.1.2.8 Embalajes de papel y cartón

Los embalajes de papel y cartón adoptan tres formas principales: embalajes de papel como, por ejemplo, bolsas de papel y cajas de cartón fabricadas en cartón sólido o cartón corrugado. Se trata de un mercado muy grande, de aproximadamente la misma magnitud que los mercados de periódicos,

libros e impresión de seguridad.

Normalmente las bolsas de papel de bajo coste se imprimen mediante flexografía, utilizando tintas base agua.

Existen varios mercados: los de los envases de alimentos y bebidas y de productos farmacéuticos son los mayores. En el caso de los embalajes para alimentos, la impresión se efectúa en muchos casos utilizando tintas UV con el fin de asegurar el secado completo (curado) y evitar que se produzcan filtraciones de tinta que afecten a los alimentos.

Las cajas de cartón fabricadas en cartón sólido se imprimen mediante impresión offset de alimentación por hojas en máquinas multicolor de gran tamaño, obteniéndose una gran calidad y precisión. Normalmente el cartón corrugado se imprime mediante flexografía de alimentación por hojas, utilizando tintas base agua [76, TWG, 2004].

En el caso de las tiradas más largas, la impresión podría efectuarse mediante impresión offset de alimentación de bobina, flexografía o huecograbado. El huecograbado se utiliza cuando es necesaria una gran calidad como, por ejemplo, en el caso de los paquetes de cigarrillos.

2.1.2.9 Embalajes flexibles

La impresión de embalajes flexibles puede efectuarse sobre películas y láminas de PVC, policarbonatos o PET. La producción de embalajes flexibles incluye con frecuencia la laminación de diferentes películas plásticas y papel de aluminio juntos (antes o después de la impresión) [76, TWG, 2004].

2.1.2.10 Productos que requieren películas de tinta gruesas

La impresión por serigrafía produce una película de mayor grosor característica, utilizándose por lo tanto para un gran número de productos diferentes como, por ejemplo:

- materiales de gran impacto visual como publicidad en los puntos de venta, pósters y etiquetas transparentes para vehículos
- botellas de PVC, policarbonato o PET
- CDs, DVDs
- diseños impresos sobre papel para su transferencia térmica a camisetas
- algunos revestimientos de pared especializados
- los revestimientos de gran grosor necesarios para las tarjetas de juegos de azar de “rascar y ganar”
- las tiras magnéticas de billetes de ferrocarril y tarjetas de crédito
- aplicación de tinta *etch resist* en la fabricación de circuitos impresos (puede encontrarse más información al respecto en BREF STM [59, EIPPCB, 2006])
- productos textiles.

Los sustratos sobre los que se efectúa la impresión mediante serigrafía son en un 40% películas autoadhesivas, un 20% plásticos (incluyendo plásticos rígidos) y un 20% cartón. También se utiliza ampliamente este proceso en la impresión de productos textiles y metales. Normalmente, las longitudes de las tiradas son muy reducidas, siendo dos tercios de todos los pedidos inferiores a 1.000 copias.

2.1.2.11 Papel de empapelar paredes, papel decorativo y láminas basadas en papel para la industria de la fabricación de muebles y de laminación

Para la impresión del papel de empapelar paredes se utilizan varios procesos. El huecograbado (similar al huecograbado de materiales de embalaje, consultar la Sección 2.2.3.6) y la flexografía han reemplazado en gran medida a la impresión offset. Muchos productos también se estampan y no es extraño encontrar combinaciones de estos tres procesos en un mismo rollo de papel de empapelar.

Muchas empresas dedicadas a la impresión utilizan la misma gama de tintas para la impresión de papeles revestidos de vinilo o de papeles normales mediante huecograbado y flexografía. Recientemente, una o dos empresas han comenzado a introducir tintas de huecograbado base agua, pero siguen siendo las menos, ya que todavía es necesario desarrollar el proceso en mayor medida para la mayor parte de los productos.

Algunas empresas especializadas utilizan el proceso de serigrafía para papeles de empapelar de alto precio y de tirada corta.

2.1.2.12 Sobres

Los sobres pueden imprimirse mediante impresión por flexografía en el interior y utilizando tintas base agua o base solvente en el exterior. La impresión, el encolado y el corte con troquel pueden efectuarse al mismo tiempo con material procedente de una bobina. Alternativamente los sobres pueden “pre-imprimirse” mediante impresión offset y las hojas o las bobinas impresas se cortan a troquel tras la impresión. Además de lo anterior, el exterior del sobre puede imprimirse mediante impresión offset de alimentación por hojas utilizando tintas convencionales o de curado UV [76, TWG, 2004].

2.2 Procesos y técnicas utilizados en la impresión

En la Figura 2.1 se muestran esquemáticamente los procesos de producción utilizados para los materiales gráficos. El proceso de impresión puede dividirse en cuatro procesos unitarios principales: sistemas preimpresión y de pruebas de imprenta, fabricación del portador de imagen, impresión y acabado. Estos procesos se discuten en las siguientes secciones. De estos cuatro procesos, el proceso de impresión es el que ejerce los impactos medioambientales más significativos: los otros son actividades asociadas y se explican de manera general con el fin de ofrecer una visión clara de las instalaciones dedicadas a la impresión [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005].

2.2.1 Sistemas preimpresión y de pruebas de imprenta

Los procesos preimpresión incluyen el procesamiento de textos e imágenes. Es bastante similar para todas las tecnologías de impresión. Hoy en día se trata básicamente de un proceso electrónico. Una vez se han preparado el formato y las imágenes deseadas, los datos pueden transferirse de dos maneras:

- mediante exposición en película fotográfica. La emulsión fotográfica de la película está compuesta por haluro de plata y gelatina. La película expuesta se revela, fija y aclara en máquinas automáticas. Este método cada vez se utiliza menos, fundamentalmente cuando la película es el producto final de la etapa preimpresión.
- digitalmente. Esta técnica se está convirtiendo en el método predominante [76, TWG, 2004].

Las impresiones de prueba se efectúan con frecuencia con el objeto de comprobar el proceso de reproducción. Actualmente las pruebas pueden efectuarse directamente a partir de los datos del ordenador, mostrándose en la pantalla o imprimirse con una impresora láser o de chorro de tinta [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998]

En los procesos preimpresión no se utilizan disolventes orgánicos y normalmente no hay ningún otro tipo de emisiones a la atmósfera. Las emisiones al agua procedentes de los procesos preimpresión pueden consistir en compuestos de plata del agua de aclarado, agente revelador utilizado o fijador y compuestos de cromo de los productos químicos de limpieza [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998].

2.2.2 Creación del portador de imagen: planchas de impresión, cilindros, pantallas y ordenador a plancha (CTP)

En los procesos de impresión, los portadores de imágenes se utilizan para transferir la tinta de impresión directa o indirectamente (los procesos offset transfieren la tinta indirectamente) al sustrato

(papel, cartón, plástico, etc.). Normalmente se efectúan copiando las películas sobre revestimientos fotosensibles en las planchas, cilindros o pantallas de impresión, respectivamente. Antes de este paso, es necesario montar las películas de modo que correspondan al tamaño de la forma impresora y de la hoja o bobina de impresión. La forma impresora debe revelarse o lavarse y, en ocasiones, grabarse o grabarse al ácido antes de que esté preparada para la impresión.

Las nuevas tecnologías permiten producir formas impresoras directamente desde el ordenador sin el proceso fotomecánico, por lo que ya no son necesarias las películas fotográficas. Este proceso se denomina ordenador a plancha (CTP) [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998]

El desengrasado, el grabado al ácido y la galvanoplastia son técnicas utilizadas en los cilindros en los procesos de huecograbado y se discuten en el BREF STM [59, EIPPCB, 2006]. En el BREF STM también se discute la aplicación y la formación de fotopolímeros, que se utilizan en los diseños de impresión durante la producción de circuitos impresos.

Impresión tipográfica y flexografía

Las planchas de impresión utilizadas en la impresión tipográfica se fabrican con fotopolímeros que se entrecruzan y curan bajo exposición a la luz UV [76, TWG, 2004]. Si bien algunas planchas todavía deben procesarse utilizando disolventes, la mayor parte de los sistemas se basan en métodos a base de agua y chorros de aire [4, Intergraf y EGF, 1999].

La creación y la formación de imágenes para el proceso flexográfico son iguales que para la impresión tipográfica, excepto por el hecho de que los fotopolímeros utilizados son más blandos. También puede utilizarse el caucho.

Litografía, offset

Normalmente, las planchas de impresión son de aluminio revestido con un revestimiento fotosensible, si bien la base puede ser de plástico o de papeles especiales. La imagen se forma fotoquímicamente, dejando un área de la superficie de la plancha tratada para recibir la tinta en las áreas (imagen) relevantes. Las áreas de no impresión se "humedecen" con una mezcla de agua-disolvente o agua denominada solución de humectación, que rechaza la tinta. El proceso offset sin agua utiliza planchas especiales que tienen una superficie que repele la tinta y que se elimina fotoquímicamente en las áreas de impresión.

Huecograbado

El cilindro utilizado en el proceso de impresión por huecograbado consiste en una base de acero que se recubre de cobre (puede encontrarse más información al respecto en el BREF STM [59, EIPPCB, 2006]). Entonces se graba la imagen en el cobre, normalmente utilizando máquinas electromecánicas o de grabado por láser. Unos pocos cilindros se siguen fabricando mediante los métodos fotográficos y de grabado al ácido tradicionales. El cilindro se desengrasa, se desoxida y se pule. Tras este proceso, se aplica una película delgada de cromo mediante galvanoplastia con el fin de proteger la imagen en el cobre más blando. El cromo se deposita mediante electrólisis en un baño que contiene óxido de cromo y ácido sulfúrico (consultar el BREF STM [59, EIPPCB 2006]). El cilindro se pule de nuevo después de la aplicación de la película de cromo [76, TWG, 2004].

La producción de los cilindros es lenta y costosa en comparación con otros métodos de impresión y los cilindros son pesados y difíciles de manejar. Por lo tanto, se utilizan en la impresión por huecograbado sólo para tiradas largas, ya que la impresión de secado en caliente puede ofrecer una calidad similar. En el huecograbado de materiales de embalaje, la alternativa (flexografía) no proporciona una calidad tan alta y, en muchas ocasiones, las tiradas pueden repetirse utilizando los mismos cilindros [128, TWG, 2005].

Serigrafía

El portador de imagen es una plantilla apoyada sobre tejido bien tensado en un marco. Este portador de imagen se denomina pantalla.

La producción de plantillas de pantallas puede dividirse en cuatro categorías principales: plantillas cortadas a mano, plantillas cortadas electrónicamente, plantillas fotomecánicas y el método directo.

En la primera de estas categorías, la plantilla se corta manualmente del material de enmascaramiento

con base adhesiva utilizando una cuchilla afilada. El segundo método es una derivación del anterior, cortándose la plantilla mediante técnicas controladas por ordenador. La pieza generada manualmente o por ordenador se escanea con el cabezal de dibujo de control, que dirige una aguja u hoja de corte para crear plantillas complejas y precisas a partir del material de enmascaramiento. Si bien el uso de este último método aumentará indudablemente como resultado de la automatización informática, el principal método utilizado actualmente son las plantillas fotomecánicas.

En la fabricación de plantillas fotomecánicas, se expone material sensible a la luz a una imagen positiva opaca, curando así las áreas no de imagen alcanzadas por la luz y haciéndolas insolubles. Las áreas de imagen no expuestas se disuelven para dejar áreas de plantilla abiertas, clear reverse.

Con el método directo, la pantalla se recubre con una emulsión fotosensible y la imagen se proyecta directamente sobre la fotoplantilla desde una fuente de luz UV. Tras la exposición se procede al lavado de la imagen de la misma manera que en los otros métodos. De este modo se evita la generación de una imagen positiva opaca [76, TWG, 2004].

2.2.3 Impresión

Una vez se ha montado el portador de imagen en la prensa puede iniciarse la impresión [4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998].

2.2.3.1 Impresión tipográfica e impresión offset en seco

[4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998]

Las impresión tipográfica y la impresión offset en seco son (como la flexografía) métodos de impresión en relieve, en los que la imagen está elevada en comparación con las áreas de no impresión. La impresión tipográfica fue el proceso de impresión más utilizado hasta comienzos de los años 70, cuando la litografía offset y otros procesos la desplazaron por diversas razones, incluyendo mayores velocidades, mejor calidad y menores costes por unidad. Actualmente, los bloques de madera y los tipos de metal han sido reemplazados por una plancha en relieve de plástico, que se obtiene mediante la exposición de una película negativa a la luz, de modo que ésta cura la plancha en las áreas de imagen y las áreas no curadas se procesan para eliminarlas. La impresión tipográfica en prensa plana tiene usos limitados para una serie de trabajos de impresión de material efímero generales de tirada corta.

La impresión offset en seco es un proceso de impresión flexográfica indirecto. La imagen se transfiere a una mantilla de caucho (como en la impresión offset) y, a continuación, sobre el objeto que va a imprimirse. Este método se utiliza para la impresión de latas de bebidas, en muchos casos con tintas base solvente (consultar el Capítulo 15) [76, TWG, 2004].

Las operaciones de limpieza se efectúan básicamente a mano con los mismos materiales de limpieza utilizados en los procesos offset.

2.2.3.2 Flexografía

[4, Intergraf y EGF, 1999] [128, TWG, 2005]

La impresión flexográfica utiliza impresión de rotativa directa utilizando planchas en relieve flexibles fabricadas, por ejemplo, en caucho, o, lo que es más habitual es estos días, fotopolímeros y tintas base agua o base solvente de secado rápido.

La flexografía es casi exclusivamente un proceso de alimentación de bobina o carrete. Se trata de un método de impresión sencillo, normalmente con un sistema de entintado muy poco complejo utilizando un rodillo dispensador principal con una superficie rugosa

Actualmente, las prensas flexográficas diseñadas especialmente producen una amplia gama de productos impresos. Este método resulta especialmente adecuado para la impresión de bobina de tirada larga y es muy adaptable a una amplia gama de sustratos, desde papel fino a cartón corrugado pesado, celofán fino a películas, láminas y vinilos gruesos. Las aplicaciones más importantes de este proceso son los embalajes flexibles, los envases para líquidos, algunos periódicos, libros en edición

rústica, etiquetas, bolsas de papel/plástico, cajas de cartón y recubrimientos de paredes.

Las plantas dedicadas a la producción e impresión de cartón corrugado utilizan prensas de alimentación por hojas. El cartón corrugado se corta para crear hojas rígidas que atraviesan la prensa horizontalmente. Las prensas son “impresoras inferiores” o “impresoras superiores”, es decir, imprimen en la parte inferior o en la parte superior del sustrato.

Unidad de entintado

Puesto que podrían imprimirse muchos productos y sustratos diferentes en la misma prensa, podría ser necesario cambiar la tinta regularmente. Las tintas para los embalajes de alimentos han cambiado a lo largo de los años, desde las basadas en disolventes aromáticos a alifáticos, es decir, desde tolueno y xileno a etanol y acetato etílico. Estas tintas se secan por evaporación; sin embargo también se utilizan tintas de curado UV [76, TWG, 2004].

La tinta tiene una viscosidad reducida, es fluida y tradicionalmente se mantiene en una bandeja de tinta, desde donde se recoge mediante un rodillo tintero de goma giratorio. El rodillo tintero entrega posteriormente la tinta al rodillo medidor. El exceso de tinta se retira del rodillo medidor con una cuchilla raspadora antes de la transferencia a la plancha de impresión.

La hoja raspadora en cámara es un sistema más moderno, en el que el depósito de tinta se conecta a una fuente desde la que se suministra la tinta directamente al rodillo medidor de tinta (anilox). A medida que se hace circular la tinta mediante bombas por la construcción en forma de caja, la transferencia de tinta sobre el rodillo anilox es independiente de la velocidad de la prensa. Dos hojas raspadoras, conectadas a la fuente, se encajan fuertemente contra el rodillo anilox.

Rodillo (anilox) medidor de tinta

En las prensas flexográficas, la tinta se transfiere desde la fuente de tinta a un rodillo (anilox) medidor de tinta. El rodillo medidor de tinta es cerámico y está cubierto de celdas por las que se mide la salida de tinta a la plancha de impresión; la cantidad depende de la profundidad y la estructura de las celdas, la formación del patrón y el conteo de la pantalla. Las celdas pueden grabarse mecánicamente o por láser y, si fuera necesario, pueden grabarse de nuevo.

Cilindro de plancha

Normalmente, el cilindro de plancha es un cilindro de acero sobre el que se montan las planchas de impresión con un adhesivo de doble cara. Normalmente las planchas de impresión flexográfica están fabricadas en polímeros sensibles a la luz UV o en caucho, y son elásticas y flexibles, siendo esta la razón del nombre asignado a esta técnica

Cilindro de impresión

Las máquinas de impresión flexográfica pueden diseñarse como una serie de unidades o en forma compacta. En la construcción en serie, cada unidad de impresión está equipada con su propio cilindro de impresión y se alinean en stands una detrás de otra. En la forma compacta, varias unidades de impresión (hasta un máximo de ocho) podrían apoyarse en ambos lados de o, en el caso de las prensas pequeñas, colgar de un lado (tipo en voladizo) de un cilindro de impresión central. Este sistema también se denomina prensa satélite [76, TWG, 2004]. La Figura 2.2 muestra una prensa flexográfica de ocho colores con un cilindro de impresión central (prensa satélite).

Figura 2.2: Prensa flexográfica de ocho colores con un cilindro de impresión central (prensa satélite) [35, Aminimal, et al., 2002]

Drier = Secadora

Outlet paper/foil = Salida de papel/película

Ink duct = Conducto de tinta

Intermediate drier = Secador intermedio

Doctor blade = Hoja raspadora

Plate cylinder = Cilindro de plancha

Ink-metering (anilox) roll = Rodillo medidor de tinta (anilox)

Central impression cylinder = Cilindro de impresión central

Intlet paper/foil = Entrada de papel/película

Limpieza

La limpieza de las planchas de impresión y de las piezas de la máquina se efectúa con disolventes similares a los de las tintas o barnices. Para la contaminación persistente puede utilizarse la limpieza por ultrasonido y la limpieza con polvo a alta presión.

2.2.3.3 Offset: aspectos generales

[4, Intergraf y EGF, 1999] [128, TWG, 2005]

La impresión offset es una técnica de impresión planográfica, es decir, las áreas de imagen y de no imagen se sitúan en el mismo plano que el portador de imagen. Las áreas de no impresión se mantienen libres de tinta debido a que repelen la tinta mientras que, por otra parte, las áreas de impresión son receptoras a la tinta. Esto se consigue gracias a que la tinta offset es de base oleosa y las áreas de no impresión se mantienen limpias con agua o con soluciones acuosas, ya que el agua y el aceite se repelen entre sí. Los aditivos habituales al agua son el alcohol isopropílico (AIP) o sustitutos de éste, etc. Sin embargo, la impresión sin agua también es posible, manteniéndose las áreas de no impresión libres de tinta mediante un revestimiento repelente de la tinta [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [11, IMPEL, 2000, 76, TWG, 2004].

La impresión offset es el método de impresión más utilizado actualmente, debido a su versatilidad, velocidad, calidad y eficacia en función de los costes, conseguidas mediante una serie de desarrollos en las planchas y prolongando su vida útil mediante el proceso offset. La mejora de los materiales también permite una mayor calidad y un uso más sencillo con la fotocomposición.

Las máquinas offset pueden tener diversos tamaños, desde la pequeña prensa de alimentación por hojas offset que imprime A3, pasando por la gran prensa de alimentación por hojas de 1.200 x 1.600 mm o más y capaz de manejar varios colores a la vez, hasta las grandes rotativas de bobina capaces de imprimir en papel de dos metros de anchura a velocidades muy elevadas. La versatilidad del proceso permite la producción de una gran variedad de productos impresos [76, TWG, 2004].

Las rotativas de bobina modernas están formadas por ocho unidades, lo que permite no sólo imprimir ocho colores en una cara del sustrato, sino también cuatro colores en cada cara en una sola tirada. Las prensas modernas también están diseñadas para satisfacer la cada vez mayor demanda de automatización, y las nuevas prensas están equipadas con sistemas de limpieza automática para las planchas, mantillas y cilindros de impresión y de sistemas automáticos para el cambio de planchas, etc. [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [76, TWG, 2004].

Dependiendo del tipo de proceso de impresión y del sustrato o de los productos impresos, el proceso offset se divide adicionalmente en subprocesos [11, IMPEL, 2000] [76, TWG, 2004]:

- offset de alimentación por hojas
- offset de bobina de secado en caliente
- offset de secado en frío.

Las tintas utilizadas en la impresión offset de alimentación por hojas y de secado en frío se secan mediante la absorción en el papel y mediante oxidación. Especialmente en el caso del papel brillante, la absorción se produce con demasiada lentitud para las prensas de impresión rápida modernas. Las prensas offset de alimentación de bobina de alta velocidad modernas, en las que se imprime sobre papel no absorbente, están, por lo tanto, equipadas con un sistema de secado por aire caliente forzado; estos procesos de impresión offset se denominan “en caliente”.

La unidad de humectación

[4, Intergraf y EGF, 1999] [128, TWG, 2005]

La función de la unidad de humectación de una máquina offset consiste en humedecer la superficie de la plancha de impresión con una película de humedad uniforme durante la impresión, de modo que cuando se efectúe el entintado subsiguiente, la tinta sólo se adhiera a la plancha en las áreas de imagen.

Las unidades de humectación de película son las más utilizadas. Este tipo de unidades aplican una película fina de solución de humectación sobre la plancha utilizando una serie de rodillos que distribuyen el líquido de manera controlada y consistente.

Este tipo de unidad de humectación funciona con agua o, en muchos casos, con una solución de agua-isopropanol (o, en algunos casos, etanol. Es necesario tener en cuenta que el etanol tiene un potencial de formación de ozono (OFP) más elevado; consultar la Sección 20.12.2) y utiliza las propiedades favorables desde un punto de vista técnico (con respecto a la impresión) del isopropanol. Las soluciones de humectación ácidas basadas en isopropanol (cuyo pH se sitúa normalmente entre 4 y 5,5) potencian la acción de desensibilización en las áreas no de imagen y mantienen sus propiedades hidrófilas. Otros aditivos de uso habitual son: goma arábiga, inhibidores de la corrosión, agentes humectantes, estimuladores del secado, fungicidas, agentes antiespumantes, etc. [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998].

El isopropanol tiene una tensión superficial menor que la del agua y, por lo tanto, tiene la capacidad de humedecer la plancha de manera más efectiva. El proceso es complejo, pero empíricamente se acepta de manera general que puede depositarse una película de solución de humectación más fina en la plancha, lo que permite un mayor control, especialmente en el caso de los trabajos de impresión de gran calidad. Los tiempos de configuración pueden reducirse, de modo que se desperdicia menos papel. La impresión puede adquirir una mayor nitidez y la menor cantidad de agua en la plancha se traduce en menos problemas con el estiramiento del papel.

El grado de uso del isopropanol varía de país a país, así como en función de la marca y el modelo de la prensa, el tipo de papel y la dificultad del trabajo en cuestión. Puesto que el isopropanol se evapora con mayor rapidez que el agua, las unidades de circulación para la solución de humectación y la dosificación del isopropanol o el etanol están, en muchos casos, equipadas con una unidad de enfriamiento con el fin de reducir la evaporación. La solución de mojado se bombea continuamente hacia la prensa, y el exceso de la misma se devuelve al contenedor mediante un rebosadero. La concentración del isopropanol del contenedor se mide continuamente. Cuando disminuye la concentración se añade isopropanol automáticamente.

La unidad de entintado

[4, Intergraf y EGF, 1999]

La unidad de entintado de las prensas offset varía en función del tamaño de la prensa y del trabajo para el que ésta esté diseñada. En muchos casos, las prensas de gran tamaño y las diseñadas para imprimir trabajos de calidad tienen muchos rodillos en el tren de entintado con el fin de asegurar una distribución uniforme de la tinta (no es extraño encontrarse con más de 20 rodillos). Tres o más de ellos aplican la tinta a la plancha, pudiéndose ajustar la cantidad de tinta aplicada en cualquier punto de la anchura de la plancha girando manualmente los tornillos de entintado, o como cada vez es más habitual, el proceso puede estar controlado por ordenador.

Los rodillos están fabricados o cubiertos con diferentes materiales como, por ejemplo, acero, caucho sintético o poliuretano. De vez en cuando es necesario llevar a cabo una limpieza para eliminar la tinta.

El secado puede acelerarse mediante calentamiento por infrarrojos o también pueden utilizarse alternativamente tintas especiales que se curan mediante radiación ultravioleta [4, Intergraf y EGF, 1999].

Limpieza

Dependiendo de la imagen impresa y del sustrato y de la tinta utilizados pueden acumularse residuos del papel como, por ejemplo, polvo y pelusas, así como componentes de la tinta de impresión, sobre

la lámina de caucho. Esto tiene como resultado una reducción de la calidad de la impresión, por lo que es necesario limpiar la superficie de la lámina. En el caso de las máquinas de formato pequeño o mediano, la limpieza se efectúa manualmente, fundamentalmente con bayetas y agentes de limpieza. En el caso de las máquinas de alimentación por hojas de mayor tamaño, cada vez es más habitual el uso de unidades de limpieza de mantillas automáticas (con programas de limpieza).

Obviamente resulta necesario retirar la imagen de la mantilla entre trabajos. Tanto para la limpieza de mantillas manual como automática se utilizan fundamentalmente hidrocarburos y agua (para eliminar los sólidos de papel de la mantilla de caucho). Los agentes de limpieza utilizados son fundamentalmente hidrocarburos nafténicos y alifáticos. Cada vez es más común el uso de hidrocarburos de alto punto de ebullición con un punto de inflamabilidad de >100 °C y ésteres de aceites vegetales y/o mezclas de hidrocarburos y ésteres de aceites vegetales.

Cuando finaliza una tirada de impresión (o turno) y el siguiente trabajo de impresión requiere el uso de otras tintas, es necesario limpiar las unidades de entintado (rodillos de tinta, conductos de tinta) y las unidades de impresión (cilindros de impresión, etc.). En el caso de las tintas de impresión de secado oxidativo, también podría ser necesario efectuar estos trabajos de limpieza al final de cada turno. Para limpiar los rodillos de entintado, se rocían con agentes de limpieza y se eliminan los residuos con una bayeta. Cada vez es más habitual que las máquinas de alimentación por hojas modernas estén equipadas con unidades de limpieza automática. La limpieza de los conductos de tinta se efectúa manualmente o en unidades de limpieza especiales, utilizando los mismos materiales que los utilizados para la limpieza de las láminas [76, TWG, 2004].

2.2.3.4 Offset de alimentación por hojas

[128, TWG, 2005]

Normalmente, el proceso offset de alimentación por hojas se utiliza para la impresión de volúmenes de hasta 20.000 ejemplares, con un valor medio de aproximadamente 7.000. La capacidad de impresión de una prensa de alimentación por hojas moderna puede alcanzar hasta 15.000 o más impresiones por hora. La técnica offset de alimentación por hojas se utiliza fundamentalmente para la impresión en papel, pudiéndose utilizar cualquier tipo de papel. En este tipo de máquinas se imprime cartón de una sola capa o multicapas para cajas plegables. Puede imprimirse incluso cartón revestido de plástico y láminas de plástico gruesas y en ciertas prensas offset especiales se imprimen láminas estañadas para la fabricación de cajas de metal [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998].

La unidad de impresión de una prensa offset de alimentación por hojas está formada por las cinco siguientes piezas principales:

- unidad de humectación
- unidad de entintado
- unidad de planchas
- unidad de mantillas
- unidad de impresión.

El sistema más habitual en las máquinas de alimentación por hojas es la unidad de impresión de tres cilindros, tal como se muestra en la Figura 2.3.

Figura 2.3: Diagrama esquemático de una prensa offset de alimentación por hojas a color A4 equipada con cuatro unidades de impresión de tres cilindros [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [4, Intergraf y EGF, 1999]

1 – 4 Alimentación de papel

7 Sistema de entintado

10 Cilindro de impresión

5 Limpieza de mantillas

8 Cilindro de plancha

11 Transferencia de hojas

6 Sistema de humectación

9 Cilindro de mantilla

12 – 13 Entrega

Las tintas utilizadas para los trabajos de alimentación por hojas son invariablemente pastas oleosas espesas que se secan por absorción en el papel y, en ciertas ocasiones, por oxidación, por lo que no se producen emisiones. Los componentes básicos de las tintas offset son pigmentos, ligantes, disolventes y aditivos. Además se añaden ciertas sustancias a las tintas para ajustar sus propiedades [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998]. El ligante es el componente principal de la tinta offset y cumple la función de transferir el pigmento de la tinta como una capa de partículas fina sobre el sistema de rodillos de la unidad de entintado y sobre el sustrato [76, TWG, 2004].

Las soluciones de humectación utilizadas en los procesos offset de alimentación por hojas son similares a las utilizadas en la impresión offset de secado en caliente.

La impresión offset de alimentación por hojas sin agua opera tal como su nombre implica – no se efectúa ninguna humectación de la plancha y el rechazo de la tinta en las áreas no de imagen se consigue mediante un revestimiento de silicona que se elimina en las áreas de imagen. En estos casos no se utiliza la unidad de humectación, o se retira de la prensa. Hay nuevas prensas disponibles que no están equipadas con ninguna unidad de humectación [76, TWG, 2004].

2.2.3.5 Rotativas de bobina (offset de secado en caliente y en frío)

Las rotativas de bobina, que imprimen sobre una bobina de papel, pueden dividirse en dos grupos – en caliente y en frío, dependiendo del método utilizado para el secado de la tinta. La impresión de secado en caliente puede efectuarse sobre papel revestido o no revestido y brillante o no brillante con el fin de producir revistas de circulación masiva, folletos y catálogos de vacaciones y se producen emisiones de disolventes procedentes de las secadoras. La técnica de secado en frío se utiliza fundamentalmente para periódicos y formularios comerciales, impresos sobre papeles no revestidos absorbentes, sin emisiones de disolvente procedentes de las tintas. La técnica offset en caliente se discute con más detalle en este documento, pero no así la técnica en frío [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Unidad de humectación

Tal como se ha descrito anteriormente en la Sección 2.2.3.3.

Unidad de entintado y secado

El secado de las tintas utilizadas para los trabajos de impresión de bobina de secado en caliente se efectúa, tal como su nombre indica, utilizando hornos para extraer el disolvente de la tinta, lo que produce emisiones a la atmósfera. En estos hornos, una corriente de aire caliente a 180 - 300 °C elimina el 80 – 90 % de los disolventes con un intervalo de ebullición de 240 – 310 °C y fija la película sobre la tinta de impresión. Se aplican rodillos enfriadores enfriados con agua para enfriar la bobina caliente tras salir del horno.

Limpieza

En las máquinas offset de bobina de secado en caliente, las unidades de limpieza de mantillas automáticas se han convertido prácticamente en un equipamiento estándar. Cada vez es más habitual que las rotativas de bobina modernas estén equipadas con unidades de limpieza de tinta automáticas.

2.2.3.6 Huecograbado

[4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [11, IMPEL, 2000] [128, TWG, 2005].

En la impresión por huecograbado, la imagen consiste en pequeñas muescas en la superficie lisa de un cilindro. El cilindro consiste en una base de acero revestida de cobre y cubierta con una fina capa de cromo duro. Tiende a ser un proceso más especializado que la impresión en relieve o la litografía, utilizándose fundamentalmente para tiradas largas, ya que los costes de la fabricación del cilindro son relativamente elevados. En este proceso, se inunda el cilindro con tinta y se raspa la superficie para limpiarla dejando tinta únicamente en los huecos que forman las áreas e imagen.

El huecograbado se utiliza para la impresión de dos productos gráficos principales: publicaciones y embalajes flexibles (consultar la Tabla 2.4). Otras aplicaciones gráficas de menor importancia son etiquetas, papel para envolver regalos, embalajes de cartón, billetes de banco y sellos de correos. Fuera de la industria gráfica, este método se utiliza para la impresión de papel de empapelar paredes, materiales de imitación de madera (laminados) y azulejos de imitación para suelos y paredes.

Tabla 2.4: Diferencias entre las prensas de huecograbado de publicaciones y de huecograbado de materiales de embalaje

	Huecograbado de publicaciones	Huecograbado de materiales de embalaje
Anchura de banda	900—4.320 mm	800 – 1.400 mm
Unidades de impresión	Casi siempre 8 unidades, a veces 9 o 10	Normalmente entre 6 y 10, frecuentemente 8 unidades de color + una unidad de lacado
Velocidad de producción	15 m/seg = 900 m/min	Normalmente entre 250 – 300 m/min; también depende del diámetro de los cilindros utilizados
Construcción	Casi siempre 4 unidades por cara de papel	Unidades en línea, cada una de ellas imprimiendo un color distinto en la misma cara del sustrato
Colores	Cuatro tintas en 8 unidades, es posible cinco tintas en el caso de 9 o 10 unidades	Todos los colores, con frecuencia también con base blanca
Sustratos	Papel	Papel, muchos tipos de películas plásticas, plástico y papel metalizado, papel de aluminio; con frecuencia sustratos multicapa de múltiples materiales
Disolventes utilizados	Tolueno >99,9% puro	Acetato etílico, etanol, MEC y otros. Principalmente en mezclas en el norte de Europa y puros en Italia
Técnicas de reducción	Planta de recuperación de disolventes	Básicamente incineración, recuperación de disolventes fundamentalmente en Italia y esporádicamente en otros lugares

El huecograbado de publicaciones es bien conocido por su capacidad de producir impresiones a color de gran calidad sobre papeles de menor calidad de las calidades más económicas. La anchura de la prensa de bobina puede ser de entre 900 y 4.320 mm, normalmente con ocho unidades que imprimen cuatro colores en cada cara [37, CITEPA, 2003]. El papel que se desplaza a través de la prensa puede alcanzar una velocidad de hasta 15 metros por segundo.

La mayor parte de las prensas de huecograbado tienen una anchura de bobina de aproximadamente un metro, en ocasiones un poco más. Imprimen ocho e incluso diez colores en una cara y cada unidad de prensa imprime un color [37, CITEPA, 2003].

Actualmente el huecograbado es prácticamente en su totalidad un proceso de alimentación de bobina, aunque también hay prensas de alimentación por hojas disponibles, capaces de manejar hasta 10.000 hojas por hora. Estas prensas están equipadas con secadoras de aire caliente y están dirigidas a los mercados especializados de efectos decorativos de alta calidad utilizando tintas metálicas con papeles y películas metalizados. Su uso es, sin embargo, poco habitual en estos momentos, presumiblemente debido a los altos costes de la fabricación de los cilindros, lo que hace que las longitudes de tirada (bobina) elevadas resulten más económicas [4, Intergraf y EGF, 1999].

La impresión mediante grabado en cobre y el relieve en seco son otros procesos similares. Ambos utilizan el método de llenar las áreas de imagen hundidas con tinta, pero en estos casos la tinta es espesa y se seca mediante oxidación y absorción en lugar de mediante la evaporación de los disolventes. El grabado en cobre se utiliza para la impresión de billetes de banco y otros documentos de seguridad, mientras que el relieve en seco se utiliza para encabezados de carta.

Unidad de entintado

[21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [37, Intergraf y EGF, 2003]

La alta velocidad de las prensas de huecograbado requiere el uso de tintas de secado rápido, que se secan entre colores en secadores. Debido a ello, en el huecograbado las tintas tienen una viscosidad reducida y la práctica totalidad de ellas son base solvente. Las tintas para la impresión de publicaciones contienen un 50% de tolueno al salir de la fábrica. En la planta de impresión se efectúa una dilución con el fin de obtener la concentración de tolueno adecuada: la tinta lista para el uso tiene un contenido de tolueno del 70 – 80%. En las tintas para la impresión de materiales de embalaje se utiliza casi exclusivamente etanol y acetato de etilo. Los disolventes se evaporan mediante la aplicación de calor y aire en las secciones de secado, consultar la Figura 2.4, que muestra como cada unidad de impresión está equipada con una secadora en la parte superior [76, TWG, 2004].

Todas las instalaciones dedicadas al huecograbado de publicaciones en Europa están equipadas con absorbedores de carbón activado para recuperar el tolueno que se ha evaporado [37, CITEPA, 2003]. Normalmente, las prensas están encapsuladas. El tolueno recuperado se reutiliza en el mismo emplazamiento para diluir la tinta o se vende al proveedor de la tinta. Normalmente, los vapores de disolventes procedentes de las tintas utilizadas en el huecograbado de publicaciones se incineran, si bien en Italia es frecuente que se recuperen.

Las tintas de huecograbado base agua todavía no han demostrado ser realmente adecuadas y, hasta ahora, tan sólo se utilizan esporádicamente en la impresión de materiales de embalaje. En los Estados Unidos se han dejado de utilizar las tintas de huecograbado base agua [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [76, TWG, 2004].

Figura 2.4: Prensa de huecograbado de publicaciones de 4 + 4 colores

Limpieza

Los cilindros se limpian manual o automáticamente con el mismo disolvente que el de la tinta. Si se espera tener que repetir el trabajo, podrían guardarse los cilindros, o también podrían prepararse para el siguiente trabajo de impresión reemplazando la capa de cobre/cromo grabada por una nueva [76, TWG, 2004].

2.2.3.7 Impresión por serigrafía

[4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [128, TWG, 2005]

La impresión por serigrafía es un tipo de estarcido en el que se fuerza la tinta a través de los elementos libres de obstrucciones de la plantilla sobre el sustrato que va a imprimirse, consultar la Figura 2.5.

Figura 2.5: El principio de la impresión por estarcido

Squeegee = Rodillo exprimidor

Frame = Bastidor

Image area = Área de imagen

Stencil = Plantilla

Paper = Papel

El proceso es muy versátil y puede utilizarse para imprimir prácticamente sobre cualquier superficie de material de cualquier tamaño, forma o grosor, incluyendo no sólo todos los materiales de impresión habituales, sino también otros como metal, madera, plástico, vidrio, corcho y tejido.

El material sobre el que va a imprimirse se coloca bajo la pantalla de estarcido en estrecho contacto, se carga el bastidor con tinta y se fuerza la tinta a través de las partes despejadas de la plantilla mediante un rodillo exprimidor. El material impreso se coloca en estanterías independientes con el fin de potenciar el secado al aire o se utiliza una secadora de aire caliente cuando es necesaria una mayor productividad. También puede secarse el sustrato mediante exposición a la luz ultravioleta.

Este proceso permite obtener colores sólidos y brillantes, o colores más claros sobre un sustrato oscuro. Las tintas pueden formularse de modo que sean opacas y oculten cualquier material situado debajo de ellas o transparentes para aprovechar las combinaciones de colores disponibles mediante la serigrafía de medios tonos. La serigrafía permite aplicar una película de tinta más pesada que ningún otro proceso de impresión.

Como resultado de los bajos costes de preparación, el proceso siempre ha sido atractivo para las tiradas cortas pero, debido tanto al aumento de la automatización como a las mejoras introducidas en el proceso, actualmente se ha convertido en uno de los procesos de impresión más importantes, capaz de ofrecer una impresión de muy alta calidad para una amplia gama de productos, desde un solo color a colores especiales múltiples y procesos de cuatro colores.

La mayor parte de los trabajos de serigrafía se efectúan con prensas de alimentación por hojas. La serigrafía de alimentación de bobina se utiliza para productos como el papel de empapelar paredes.

Unidad de impresión y entintado

Se utiliza una gama completa de tintas para producir una gran variedad de productos finales. Las tintas que contienen disolventes se secan mediante la evaporación de éstos. La selección de los disolventes se determina en función del ligante, el sustrato y el método de secado. Los disolventes adecuados son los hidrocarburos aromáticos y alifáticos, éteres glicólicos y ésteres, alcoholes y cetonas. El contenido normal de disolventes orgánicos es del 50% para los colores en línea y del 70% para las tintas de procesos de cuatro colores [76, TWG, 2004].

También se utilizan tintas UV y tintas base agua. El contenido de disolventes orgánicos de las tintas base agua oscila entre el 5% cuando se utilizan sobre un sustrato de papel y el 20% cuando el sustrato es plástico.

Además de los pigmentos orgánicos normales, también se siguen utilizando algunos pigmentos inorgánicos "pesados". Algunas tintas amarillas utilizadas, por ejemplo, para la impresión sobre PVC pueden contener hasta un 25% de amarillo de cromo. Algunos colores rojos y verdes se basan en el plomo. La Directiva 76/769/CEE prohíbe la comercialización y el uso de éstos y de otros pigmentos en la UE (consultar la Sección 1.2.3), excepto para algunas aplicaciones limitadas específicas como, por ejemplo, señales de carretera.

Limpeza

Se utilizan dos procesos de limpieza diferentes: destinte para la reutilización de la pantalla con la misma imagen y limpieza de la plantilla (decapado) para la recuperación de la plantilla y su reutilización con una nueva imagen.

2.2.3.8 Impresión digital

[4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [128, TWG, 2005]

La técnica de la impresión digital consiste en imprimir directamente sobre el sustrato a partir de información digital, sin la utilización de película o la creación de un portador de imagen independiente. Una característica única de este proceso consiste en que resulta posible y económico modificar la imagen o parte de ella en cada copia, personalizando así tanto el mensaje como la impresión. Estas características permiten una considerable flexibilidad para las tiradas cortas (10 – 200 copias) y cambios rápidos, originalmente para la impresión en blanco y negro, y actualmente para los trabajos en color. También se utilizan, sin embargo, para la impresión de productos de gran circulación como, por ejemplo, catálogos de piezas de recambio, en los que es necesaria una rápida actualización de los datos [76, TWG, 2004].

Las “tintas” utilizadas en estas máquinas son tóners líquidos o secos. Todos los tóners líquidos son sistemas de dos componentes, incluyendo el tóner en sí como partículas pigmentadas y el portador, que es un disolvente volátil como el acetato de etilo, cetona metil étilica o lactatos de etilo y butilo, en los que se suspenden las partículas para la manipulación. Se aplica el tóner a la plancha y el líquido portador permanece en el sistema. El portador remanente del tóner se elimina mediante ebullición en la sección de fusión de la máquina. La mayoría de las prensas modernas están equipadas con un sistema de recuperación de disolvente, reteniéndose el líquido en el sistema para el reciclaje.

Todos los tóners secos están compuestos por una base de resina, pigmento, modificador de carga, colorante y otros componentes esenciales. Algunas resinas utilizadas habitualmente son los estireno-acrilatos y los poliésteres, en ocasiones mezclados. La resina es el componente fundible del tóner, y también es el ligante que proporciona cuerpo a la partícula. El pigmento puede ser negro de humo en los tóners negros, pero en muchos casos es un colorante en los tóners de color. Los residuos de los tóners secos consisten fundamentalmente en polvo plástico. Los residuos tanto de tóner líquido como seco pueden contener polvo de papel, materiales de carga de arcilla o polvo y agua fotoconductores.

A nivel comercial, la anchura de las máquinas de impresión digital por chorro de tinta oscila entre 1 y 10 metros. Proporcionan impresiones de calidad a cuatro colores en tiradas de 1 – 300. La longitud de impresión puede variar entre 1 y 30 metros. Las impresoras de chorro de tinta también permiten producir “modelos” previos a las tiradas largas efectuadas mediante otros métodos de impresión. Pueden imprimir sobre papel, cartón, plásticos, tejidos y metales (incluyendo vehículos completos como, por ejemplo, autobuses, para fines publicitarios). Normalmente las tintas son base solvente y contienen disolventes volátiles como cetona metil étilica y lactato de etilo y butilo. Recientemente se han comenzado a comercializar tintas digitales de curado UV [76, TWG, 2004].

También se utiliza un tipo de impresión intermedio en el que se expone la imagen digital sobre una plancha de impresión ya colocada en la prensa (o, en el caso de la impresión multicolor, varias planchas colocadas en línea). Este proceso combina la flexibilidad de la imagen (posibilidad de cambiar la imagen según se desee) con la creación de una plancha, haciendo que resulte atractivo para las tiradas de longitud media (por encima de la longitud de tirada económica real de una prensa digital, pero por debajo de la de la prensa convencional). Estas prensas utilizan las mismas tintas de impresión convencionales que las prensas de alimentación por hojas litográficas.

2.2.3.9 Laminación y barnizado en embalaje flexibles

Los materiales de embalaje flexibles son en muchos casos materiales multicapa fabricados mediante laminación y con un revestimiento de protección denominado barnizado. Los procesos son similares desde un punto de vista técnico a la impresión por huecograbado de materiales de embalaje. Mientras no se imprime ninguna imagen, el sustrato está cubierto por completo (es decir, cobertura al

100%). Se utilizan adhesivos y resinas base solvente, base agua y químicamente reactivos (2 componentes).

2.2.4 Acabado

[4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998]

(Para los materiales de embalajes flexibles, consultar la Sección 2.2.3.9, Laminación y barnizado). Las mismas empresas dedicadas a la impresión proporcionan servicios de acabado de impresión, además de diversas plantas independientes especializadas (plantas de acabado de impresión).

Los servicios de acabado de impresión más importantes incluyen el procesamiento de:

- libros mediante plegado, recopilación, cosido, encuadernación y refilado
- revistas, prospectos, catálogos y material de publicidad impreso (por ejemplo folletos, tarjetas de

muestras, etc.) mediante plegado, recopilación, encolado y encuadernación sin cosido

- otros materiales impresos, papeles o cartones impresos (por ejemplo formularios, etiquetas, embalajes, calendarios) mediante plegado, troquelado, estampado, encolado y laminación.

Todos estos pasos implican el corte con guillotina y el alzado. Estos procesos mecánicos, así como el plegado, encuadernación y troquelado no utilizan disolventes y, por lo tanto, no se tratan en mayor profundidad en este documento. Sin embargo, en los procesos como el encolado y la laminación, se utilizan en ocasiones productos de base solvente, por lo que sí se tratan de manera más detallada.

Laminación

Tradicionalmente, la mayor parte de los trabajos de laminación se efectuaban con sistemas de base solvente, en los que la película revestida de adhesivo se pasaba por un horno para eliminar el disolvente antes de presionarla sobre la superficie impresa. Actualmente se utilizan adhesivos de dos componentes, con frecuencia de tipo epoxi con contenido de disolventes como etanol y acetato de etilo, o de tipo de uretano. Las emisiones de este proceso son significativas. En algunos lugares los vapores se incineran o se recuperan para su reutilización. **También se aplican adhesivos base agua y libres de disolventes o adhesivos de laminación de curado UV** [76, TWG, 2004].

Encuadernación mediante el uso de adhesivos (encolado)

El encolado forma parte de muchos de los procesos de encuadernación y de acabado de impresión. Para el procesamiento del bloque de libro y la producción de, por ejemplo, las tapas para los libros de tapas duras, la encuadernación encolada es la técnica de encuadernación más utilizada, tanto para libros como para folletos de varias páginas. La encuadernación encolada se denomina con frecuencia “encuadernación sin cosido”.

El adhesivo utilizado puede estar basado en productos naturales o ser sintético. Estos últimos pueden ser adhesivos de dispersión, termofusibles o de poliuretano. Los productos naturales incluyen fundamentalmente colas de almidón, dextrinas y colas animales.

Tradicionalmente, la mayor parte de los adhesivos utilizados son base agua o termofusibles, pero algunos son base solvente.

Barnizado

“Revestimiento”, “barnizado” y “sobreimpresión” son sinónimos del revestimiento que se extiende sobre la superficie impresa con fines de protección o decoración. El barniz de sobreimpresión es una tinta incolora y transparente sin pigmentos. Los barnices se secan por evaporación, oxidación o curado UV y pueden aplicarse en línea en la prensa o en una máquina independiente [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [76, TWG, 2004].

2.2.5 Actividades asociadas

Existen otras actividades asociadas a estos procesos, si bien no todas las instalaciones las llevan a cabo. Los siguientes son ejemplos clave de actividades asociadas, pero la lista no es completa. Algunas de estas actividades se describen en otras partes de este documento, pero otras no.

Procesos fotográficos

Estos procesos siempre son exclusivamente en blanco y negro. Existen residuos de fijadores y reveladores que podrían requerir almacenamiento y/o tratamiento antes de su vertido a las aguas residuales o de su eliminación como residuos. Es muy probable que las soluciones desechadas contengan plata, si bien podría recuperarse en el emplazamiento y/o enviarse fuera del emplazamiento para el reprocesamiento.

Producción de portadores de imágenes

Los procesos de impresión se definen en parte mediante la manera en que se transporta la imagen al sustrato (consultar la Sección 2.1.1). Se utilizan los siguientes tipos de portadores de imagen:

- planchas offset (en la impresión offset de bobina de secado en caliente)
- planchas flexográficas (en la flexografía)
- cilindros de huecograbado (en el huecograbado de publicaciones y de materiales de embalaje)
- pantallas (en la serigrafía).

Las técnicas para la galvanoplastia y otras actividades asociadas utilizadas en la preparación de cilindros de huecograbado se describen en el BREF STM.

Tratamiento de gases residuales

Los gases residuales se confinan, recogen y con frecuencia se tratan por razones de salud y seguridad ocupacional (para prevenir incendios y explosiones) y por razones medioambientales (para reducir la emisión de COVs). Actualmente se utilizan los siguientes tipos de sistemas de tratamiento de gases residuales (en la Sección 20.11 y en el Anexo 24.9 puede encontrarse información más detallada):

- incineración térmica
- incineración térmica recuperativa
- incineración catalítica
- incineración regenerativa
- absorción con recuperación
- biológico.

Almacenamiento de materiales y residuos peligrosos

Los materiales peligrosos son aquellos que podrían causar daños desde el punto de vista de la salud y seguridad medioambiental y ocupacional si su almacenamiento y manipulación no se llevan a cabo cuidadosamente:

- materias primas inflamables como, por ejemplo, tintas líquidas (como las utilizadas en la flexografía, el huecograbado y la serigrafía), reveladores, fijadores (tanto antes como después de la dilución), disolventes para las soluciones de humectación, extensores, aportaciones al proceso, agentes de limpieza, disolventes para la recuperación o productos sobrantes recuperados para la venta, fueloils, etc.
- residuos peligrosos como tuberías usadas que contengan disolventes y otros agentes de limpieza, residuos de fijadores y de reveladores, residuos de disolventes de limpieza. En el huecograbado, los residuos químicos procedentes de la preparación de los rodillos de impresión por huecograbado.

En algunas plantas se utilizan depósitos subterráneos para el almacenamiento de fueloil y, en algunos casos, otros líquidos como residuos de fijadores y de reveladores. En las plantas de gran tamaño pueden utilizarse depósitos subterráneos para almacenar la tinta (huecograbado de publicaciones) y disolventes (huecograbado de publicaciones y huecograbado de materiales de embalaje flexibles). Los depósitos pueden tener tuberías subterráneas para conectarlos al edificio en el que se efectúe el proceso de impresión [4, Intergraf y EGF, 1999]

En la Sección 20.2 y en el BREF ESB puede encontrarse información más detallada acerca de los tipos y técnicas de almacenamiento.

Tratamiento de aguas residuales

El proceso de impresión puede generar aguas residuales en la etapa de la creación de la imagen (revelado/fijación) y de la limpieza, especialmente en el caso de las tintas base agua o lavables con agua. Las aguas residuales pueden tratarse antes de su descarga. Las técnicas aplicadas con mayor frecuencia son la floculación, la precipitación y la ultrafiltración, consultar la Sección 20.12 [4, Intergraf y EGF, 1999] [18, UBA Alemania, 2003].

2.3 Niveles de consumo y emisiones actuales en la industria de la impresión

2.3.1 La industria de la impresión en conjunto

En las secciones anteriores del capítulo 2 se ha ofrecido una visión general de la industria de la impresión. Los consumos y emisiones indicados en esta sección proceden del intercambio de información de los tres procesos de mayor tamaño que es más probable que superen los umbrales indicados en el Anexo 1 (6.7) de la Directiva PCIC. Podrían encontrarse otros procesos de impresión en una misma instalación en forma de actividades asociadas, y ocasionalmente la operación podría efectuarse por encima de los valores umbral.

2.3.2 Impresión offset de bobina de secado en caliente

2.3.2.1 Balances de masa – secado en caliente

En 1999 se publicaron los resultados de un inventario efectuado en varias plantas de Alemania. A partir de los resultados de este inventario se compararon y utilizaron los datos de rendimiento procedentes de diferentes unidades de diversas plantas con el fin de simular una planta virtual capaz de satisfacer los requisitos legales, especialmente los contemplados en la Directiva sobre Emisiones de Disolventes. Esta planta virtual no es una planta real, sino que se ha establecido a partir de información procedente de unidades con un buen rendimiento de diferentes plantas existentes en las que se aplican buenas prácticas y que presentan un buen rendimiento medioambiental. Esta planta podría existir en la realidad.

En esta sección se indican los balances de masa de la planta virtual teórica creada a partir de este inventario. Los parámetros de producción como, por ejemplo, la cobertura de tinta, la longitud de las tiradas, el tipo de papel, etc. pueden variar notablemente entre las plantas reales [76, TWG, 2004]. Sin embargo, en base a lo mostrado en la Tabla 2.5 [76, TWG, 2004], debe tenerse en cuenta que:

- normalmente el tratamiento de los gases residuales opera a 700 - 800 ° C, no a 900 ° C
- el porcentaje de AIP no está definido: p/p o v/v.

En la Tabla 2.5 y en la Tabla 2.6 se muestran los datos operacionales y las condiciones de producción de la planta virtual. Los balances de masa de esta planta de impresión offset en caliente se muestran en la Tabla 2.7, y la Figura 2.6 muestra el balance COV.

Máquinas	<p>Máquina offset de secado en caliente 2x32 páginas; 4 unidades mantilla a mantilla; anchura de bobina: 1.260 mm; circunferencia del cilindro: 890 mm; velocidad de prensa máx. 17 m/s; velocidad media aprox. 13 m/s en tiradas de producción</p> <p>Alimentación eléctrica total: 1.134 kW para una velocidad de prensa de hasta 14,8 m/s;</p> <p>Consumo eléctrico a una velocidad de prensa media de 13 m/s: 996 kW, de los que aprox.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 x 470 kW alimentación a la prensa de impresión (alimentación del motor 2 x 295 kW); • 2 x 120 kW accionamientos auxiliares (unidad de impresión, agregados auxiliares, control); • 2 x 19 kW chorro de aire; 2 x 30 kW cojinete de rodillo; 2 x 6 kW unidad de humectación • 2 x 6 kW alimentación del sistema de transporte de bobina de papel • 2 x 91 alimentación al centro de enfriamiento
Productos	Impresión comercial, por ejemplo suplementos publicitarios, publicaciones semanales
Sustrato impresión de	Papeles de impresión de bobina con un peso aprox. medio de 60 g/m ³
Tinta de impresión	Tinta de secado en caliente (presión de vapor <0,01 kPa a 20° C; contenido de aceite mineral = 35%, del que aprox. el 90% se evapora en la secadora)
Solución humectación de	Agua (máx, 10° dH), 8% AIP, 3% otros aditivos de solución de humectación
Secadora	2 x combustión directa (gas natural), temperatura (salida de la bobina de papel): 120 – 140° C, flujo de volumen de gases residuales aprox. 7.200 Nm ³ /h (con tirada de producción a 13 m/s), ventilador: 72 kW
Tratamiento de gases residuales	<p>1 x oxidación térmica regenerativa (termoreactor), cámara de combustión aprox. 900° C, eficiencia de destrucción de COV: 99%; recuperación térmica: 93% de eficiencia térmica.</p> <p>Calentamiento con gas, 2.100 kW, operación normal 2 x 700 kW gas.</p> <p>2 x 200 kW demanda eléctrica (ventiladores); consumo eléctrico 1.900 kW/año, combustión auxiliar aprox. 15 kW gas (a 13 m/s; 1,2 g/m² de tinta por página)</p>
Agentes de limpieza	20% para limpieza manual de rodillos/mantillas (100% COV; presión de vapor 0,05 kPa a 20° C) y 80% para dispositivo de limpieza de mantillas (0% COV, presión de vapor <0,01 kPa a 20° C), bayetas de disolventes reutilizables (40 g peso en seco/pieza)

Tabla 2.5: Datos operacionales de una planta de impresión offset de secado en caliente virtual [18, UBA, Alemania, 2003]

Producción	3 turnos en 5,5 días a la semana, 280 días de trabajo x 24 h = 6.700 horas de trabajo anuales; aprox. el 30% tiempo de preparación y mantenimiento, aprox. 70% producción = >4.700 horas de producción de las prensas de impresión
Productos	Aprox. 18.000 t/año de impresiones comerciales a partir de una entrada de papel aprox. de 20.000 t/año y de una entrada de tinta de aprox. de 500 t/año
Solución de humectación	Aprox. 1.025 t/año, consistente en 950 toneladas de agua, 50 de AIP y 25 de otros aditivos
Limpieza	Aprox. 15 t/año (80% para limpieza intermedia, 20% para limpieza básica) y 100.000 bayetas

Tabla 2.6: Condiciones de producción de la planta de impresión offset de secado en caliente virtual [18, UBA, Alemania, 2003]

El siguiente balance de masas de la Tabla 2.7 se ha calculado para la planta virtual descrita en la Tabla 2.5 y la Tabla 2.6.

ENTRADA	Cantidad	Unidad	Notas	SALIDA	Cantidad	Unidad	Notas
				Productos			
				Impresiones comerciales	18.000	t/año	Papel y tinta
Material				Residuos			
Sustrato de impresión	20.000	t/año		Papel/errores de impresión	2.800	t/año	
Tintas de impresión	500	t/año	Concentración de aceite mineral de la tinta 35%, de la que el 85-90% se evapora en la secadora [76, TWG, 2004]	Residuos de tinta	6	t/año	Residuos de tinta y residuos de las bayetas de limpieza, sin COVs
Solución de humectación	950	t/año	Sin COV				
AIP	50	t/año	100% COV	Residuos de solución de humectación	2	t/año	4% COV
Aditivos de solución de	25	t/año	5% COV				

humectación							
Agentes de limpieza	15	t/año	80% libre de COV para la limpieza intermedia, 20% para la limpieza básica	Mezcla de agentes de limpieza y agua	23	t/año	50% disolventes de alto punto de ebullición
Bayetas de limpieza	100.000	Piezas/año	Normalmente bayetas reutilizables, peso aproximado 40 g/pieza	Bayetas de limpieza	100.000	Piezas/año	Con un contenido de 1 t de tinta y 3 t de agentes de limpieza, con 100% COV, del que el 50% se evapora en emisiones fugitivas
COV total	203	t/año		COV en residuos	2	t/año	En bayetas, agentes de limpieza y solución de humectación desechada
Energía				Gas de escape			
Energía en total	27.100	MWh/año		Flujo de volumen	$67,7 \times 10^6$	m ³ /año	19 mg COV/m ³
Energía de gas	13.700	MWh/año		COV en gas purificado	1,3	t/año	
Energía eléctrica	13.400	MWh/año		NO _x en gas purificado	2,7	t/año	40 mg COV/m ³
<i>De la que: Prensa de impresión</i>	8.900	MWh/año		CO en gas purificado	3,4	t/año	50 mg COV/m ³
<i>Enfriamiento</i>	1.700	MWh/año		Fugitivo			
<i>Tratamiento de gases residuales</i>	700	MWh/año		COV fugitivo	47	t/año	23%

Tabla 2.7 Entrada y salida de la planta de secado en caliente virtual [18, UBA, Alemania, 2003]

En la Figura 2.6 se muestra el balance COV de la planta virtual.

Figura 2.6 : Balance COV de la planta virtual [18, UBA, Alemania, 2003]

Heat set plant = Planta de secado en caliente

VOC yearly balance = Balance anual de COV

VOC consumption = Consumo de COV

VOC input = Entrada de COV

Inks = Tintas

Purchase = Adquisición

Input (without waste) = Entrada (sin desechos)

Mineral oil share = Cuota de aceite mineral

of which volatile in the drier = de la que volátil en la secadora

Isopropanol

Purchase = Adquisición

Average = Promedio

Damping water add. = Aditivos de agua de humectación

Purchase = Adquisición

Average = Promedio

Cleaning agents = Agentes de limpieza

Purchase = Adquisición

Share interim cleaning = Cuota de limpieza intermedia

under normal conditions = bajo condiciones normales

volatile in drier = volátil en secadora

Re- distillate = Redestilado

Yearly input = Entrada anual

Average = Promedio

Fugitive emission = Emisiones fugitivas

23% fugitive = 23% fugitivas

Interim cleaning = Limpieza intermedia

Solvent conditioning = Acondicionamiento de disolventes

(re- distillation / filtering) = (redestilación / filtrado)

Input = Entrada

Distillate = Destilado

VOC in clean gas = COV en gas limpio

VOC destruction = Destrucción de COV

Waste = Residuos

Ink waste (without VOC) = Residuos de tinta (sin COV)

Damping water = Agua de humectación

of which = de la que

Cleaning agente waste = Residuos de agentes de limpieza

in cleaning water = en agua de limpieza

in solvent wipes = en bayetas de disolventes

Sales = Ventas

Storage = Almacenamiento

I = Input = I = Entrada

O = Output = Salida

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la Figura 2.7 [76, TWG, 2004]:

- indica que se asume que el contenido de COV es del 100%, si bien podría contener un 15% de agua
- muestra que en la impresión de secado en caliente son necesarias dos prensas rápidas de gran tamaño (32 páginas), trabajando tres turnos durante 280 días al año para superar un consumo de 200 t/año. La mayoría de las plantas de secado en caliente cuentan con dos prensas de 8 páginas o con una prensa de 8 páginas y dos de 16 páginas. Dos prensas de 32 páginas en una planta no es lo normal.

Las plantas de secado en caliente de mayor tamaño que esta planta virtual pueden estar formadas por varias unidades de impresión similares a las de la planta virtual, si bien cada vez son más las plantas equipadas con prensas de diferentes anchuras de banda. Los datos de consumo y emisiones específicos pueden tomarse de esta planta virtual. Sin embargo, los valores de consumo y emisiones específicos dependen significativamente de los productos producidos y se incrementarán en función de [76, TWG, 2004]:

- la reducción del volumen de impresión
- el incremento del uso de colores especiales o cambios de la secuencia de colores
- demandas elevadas para la calidad de impresión, o imágenes difíciles de imprimir
- la reducción de la calidad del papel.

Se han calculado varios balances de masa teóricos de la planta virtual. En la Figura 2.7 se muestran los consumos y emisiones medios de COV para cada tonelada de tinta utilizada. En la Figura 2.8 se muestran la entrada de material y la salida de residuos medias de la planta virtual. Sin embargo, estos valores son valores medios que en la práctica, dependiendo de los parámetros mencionados anteriormente, podría variar más del +/- 10% [76, TWG, 2004]:

En la Figura 2.9 se muestra que de 400 kg de entrada de COV, 308 kg se capturan y tratan mediante oxidación térmica, de modo que 92 kg son fugitivos, lo que representa el 23% de la entrada de COV. Tras el tratamiento, sigue habiendo 3 kg de COV en los gases residuales emitidos y la eficiencia del tratamiento de los gases residuales es del 99%.

Figura 2.7 Niveles de consumo y emisiones de COV específicos de un proceso de secado en caliente virtual [18, UBA, Alemania, 2003]

INPUT = ENTRADA

(Heatset ink = 1 tonne) = (Tinta de secado en caliente = 1 tonelada)

Ink input without rests = Entrada de tinta sin restos

of which in the drier = de la que en la secadora**

Isopropanol

of which VOC = del que COV

Una manera de hacer Europa

Cleaning agents = Agentes de limpieza

(of which VOC in the drier = (de los que COV en la secadora**

VOC captured in the drier = COV capturado en la secadora

of which from ink = del que de la tinta

From dampening water = Del agua de humectación

From interim cleaning = De la limpieza intermedia

Total VOC input = Entrada de COV total

Ink supply and conditioning = Suministro de tinta y acondicionamiento

Printing process = Proceso de impresión

Interim cleaning = Limpieza provisional

Ink drying = Secado de la tinta

Flue-gas treatment = Tratamiento de gases de combustión

In-line finishing = Acabado en línea

Ink waste (without VOC) = Residuos de tinta (sin COV)

Ink in wipes (without VOC) = Tinta en bayetas (sin COV)

Ink in product (without VOC) = Tinta en producto (sin COV)

VOC captured in dampening water waste = COV capturado en aguas de humectación residuales

VOC fugitive in room air from dampening water = COV fugitivo en el aire de la sala procedente del agua de humectación

Cleaning agents waste (no VOC) = Residuos de agentes de limpieza (sin COV)

VOV intreated gas = COV en gas tratado

VOC destroyed by fle-gas treatment = COV destruido por el tratamiento de gases de combustión

From Inks = De tintas

From dampening water = De agua de humectación

From cleaning agents = D agentes de limpieza

Total VOC output = Salida total de COV

Fugitive emissions = Emisiones fugitivas

Captured emissions = Emisiones capturadas

In treated gas = En gas tratado

**Cuota de aceite mineral volátil bajo las condiciones de uso*

Figura 2.8 Entrada de sustancias y salida de residuos específica de un proceso de secado en caliente virtual [18, UBA, Alemania, 2003]

INPUT = ENTRADA

(Heatset ink = 1 tonne) = (Tinta de secado en caliente = 1 tonelada)

Reel paper = Papel en bobina

Water = Agua

IPA = AIP

Additives = Aditivos

Cleaning agents = Agentes de limpieza

Water = Agua

Solvent wipes* = Bayetas de disolventes

200 pieces = 200 piezas

Total input = Entrada total

Ink supply and conditioning = Suministro de tinta y acondicionamiento

Printing process = Proceso de impresión

Ink drying = Secado de la tinta

Flue-gas treatment = Tratamiento de gases de combustión

Interim cleaning = Limpieza provisional

In-line finishing = Acabado en línea

OUTPUT = SALIDA

12 kg residual = 12 kg residual

Misprints and reel rest = Errores de impresión y restos de bobina

Dampening solution waste = Residuos de solución de humectación

Cleaning agents waste = Residuos de agentes de limpieza

Used solvent wipes = Bayetas de disolventes usadas

200 pieces = 200 piezas

Cleaning agents in wipes = Agentes de limpieza en las bayetas

Ink waste in pipes = Residuos de tinta en tuberías

Total output = Salida total

(without VOC and water emissions) = (sin emisiones de agua y COV)

*Dependiendo de la técnica de limpieza

En el 2003 se efectuó un estudio en Flandes (Bélgica) y en Holanda con nueve plantas que utilizaban más de 200 toneladas/año de COVs [115, Intergraf, 2005]. A partir de estos y de otros experimentos se identificaron dos tipos de prensa, las prensas capaces de imprimir con bajas concentraciones de AIP en la solución de humectación (prensas nuevas o actualizadas) y las prensas no capaces de hacerlo (plantas existentes). Mediante ensayos para optimizar las prensas también se identificaron dos tipos de trabajos de impresión: los que podían efectuarse fácilmente con concentraciones de AIP reducidas (favorables) y los “difíciles”, que requerían concentraciones de AIP más elevadas, consultar la Tabla 2.8. Los trabajos “difíciles” implican todas o algunas de las siguientes situaciones:

- cambios en la superficie del papel que requieren un gran número de cambios de gran presión en la prensa
- situaciones de alta cobertura de tinta en las que el AIP evita la aparición de puntos blancos
- menores niveles de habilidad, educación y experiencia de los operadores

Una manera de hacer Europa

- menores niveles de habilidad, educación y experiencia de los operadores
- también se ha indicado que las prensas nuevas de mayor anchura requieren una concentración de AIP más elevada para satisfacer los requisitos del uso de planchas anchas y rodillos anchos con pequeñas cantidades de flexión, etc. [178, Verspoor, 2006].

Tipo de prensa	Características del trabajo a imprimir	
Tipo 1 : capaz de utilizar una baja concentración de AIP	Favorable (A)	Difícil (B)
Tipo 2 : <u>no</u> capaz de utilizar una baja concentración de AIP	Favorable (A)	Difícil (B)

Tabla 2.8 Combinaciones de prensa de secado en caliente y tipo de trabajo analizado [115, Intergraf, 2005]

Las cifras de consumo se han preparado a partir de los datos recopilados por el estudio belga para los consumos de solución de humectación y de agentes de limpieza, consultar la Tabla 2.9.

Situación	AIP o sustituto	Agentes de limpieza	
Tipo de prensa 1, trabajos de tipo A	2% del peso de la tinta	Fundamentalmente K3 (55 – 100° C)	2% del peso de la tinta
Tipo de prensa 2, trabajos de tipo B	10% del peso de la tinta	Fundamentalmente K3 (55 – 100° C)	5% del peso de la tinta
Tipo de prensa 2, trabajos de tipo A	5% del peso de la tinta	Fundamentalmente K3 (55 – 100° C)	5% del peso de la tinta
Tipo de prensa 2, trabajos de tipo B	15% del peso de la tinta	Fundamentalmente K3 (55 – 100° C)	100% del peso de la tinta

Tabla 2.9 Datos de consumo de disolventes para prensa de secado en caliente y tipo de trabajo [115, Intergraf, 2005]

Los cálculos de la planta virtual se han efectuado en la Tabla 2.10, asumiendo los consumos mínimos posibles de AIP, sustitutos de AIP y agentes de limpieza. Con fines ilustrativos, se asume un consumo de tinta de 500 t/año.

Fuentes de emisión	Prensa 1 Trabajos A	Prensa 1 Trabajos B	Prensa 2 Trabajos A	Prensa 2 Trabajos B
t/año de tinta				
COV evaporado de la tinta, %				
COV evaporado de la tinta, t/año				
Emisiones de la tinta, %				
Emisiones de la tinta, t/año				
AIP o COV en sustituto, % de peso de tinta				
AIP o COV en sustituto, t/año				
AIP o VOC fugitivo en sustituto, %				
AIP o VOC fugitivo en sustituto, t/año				
Agentes de limpieza (AL), % de peso de tinta				
COV en AL, %				
COV en AL, t/año				
Coeficiente de emisión, AL				
Emisiones de AL, t/año				
Entrada total, t/año				
Emisiones totales, t/año				
% del peso de la tinta				
<i>%de la entrada (SED)</i>				

Tabla 2.10: Emisiones de COV de la planta de secado en caliente virtual [115, Intergraf, 2005]

2.3.2.2 Consumos – secado en caliente

[128, TWG, 2005]

2.3.2.2.1 Componentes y aditivos

2.3.2.2.2 Tintas de impresión

Los componentes básicos de las tintas offset son: pigmentos, ligantes (resinas, barniz, aceite mineral) y aditivos (sustancias de secado). También se añaden ciertas sustancias (aceites de impresión, diluyentes, pastas para la resistencia a la abrasión, agentes de brillo, retardadores del secado, etc.) a las tintas con el fin de ajustar sus propiedades [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998].

En la impresión en caliente tan sólo hay cuatro colores estándar. Las tintas son fundamentalmente orgánicas, y tan sólo se utilizan unos pocos pigmentos inorgánicos. Los pigmentos más utilizados son:

- negro: negro de humo
- inorgánicos: dióxido de titanio, hidróxido de aluminio, ferrocianuro férrico
- orgánicos: amarillos de diarilida, litol rubina 4B, azul de ftalocianina.

El azul de ftalocianina contiene cobre fuertemente ligado en complejo. Los pigmentos normales pueden contener metales pesados en forma de pequeñas impurezas en cantidades que se contabilizan en partes por millón [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998].

En la Tabla 2.11 se muestra una formulación típica de las tintas utilizadas en la impresión en caliente.

Componente	Contenido	Concentración (%- peso)
Agente ligante	Resinas, aceites vegetales, aceites minerales (p. e. 240 – 300° C)	60 – 85
Colorantes	Casi exclusivamente pigmentos orgánicos	10 – 25
Agentes auxiliares de color	Secantes (jabones metálicos), agentes antioxidantes (por ejemplo butil hidroxitolueno, hidroquinona), agentes antiespumantes (por ejemplo ciclohexanona oxima), formadores complejos (por ejemplo AEDT, tartratos)	<10

Tabla 2.11: Receta básica típica para tintas de impresión offset de bobina en caliente [18, UBA Alemania, 2003] [54, BMLFUW Austria, 2003] [128, TWG, 2005]

Se calcula que en la UE-15 el consumo total de tintas para la impresión en caliente es de 125 a 140 kilotoneladas al año [4, Intergraf y EGF, 1999]. Los datos procedentes de la planta offset en caliente virtual indican un consumo de tinta de 27,8 kg por tonelada de producto acabado, o 25 kg por tonelada bruta (incluyendo pérdidas) [18, UBA Alemania, 2003]. La experiencia de tres plantas durante un período de cinco años reveló un consumo de 19 kg por tonelada bruta [76, TWG, 2004]. Para el conjunto de la industria de la impresión finlandesa, el consumo de tinta medio fue de 20,6 kg

por tonelada de producto [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998]. Un consumo de tinta típico es de aproximadamente 19 a 25 kg por tonelada de producción.

2.3.2.2.3 Soluciones de humectación

[128, TWG, 2005]

A la solución de humectación se le añade AIP sin diluir, a menos que se reemplacen con tensidas. En la impresión offset en caliente, la concentración de AIP oscila entre el 5 – 15%, dependiendo del trabajo de impresión [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Algunas prensas más antiguas están diseñadas para operar con concentraciones de hasta el 30% de AIP o etanol, mientras que otras con ninguna. La concentración de AIP puede situarse por encima del 30 – 50% de la cantidad necesaria sin que ello afecte al proceso de impresión. Por otra parte, el uso de una cantidad de AIP demasiado reducida tiene un efecto negativo inmediato sobre la calidad [4, Intergraf y EGF, 1999].

En algunas ocasiones se utilizan concentraciones del 2 – 8% de AIP en combinación con un aditivo, normalmente éteres glicólicos que se añaden a la solución de humectación en concentraciones de aproximadamente el 1%. En algunos casos es posible trabajar con AIP [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [4, Intergraf y EGF, 1999].

En la Tabla 2.10 se muestra la fluctuación de las concentraciones de AIP utilizadas, debido a las diversas características tanto de las prensas como de los trabajos de impresión.

En Alemania, la implementación de la Directiva sobre Emisiones de Disolventes ha tenido como resultado la limitación de las concentraciones de AIP en los procesos de impresión en caliente hasta un máximo del 8% [18, UBA Alemania, 2003, 76, TWG, 2004].

En la Tabla 2.9 se muestran datos del consumo de disolvente del 2003 para diferentes tipos de prensas en caliente y de trabajos.

Un inventario efectuado en la industria de la impresión en caliente alemana reveló que la cantidad de AIP utilizada (antes de 1999) se situaba entre el 18 – 21 %-peso (en relación con una aportación de tinta total del 100%).

Sin embargo, datos más recientes mostraron una proporción del 10% en combinación con un 5% de otros aditivos en una planta de impresión offset en caliente virtual. En el 2002, la aportación de AIP en esa planta virtual (ver la Tabla 2.5 y la Tabla 2.6) fue de 50 toneladas para la impresión de 20.000 toneladas de sustrato de impresión. La concentración de AIP de la solución de humectación es de aproximadamente el 5%. Se producen 18.000 toneladas de productos de impresión comercial y entonces la aportación de AIP es de 2,8 kg por tonelada de producto y de 100 kg por tonelada de tinta utilizada (10 %) [18, UBA Alemania, 2003].

También se informa de que en Austria la práctica habitual consiste en concentraciones de AIP del 5 – 20%.

[54, BMLFUW Austria, 2003].

En base a datos procedentes de 16 plantas de impresión en caliente de Flandes, Bélgica, la proporción de AIP con relación a la aportación de tinta por peso varía entre el 0 – 47%. En las tres plantas en las que no se utilizaba AIP se aplicaron otras alternativas. En relación con la aportación de tinta, dos plantas, cada una de ellas con 500 trabajadores, muestran unos consumos de AIP del 56% y del 176%, respectivamente [32, Aminal, et al., 2002].

En los procesos de impresión sin agua no se aplica solución de humectación y el rechazo de la tinta en las áreas no de imagen se consigue mediante un revestimiento de silicona [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

2.3.2.2.4 Barnices

No se han facilitado datos.

2.3.2.2.5 Agentes de limpieza

[Intergraf y EGF, 1999] [128, TWG, 2005]

En la Tabla 2.12 se muestran los agentes de limpieza habituales para las mantillas offset y los rodillos de tinta.

Normalmente las mezclas de disolventes contienen hidrocarburos alifáticos, cíclicos y/o nafténicos. En la mayoría de los casos se trata de compuestos libres de aromáticos por razones de salud y seguridad. Sin embargo, se han utilizado hidrocarburos aromáticos como, por ejemplo, tolueno, xileno y disolventes halogenados [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [4, Intergraf y EGF, 1999].

Para los procesos de impresión en caliente de la EU-25, el cálculo es de 13 kilotoneladas al año, lo que representa aproximadamente el 10% de la aportación de tinta por peso. [4, Intergraf y EGF, 1999] Sin embargo, también se informa de concentraciones del 4,5 - 6,5 %-peso [18, UBA Alemania, 2003]. Los datos procedentes de 16 plantas de impresión en caliente de Flandes, Bélgica, indican un intervalo de concentración del 0,5 – 11,2 % en base al consumo de tinta, y en el caso de una planta se informa incluso de un uso específico de 110 %-peso [32, Aminal, et al., 2002].

Si bien en el pasado se utilizaban disolventes muy volátiles y, en algunos casos, halogenados para la limpieza de las prensas offset, actualmente se observa una clara tendencia hacia el uso de disolventes menos volátiles. El resultado de esta tendencia es una marcada reducción de las emisiones de COVs procedentes de los agentes de limpieza, pero, por otra parte, un incremento de la cantidad de residuos peligrosos. El aumento de los residuos es, sin embargo, menor que la reducción de las emisiones de COVs. La experiencia demuestra que, una vez se han utilizado agentes de limpieza de volatilidad reducida durante algún tiempo, es posible reducir la cantidad utilizada [4, Intergraf y EGF, 1999].

En la Tabla 2.12 se muestra la proporción de los agentes de limpieza utilizados en los procesos de impresión en caliente, de alimentación por hojas y offset en general.

Agente de limpieza	En caliente (1999)	En caliente (2000)	Alimentación por hojas (2000)	Offset (2000)
Proporción (%)				
Mezclas de disolventes con un punto de inflamabilidad <21° C				
Mezclas de disolventes con un punto de inflamabilidad de 21 – 55° C				
Mezclas de disolventes con un punto de inflamabilidad de 56 – 100° C				
De alto punto de ebullición con un punto de inflamabilidad >100° C				
Ésteres de aceites vegetales con un punto de inflamabilidad >150° C				
Nota: Los datos de la columna 1 están tomados de la industria alemana Los datos de las columnas 3 y 4 están tomados de la industria flamenca Los datos de la columna 5 están tomados de la industria holandesa [76, TWG, 2004]				

Tabla 2.12: Agentes de limpieza de los procesos en caliente y offset en general

[18, UBA Alemania, 2003] [32, Aminal, et al., 2002]

En Austria, el 90% de los agentes de limpieza utilizados en los procesos en caliente son disolventes

orgánicos con una presión de vapor >0,01 kPa. De esta cantidad, el 70% se utilizan para la limpieza intermedia, que dura unos 20 – 80 segundos y (para una prensa de cuatro unidades mantilla a mantilla de 96,5 de anchura) en una cantidad inferior a un litro de disolvente de limpieza. La limpieza automática de la prensa entre dos trabajos de impresión requiere aproximadamente 0,5 l/h (para una prensa de doble impresión a cuatro colores de 96,5 cm de anchura [54, BMLFUW Austria, 2003] [76, TWG, 2004]).

En la Tabla 2.9 se muestran datos del consumo de disolvente del 2003 para diferentes tipos de prensas en caliente y de trabajos.

Los sistemas de limpieza automática utilizan aproximadamente un 10% menos de agente de limpieza de la cantidad necesaria cuando la limpieza se efectúa manualmente [4, Intergraf y EGF, 1999].

Algunos agentes de limpieza vegetales contienen hasta un 15% de disolventes. Sin embargo, también están disponibles sin contenido de disolventes [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Algunas prensas antiguas pueden tener rodillos de humectación cubiertos con moletón, si bien su uso ha quedado obsoleto en la UE-15. Estos rodillos deben retirarse de la prensa para la limpieza. No es necesario utilizar disolventes para limpiar estos rodillos, ya que pueden limpiarse adecuadamente mediante rociado de agua a alta presión, con la ayuda ocasional de una pequeña cantidad de detergente [4, Intergraf y EGF, 1999].

2.3.2.2.6 Energía y recursos

[128, TWG, 2005]

En la Tabla 2.13 y en la Figura 2.9 se muestra el consumo de energía de la planta de impresión en caliente virtual descrita en la Tabla 2.5 y en la Tabla 2.6. El consumo de energía por tonelada de tinta es muy variable, dependiendo del tipo de prensa, trabajo, tinta, etc., por lo que no es un indicador realista [76, TWG, 2004].

Consumo de energía de los procesos offset de secado en caliente	Consumo	Consumo
Total	1.355 MWh/t	54,2 MWh/t de entrada de tinta
Gas	0,685 MWh/t	
Electricidad	0,67 MWh/t	
Gas en el tratamiento de gases residuales	4,60/t COV en el gas residual	
	15,56 GJ gas/t COV	
	0,3 t LNG/t COV	

Tabla 2.13: Consumo de energía de la planta de secado en caliente virtual (de la [Tabla 2.7](#))

[18, UBA Alemania, 2003]

INPUT (Heatset ink: 1 tonne) = ENTRADA (Tinta de secado en caliente: 1 tonelada)

(Electric energy included in printing process) = Energía eléctrica incluida en el proceso de impresión

Electric energy total = Energía eléctrica total

of which = de la que

Drives = Accionamientos

Compressed air = Aire comprimido

Cooling = Enfriamiento

(Electric energy included in printing process) = Energía eléctrica incluida en el proceso de impresión

Electric energy = Energía eléctrica

Thermal energy = Energía térmica

Total = Total

Ink supply and conditioning = Suministro de tinta y acondicionamiento

Printing process = Proceso de impresión

Interim cleaning = Limpieza provisional

Ink drying = Secado de la tinta

Flue-gas treatment = Tratamiento de gases de combustión

In-line finishing = Acabado en línea

Figura 2.9: Consumo energético específico de un proceso de secado en caliente virtual [18, UBA, Alemania, 2003]ustratos de impresión

2.3.2.2.7 Sustratos de impresión y otros consumos

[129, TWG, 2005]

Sustratos de impresión

El sustrato utilizado normalmente en la impresión en caliente es papel con un peso específico de entre 40 - 60 g/m². Con frecuencia se utilizan calidades LWC y papel no revestido con un peso específico que normalmente se sitúa entre 45 - 70 g/m².

Otros consumos

También se consumen otros materiales como, por ejemplo, bayetas de limpieza, contenedores y otros materiales de embalaje.

En la impresión en caliente se utilizan cuatro colores estándar, que se suministran en contenedores reutilizables que pueden ser contenedores a granel intermedios (IBC), con un contenido de aproximadamente 1 tonelada, o los bidones de metal de 200 litros habituales [4, Intergraf y EGF, 1999].

Normalmente las bayetas son reutilizables y su peso es de unos 40 gramos. Una planta de impresión en caliente informó del uso de aproximadamente seis bayetas por cada tonelada de producto impreso, lo que supone 200 bayetas por cada tonelada de tinta utilizada [4, Intergraf y EGF, 1999, 18, UBA Alemania, 2003, 76, TWG, 2004].

2.3.2.3 Emisiones – secado en caliente

2.3.2.3.1 Emisiones atmosféricas – fuentes y emisiones fugitivas

[129, TWG, 2005]

Se calcula que el total de las emisiones de COVs constantes de las plantas de impresión en caliente europeas asciende a aproximadamente 100 kilotoneladas al año. **Más de la mitad de estas emisiones de derivan del AIP de la solución de humectación, y el resto de los agentes de limpieza.** Las emisiones procedentes de la tinta que se originan en el secador son con frecuencia aceites de alto punto de ebullición, junto con un 10% de AIP y agentes de limpieza que también se

extraen a través del secador cuando los secadores extraen aire de la sala de prensas.

Según el modelo REINS, en el 2000 y a nivel de la UE-25, las emisiones de COVNM procedentes de la impresión en caliente ascendieron a 40 kilotoneladas, lo que supone el 0,38% del total de las emisiones de COVNM. La actividad total produjo 123,59 kilotoneladas de emisiones con un coeficiente de emisión medio de 3.239 g COVNM/kg, lo que demuestra que la industria ya está reduciendo algunas emisiones [130, EGTEI, 2005].

Algunos datos indican que el 50% de las emisiones de COV originales no serán objeto de reducción [4, Intergraf y EGF, 1999]. Otros datos indican que es posible conseguir niveles de emisiones de COVs fugitivas mucho menores, de aproximadamente el 25 – 30% [54, BMLFUW Austria, 2003], mediante el consumo de AIP reducido y el uso de agentes de limpieza de baja volatilidad. Se llega a informar de la posibilidad de alcanzar niveles de incluso el 23%; consultar la Tabla 2.7 [76, TWG, 2004].

Las emisiones fugitivas se definen como un porcentaje de la entrada en la Directiva sobre Emisiones de Disolventes. En la impresión en caliente, las técnicas clave para la reducción de las emisiones de COVs fugitivas con la reducción de las entradas de disolventes COV.

Así pues, la expresión de la emisión como un porcentaje de esta entrada no refleja los cambios efectuados. En Alemania y en Austria se utilizan cálculos del programa de reducción, pero no así en la Directiva sobre Emisiones de Disolventes. Se ha llevado a cabo un estudio que demuestra que, en el caso de la impresión en caliente, resulta más útil expresar las emisiones como un porcentaje del consumo de tinta [115, Intergraf, 2005]. Consultar el Anexo 24.2.

Los gases residuales procedentes de las prensas en caliente tienden a tener un fuerte olor desagradable. En muchos casos, este hecho fue el agente impulsor inicial para la instalación de incineradoras en este sector de la industria de la impresión [4, Intergraf y EGF, 1999].

En los párrafos siguientes se discuten los detalles de las diferentes fuentes de emisiones.

Tintas

El total de las emisiones de disolventes de las tintas para la impresión en caliente, que normalmente contienen un 30 -35% de disolventes en la UE-15, es de aproximadamente 45 kilotoneladas. De estos disolventes, el 80 – 90% se evaporan en el secador y normalmente se tratan [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

La tinta se suministra a granel y se transporta directamente a las prensas bombeándola a través de un sistema de tuberías. Este método es la práctica habitual en las plantas muy grandes [4, Intergraf y EGF, 1999, 76,

TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

Solución de humectación

El AIP, en algunas ocasiones etanol, añadido a las soluciones de humectación, se evaporará durante el proceso de impresión; aproximadamente el 85 – 90% es fugitivo y aproximadamente el 10% (en la impresión en caliente) se extraerá mediante los secadores y se tratará [4, Intergraf y EGF, 1999]. Sin embargo, otras fuentes informan de que el 50% de la solución de humectación utilizada en los procesos de impresión en caliente se captura y se trata [54, BMLFUW Austria, 2003]. Las cantidades de AIP consumido también se emiten en parte. Estas cantidades se indican en la Sección [2.3.2.2.3.](#)

El AIP puede sustituirse parcialmente por éteres glicólicos que también se evaporan, si bien en menor medida que la cantidad de AIP sustituida. Sin embargo, el potencial de formación de ozono de algunos éteres glicólicos puede ser 10 veces superior al del AIP, por lo que es necesario evaluar las ventajas sobre una base peso por peso.

La impresión offset sin agua no produce emisiones a la atmósfera procedentes del proceso de humectación [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Agentes de limpieza

Las emisiones de las 100 kilotoneladas de agentes de limpieza que se calcula que se utilizan en las plantas de impresión offset europeas dependen del tipo de equipo de limpieza, trabajo de impresión,

disolvente aplicado, etc. Los disolventes de alto o de bajo punto de ebullición presentan niveles de emisiones muy diferentes. El balance de masa de la planta de impresión en caliente virtual mostrado en la Figura 2.6 es un ejemplo del porcentaje de disolventes que puede emitirse a la atmósfera, en parte a través de un incinerador y en parte como emisiones fugitivas.

El porcentaje de las emisiones de disolventes derivadas de la limpieza provisional interna automática en los procesos de impresión en caliente y que se capturan y envían a las instalaciones de tratamiento de gases residuales es del 15 - 50% [18, UBA Alemania, 2003, 54, BMLFUW Austria, 2003].

El porcentaje de las emisiones procedentes de la limpieza manual y de la limpieza básica que se capturan y envían a las instalaciones de tratamiento de gases residuales es de aproximadamente el 0 - 5%.

Captura

La concentración media de COVs de los gases residuales procedentes de los procesos de impresión en caliente es de 1 - 3 g/Nm debido a la falta de recirculación de aire de secador. El olor de los gases residuales es tan desagradable que la recirculación impregnaría el producto impreso con un olor inaceptable. La falta de recirculación potencia un flujo de aire y una capacidad de incinerador proporcionalmente grandes.

La baja concentración provoca una demanda de energía relativamente elevada [4, Intergraf y EGF, 1999, 18, UBA Alemania, 2003]. Sin embargo, los datos procedentes de una prensa caracterizada por las buenas prácticas en Austria (una prensa de doble impresión de 4 colores de 96,5 cm de anchura, con una extracción de entre 1.000 - 4.000 Nm de aire, revelan una concentración de COVs máxima de 8 g/Nm. Como comparación, esta cifra representa casi un 50% más que las dos prensas extremadamente grandes de la planta virtual de la Tabla 2.7.

Existen varias opciones para el tratamiento de los gases residuales, que se discuten en la Sección 20.12.

Incineración

Las incineradoras pueden integrarse en los secadores o pueden consistir en un sistema central al que se conectan todos los secadores, consultar la Sección 20.11. En Austria (donde la implementación de la reducción de las emisiones de COVs fue temprana), el 80% de los sistemas centrales utilizan incineradoras regenerativas [76, TWG, 2004].

La temperatura de incineración debe ser de 750 - 800 ° C. El valor calorífico de los gases residuales podría no ser lo bastante elevado como para obtener esta temperatura sin ayuda [4, Intergraf y EGF, 1999]. Sin embargo, bajo las mejores condiciones, cuando se utiliza la incineración regenerativa podría tratarse de un proceso autotérmico [18, UBA Alemania, 2003, 76, TWG, 2004].

Las tres técnicas de incineración aplicadas en las plantas de impresión en caliente presentan las características indicadas en la [Tabla 2.14](#).

Emisiones	Unidad	Térmica	Catalítica	Regenerativa
Carbono total, del que metano	mg C/Nm ³	<20		
NO _x	mg/Nm ³	100		
Energía		Térmica	Catalítica	Regenerativa
Temperatura	° C	750	400	800
Gas natural	m ³ /h	105	20	20
Temperatura de escape	° C	350	200	200
Electricidad	kW	100	100	75

Pérdida de calor	kW	2640	1.400	1.400
------------------	----	------	-------	-------

Tabla 2.14: Avances de las técnicas de incineración aplicadas en las plantas de secado en caliente [4, Intergraf y EGF, 1999, 76, TWG, 2004]

La oxidación térmica puede reducir ligeramente las emisiones de COVs, ofreciendo un incremento de la eficiencia de aproximadamente un 0,1%. 0.1 %. Este método conlleva, sin embargo, un consumo de energía significativamente mayor. El consumo de gas natural es cinco veces superior al de los otros dos sistemas.

La oxidación térmica aplicada en la planta virtual teórica descrita en la Tabla 2.7 tiene una eficiencia de la reducción de COVs del 99% y presenta los siguientes niveles de emisiones. No obstante, esto está asociado a una temperatura de combustión muy elevada, de 900 ° C, en comparación con los 750 – 800 ° C que resultan más habituales [18, UBA Alemania, 2003] [76, TWG, 2004]:

- 19 mg COVs/m³
- 40 mg NO_x/m³
- 50 mg CO/m³.

Condensación

Normalmente la condensación tiene un nivel de eficiencia de aproximadamente el 90% [52, SPIN Holanda, 1994]. Sin embargo, no cumplirá los valores de emisiones exigidos por la Directiva sobre Emisiones de Disolventes [76, TWG, 2004].

Tratamiento biológico

Los informes indican que no se utiliza satisfactoriamente en esta industria. Consultar la Sección 20.11.8.

2.3.2.3.2 Residuos

[128, TWG, 2005]

Papeles

Normalmente, la cantidad de residuos de papel generados por la impresión offset en caliente es mayor que la de otros métodos de impresión, ya que se utiliza una cantidad significativa de papel antes de que conseguir un balance adecuado entre la tinta y el agua de humectación y de producir una impresión de buena calidad.

La planta de impresión en caliente virtual descrita en la Sección 2.3.2.1 produjo 2.800 toneladas de residuos para 20.000 toneladas de sustrato, lo que representa un nivel de residuos del 14% de la entrada de sustrato de papel [18, UBA Alemania, 2003].

Se afirma que la impresión offset sin agua produce una menor cantidad de residuos, ya que no es necesario alcanzar ningún balance entre la tinta y la humectación.

Tintas

La planta de impresión en caliente virtual descrita en la Sección 2.3.2.1 produjo 12 kg de residuos de tinta por cada tonelada de tinta utilizada, de los que 10 kg son tintas sobrantes y 2 kg son tintas absorbidas por las bayetas de limpieza [18, UBA Alemania, 2003].

Solución de humectación

Durante la impresión, la solución de humectación puede contaminarse con polvo de papel y pequeñas cantidades de tinta. Estas soluciones contienen compuestos orgánicos halogenados

absorbibles (AOX) y pequeñas cantidades de metales. Normalmente estas soluciones de humectación residuales se desechan y podrían requerir el pretratamiento descrito detalladamente en la Sección [2.3.2.3.3](#) [4, Intergraf y EGF, 1999] [18, UBA Alemania, 2003, 76, TWG, 2004].

Agente de limpieza

Los procesos de impresión pueden generar grandes cantidades de agentes de limpieza usados, especialmente en el caso de las plantas de impresión de gran tamaño en las que la mayor parte de las tareas de limpieza se efectúan automáticamente. La cantidad estimada es de aproximadamente 100 kilotoneladas de agentes de limpieza al año a nivel de la industria de la impresión offset de toda la UE., cantidad que se elimina [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

La planta de impresión offset virtual descrita en la Sección 2.3.2.1 generó 46 litros de aguas residuales con un 50% de disolventes de alto punto de ebullición por cada tonelada de tinta utilizada [18, UBA Alemania, 2003].

Los agentes de limpieza se reutilizan en gran medida y la eliminación de estos disolventes como residuos peligrosos podría reducirse en aproximadamente un 50% [4, Intergraf y EGF, 1999].

Bayetas

Las bayetas utilizadas para limpiar las prensas contienen disolventes orgánicos, tinta y, en ocasiones, barniz. La cantidad varía normalmente en función de la longitud de las tiradas y, por lo tanto, del número de cambios al año. La planta de impresión en caliente virtual de la Tabla 2.5 y de la Tabla 2.6 utilizó aproximadamente 200 unidades de bayetas de disolventes por cada tonelada de tinta utilizada, contaminadas cada una con una media de 10 g de tinta y 30 g de agente de limpieza [18, UBA Alemania, 2003] [76, TWG, 2004].

Otros residuos

Las planchas de impresión viejas contienen metales, fundamentalmente aluminio, con trazas de otros metales, dependiendo de la antigüedad de los equipos. Las mantillas también se desechan. Entre los residuos también pueden encontrarse filtros utilizados para filtrar la solución de humectación y lámparas UV desechadas procedentes del proceso de fabricación de las planchas. [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [76, TWG, 2004]

Las tintas de los colores estándar de la impresión offset pueden suministrarse en contenedores a granel intermedios (IBC) reutilizables o en los bidones de metal de 200 litros habituales.

2.3.2.3.3 Aguas residuales

Soluciones de humectación

Durante la impresión, la solución de humectación se contamina con polvo de papel y pequeñas partículas de tinta. Estas soluciones pueden contener compuestos orgánicos halogenados absorbibles (AOX) en concentraciones de > 1 mg AOX/l y pequeñas cantidades de metales como aluminio, cobre, cinc, cobalto y manganeso (estos dos últimos procedentes de los agentes de secado), todos juntos en concentraciones de aproximadamente 0,1 g/l. Normalmente estos residuos de soluciones de humectación se desechan, frecuentemente después de someterlos a tratamiento [4, Intergraf y EGF, 1999] [18, UBA Alemania, 2003]. 2003].

Los aditivos utilizados en las soluciones de humectación en concentraciones de aproximadamente el 3% pueden contener pequeñas cantidades de biocidas para combatir el desarrollo de las algas. Las concentraciones de biocidas habituales oscilan entre el 0,1 – 0,2%, lo que significa que las concentraciones finales en la solución de humectación son insignificantes [4, Intergraf y EGF, 1999].

Normalmente las plantas de impresión no están equipadas con una planta de tratamiento de aguas residuales, efectuando la descarga directamente al sistema de alcantarillado municipal.

Cuando las descargas están prohibidas debido a niveles de contaminación excesivos, la eliminación como residuos peligrosos es una alternativa [4, Intergraf y EGF, 1999].

Agentes de limpieza

El efluente de la limpieza de los rodillos de humectación utilizados en los procesos de impresión base agua apenas contiene ningún producto contaminante. Podría contener algunos detergentes, algunas sustancias que pueden encontrarse en la solución de humectación y pequeñas cantidades de tinta. Normalmente este efluente no se trata, sino que se descarga directamente al sistema de alcantarillado [4, Intergraf y EGF, 1999].

2.3.3 Impresión de embalajes flexibles - flexografía y huecograbado

En las plantas de producción de materiales de embalaje flexibles se utiliza una combinación de dos o más de los siguientes procesos:

- huecograbado de materiales de embalaje
- flexografía
- laminación
- barnizado.

Todos estos procesos pueden utilizar disolventes.

2.3.3.1 Balances de masa – embalajes flexibles

[18, UBA Alemania, 2003].

En 1999 se publicaron los resultados de un inventario efectuado en varias plantas de impresión de materiales de embalaje flexibles de Alemania. A partir de los resultados de este inventario se compararon y utilizaron los datos de rendimiento procedentes de diferentes unidades de diversas plantas con el fin de simular una planta virtual capaz de satisfacer los requisitos legales, especialmente los contemplados en la Directiva sobre Emisiones de Disolventes. En la siguiente Sección se ofrece un balance de masa para una planta caracterizada por las buenas prácticas seleccionada del inventario, así como datos para la planta virtual.

Una planta de buenas prácticas

En esta sección se ofrecen datos procedentes de una planta de buenas prácticas de este inventario, junto con los balances de masa de la planta virtual. La planta virtual explicada anteriormente no es una planta existente, sino que está formada por unidades de buen rendimiento de diferentes plantas existentes. Debe tenerse en cuenta que los datos de la planta de buenas prácticas existente no difieren demasiado de los de la planta virtual. Los datos operacionales de la planta de buenas prácticas son los siguientes:

- la planta está operativa durante seis días a la semana en tres turnos. Está formada por tres unidades, cada una de ellas con tres prensas de cilindro de impresión central flexográficas, con una anchura de bobina de 1,30 metros
- el producto final son formularios impresos que se conforman en rollos después de la impresión y se entregan como un producto intermedio a fabricantes de artículos de marca; en esta planta no se efectúan operaciones de acabado
- en dos de las unidades se utilizan fundamentalmente productos de base solvente (por ejemplo tintas y agentes de limpieza), mientras que en la tercera unidad el 85% de los productos utilizados son base agua
- se utilizan disolventes para el control de la viscosidad de las tintas que se transportan mediante tuberías directamente a la unidad de entintado
- para el control de las emisiones a la atmósfera se ha instalado un sistema de tratamiento de gases residuales catalítico. Los sistemas de extracción de las prensas de impresión están equipados con técnicas de circulación de aire que se controlan mediante la medición de de la

concentración de disolvente

la limpieza de la unidad de entintado se efectúa en una máquina de limpieza encapsulada equipada con un sistema

recuperación de disolventes integrado

el efluente de las actividades de limpieza se trata mediante la aplicación de ultrafiltración (para las tintas base agua).

En la Tabla 2.15 se muestra el balance de la planta de buenas prácticas.

ENTRADA	Cantida d	Unidad	Nota s	SALIDA	Cantida d	Unidad	Notas
				Productos			
				Productos impresos intermedios	9.700	t/año	Papel y tinta
Material				Residuos			
Sustrato de impresión	10.433	t/año		Papel/errores de impresión	740	t/año	
Tintas de impresión; contenido COV	576 189	t/año t/año		Residuos de tintas	41	t/año	Con aprox. 10,8 t de COV
Diluyentes (disolventes para el ajuste de la viscosidad)	316	t/año					
Agua para limpieza y dilución	666	m ³ /año		Mezcla de agentes de limpieza y agua	15	t/año	Con aprox. 9,8 t de COV
				Efluente de proceso	545	m ³ /año	
Agua para enfriamiento y acondicionamiento del aire	51.866	m ³ /año					
Bayetas	144.100	Piezas/año		Bayetas	144.100	Piezas/año	Con aprox. 2,5 t de COV
COV total	505	t/año			23	t/año	
Energía				Gas de escape			

Energía en total	3.670	MWh/año			72,45 x 10 ⁶	m ³ /año	
Energía de gas	350	MWh/año		COV en gas purificado	1,38	t/año	384 t/año de COV destruid o
Energía eléctrica	3.320	MWh/año		NO _x en gas purificado	4,70	t/año	
				CO en gas purificado	2,72	t/año	
				Fugitivas			
					96	t/año	Aprox. el 19% de la entrada

Notas [76, TWG, 2004]

- tres turnos y seis días de trabajo no es normal en la industria flexográfica; las prensas no son lo bastante caras. Esta forma de trabajo se asocia normalmente a las plantas de huecograbado de materiales de embalaje
- la anchura de banda de 130 cm se sitúa más bien por encima de lo normal
- incineración catalítica: actualmente siempre regenerativa
- no es normal tratar el efluente mediante ultrafiltración: normalmente el efluente es insignificante.

Tabla 2.15: Balance de masas de una planta de impresión flexográfica de buenas prácticas [18, UBA Alemania, 2003, 76, TWG, 2004]

Es necesario tener en cuenta lo siguiente con respecto al intercambio de información [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

- si bien estos datos podrían ser indicativos de buenas prácticas en una planta para ciertos trabajos y condiciones, podrían no ser típicos de la industria
- residuos de tinta = 41 T/año con 10,8 T de disolvente = 26%: no se trata de tinta (la tinta lista para la prensa tiene un contenido de disolventes del 80%) sino de desechos procedentes de la destilación de agentes de limpieza
- 385,38 T/año en los gases residuales no tratados representa una media de 5,3 g/Nm³. Esta cifra es demasiado elevada para los trabajos de impresión flexográfica habituales y tan sólo se alcanza si se efectúa un gran volumen de actividades de laminación y barnizado (que no se muestran en la Tabla 2.15) con un índice de recirculación de aire elevado. También implica que una cantidad significativa de los trabajos de impresión se efectúa utilizando tinta blanca y que, por lo tanto, no se imprime sobre papel
- la media de COVs presentes en el aire purificado es de 19 mg/Nm³, lo que expresado en mg C es aproximadamente un 50% menor (aproximadamente 10 mg/Nm³) con una eficiencia de incineradora de >99,5%. En opinión de la industria, esta eficiencia es demasiado reducida

para ser realista, si bien se informa de que se trata de una buena práctica habitual en Alemania, con unas concentraciones del gas crudo de entre 1 – 8 g/Nm³ y una concentración de salida inferior a 20 g/Nm³.

Hay que tener en cuenta que cuando se comparan los datos de consumo y emisiones de esta planta de buenas prácticas con los de la planta virtual, también se registran todos los procesos auxiliares con sus consumos y emisiones adicionales. Los datos proyectados de la planta virtual son estimaciones del consumo y las emisiones propios de cada unidad específica.

Una planta virtual

Con el fin de obtener una imagen objetiva del intervalo de los valores del consumo y emisiones que se dan en la práctica, se describen dos sistemas de trabajo de las plantas virtuales. Por una parte, la producción con tintas bases disolvente y, por otra, la producción mixta manual con tintas al agua y un barniz de cobertura base disolvente. En la tabla 2.16 se indican las características de las plantas virtuales:

Máquinas de impresión	Planta flexográfica de cilindro de impresión central; ocho unidades de entintado, tamaño 127 x 100 cm, velocidad de banda de aproximadamente 250 m/min
Secadoras	Calentamiento indirecto de secadora intermedia y secadora puente mediante aceite de transferencia térmica, técnica del aire de circulación controlada mediante la monitorización de la concentración de disolventes
Procesos de acabado	Cortadora de bobina, cortadora transversal, rebobinadora
Condiciones de producción	280 días de producción al año, en tres turnos; 6.525 horas de operación al año con un 70%* de tiempo de impresión; 4.560 horas de producción de impresión al año en total
Productos	<p>Envolturas de papel 70 g/m²</p> <p><u>Base disolvente:</u></p> <p>seis colores, cobertura de superficie del 155%, aplicación de tinta de 4,98 g/m², velocidad de bobina de 150 m/min</p> <p><u>Proceso mixto:</u></p> <p>seis colores + barniz de cobertura, cobertura de superficie del 255%, aplicación de tinta de 4,9 g/m² + cobertura de barniz de 2,5 g/m², velocidad de bobina de 150 m/min</p>
*Nota: el tiempo de producción de impresión del 70% es más de lo que puede alcanzarse en la práctica [76, TWG, 2004]	

Tabla 2.16: Maquinaria y condiciones de producción de las plantas de impresión flexográfica virtuales [18, UBA Alemania, 2003]

Los valores de consumo y emisiones específicos dependen en gran medida de los productos que se fabriquen y experimentarán incrementos como resultado de:

- la reducción del volumen de impresión,
- el incremento del número de secuencias de cambio de color
- el nivel de exigencia de los requisitos en lo relativo a la calidad de impresión o el grado de dificultad de la impresión de imágenes
- la disminución de la calidad del papel
- el incremento de la superficie a cubrir.

A partir de los datos de las plantas virtuales se calculan balances de masa. En la Tabla 2.17 y en la Tabla 2.18 se muestran los consumos y emisiones promedio de COVs para cada tonelada de tinta utilizada, que consisten en el promedio de la entrada de material y de la producción de residuos de las plantas virtuales. Para una producción por huecograbado, la mezcla de diluyentes (entrada de COVs) y las emisiones de COVs correspondientes procedentes de la tinta serían un 10 – 20% más elevadas. Estos valores son valores promedio que, dependiendo de los parámetros mencionados anteriormente, en la práctica pueden variar un +/-20%.

1.000 kg de tinta de impresión con un contenido de COVs de 500 kg	Paso del proceso	Salida
¹ 731 kg de diluyente (100% COVs)	Disolvente para el ajuste de la viscosidad [76, TWG, 2004]	
21.875 kg de papel	Proceso de impresión	160 kg de pérdidas de COVs fugitivas 1.900 kg de errores de imprenta/pérdidas de papel 90 kg de residuos de tinta
70 kg de agente de limpieza (100% COVs) 120 bayetas	Limpieza intermedia	45 kg de pérdidas de COVs fugitivas 120 bayetas con aprox. 1,4 kg de residuos de tinta + 3 kg de disolventes
	Secado de tinta	1.063 kg de COVs en el aire no tratado extraído ² 6,80 g/m ³ de COVs en 133.100 Nm ³ después el tratamiento
	Acabado	Residuos de papel
Entrada de COVs total: 1.310 kg		Cantidad total de COVs producidos: 205 kg fugitivos (16% de la entrada) 1.060 kg tratados aprox. 2 – 3 kg en el gas tratado aprox. 33 kg en los residuos
Nota:		
¹ La cifra para el diluyente es demasiado baja; la tinta lista para la prensa tiene un contenido		

de disolventes de 72% [76, TWG, 2004]

² 6,80 g/m³ de COV es un valor demasiado elevado para la impresión flexográfica e incluye probablemente actividades de laminación y/o barnizado

Tabla 2.17: Balance de COVs y residuos de una planta de impresión flexográfica base disolvente virtual [18, UBA Alemania, 2003]

1.000 kg de tinta de impresión* con un contenido de COVs de 31 kg	Paso del proceso	Cantidad producida
516 litros de agua 625 kg de barniz de impresión (con un contenido de COVs de 156 kg) 198 kg de diluyente (100% COVs)	Acondicionamiento de la tinta	
21.875 kg de papel	Proceso de impresión	58 kg de pérdidas de COVs fugitivas 1.900 kg de errores de imprenta/pérdidas de papel 140 kg de residuos de tinta
1.200 l de agua 120 bayetas	Limpieza intermedia	1.200 l de efluente con un contenido aproximado de 18 kg de COD 120 bayetas con aprox. 1,4 kg de residuos de tinta
	Secado de tinta	323 kg de COVs en el aire no tratado extraído 1,38 g/m ³ de COVs en 234.370 Nm ³ de aire a 69 ° C después el tratamiento
	Acabado	Residuos de papel
Entrada de COVs total: 385 kg		Cantidad total de COVs producidos: 58 kg fugitivos (15% de la entrada) 320 kg tratados aprox. 3 kg en el gas tratado aprox. 4 kg en los residuos
*Nota: la tinta parece ser al agua, pero este dato no está confirmado [76, TWG, 2004]		

Tabla 2.18: Balance de COVs y residuos de una planta flexográfica virtual de proceso mixto [18, UBA Alemania, 2003]

2.3.3.2 Consumos – embalajes flexibles

2.3.3.2.1 Disolventes orgánicos

En la Tabla 2.19 se muestra una selección de los disolventes orgánicos típicos utilizados en los procesos de impresión de materiales de embalaje junto con su campo de aplicación. En la Tabla 2.20 se ofrece una imagen general de los disolventes orgánicos habituales que pueden encontrarse en los procesos de impresión de materiales de embalaje en los que se apliquen tintas, adhesivos o barnices al agua.

Disolvente	Presión de vapor (kPa)	Campo de aplicación
Acetato etílico	9,2	Diluyente, agente de limpieza
Etanol	5,9	Disolvente en la tinta, agente de limpieza
Mezclas de etanol y acetato etílico		La mezcla depende del tiempo de secado necesario
Isopropanol	4,3	Disolvente en la tinta, agente de limpieza
Acetato isopropílico	6,1	Ajustador de viscosidad
Metil etil cetona	10,5	Secante; utilizado con frecuencia como disolvente en adhesivos y algunos barnices
n-Butanol	1,2	Retardador
Metoxi propanol	1,1	Retardador
n-Propanol	2,5	Retardador
Etoxi propanol	0,65	Retardador
Diversos ésteres		Retardador

Tabla 2.19: Disolventes habituales utilizados en los procesos de impresión de materiales de embalaje base disolvente [18, UBA Alemania, 2003]

Disolvente	Presión de vapor (kPa)	Campo de aplicación
Etanol	5,9	Disolvente en la tinta, secante, agente de limpieza
Isopropanol	4,3	Disolvente en la tinta, agente de limpieza
n-Propanol	2,5	Disolvente en la tinta
Nafta especial	4,0 – 8,5	Agente de limpieza (raramente utilizado ya que la mayor parte de los embalajes son para alimentos)
Aguarrás	0,15 – 1,0	Agente de limpieza (raramente utilizado ya que la mayor parte de los embalajes son para alimentos)

Tabla 2.19: Disolventes habituales utilizados en los procesos de impresión de materiales de embalaje al agua [18, UBA Alemania, 2003]

Además de los **disolventes orgánicos presentes en las tintas de impresión adquiridas, también se utilizan otras cantidades significativas de disolventes para la dilución de la tinta (control de la viscosidad) y para varios trabajos de limpieza**. Los procesos de huecograbado y flexografía presentan diferencias especialmente en el área del control de la viscosidad. En la Tabla 2.21 se presentan los valores promedio típicos de usos de COVs específicos.

Es importante señalar que la proporción sólidos/disolvente de las tintas, en el estado en que se adquirieron, presenta enormes variaciones de planta a planta. La tinta se suministra de acuerdo con ciertas especificaciones. En un extremo se suministra "casi lista para prensa", con un contenido de disolventes cercano al 75% (se lleva a cabo una pequeña dilución en la prensa). En el otro extremo, la tinta se suministra en forma de "pasta" con un contenido de disolventes de aproximadamente el 30%. Las pastas se mezclan y diluyen en el departamento de tintas para hacerlas "casi listas para prensa". En este caso, la dilución final también se efectúa en la máquina. Además, si bien hace unos pocos años el porcentaje "normal" de disolvente en la tinta adquirida era de entre el 50 – 60%, esto ya no es así. Actualmente, en las plantas de mayor tamaño las tintas se adquieren en forma de "pasta" y se diluyen en la misma planta [128, TWG, 2005]:

Proceso de impresión	COV utilizado (expresado como % de la tinta adquirida %-peso) en las siguientes áreas:						COV total utilizado (expresado como % de la tinta adquirida %-peso)	
	Tintas de impresión ⁽¹⁾		Diluyentes para tintas		Agentes de limpieza		Promedio	Intervalo
	Promedio	Intervalo	Promedio	Intervalo	Promedio	Intervalo		
Huecograbado base disolvente	60	40 – 70	101	70 – 120	17		178	127 – 207
Flexografía base disolvente	60	45 – 75	81	50 – 95	14		155	109 – 184
Huecograbado al agua	5	0 – 20	2	0 – 5	10	0 – 15	17 ⁽²⁾	0 – 40

Flexografía al agua	5	0-20	2	0 - 5	10	0 – 15	17 ⁽²⁾	0 - 40
<p>Notas: [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]</p> <p>⁽¹⁾ La tinta lista para prensa siempre tendrá un contenido de disolvente aprox. del 80%. Las tintas adquiridas con un contenido de disolventes más elevado necesitarán una menor cantidad de disolvente para la dilución (ajuste de la viscosidad). Promedios para las tintas base disolvente: en el huecograbado tiende a ser ligeramente superior al 80%, mientras que en la flexografía tiende a ser ligeramente inferior al 80%.</p> <p>⁽²⁾ El promedio del 17% para las tintas al agua es demasiado elevado.</p>								

Tabla 2.21: Usos específicos de COVs en procesos de impresión de materiales de embalaje [18, UBA Alemania, 2003]

La Tabla 2.21 muestra, por ejemplo, que en el proceso de impresión por huecograbado base disolvente se utiliza un promedio de 1,78 kg de COVs por kg de entrada de tinta adquirida en los procesos de impresión y auxiliares de la planta. El intervalo de este ejemplo es de 1,27 – 2,07 kg de COVs por cada kg de entrada de tinta adquirida.

La recuperación de disolventes en el emplazamiento tan sólo es aplicable a los agentes de limpieza, y conllevará una reducción de la cantidad de agentes de limpieza que deba adquirirse. Esto significa, para las aplicaciones de COVs específicas por kg de tinta, tal como se indica en la Tabla 2.21, una reducción de aproximadamente el 50% de los valores presentados en la columna de “agentes de limpieza”.

2.3.3.2.2 Tintas y barnices de impresión

[18, UBA Alemania, 2003] [4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [22, Vito, 1998, 128, TWG, 2005]

Tipos de tinta utilizados – base disolvente

Los disolventes utilizados con mayor frecuencia en la impresión de materiales de embalaje base disolvente son el etanol y el acetato etílico. Además, las plantas de impresión flexográfica utilizan isopropanol, metoxipropanol y etoxipropanol, mientras que las plantas de impresión por huecograbado también utilizan metil etil cetona, i-propil acetato y n-propil acetato. La elección del disolvente utilizado en la tinta depende del sustrato de impresión.

Durante la impresión, la viscosidad de la tinta se ajusta en función de las necesidades, o se mantiene a su nivel predeterminado mediante la adición de disolventes compatibles. Las tintas recién mezcladas siempre se producen con un exceso de viscosidad con el objeto de poder efectuar el ajuste exacto en la prensa.

La tinta flexográfica puede ser base disolvente o al agua. La tinta de huecograbado casi siempre es base disolvente y las tintas al agua tan sólo se utilizan en raras ocasiones. La Tabla 2.22 muestra la composición media de una receta básica de tintas base disolvente. La concentración de disolvente de la tinta varía, consultar la Sección 2.3.3.2. Las tintas preparadas para la prensa tienen un contenido de disolvente de aproximadamente el 80% y de sólidos del 20%. Los barnices también contienen aproximadamente un 80% de disolventes [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

Componente	Contenido	Concentración (%-peso)
Agente ligante:		
- componente disolvente	Disolventes de secado normales: por ejemplo etanol, n-propanol, isopropanol	60 - 80

	Disolventes de secado lento: por ejemplo metoxi propanol, etoxi propanol	
	Disolventes de secado rápido: por ejemplo acetato etílico, i-propil y n-propil acetato, MEC, naftas	
- componente de agente ligante	Derivados de celulosa (por ejemplo nitrocelulosa), butiratos de polivinilo, PVC, poliamidas	10 - 2
Colorantes	Pigmentos inorgánicos y/u orgánicos	10 - 5
Agentes auxiliares de color	Por ejemplo, ceras, agentes de deslizamiento, AEDT (ya no utilizado en Alemania)	1 - 6
Propiedades físicas: Contenido de sólidos: 25 – 40%; valor calorífico neto: >20 MJkg; punto de inflamabilidad <21 ° C		

Tabla 2.22: Receta básica media para tintas de impresión flexográficas base disolvente [18, UBA Alemania, 2003] [54, BMLFUW Austria, 2003]

En la Tabla 2.23 se muestra una fórmula típica de una tinta flexográfica para impresión sobre papel, mientras que en la Tabla 2.24 se muestra una fórmula típica de una tinta libre de disolventes de hidrocarburos para papel.

Componente	Concentración (%) peso)
Pigmento	20
Barniz de resina maleica	16
Barniz de nitrocelulosa	38
Cera	4
Plastificante	4
Etanol	11
Acetato isopropílico	7

Tabla 2.23: Tinta flexográfica típica para papel en el estado de su adquisición [4, Intergraf y EGF, 1999]

Componente	Concentración (%) peso)
Pigmento orgánico	12
Resina de poliamida soluble en alcohol	22
Nitrocelulosa (peso en seco)	4
Cera	4
Amina de ácidos grasos	1
Etanol	29
Alcohol n-propílico	18
Acetato n-propílico	10

Tabla 2.24: Tinta flexográfica libre de disolventes de hidrocarburos para papel en el estado de su adquisición [4, Intergraf y EGF, 1999]

Las tintas flexográficas para sustratos plásticos y películas metálicas presentan diferencias considerables con respecto a las tintas utilizadas para el papel. Los disolventes utilizados han cambiado con el tiempo, debido en parte a los requisitos y regulaciones del envasado de alimentos. Los disolventes de tinta aromáticos han sido reemplazados por el etanol y el acetato etílico y algunas MEC en adhesivos y barnices [4, Intergraf y EGF, 1999] [143, CE, 2002/4]:

Aparte de la receta básica general mostrada en la Tabla 2.22, también pueden encontrarse otros ejemplos de tintas típicas utilizadas en el proceso de impresión por huecograbado; en la Tabla 2.25 se muestra uno de ellos. Naturalmente, la formulación de la tinta variará considerablemente en función del sustrato de impresión, los parámetros de las prensas y el uso final del producto acabado.

Componente	Concentración (%- peso)
Pigmento	4 – 12
Pigmento extensor	0 – 8
Resina 10 – 30	
Plastificante/cera/aditivos 2	- 10
Disolventes 40 – 60	

Tabla 2.25: Receta típica de una tinta de huecograbado en el estado de su adquisición [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004]

En términos generales, la elección de los disolventes dependerá de muchos aspectos como, por ejemplo, la necesidad de evitar un ataque de disolventes sobre una película o revestimiento de disolventes y de asegurar que permanezca la menor cantidad posible de estos compuestos en el producto, especialmente en el caso del envasado de alimentos. Sólo en muy raras ocasiones resulta necesario dejar de utilizar el etanol, el acetato etílico y las mezclas de ambos. Ocasionalmente puede constatarse el uso de MEC, acetona, tolueno (envasado de productos farmacéuticos) o isopropanol (productos de papel no alimentarios) [4, Intergraf y EGF, 1999, 128, TWG, 2005].

Tipos de tinta utilizados – al agua

En la Tabla 2.26 se muestra la composición media de una receta básica para tintas al agua aplicadas en la impresión por huecograbado. En las tintas al agua, la concentración de agua de las tintas de impresión adquiridas se sitúa normalmente entre el 50 – 60%. Las dispersiones acuosas como, por ejemplo, copolímero de estireno-acrilato se utilizan fundamentalmente como agentes ligantes. En función del propósito y de las resistencias deseadas, se utilizan resinas ácidas que se transforman en una forma hidrosoluble mediante la saponificación con sustancias alcalinas (amoníaco o aminas) para la modificación. Durante el proceso de secado, las aminas o el amoníaco escapan y las resinas de agente ligante vuelven a hacerse insolubles en agua [18, UBA Alemania, 2003].

Se añade etanol e isopropanol como agentes de secado a bajas concentraciones, casi siempre inferiores al 5%. Sólo en el caso de la existencia de requisitos muy estrictos en lo relativo a la velocidad de secado como, por ejemplo, en el caso de los papeles finos puede incrementarse este porcentaje hasta un 25% [18, UBA Alemania, 2003].

En la mayoría de los casos, las recetas contienen aditivos como, por ejemplo, agentes antiespumantes, agentes de humectación y biocidas. La dilución puede efectuarse con agua [18, UBA Alemania, 2003].

Componente	Contenido	Concentración (%-peso)
Agente ligante:		
- componente disolvente acuoso	Agua	50 – 75
- componente disolvente orgánico	Alcoholes (por ejemplo etanol, isopropanol)	0 – 13
- otro componente de agente ligante	Por ejemplo resinas de poliéster y acrilato, acetato de polivinilo	10 – 20
- otro componente de agente ligante	Amoníaco, aminoácidos	1 – 5

Pigmentos	Pigmentos inorgánicos y/u orgánicos	10 - 20
Agentes auxiliares de color	Por ejemplo ceras, (en Alemania no se utilizan ablandadores y sustancias formadoras complejas)	1 - 5
	Agentes de saponificación	1 - 5
Propiedades físicas: Contenido de sólidos: 25 – 40%; valor calorífico neto: >10 MJkg; valor de pH aproximado: 8		

Tabla 2.26: Receta básica media para tintas de impresión por huecogrado al agua [18, UBA Alemania, 2003] [54, BMLFUW Austria, 2003] [76, TWG, 2004]

La receta mostrada en la Tabla 2.27 podría ser una receta típica de una tinta de huecogrado al agua para la impresión sobre papel revestido:

Componente	Concentración (%-peso)
Resina acrílica	32
Agua	30
Pigmento	15
Polímeros en forma dispersa acrílicos	15
Álcali	2
Antiespumante	1
Isopropanol	3
Dispersante de cera	2

Tabla 2.27: Receta típica de una tinta de impresión por huecogrado al agua para papel revestido en el estado de su adquisición [4, Intergraf y EGF, 1999] [18, UBA Alemania, 2003, 128, TWG, 2005]

En la Tabla 2.28 se muestra la receta típica de una tinta de flexografía al agua de buen rendimiento para la impresión sobre papel y cartón:

Componente	Concentración (%) peso)
Resina acrílica	50
Agua	20
Pigmento	25
Monoetilamina	2
Cera de polietileno	3
Antiespumante orgánico	<1

Tabla 2.28: Receta típica de una tinta de impresión flexográfica al agua para papel y cartón en el estado de su adquisición [4, Intergraf y EGF, 1999]

Normalmente, las tintas al agua para la impresión sobre polietileno y polipropileno tendrían un contenido de polímeros dispersos acrílicos más elevado (40%) y unos porcentajes de resinas acrílicas muy inferiores (5 - 10%).

Las cajas de cartón se barnizan casi siempre, utilizándose cada vez más barnices de sobreimpresión al agua para ello. Un barniz resistente termosellable al agua, adecuado para sobreenvoltura con película, podría tener la fórmula mostrada en la Tabla 2.29:

Componente	Concentración (%) peso)
Resina acrílica dura	15
Isopropanol	20
Agua	15
Emulsión acrílica	35
Amina o hidróxido de amonio	2
Emulsión de cera	5
Dispersión de cera	5
Agente de desmoldeo	2
Antiespumante	1

Tabla 2.29: Barniz al agua típico para cajas de cartón en procesos de impresión por huecograbado [4, Intergraf y EGF, 1999]

Tipos de tinta utilizados – UV

El uso de tintas de impresión UV cada vez es más habitual en la impresión flexográfica. Estas tintas están compuestas por ligantes, aditivos, fotoiniciadores y los productos colorantes, todos ellos materiales sólidos sin contenido de disolventes. El secado, o mejor dicho, el curado, se produce como consecuencia de la reticulación o polimerización de la película de impresión resultante de la exposición de la superficie impresa a luz UV de onda corta.

Cantidades de tinta utilizadas

La cantidad de tinta tanto base disolvente como al agua consumida depende en gran medida del color de la tinta y tan sólo ligeramente del sustrato de impresión o del método de impresión. En la Tabla 2.30 se muestran algunos valores promedio.

Colores	Aplicación de tinta (para cobertura completa teórica) (g/m ³)
Blanco 1.5 – 2.0	
Tinta plana	1,0 – 1,5
Media tinta	0,5 – 1,0

Tabla 2.30: Valores promedio de aplicación de tinta

La superficie cubierta con tinta, especialmente en el caso de los materiales de embalaje flexibles, se determina en función de diversos requisitos complejos del cliente como, por ejemplo:

- la calidad de la imagen a imprimir y el tipo de sustrato de impresión
- la necesidad de impedir la exposición del interior del producto a la luz
- la necesidad de una barrera hermética al aire y al prevención de la migración de olores
- en los materiales difíciles de humedecer (por ejemplo láminas metálicas), se aplica una imprimación que actúa como agente adhesivo y se aplica en la primera tirada de impresión
- para la mejora del efecto de los colores impresos sobre plástico transparente o películas metálicas, la superficie se imprime primero en blanco mate antes de aplicar los colores finales
- para la mejora de las características de la superficie coloreada (por ejemplo resistencia UV o a la abrasión), se aplica un barnizado a toda la superficie como último paso del proceso de impresión.

En el cartón corrugado, por ejemplo, la superficie cubierta con tinta es normalmente <20%, mientras que para bienes de consumo de alta calidad (por ejemplo el material de envoltura de chocolatinas) se llega a alcanzar una cobertura de superficie >400% utilizando una serie de revestimientos. Las denominadas “tintas planas” alcanzan un 100% de cobertura para tinta blanca sobre plástico y los barnices y adhesivos también ejercen un fuerte impacto sobre la superficie cubierta total [76, TWG, 2004].

2.3.3.2.3 Agentes de limpieza

Para la limpieza de las prensas se utilizan fundamentalmente los mismos disolventes que en el caso de las tintas. Las plantas que utilizan sistemas de tinta al agua se limpian normalmente con agua, en parte con aditivos de sustancias alcalinas como, por ejemplo, bicarbonato sódico y tensidas. También se utilizan mezclas de agua con disolventes orgánicos diluibles en agua. Para retirar las tintas secas de las pequeñas cavidades de los cilindros de huecograbado y de los rodillos anilox podrían utilizarse equipos ultrasónicos u otras técnicas de limpieza libres de disolventes. Para los rodillos anilox también se utilizan chorros de agua a alta presión [18, UBA Alemania, 2003] [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

2.3.3.2.4 Los adhesivos la laminación

Tradicionalmente, la mayor parte de los trabajos de laminación se efectuaban mediante sistemas bases disolvente. Los adhesivos utilizados ofrecían unos niveles de brillo y de fuerza de ligadura satisfactorios. Los barnices listos para la prensa tenían un contenido de disolventes de aproximadamente el 80%. Las alternativas a los sistemas base disolvente son los sistemas de epoxi o de uretano, en los que dos componentes reaccionan entre sí para formar una película de gran resistencia. Si bien es necesario mezclar los dos componentes, no se generan emisiones de disolventes. También se aplican adhesivos de laminación de curado UV o adhesivos de base disolvente. Cuando es necesario que el papel se adhiera a película plástica o de aluminio pueden utilizarse adhesivos al agua. El agua se evapora a través del papel. Los adhesivos al agua son los menos utilizados [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

2.3.3.2.5 Energía y recursos

Energía

El consumo energético específico de la planta flexográfica de buenas prácticas descrita en la Sección 2.3.3.1 es de 0,4 MWh/tonelada de producto. Debe tenerse en cuenta que esta planta de buenas prácticas está equipada con un sistema de tratamiento de gases residuales con recuperación térmica [76, TWG, 2004].

En la Tabla 2.31 se muestra el balance energético para el uso de una tonelada de tinta de la planta flexográfica de base disolvente virtual descrita en la Tabla 2.16.

Entrada basada en 1.000 kg de tinta de impresión	Paso del proceso	Salida
<i>Incluida en el proceso de impresión</i>	Acondicionamiento de la tinta	
3.185 kWh, accionamientos eléctricos 1.010 kWh, enfriamiento eléctrico 580 kWh, aire comprimido eléctrico	Proceso de impresión	
<i>Incluida en el proceso de impresión</i>	Limpieza intermedia	
2.800 kWh, aceite térmico (aprox. 51% para secadoras intermedias y 49% para secadoras finales o puente) 985 kWh, ventiladores eléctricos	Secado de la tinta	
<i>Incluida en el proceso de impresión</i>	Acabado	
350 kWh, ventiladores eléctricos	Tratamiento de gases residuales	5.785 kWh, térmica, procedente de la recuperación de energía
Entrada total: 8.910 kWh 6.110 kWh, eléctrica		2.985 kWh, ganancia térmica neta

2.800 kWh, térmica		Salida total: 5.785 kWh, térmica
--------------------	--	--

Tabla 2.31: Balance energético de la planta de impresión flexográfica de base disolvente virtual [18, UBA Alemania, 2003] [76, TWG, 2004]

En la Tabla 2.16 se describe el balance energético de la planta de impresión flexográfica de proceso mixto virtual para el uso de una tonelada de tinta [76, TWG, 2004].

Entrada basada en 1.000 kg de tinta de impresión	Paso del proceso	Salida
<i>Incluida en el proceso de impresión</i>	Acondicionamiento de la tinta	
3.180 kWh, accionamientos eléctricos 1.010 kWh, enfriamiento eléctrico 580 kWh, aire comprimido eléctrico	Proceso de impresión	
<i>Incluida en el proceso de impresión</i>	Limpieza intermedia	
5.500 kWh, aceite térmico (aprox. 42% para secadoras intermedias y 58% para secadoras finales o puente) 980 kWh, ventiladores eléctricos	Secado de la tinta	
<i>Incluida en el proceso de impresión</i>	Acabado	
1.300 kWh, térmica 350 kWh, ventiladores eléctricos	Tratamiento de gases residuales	0
Entrada total: 13.000 kWh 6.200 kWh, eléctrica 6.800 kWh, térmica		Salida total: 0

Tabla 2.32: Balance energético de la planta de impresión flexográfica de base mixta [18, UBA Alemania, 2003]

El secado de las tintas UV y al agua requiere una cantidad de energía mayor que en el caso de las tintas base disolvente. Las tintas UV necesitan luz UV y equipos especiales en la prensa para el curado. Puesto que el elevado suministro de energía a las lámparas se transforma en calor, también son necesarias grandes instalaciones de refrigeración [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998]. En el caso de las tintas al agua, es frecuente observar un incremento del consumo energético de las secadoras de aproximadamente el 10% [4, Intergraf y EGF, 1999].

2.3.3.3 Emisiones – embalajes flexibles

2.3.3.3.1 Emisiones a la atmósfera

En el año 2000 y a nivel de la UE-25 (de acuerdo con el modelo RAINS), las emisiones de COVNM s se situaron en 127,56 kt, lo que representa el 1,2% del total de las emisiones de COVNM s. La actividad total utilizó 91,69 kt de tinta sin diluir, produciendo como promedio unas emisiones de 1,4 kg de COVNM s/kg de tinta sin diluir [131, EGTEI, 2005].

El balance de masa de la Tabla 2.15 demuestra que, para una planta de impresión flexográfica, es posible conseguir un nivel de emisiones de COVs fugitivas del 19% de la entrada de disolventes, si bien el método de medición no está bien definido. En el caso de las plantas virtuales descritas en la Tabla 2.17 y en la Tabla 2.18, se calcula que es posible conseguir unas emisiones fugitivas del 16% y del 15%, respectivamente, para una planta de impresión de base disolvente al 100% [18, UBA Alemania, 2003].

En el caso de las plantas de impresión por huecograbado de materiales de embalaje flexibles, podría conseguirse un porcentaje de emisiones totales del 10% de la entrada total (tanto fugitivas como después del tratamiento), si bien para ello es necesario un gran nivel de medidas para la reducción de emisiones.

Un informe reciente [127, VROM, 2004] demostró que las emisiones de COVs procedentes de plantas de materiales de embalajes flexibles en las que se aplicaban buenas prácticas se situaban entre el 7,5% y el 12,5% de las emisiones de referencia (calculado de acuerdo con el SED [123, CE, 1999]). Las plantas más antiguas que sólo han conectado las fuentes de COVs más concentradas al sistema de tratamiento de gases residuales alcanzan unos niveles del 10 - 25% de las emisiones de referencia. Los valores más reducidos podrían estar asociados a un gran uso de productos libres de disolventes. Del mismo modo, algunas plantas no equipadas con equipos de reducción pueden alcanzar un nivel inferior al 25% de las emisiones de referencia pero, como consecuencia de ello, no muchas de ellas utilizarán más de 200 toneladas de disolventes al año.

En total se diferenciaron 29 fuentes de emisiones diferentes, entre las que se incluían no sólo fuentes de emisiones fugitivas, sino también algunas fuentes de emisiones de gases residuales. Se hizo una distinción entre cuatro grupos diferentes de fuentes de emisiones: sala de prensas (P), incineración (denominada con la O inicial del término “oxidante”), limpieza (L) y preparación de la tinta (T).

En la Tabla 2.33 se indican, para varias fuentes, un valor de emisiones típico, posibles medidas de reducción para cada fuente y un valor de emisiones típico después de la aplicación de las medidas de reducción. Con respecto a esta información, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- los valores de emisiones “típicos” se facilitan con el objeto de proporcionar una imagen general de las magnitudes. Las emisiones se expresan como un porcentaje del consumo de disolventes de la planta. Las emisiones reales podrían variar considerablemente
- n/a significa que no es posible facilitar un valor de emisiones típico. Obviamente, las emisiones procedentes de fuentes tales como “defectos de desviación” o “productos al agua con contenido de disolventes” presentan enormes variaciones entre las distintas plantas
- “muy reducidas” significa que las emisiones totales de todas las fuentes “muy pequeñas” podría ser inferior al 1% del consumo de disolventes
- “insignificantes” significa que las emisiones tienen un nivel cero o una magnitud menor que las emisiones “reducidas”. Su volumen total es inferior al margen de error de las emisiones de mayor magnitud.

Grupo	Actividad o fuente	Emisiones típicas	Medidas de reducción posibles	Después de la reducción
P	Evaporación en las fuentes de tinta durante la producción	5%	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cobertura adecuada de las fuentes de tinta 2. Uso de hojas raspadoras en cámara 3. Encapsulado de las unidades de barnizado o laminación 4. Uso de adhesivos con contenido de disolventes reducido (consultar las técnicas relevantes en la Sección 2.4.2) 5. Extracción en taller mediante secadoras 6. Extracción en taller enviada a incineradora (consultar la Sección 2..2.5.2) 	2,5%
	Evaporación en las unidades de ajuste de viscosidad abiertas	Muy reducidas	Ninguna	Muy reducidas
	Defectos en las secadoras causantes de fugas o presión de las secadoras mayor que la atmosférica	n/a	Mantenimiento adecuado, operación correcta, comprobaciones periódicas (consultar la Sección 20.11.1.2)	Insignificantes
	Defectos de desviación (bypass) de las secadoras (gases residuales liberados a la atmósfera en lugar de a una incineradora)	n/a	Priorización, mantenimiento adecuado, operación correcta, comprobaciones periódicas, instrucciones para la operación manual si fuera posible, reparaciones rápidas (consultar la Sección 20.11.1.2)	n/a
	Emisiones de gases residuales procedentes de las prensas cuando éstas están llenas de tinta, pero antes de efectuar la impresión	Insignificantes	Ninguna	Insignificantes
	Emisiones de gases residuales procedentes de las prensas cuando éstas están efectúan la impresión a la velocidad mínima	0,1%	Ninguna	0,1%

	Emisiones de gases residuales procedentes de las prensas en el caso de defectos en las máquinas de producción	Muy reducidas	Ninguna	Muy reducidas
	Emisiones de gases residuales procedentes de las prensas cuando éstas están efectuando la impresión a la velocidad de preparación (30 a 60 m/min)	3 – 8%	Cierre automático de las derivaciones antes de alcanzar la velocidad de preparación (consultar la Sección 2.4.2.5.5)	Insignificantes
	Limpieza de suelos	1%	1. Prevención del ensuciamiento 2. Uso de bayetas y fregonas exprimibles 3. Uso de agentes de limpieza no volátiles (consultar las Secciones 20.9 y 20.10.1)	Muy reducidas
	Evaporación de los bidones abiertos	Insignificantes	Mantenerlos cerrados el mayor tiempo posible (consultar la Sección 20.2.2.1)	Insignificantes
	Residuos de disolventes en materiales de envasado para alimentos	Muy reducidas	Ninguna	Muy reducidas
	Residuos de disolventes en materiales impresos que no sean para envasado de alimentos	3 – 10%	Mejora del secado	0,1%
O	Emisiones procedentes de las incineradoras	0,5 – 1,5%	(Podrían aumentar si se envía flujo de aire cargado de disolventes adicional a la incineradora)	0,5 – 1,5%

Grupo	Actividad o fuente	Emisiones típicas	Medidas de reducción posibles	Después de la reducción
	Defectos de la incineradora causantes de la emisión de gases residuales a la atmósfera	n/a (0,4% de la entrada por día de defecto)	Alta prioridad: mantenimiento adecuado, operación correcta, comprobaciones periódicas, instrucciones para la operación manual si fuera posible, reparaciones rápidas (Sección 2.4.2.5.2) Equipos con técnicas informáticas, conexión al suministrador (consultar la Sección 20.2.3)	Muy reducidas
	El uso de tintas, barnices y adhesivos base disolvente sin conexión a la incineradora	n/a	Conexión a la incineradora cuando ésta tenga la capacidad suficiente (consultar la Sección 20.11.1.4)	n/a
	El uso de tintas, barnices y adhesivos base disolvente en las secadoras sin conexión a la incineradora	n/a	Abstenerse de utilizar estas secadoras para tintas base disolvente Conexión a la incineradora cuando ésta tenga la capacidad suficiente (consultar la Sección 20.11.1.4)	n/a
	Contenido de disolventes de productos al agua (el contenido de disolventes aprox. de las tintas es del 5%, los barnices y adhesivos podrían estar totalmente libres de disolventes)	n/a	Prioridad: Utilizar productos al agua con el contenido de disolventes más reducido posible. En caso contrario: ninguna (consultar las técnicas relevantes en la Sección 2.4.2)	n/a
L	Proceso de secado y ventilación en las máquinas de lavado automático utilizando disolventes	5%	1. Ventilación a la incineradora (Sección 2.4.2.5.2) 2. Uso de agentes de limpieza no volátiles (consultar las secciones 20.9 y 20.10.1)	Insignificantes
	Evaporación durante las operaciones de limpieza manual	1%	1. Evitar la evaporación inútil 2. Evitar la limpieza y el secado manuales tras el lavado automático 3. Hacer el mayor uso posible de las máquinas de lavado automático 4. Hacer el mayor uso	0,5%

			<p>posible de agentes de limpieza no volátiles</p> <p>5. En la sala de prensas, evitar al máximo la contaminación de los objetos que no puedan lavarse en máquinas automáticas</p> <p>6. Limpieza en profundidad de los cilindros y rodillos anilox con métodos libres de disolventes (consultar las Secciones 20.9 y 20.10.1)</p>	
	Limpieza y secado manuales tras el lavado automático	Incluidas	Consultar la limpieza manual (Secciones 20.9 y 20.10.1)	Incluidas
	Limpieza con otras máquinas distintas de las máquinas de lavado automático	Incluidas	Consultar la limpieza manual (Secciones 20.9 y 20.10.1)	Incluidas
	Limpieza de suelos	Incluidas	<p>1. Prevención del ensuciamiento</p> <p>2. Uso de bayetas y fregonas exprimibles</p> <p>3. Uso de agentes de limpieza no volátiles (consultar las Secciones 20.9 y 20.10.1)</p>	Incluidas
	Evaporación en los bidones abiertos (disolventes, residuos, etc.)	Incluidas	Mantenerlos cerrados	Incluidas
T	Evaporación resultante de la mezcla de tintas	Muy reducidas	Sistemas de mezcla de tintas automático, tambores situados cerca de las boquillas, cerrar rápidamente los tambores tras el llenado (consultar las secciones 20.2.3 y 20.2.2.1)	Muy reducidas
	Evaporación resultante de la realización de pruebas de color	Insignificantes	Ninguna	Insignificantes
	Limpieza de suelos y otras operaciones de limpieza	1%	<p>1. Prevención del ensuciamiento</p> <p>2. Uso de bayetas y fregonas exprimibles</p> <p>3. Uso de agentes de limpieza no volátiles (consultar las Secciones 20.9 y 20.10.1)</p>	0,5%
	Pérdidas por evaporación	Insignificantes	Ninguna	Insignificantes

	en los depósitos			
	Pérdidas por evaporación en los bidones abiertos	Muy reducidas	Mantenerlos cerrados (consultar la Sección 20.2.2.1)	Muy reducidas

Las emisiones causadas por defectos en las secadoras, derivaciones o en la misma incineradora pueden ser significativas. Lo mismo ocurre con las máquinas y secadoras no conectadas a la incineradora y el contenido de disolventes de las tintas al agua. No se proporcionan valores típicos de las emisiones, pero el total de las emisiones de estas fuentes puede alcanzar fácilmente varios puntos porcentuales del consumo anual de disolventes.

También se observa que el total de las emisiones de todas las demás fuentes puede variar enormemente. Si no se aplica ninguna de las medidas de reducción mencionadas en la Tabla 2.33, este total podría muy bien superar el 25% del consumo de disolventes. Si se aplicaran todas las medidas de reducción posibles, el total de estas emisiones podría ser inferior al 10% del consumo de disolventes.

Contando con varios puntos porcentuales de emisiones debidas a defectos y al contenido de disolventes de tintas al agua, podría esperarse una variación de las emisiones totales de entre el 30 y el 10% en la mayoría de las plantas.

Con el fin de obtener un nivel de emisiones totales inferior al 10%, es necesario adoptar todas o la mayoría de las siguientes medidas:

- prevenir defectos en la incineradora, derivaciones, secadoras, etc. (consultar la Sección 20.11.1.2)
- enviar gases residuales de las secadoras a la incineradora, tanto automáticamente como antes de que se alcance la velocidad de preparación de las prensas (consultar la Sección 2.4.2.5.5)
- conectar la salida de la ventilación de las máquinas de lavado automático a la incineradora (consultar la Sección 2.4.2.5.2)
- reducir las emisiones debidas a la evaporación en las fuentes de tinta durante la producción (consultar la Sección 2.4.2.5.2)
- evitar el uso de productos base disolvente en las máquinas no conectadas a equipos de reducción
- reducir los disolventes residuales de los materiales impresos no destinados al uso como envases para alimentos
- reducir el uso de disolventes volátiles para la limpieza de los suelos (consultar las Secciones 20.9 y 20.10.1).

Tintas

En el caso de las tintas al agua pueden esperarse unas emisiones de amoníaco por cada kg de entrada de tinta del 0,5 – 1,0%. Como promedio, las tintas al agua contienen un 0 -10% de disolvente orgánico (etanol o AIP), que finalmente acabará siendo emitido [18, UBA Alemania, 2003].

Las tintas UV no generan emisiones a la atmósfera.

Laminación y barnizado

Cuando se utilizan materiales de base disolvente, las emisiones de estos procesos son mayores que las generadas durante el proceso de impresión. Cuando se utilizan adhesivos base disolvente es necesario desplazar una gran cantidad de aire a través de la secadora con el fin de mantener la proporción de disolvente/aire bien por debajo del límite explosivo inferior (LEI) [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Cada vez es mayor el uso de adhesivos libres de disolventes de dos componentes y de barnices al agua para la laminación de película plástica y el barnizado de aluminio, respectivamente. Los adhesivos al agua se utilizan con frecuencia para adherir el papel al aluminio. Mientras que en la mayoría de los casos las tintas al agua siguen teniendo un cierto contenido de disolventes, normalmente los barnices y adhesivos al agua están libres de estas sustancias.

Limpieza

Las emisiones de disolventes fugitivas se producen como resultado de la limpieza y la magnitud de las mismas depende de la manera en que se efectúen el proceso de limpieza en cuestión.

Tratamiento de gases residuales

Las incineradoras regenerativas modernas pueden operar sin la adición de combustible (operación autotérmica) cuando la concentración de disolventes en el aire a tratar es $>1 \text{ g/m}^3$. A mayores concentraciones, la incineradora podría producir un exceso de calor, recuperable para el uso en procesos de producción. En las plantas de huecograbado de materiales de embalaje y flexográficas en las que se ha optimizado el flujo de aire y una gran cantidad de la producción se efectúa con cobertura al 100% (por ejemplo tinta blanca, adhesivos y barnices), pueden alcanzarse concentraciones de $4 \text{ a } 6 \text{ g/m}^3$; cuando no es así, las concentraciones son menores [76, TWG, 2004].

La incineración permite conseguir niveles de emisiones inferiores a 100 C/Nm^3 , con frecuencia de $20 - 50 \text{ C/Nm}^3$, consultar la Sección 20.11.4.2 [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005].

Otro método empleado es la absorción, si bien en menor medida, consultar la Sección 20.11.6. La absorción permite conseguir una eficiencia de eliminación de hasta el 99% en el huecograbado de publicaciones (consultar la Sección 2.3.4.3), si bien no es lo habitual y requiere una elevada aportación energética para la regeneración del absorbente. En el gas limpio se obtienen concentraciones inferiores a 20 mg/m^3 . La desorción con vapor caliente genera aproximadamente $3 - 6 \text{ m}^3$ por cada kg de disolvente recuperado. En los materiales de embalaje flexibles también se aplica la recuperación de disolventes mediante la absorción con carbón activado (este método es frecuente en Italia, pero poco habitual en otros lugares). Cuando se aplica la recuperación de disolventes, el consumo de disolvente se limita en la mayor medida técnicamente posible al acetato etílico con el fin de reducir el tamaño de la unidad de absorción, los problemas de deshidratación y la ocurrencia de mezclas azeotrópicas de acetato etílico con etanol y MEC. El uso de la desorción con vapor caliente cada vez es menos habitual en los materiales de embalaje flexibles, reemplazado por la desorción con gas inerte. Los índices de recuperación oscilan normalmente entre el 95 y el 95,5%, con una concentración de gases residuales de $50 \text{ a } 150 \text{ mgC/m}^3$ [14, DFU e IFARE, 2002] [4, Intergraf y EGF, 1999, 128, TWG, 2005].

2.3.3.3.2 Residuos

[128, TWG, 2005]

Sustrato de impresión

Los residuos de sustrato de impresión se generan al inicio de un nuevo trabajo de impresión y también como resultado de los errores de imprenta o de defectos a la hora de recortar los bordes del rollo de bobina cuando es necesario hacerlo. La cantidad de residuos generados depende del producto en cuestión, pero en muchos casos representa el 10% del producto final en peso [18, UBA Alemania, 2003] [76, TWG, 2004].

Tinta

Las pérdidas de tinta se producen por tres motivos [4, Intergraf y EGF, 1999]:

- la cantidad de tinta preparada siempre es mayor que la necesaria para cubrir las necesidades reales con el fin de evitar que se acabe la tinta en las prensas
- la tinta suministrada a la unidad de entintado, pero no utilizada, se almacena y se utiliza de

nuevo en un trabajo de repetición para el mismo cliente. La mayoría de las plantas cuentan con un gran volumen de estas tintas ya preparadas en espera de trabajos de repetición. Las tintas que no se espera que vayan a utilizarse de nuevo se retiran periódicamente

- la mezcla de la tinta produce un color incorrecto. Para corregir este error, es necesario añadir más tinta y, como resultado de ello, se prepara demasiada tinta.

Las tintas sobrantes se eliminan en forma de residuos o, alternativamente, se destilan en la misma planta. Su contenido de disolvente se recupera, utilizándose para fines de limpieza; los lodos de tinta se eliminan como residuos.

Sin embargo, las prácticas modernas con igualación de colores controlada por ordenador permiten obtener una mejor calidad al primer intento, con lo que la pérdida de tinta es muy reducida y los lotes no utilizados no sólo son muy pocos, sino que además pueden utilizarse de nuevo en colores ligeramente diferentes (consultar la Sección 20.6.3.6). En los casos en los que no se aplican sistemas informatizados para la mezcla del color correcto, aproximadamente el 10 – 20% de la tinta adquirida acaba convirtiéndose en residuos. Cuando se utilizan estos sistemas, la cantidad de residuos de tinta se reduce al menos en un 25 – 75% [18, UBA Alemania, 2003] [76, TWG, 2004].

Limpieza

Las bayetas sucias contienen disolventes, mezclas de limpieza de agua y disolvente sucias y residuos de tinta procedentes de la limpieza provisional. Cuando se efectúa la destilación de los agentes de limpieza, la cantidad de residuos resultantes como, por ejemplo, lodos de tinta, es mucho menor que cuando no se efectúa la recuperación [18, UBA Alemania, 2003].

Cuando la limpieza se lleva a cabo sin utilizar disolventes, las aguas residuales podrían tratarse y descargarse. Normalmente, las soluciones de limpieza con disolventes se tratan como residuos peligrosos [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Los agentes de limpieza pueden recuperarse satisfactoriamente mediante destilación.

Otros residuos

Otros residuos son, por ejemplo [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004]:

- planchas de impresión de fotopolímero y caucho. Los manguitos de acero, poliéster o aluminio se reutilizan repetidamente: los materiales de poliéster o caucho se fijan a ellos mediante adhesivos
- contenedores de metal no retornables
- ejes de bobinas
- residuos de película.

2.3.3.3.3 Aguas residuales

Las aguas residuales procedentes de los procesos con tinta al agua pueden tratarse y descargarse al sistema de alcantarillado. La cantidad de aguas residuales depende en gran medida de los métodos de trabajo y, como promedio, se utilizan y descargan 2 – 3 m³/T de tinta, procedentes fundamentalmente de la limpieza intermedia y de la limpieza de la maquinaria tras los trabajos. En la Tabla 2.34 se muestran las características de estas aguas residuales antes y después del tratamiento. El cobre no está presente en la medida indicada en la Tabla 2.34 en las tintas y es probable que su origen esté en el papel (consultar la Sección 2.3.2.3.3) [76, TWG, 2004].

Contaminante	Antes del tratamiento (mg/l)	Después del tratamiento (mg/l)
AOX	1.500	1
Cu	20	
Hidrocarburos	1.000 – 5.000	10
COD	1.000	200

Tabla 2.34: Características de las aguas residuales de los procesos con tinta al agua [18, UBA Alemania, 2003]

La cantidad de lodos de tinta resultante del tratamiento de aguas residuales varía en función del tratamiento aplicado. Los tratamientos como la coagulación y la floculación, los más utilizados, producen grandes cantidades de lodos en comparación con, por ejemplo, la ultrafiltración [18, UBA Alemania, 2003].

Las aguas residuales con tinta al agua se descargan normalmente al sistema de alcantarillado, con o sin tratamiento interno en la planta. Tras el tratamiento, las aguas residuales pueden reutilizarse y los lodos se eliminan como residuos [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

2.3.4 Huecograbado de publicaciones

2.3.4.1 Balances de masa – huecograbado de publicaciones

[18, UBA Alemania, 2003, 128, TWG, 2005]

En 1999 se publicaron los resultados de un inventario efectuado en varias plantas de huecograbado de publicaciones de Alemania. A partir de los resultados de este inventario se compararon y utilizaron los datos de rendimiento procedentes de diferentes unidades de diversas plantas con el fin de simular una planta virtual capaz de satisfacer los requisitos legales, especialmente los contemplados en la Directiva sobre Emisiones de Disolventes [76, TWG, 2004]. En esta sección se ofrece un balance de masa para una planta de buenas prácticas (seleccionada del inventario), seguido de datos de la planta virtual.

Una planta de buenas prácticas

En esta sección se proporcionan datos de una planta de buenas prácticas incluida en el inventario junto con los balances de masa de la planta virtual. La planta virtual no es, tal como se ha explicado anteriormente, una planta existente, sino que se ha creado a partir de los datos procedentes de diversas unidades caracterizadas por su buen rendimiento encuadradas en diferentes plantas existentes. La planta de buenas prácticas es una planta de impresión de publicaciones moderna equipada con cinco prensas, con cuarenta unidades de tinta en total. Los productos son básicamente revistas y catálogos, con unos elevados requisitos de calidad en ambos casos. En la Tabla 2.35 se muestran los datos operacionales de esta planta de buenas prácticas:

ENTRADA	Cantidad	Unidad	Notas	SALIDA	Cantidad	Unidad	Notas
Material				Productos			
Pre-productos	3.100	t/año		Pre-productos	86.367	t/año	Papel y tinta
				Residuos			
Sustrato de impresión	91.300	t/año		Sustrato/error de impresión	8.005	t/año	
Tintas de impresión	2.210	t/año	Incluyendo barniz	Residuos de tinta/barniz	15,7	t/año	Peligrosos
Agua: de la que	158.150	m ³ /año	Agua de pozo	Lodos	7,5	t/año	Peligrosos
	123.100	M ³ /año	Enfriamiento				
	9.000	M ³ /año	Preparación de cilindros	Carbón activado	2,6	t/año	De los absorbentes
	6.500	m ³ /año	Calentamiento	Aguas residuales			
Bayetas	600.125	Piezas/año que se limpian	Bayetas reutilizables	Al alcantarillado	33.200	m ³ /año	2.418 m ³ /año de electrobarnizado
Energía				Gases residuales			
Energía en total	67.509	MWh/año		COV en gas purificado	7,2	t/año	Promedio* 35 mg C/m ³
Energía de gas	44.051	MWh/año		NO _x de planta de combustión	7,6		Combustión de gas natural
Energía eléctrica	24.011	MWh/año		CO de planta de combustión	0,2		Combustión de gas natural
				Fugitivas			
				COV fugitivo	365	t/año	
<p>* Nota: el promedio de gases residuales de 35 mg C/m³ es bajo e irá asociado a una gran demanda energética [76, TWG, 2004].</p>							

Tabla 2.35: Balance de masa de una planta de huecograbado de publicaciones caracterizada por las buenas prácticas [18, UBA Alemania, 2003] [76, TWG, 2004]

La planta virtual

El balance de COV de la planta virtual aplicando coeficientes de emisiones típicos de la actividad ofrece los resultados mostrados en la Figura 2.10. Las tintas, tal como se adquieren, tienen un contenido medio de tolueno del 50 – 55%, en lugar del 45% (el contenido de COV del barniz de huecograbado es del 45 – 55%). Sin embargo, esto no afecta a los cálculos ya que, después de la dilución, las cifras alcanzan un equilibrio aproximado. El COV en el “gas limpio” implica una eficiencia de recuperación del 99,9%, lo cual es un valor excepcional y muy inferior al de las buenas prácticas habituales. Es muy difícil de conseguir desde un punto de vista técnico y crearía una gran demanda de energía. El flujo de aire medio es de 19.000 Nm³/h, lo cual es infrecuente en la práctica, siendo mucho más probable un valor de 100.000 Nm³/h [76, TWG, 2004].

Figura 2.10 = Balance de COV de una planta de huecograbado de publicaciones virtual [18, UBA Alemania, 2003]

Nota: En lugar de “Barniz de huecograbado” debería haberse escrito “Extensor de huecograbado”. El extensor de barniz tiene un contenido de tolueno del 45 – 55%, no del 100%, lo que afecta a los cálculos [128, TWG, 2005]

Model plant = Planta modelo

VOC balance = Balance de COV

VOC consumption = Consumo de COV

VOC input = Entrada de COV

Inks = Tintas

Purchase = Compra

Average = Media

Gravure varnish = Barniz de huecograbado

Purchase = Compra

Average = Media

Cycle toluene = Tolueno de ciclo

Yearly amount = Cantidad anual

VOC = COV

Average = Media

Fugitive emissions = Emisiones fugitivas

Share = cuota

Machine and parts cleaning = Limpieza de maquinaria y piezas

Solvent treatment = Tratamiento de disolventes

(Redistillation) = (Redestilación)

Input = Entrada

Distillate = Destilado

VOC in clean gas = COV en gas limpio

VOC destruction = Destrucción de COV

Products = Productos

In products = En productos

Waste = Residuos

Used inks = Tintas usadas

Mispints = Errores de impresión

Used wipes = Bayetas usadas

Sold quantities = Cantidades vendidas

Stored quantities = Cantidades almacenadas

I = Entrada

O = Salida

En teoría, el balance de masa se alcanza mediante la aplicación de las siguientes medidas de reducción:

- las tintas de impresión aplicadas son tintas de retención (ver la explicación que se ofrece más adelante)
- se aplica la extracción de aire en los lugares de recogida de residuos de tinta y bayetas de disolventes
- se efectúa la limpieza periódica de contaminantes persistentes con hielo seco en vez de disolventes
- se monitoriza continuamente el rendimiento del absorbedor de tolueno
- se dirige el aire de secado procedente del absorbedor de tolueno a través del lavador de gases residuales.

En las "tintas de retención", la formación de una película sobre la superficie de la tinta se retarda mediante una receta modificada. Esto permite expulsar un mayor porcentaje del contenido de tolueno de la tinta de impresión directamente a la unidad de secado de tinta de la planta de impresión [18, UBA Alemania, 2003].

En la Tabla 2.36 se muestran algunos de los COVs clave de la ilustración. A partir de la información de esta tabla puede calcularse que se utilizan 1,86 toneladas de tolueno (en parte recuperado y en parte nuevo) por cada tonelada de tinta adquirida. Los datos de dos plantas muestran una entrada de tolueno específica de 1,96 y 1,48 toneladas, respectivamente, por cada tonelada de tinta adquirida; consultar la Tabla 2.37. Sin embargo, no está claro si estas cifras hacen referencia a la proporción tolueno/sólidos; se trata la única base precisa para efectuar una comparación con la entrada de tinta [76, TWG, 2004].

Sustancia	Presión de vapor a 20 ° C (kPa)	Entrada específica (%-peso de la entrada de tinta adquirida)	Uso
Tolueno	2,9	54,7	Disolvente utilizado en tinta y barniz de huecograbado
		100	Diluyente en el proceso de impresión
		2,5 – 7,5 [128, TWG, 2005]	Agente de limpieza [76, TWG, 2004]
Etanol	5,9	<1	Secante para la corrección de cilindros
Sustituto de trementina	0,04	<1	Agente de limpieza para la corrección de cilindros
Acetona	24,0	<1	Agente de limpieza para la corrección de cilindros

Tabla 2.36: COVs en el huecograbado de publicaciones [18, UBA Alemania, 2003]

	Entrada de tinta adquirida (t/año)	Entrada total de tolueno (nuevo y recuperado) (t/año)	Entrada de tolueno específica (%-peso de la entrada de tinta adquirida)
Planta 1	1.312	2.571	196
Planta 2	1.475	2.179	148

Tabla 2.37: Entrada de tolueno específica de dos plantas de Flandes (Bélgica) [32, Aminimal, et al., 2002]

En la Tabla 2.38 se muestran los balances de tolueno de las dos plantas de impresión por huecograbado, con un total de cinco prensas, situadas en Flandes (Bélgica). Las emisiones de tolueno fugitivas son del 10 y del 6%, respectivamente. La técnica para conseguir un valor de tolueno cero en los residuos de la Planta 2 no se ha identificado [76, TWG, 2004].

	Planta 1	Planta 2	Unidad
Consumo total de tolueno (nuevo y recuperado)	2.571	2.179	t/año
Tolueno en los residuos	11	0	t/año
Tolueno en el producto vendido	10	10	t/año
Tolueno recuperado y reutilizado en la planta	1.694	1.428	t/año
Tolueno recuperado y vendido	599	613	t/año

Emisiones			
Emisiones de tolueno después del tratamiento	1,1	4	t/año
Emisiones de tolueno fugitivas ⁽¹⁾	265	133	t/año
Emisiones de tolueno totales	266,1 (10%)	137 (6%)	t/año (% del consumo)
⁽¹⁾ Incluyendo 10 toneladas de tolueno en el producto vendido			

Tabla 2.38: Balances de tolueno de dos plantas de impresión por huecogrado [32, Aminal, et al., 2002]

2.3.4.2 Consumos – huecogrado de publicaciones

2.3.4.2.1 Tintas de impresión

Todas las tintas utilizadas para la impresión de publicaciones por huecogrado son a base de tolueno. En la Tabla 2.39 se muestra una receta básica media para el huecogrado de publicaciones. Las tintas de este tipo de receta se diluyen considerablemente antes de su uso en la planta de impresión. La concentración de tolueno de las tinta lista para prensa se sitúa entre el 70 – 80 %-peso.

Contenido de los componentes		Concentración (%-peso)
Agente ligante:		
- Componente de disolvente	Tolueno	50 – 60
- Componente de agente ligante	Por ejemplo resinas fenólicas, resinas de hidrocarburo, etilcelulosa	30 – 40
Colorantes	Pigmentos orgánicos e inorgánicos	8 - 20
Agentes auxiliares de color	Por ejemplo ceras, dispersantes, desespumantes	1 - 4

Tabla 2.39: Receta básica media de tinta de huecograbado de publicaciones adquirida [18, UBA Alemania, 2003]

La cantidad de tinta utilizada en la industria de la impresión de publicaciones es muy elevada; una planta de cuatro prensas media podría utilizar 10.000 toneladas de tinta lista para prensa al año, con lo que la entrada de disolventes sería de aproximadamente 8.000 toneladas. De esta cantidad, unas 7.000 toneladas se recuperan y se reutilizan o se venden al fabricante de la tinta [4, Intergraf y EGF, 1999].

Las tintas al agua han sido objeto de experimentación. Un problema importante es que, con los procesos de reciclaje de papel existentes, no es posible eliminar la tinta del papel. Este hecho, combinado con unas velocidades de prensa inferiores, problemas de impresión con anchuras de bobina grandes y efectos de cruce de medios, ha provocado la interrupción de su uso [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Los avances experimentados por las tintas de huecograbado de publicaciones han dado lugar a una nueva generación de tintas a base de tolueno denominadas "tintas de retención". La formulación se ha modificado de tal manera que la evaporación del tolueno en las secadoras es más eficaz. Si bien su contenido de tolueno es aproximadamente un 5% superior cuando están listas para prensa, pueden generar menos emisiones fugitivas. Hay varios fabricantes que distribuyen estas tintas [37, CITEPA, 2003] [18, UBA Alemania, 2003] [35, Aminimal et al., 2002].

2.3.4.2.2 Agentes de limpieza

Todas las tintas utilizadas para la impresión de publicaciones por huecograbado son a base de tolueno. Una vez secas, se disuelven de nuevo en tolueno que, por lo tanto, se utiliza como agente de limpieza. No hay datos disponibles sobre la cantidad de agentes de limpieza utilizada, aunque sólo el valor relativo de la Tabla 2.36 demuestra que, para cada tonelada de tinta adquirida se utiliza un 2,5 – 7,5 %-peso de tolueno para la limpieza [128, TWG, 2005].

2.3.4.2.3 Energía y recursos

El uso de energía específico de la planta de buenas prácticas mostrado en la Tabla 2.35 es de 0,8 MWh por tonelada de pre-producto.

El proceso de recuperación de tolueno utiliza aproximadamente 2 - 8 kg de vapor por cada kg de tolueno recuperado. Si bien en una planta de cuatro prensas "normal" se recuperan unas 7.000 toneladas de tolueno al año, para ello son necesarias entre 20.000 y 30.000 toneladas de agua. Normalmente, esta agua se reutiliza para fines de enfriamiento o, en el caso de las instalaciones de recuperación nuevas, se combina con nuevas calderas de vapor y se utiliza de nuevo en forma de vapor para la recuperación de tolueno. Este uso como agua de enfriamiento permite ahorrar entre un 30 - 50% de agua. Cuando el vapor condensado se reutiliza como agua de caldera, el ahorro puede alcanzar el 100% [4, Intergraf y EGF, 1999, 32, Aminimal et al., 2002].

2.3.4.2.4 Sustratos de impresión y otros

No se han facilitado datos.

2.3.4.3 Emisiones – huecograbado de publicaciones

[128, TWG, 2005]

2.3.4.3.1 Emisiones a la atmósfera

Para el año 2000 y a nivel de la UE-25 (de acuerdo con el modelo RAINS), las emisiones de COVNM fueron de 61 kt, lo que supone el 0,58% del total de las emisiones de COVNMs. La actividad en conjunto utilizó 191,48 kt de tinta, con una media de emisiones de 0,32 kg de COVNMs por cada kg de tinta sin diluir, lo que significa que la industria ya ha reducido considerablemente las emisiones [132, EGTEI, 2005].

Actualmente todas las plantas de impresión de publicaciones por huecograbado están equipadas con instalaciones de recuperación de tolueno. A pesar de la recuperación, se sigue emitiendo parte de la entrada de esta sustancia. La eficacia de los equipos de reducción es limitada, el aire de las salas de prensas o de otros departamentos en lo que se utilice tolueno podría conducirse al exterior y también podrían producirse otras emisiones fugitivas [4, Intergraf y EGF, 1999]. Sin embargo, el contenido de tolueno residual en el producto impreso es, con diferencia, la fuente de emisiones de tolueno más significativa [18, UBA Alemania, 2003].

En condiciones estándar se recupera el 85% de la entrada total de tolueno, mientras que el 2 – 3% permanece en el producto; el resto es fugitivo. Como guía para las condiciones estándar en Flandes, Bélgica; se observa un coeficiente de emisiones de 0,13 kg de tolueno fugitivo por cada kg de la entrada total (tolueno nuevo y reutilizado) [22, Vito, 1998] [35, Aminimal et al., 2002]. La planta virtual de la Figura 2.10 y las plantas de la Tabla 2.38 presentan, respectivamente, 0,16, 0,10 y 0,06 kg de tolueno fugitivo por cada kg de la entrada total [76, TWG, 2004].

Actualmente, las plantas modernas de nueva construcción emiten entre el 4 – 10% de su entrada de disolventes total, mientras que en el caso de las plantas estándar esta cifra es de entre el 10 – 15%. Estas prensas modernas aplican tintas de retención y todo el aire de ventilación (procedente de la sala y de las secadoras) se envía a la instalación de recuperación de tolueno, incluso cuando la prensa no está en funcionamiento. En condiciones estándar, sólo se envía al dispositivo de reducción el aire procedente de la ventilación de la secadora de las prensas operativas [37, CITEPA, 2003] [4, Intergraf y EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000].

En las cinco prensas de impresión por huecograbado existentes en las dos plantas de huecograbado de Flandes, Bélgica, el aire procedente de las secadoras se envía continuamente a la instalación de recuperación de disolventes, tanto si la prensa está operativa como si no lo está. El aire de ventilación de la sala de prensas de una de estas prensas también se envía a la instalación de recuperación. Estas plantas también aplican tintas de retención y esta combinación de técnicas de reducción les permite reducir las emisiones totales de tolueno hasta el 6,5% de la entrada total [35, Aminimal et al., 2002].

En Alemania, las plantas existentes están autorizadas para emitir el 10% de la entrada de tolueno total, mientras que para las plantas de nueva construcción esta cifra es del 5%. En Holanda, las plantas tanto de nueva construcción como ya existentes están autorizadas para emitir el 8,5% de la entrada de tolueno total. Para cumplir este requisito, las plantas holandesas extraen todo el aire de las salas en las que se trabaja el tolueno, dirigiéndolo al sistema de tratamiento de gases residuales [35, Aminimal et al., 2002] [29, Holanda, 1996].

Utilizando diversas técnicas de buenas prácticas, es posible conseguir unos niveles de emisiones de las plantas de nueva construcción del 4 al 5%, del 7,5 al 8,5 % en el caso de las plantas ya existentes (expresado como porcentaje de disolvente total, es decir, la entrada de tolueno) [76, TWG, 2004].

En los párrafos siguientes se discuten los detalles de las diferentes fuentes de emisiones.

Tintas

La concentración de tolueno de la tinta lista para prensa es de aproximadamente el 80 %-peso. Todo este tolueno será emitido, recuperándose posteriormente la mayor parte de él, excepto aproximadamente el 2 - 3% que permanece en el producto.

Las tintas de retención podrían reducir las emisiones fugitivas en un 1% de la entrada de tolueno total [35, Aminal et al., 2002] [76, TWG, 2004].

Agentes de limpieza

Una vez seca la tinta, se disuelve de nuevo en tolueno que, por lo tanto, se utiliza como agente de limpieza. Las operaciones de limpieza podrían generar emisiones fugitivas de esta sustancia, si bien no hay datos disponibles sobre las cantidades. Las cantidades emitidas se incluirán en las emisiones fugitivas o totales declaradas. Su magnitud dependerá del sistema de ventilación y de su conexión a los sistemas de recuperación de disolventes. Normalmente, los agentes de limpieza se destilan de nuevo y se reutilizan [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

No hay datos disponibles sobre las emisiones procedentes de agentes de limpieza para las tintas al agua.

Instalación de recuperación de tolueno

La recuperación del tolueno es sencilla. Se absorbe bien en carbón activado y se recupera calentando el carbón con vapor. El vapor y los vapores de disolvente se condensan y se separan casi por completo. Parte del tolueno se reutiliza, mientras que otra parte se vende a los fabricantes de la tinta [4, Intergraf y EGF, 1999].

Técnicamente es posible conseguir una eficiencia de la retirada del 99%. Existe, sin embargo, un balance con el incremento del consumo energético [35, Aminal et al., 2002] [76, TWG, 2004].

Monitorización de las emisiones a la atmósfera

La Directiva sobre Emisiones de Disolventes prescribe un valor límite para las emisiones en la salida del sistema de tratamiento de gases residuales de 75 mg C/Nm³ en una media de 24 horas y de 112,5 mg C/Nm³ en una media de una hora. En la práctica, la media de 1 hora es el nivel de límite para el ciclo de absorción. Normalmente ocurre que la media de 24 horas es de aproximadamente 10 - 50 mg C/Nm³, mientras que la media de 1 hora sólo se alcanza tres o cuatro veces al día. La monitorización de la media de 1 hora requiere la medición continua de la concentración de las emisiones, en lugar de control de volumen o período de tiempo más prolongado que resulta más barato y sencillo.

2.3.4.3.2 Residuos

Tintas

En la mayoría de los casos, los trabajos se efectúan con cuatro tintas de color de proceso estándar y las operaciones de mezcla son muy reducidas. Las prensas trabajan por turnos y tan sólo se detienen, si es que lo hacen, durante los fines de semana y días festivos. Tan sólo una pequeña cantidad de la tinta se convierte en residuos y la reutilización de los retornos de los prensas es una práctica habitual [4, Intergraf y EGF, 1999].

Normalmente, los restos de tinta coloreada se mezclan con tinta negra, reutilizándose por lo tanto y permitiendo ahorrar tinta negra. La tinta desechada puede destilarse para recuperar el tolueno. Los lodos de destilación, que representan aproximadamente el 20% del peso original de la tinta desechada, se eliminan. No obstante, debido a las pequeñas cantidades de tolueno recuperadas, la

destilación no se aplica con frecuencia debido a los relativamente costosos equipos necesarios [4, Intergraf y EGF, 1999].

2.3.4.3.3 Aguas residuales

El proceso de recuperación de tolueno utiliza aproximadamente de 2 a 8 kg de vapor por cada kg de tolueno recuperado. Si bien en una planta de cuatro prensas "normal" se recuperan unas 7.000 toneladas de tolueno al año, para ello son necesarias entre 20.000 y 30.000 toneladas de agua. El vapor condensado contendrá tolueno a su máxima solubilidad de aproximadamente 0,05% en un intervalo de 0,38 – 0,54 g/l. El tolueno está incluido en la lista II (la lista negra de la UE) de sustancias para el agua de la Directiva 76/464/CEE [4, Intergraf y EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000] [76, TWG, 2004].

El tolueno del vapor condensado se elimina haciendo circular burbujas de aire a través de él; la concentración de tolueno del agua descargada es de aproximadamente 1 a 10 mg/l. La descarga de las plantas "normales" mencionadas anteriormente supondrá alrededor de 0,1 – 0,3 kg de tolueno al año [4, Intergraf y EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000].

2.4 Técnicas a tener en cuenta a la hora de determinar las MTDs para la impresión

En estas secciones se abordan los siguientes sectores de la industria de la impresión:

- impresión offset de secado en caliente (consultar la Sección 2.4.1)
- flexografía y huecograbado de materiales de embalaje (consultar la Sección 2.4.2)
- impresión por huecograbado de publicaciones (consultar la Sección 2.4.3).

Estos son los procesos que es más probable que superen el umbral indicado en el Anexo 1 (6.7) de la Directiva PCIC. **No es probable que, en sí misma, una instalación que utilice offset de alimentación por hojas supere el umbral de la Directiva PCIC, pero la actividad podría utilizarse en instalaciones que efectúen offset de secado en caliente por encima del umbral PCIC, para la producción de revistas, por ejemplo. La impresión offset de alimentación por hojas se utiliza, por ejemplo, para portadas de revistas ("brillantes"), mientras que las páginas interiores se imprimen mediante offset de secado en caliente. Si bien las plantas de impresión offset de secado en frío efectúan una impresión libre de solventes o con un uso reducido de estas sustancias, en algunas plantas grandes se utilizan >200 t/año de disolventes para la limpieza. Esta práctica se ha interrumpido en algunos países debido a los requisitos de salud y seguridad, pero sigue aplicándose en otros** [114, Jepsen, 2005].

También pueden encontrarse otros procesos de impresión en la misma instalación, o se podría superar el umbral del Anexo 1 (6.7) de la Directiva PCIC. Para estas actividades son aplicables las técnicas generales a tener en cuenta a la hora de determinar las MTDs (consultar el Capítulo 20), así como las técnicas de esta sección.

Las hojas de sinopsis de EGTEI para la impresión offset de secado en caliente, la flexografía y el huecograbado de publicaciones (consultar el Anexo 24.1.1) ofrecen algunos datos sobre los costes-beneficios a nivel europeo de algunas técnicas para la reducción de las emisiones de COVs. Sin embargo, el enfoque de EGTEI tiene necesariamente que limitar su complejidad y tan sólo se proporcionan unas pocas técnicas de principios sin prestar atención a los otros factores de las MTDs como, por ejemplo, los efectos de cruce de medios o las características técnicas de las plantas o productos individuales. En las industrias de impresión hay una serie de técnicas de mayor complejidad a tener en cuenta para las MTDs [130, EGTEI, 2005] [131, EGTEI, 2005] [132, EGTEI, 2005].

Para estos tres sectores de la impresión se discuten algunos temas comunes como la sustitución de tintas base disolvente, la extracción y el tratamiento de gases residuales y la limpieza. Los motivos para discutir cada sector por separado radican en que la información detallada es específica de cada sector.

2.4.1 Impresión offset de secado en caliente

[128, TWG, 2005]

En el Capítulo 20 se discuten técnicas que también podrían ser aplicables a la industria de la impresión. En la Tabla 2.40 se muestran las técnicas generales relevantes para la impresión offset de secado en caliente. Normalmente estas técnicas no se repiten en esta sección, a menos que se hubiera facilitado información específica para esta industria. En la Tabla 20.1 se proporciona una descripción del tipo de información considerado para cada técnica.

Número de la Sección Técnica	
Herramientas de gestión medioambiental	20.1.1
Mejora medioambiental continua	20.1.2
Marcas de referencia 20.1.3	
Diseño, construcción y operación de las instalaciones	20.2
Monitorización 20.3	
Balances de masa para disolventes	20.3.1
Gestión del agua	20.4
Gestión de la energía	20.5
Gestión de las materias primas	20.6
Procesos y equipos de revestimiento	20.7
Secado 20.8	
Limpieza 20.9	
Sustitución: reducción del uso de sustancias peligrosas	20.10
Gestión de los gases residuales	20.11
Confinamiento y recogida de los gases residuales	20.11.2
Oxidación 20.11.4	
Condensación 20.11.5	
Absorción 20.11.6	
Gestión de las aguas residuales	20.12
Minimización y tratamiento de los residuos	20.13
Recuperación de los disolventes usados del proceso	20.13.1
Reducción del polvo	20.14
Reducción de olores	20.15
Reducción acústica	20.16

Tabla 2.40: Referencia a las técnicas aplicables a nivel general al sector

2.4.1.1 Tintas de secado en caliente convencionales

Descripción: Los componentes básicos de las tintas offset son: pigmentos, ligantes (resinas, barniz, aceite mineral) y aditivos (sustancias de secado). También se añaden otras sustancias (diluyente/aceites de impresión, pastas para la resistencia a la abrasión, agentes de brillo, retardadores del secado, etc.) a las tintas para ajustar sus propiedades. El contenido de ligante de las tintas (aceites vegetales y fracciones de petróleo de alto punto de ebullición) utilizadas en los procesos de impresión offset de bobina de secado en caliente es de aproximadamente el 25 – 50%.

Beneficios medioambientales conseguidos: La parte disolvente de estas tintas es de alto punto de ebullición y se evapora parcialmente en las secadoras.

Efectos de cruce de medios: Contienen aceites minerales procedentes de fuentes no renovables.

Datos operacionales: Consultar la Sección 2.3.2.2.2.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999].

2.4.1.2 Reemplazo de las tintas de secado en caliente convencionales (sustitución)

2.4.1.2.1 Tintas a base de aceites vegetales

Descripción: Las tintas a base de aceites vegetales como, por ejemplo, de soja, pueden reemplazar en ocasiones a los aceites minerales en la tinta convencional.

Beneficios medioambientales conseguidos: La ventaja principal consiste en que las tintas vegetales se producen a partir de fuentes renovables y los lodos generados durante el destinte del material impreso serán más biodegradables.

La limpieza puede efectuarse con agua y detergentes.

Resulta habitual considerar las tintas libres de aceites minerales como una tecnología más limpia, si bien no se dispone de resultados de una evaluación del ciclo de vida completo. De acuerdo con el criterio de etiquetado de Nordic Swan, estas tintas son preferibles a las tintas a base de aceites minerales.

Efectos de cruce de medios: Las tintas vegetales tienen tendencia a adherirse fuertemente a las fibras, lo que dificulta el destinte.

Datos operacionales: Estas tintas no se utilizan habitualmente en los procesos de secado en caliente, consultar la información proporcionada bajo Aplicabilidad.

Aplicabilidad: Esta técnica no se aplica en la impresión offset de secado en caliente, en la que los aceites minerales se evaporan, ya que la evaporación de los aceites vegetales no se produce con la suficiente rapidez. Tan sólo se utilizan en la alimentación offset de alimentación por hojas, en la que los aceites no se evaporan, sino que se endurecen por oxidación.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [11, IMPEL, 2000] [53, US EPA et al., 2003] [76 TWG, 2004].

2.4.1.3 Reducción de las emisiones procedentes de la solución de humectación

Debe tenerse en cuenta que cuando se discuten porcentajes de AIP no está claro si las cifras indicadas son por ciento, por peso o por volumen. La diferencia es lo bastante importante como para tenerla en cuenta [76 TWG, 2004].

Además de los requisitos técnicos de las prensas, hay otros varios aspectos que afectan significativamente a la posibilidad de reducir o de sustituir por completo el AIP:

- cambios en la superficie del papel impreso (diferentes tipos de revestimiento, ausencia de revestimiento, diferentes grados de calandrado, etc.) que requieren la modificación de numerosos ajustes precisos de la prensa. Estos cambios restan tiempo de prensa e incrementan el volumen de las pérdidas de papel durante la preparación. Cuando se utiliza AIP, estos cambios de la superficie de papel pueden abordarse con mayor rapidez y con unas pérdidas de papel menores que cuando se ha reducido o sustituido el uso de esta sustancia. Cuando se producen cambios frecuentes en la superficie del papel, la reducción o la sustitución del AIP podría tener un efecto económico importante
- cuando se efectúa una cobertura de tinta elevada (el porcentaje de superficie que lleva realmente tinta), el uso de AIP permite dejar áreas muy pequeñas sin tinta. En situaciones de cobertura de tinta completa, el uso de AIP permite evitar mejor la ocurrencia de las pequeñas gotas de agua que originan puntos blancos en las superficies totalmente impresas. Cuando es necesario imprimir cobertura de tinta elevada o completa con frecuencia, la reducción o la sustitución del AIP podría provocar un incremento significativo de la limpieza intermedia de la plancha y el cilindro de mantilla
- cuando el nivel de pericia, formación y experiencia de los operadores de prensa no es demasiado elevado, es prácticamente inevitable que se produzcan fallos en cualquier experimento destinado a reducir o sustituir el AIP. Asimismo, un operador experimentado podría reducir sustancialmente las probabilidades de éxito de la reducción del AIP al ceñirse a los enfoques tradicionales.

Consultar también las técnicas de sustitución generales, Sección 20.10.

2.4.1.3.1 Reemplazo del AIP en la solución de humectación (sustitución)

Descripción: Existen aditivos que permiten reducir las concentraciones de AIP en el sistema de humectación. La mayor parte de estos aditivos son éteres glicólicos, que se añaden a la solución de humectación a concentraciones de aproximadamente el 1%, en ocasiones del 3 - 5%, dependiendo del aditivo. Algunos aditivos están pensados para reemplazar totalmente al AIP, mientras que otros están pensados para utilizarse en combinaciones con bajas concentraciones de AIP. En ocasiones se utiliza el etanol para reemplazar el AIP como un compuesto aparentemente "eco-disolvente" (consultar los Efectos de cruce de medios).

Los aditivos que ofrecen buenos resultados y presentan un potencial de formación de ozono bajo (consultar la Sección 20.10.2) son los siguientes:

- glicol propílico
- glicerol
- di-hidro-3-metil-2.5-furandion
- butildiglicol.

Beneficios medioambientales conseguidos: Es posible conseguir concentraciones de AIP del 2 – 8% (las cifras reales dependen del método de medición utilizado) y, en algunos casos, puede incluso trabajarse sin AIP. Los éteres glicólicos también se evaporan y generan emisiones de COVs, si bien éstas serán inferiores a las del AIP reemplazado. Sin embargo, este hecho podría carecer de utilidad cuando el propósito de la reducción de las emisiones de COVs consiste en evitar la formación de ozono, ya que el potencial de formación de ozono de algunos éteres glicólicos pueden ser 10 veces mayor que el del AIP para la misma cantidad evaporada.

Efectos de cruce de medios: Si bien en el pasado hubo ciertas dudas acerca de las posibles consecuencias para la salud y la seguridad de algunos aditivos, todo parece indicar que actualmente éstos ya no se encuentran en el mercado. De todas maneras, es necesario estudiar las hojas de datos de seguridad antes de utilizar un aditivo. Debe señalarse, no obstante, que los aditivos indicados anteriormente presentan unos límites de exposición ocupacional significativamente inferiores a los del isopropanol.

Estos aditivos sólo deben utilizarse cuando se tenga la certeza de que su índice de evaporación es inferior al del isopropanol.

Aunque en algunas ocasiones se utiliza el etanol para reemplazar al AIP, no se trata de una medida acertada debido a que el potencial de formación de ozono del etanol es el doble del del AIP. Este hecho, en combinación con una presión de vapor del etanol 1/3 mayor que la del AIP, hace que los efectos medioambientales de esta sustitución sean negativos.

Datos operacionales: La sustitución del AIP no garantiza automáticamente una reducción del consumo de esta sustancia. Las especificaciones de los productos que vayan a imprimirse, la combinación de papel y tinta, las condiciones climatológicas y la habilidad del personal de la sala de prensas son factores que determinan en gran medida las posibilidades de obtener el efecto deseado de la sustitución.

El uso de rodillos de distribución cerámicos, cromados o hidrófilos, en combinación con rodillos de plancha hidrófilos, favorece el uso parcial de productos de sustitución del AIP, consultar la Sección 2.4.1.3.3.

Aplicabilidad: Aplicable a todas las plantas de impresión offset de secado en caliente.

Aspectos económicos: El coste del AIP es de 0,55 EUR por litro, mientras que el coste de un aditivo de sustitución es de aproximadamente 1 – 1,50 EUR por litro. Puesto que la cantidad de aditivos necesaria para el reemplazo del AIP es menor, los costes globales son similares. Sin embargo, el cambio a otra tecnología siempre implica ciertos costes debido a la pérdida de producción durante el período de implementación de los cambios en cuestión.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Directiva sobre Emisiones de Disolventes. Salud y Seguridad: aproximadamente el 90% del AIP se evapora a través de la prensa y nunca llega al papel, requiriendo un alto grado de ventilación.

Ejemplos de plantas: Impress Group, Lint, Amberes, (Bélgica) (sustitución completa del AIP).

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [35, Aminal et al., 2002] [29, Holanda, 1996] [76 TWG, 2004] [128 TWG, 2005].

2.4.1.3.2 Optimización de la concentración de AIP de la solución de humectación

Descripción: Se reduce la concentración de AIP de la solución de humectación en la medida que resulte prácticamente viable. Hay varios factores a tener en cuenta:

- es necesario un mayor grado de diligencia a la hora de efectuar los ajustes de la prensa de impresión
- para conseguir unas condiciones de impresión reproducibles a una concentración de AIP reducida, es necesario efectuar una medición exacta y continua de la concentración de AIP mediante, por ejemplo, sistemas de medición por infrarrojos o ultrasónicos
- con el fin de facilitar la impresión a bajas concentraciones de AIP, se utilizan tintas adaptadas, capaces de aceptar una mayor cantidad de agua que las tintas de secado en caliente normales
- las planchas offset con revestimientos adaptados pueden cubrirse con más agua que las planchas de secado en caliente normales, sin humectar por ello las partes portadoras de tinta de la plancha
- para alcanzar una concentración de AIP lo más reducida posible, el ajuste exacto de los valores de dureza y pH del agua y la monitorización precisa de la calidad de ésta son requisitos previos esenciales.

Beneficios medioambientales conseguidos: En la impresión offset de secado en caliente, la concentración de AIP oscila normalmente entre el 8 y el 15%. Esto significa que, para las prensas de alimentación de bobina existentes, es posible conseguir una reducción media del 26%. En el caso de las prensas de alimentación de bobina de nuevo diseño, esta cifra es del 65%.

Efectos de cruce de medios: Ninguno.

Datos operacionales: La medición exacta de las concentraciones de AIP es un proceso complicado. Normalmente, el diseño de los dispositivos de medición de AIP automáticos es muy sencillo y se ven influenciados tanto por la temperatura como por la presencia de otros aditivos. Sin embargo, en circunstancias comparables, los resultados también son comparables, de modo que pueden utilizarse para fines de control de calidad, incluso si no siempre indican correctamente la concentración exacta de AIP. No es necesario utilizar dispositivos de medición sofisticados para conseguir reducir la concentración de AIP al mínimo.

Aplicabilidad: Todas las plantas de impresión offset de secado en caliente que utilicen AIP.

Aspectos económicos: En Finlandia, el coste de un sistema de medición IR continuo era de 70.000 – 100.000 por prensa en el 2002.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Si bien el SED no contempla un porcentaje máximo de AIP, si limita las emisiones fugitivas procedentes de la impresión de secado en caliente. Para respetar este límite debe hacerse todo lo posible para reducir la concentración de AIP de la solución de humectación.

En Alemania, existe un límite máximo del 8% para la concentración de AIP en los procesos de secado en caliente.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999, 18, UBA Alemania, 2003] [29, Holanda, 1996, 76, TWG, 2004].

2.4.1.3.3 Rodillos de planchas y de distribución cerámicos, de metal e hidrófilos

Descripción: Aplicación de un rodillo de distribución cerámico, cromado o hidrófilo en combinación con rodillos de planchas hidrófilos. Los rodillos de planchas están fabricados en caucho blando. Estos

rodillos permiten la formación de una película de humectación especialmente fina e ininterrumpida sobre el rodillo de planchas utilizando concentraciones de AIP menores.

Estos rodillos también se utilizan satisfactoriamente en condiciones de sustitución parcial de AIP.

Beneficios medioambientales conseguidos: Es posible reducir las concentraciones de AIP en un 2 – 3%, dependiendo de la concentración inicial.

Efectos de cruce de medios: Los rodillos de caucho blando resultan dañados con mayor rapidez que los rodillos de planchas fabricados en caucho duro, por lo que es necesario reemplazarlos antes, lo que implica un incremento de los residuos. Los rodillos cerámicos también deben reemplazarse con mayor frecuencia que los rodillos de acero cromados.

Datos operacionales: La obtención de mejores resultados con los rodillos de distribución cerámicos o cromados depende del tipo de prensa. Los rodillos cerámicos requieren más tiempo de mantenimiento y de limpieza.

En una planta offset de Noruega en la que se ha sustituido parcialmente el AIP, se obtuvo una reducción del nivel de esta sustancia del 15 al 4%, lo que se tradujo en una reducción de la concentración de AIP en el aire de encima de la prensa de entre el 77 – 90%.

Aplicabilidad: Esta técnica se utiliza habitualmente y es aplicable a todas las plantas de impresión que utilicen AIP. Sin embargo, en estos momentos el uso de rodillos cerámicos o de metal está menos extendido. Se utilizan rodillos hidrófilos, que ofrecen los mismos resultados y son más económicos.

Aspectos económicos: El coste de los rodillos de planchas hidrófilos es el mismo que el de los rodillos de caucho duro y oscila entre 250 – 1.000 EUR por unidad. Sin embargo, es necesario reemplazarlos con mayor frecuencia. El coste de los rodillos cerámicos es de 2.500 – 3.000 EUR por unidad. Los costes totales del reemplazo de los rodillos de distribución por rodillos cerámicos dependen del tamaño de la prensa. Los rodillos cerámicos también deben reemplazarse con mayor frecuencia que los rodillos cromados (los costes indicados corresponden aproximadamente al año 1997).

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: Planta noruega.

Literatura de referencia: [35, Aminal et al., 2002] [4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998, 76, TWG, 2004]

2.4.1.3.4 Ajuste exacto de los rodillos de entintado

Descripción: El ajuste perfecto de la posición relativa de los rodillos y del cilindro de planchas permite utilizar concentraciones de AIP menores. Los ajustes incorrectos, por pequeños que sean, ocasionan rupturas en la película de agua. La adición de AIP hace que la solución de humectación sea menos sensible a este fenómeno.

Beneficios medioambientales conseguidos: Permite el uso de menores concentraciones de AIP.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Normalmente, las prensas nuevas están equipadas para el ajuste exacto de los rodillos. La retroinstalación no es posible.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [115, Intergraf, 2005] [128 TWG, 2005].

2.4.1.3.5 Aplicación de un sistema de pulverización en la unidad de humectación

Descripción: En los sistemas de humectación por pulverización, las boquillas utilizadas para el pulverización de la solución de humectación tienen un movimiento oscilante que hace que la alimentación de la solución sea más lineal que en el caso de los sistemas convencionales como, por ejemplo, el sistema de rodillos.

Beneficios medioambientales conseguidos: El pulverización requiere menores concentraciones de AIP que la aplicación de la solución de humectación mediante rodillos.

Efectos de cruce de medios: Ninguno.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Esta técnica no permite la dosificación exacta de películas de agua muy finas, por lo que no es aplicable a la impresión de secado en caliente.

Esta técnica se utiliza en la impresión de periódicos (secado en frío), en la que se utiliza una mayor cantidad de agua debido a que contribuye a eliminar el polvo de papel. En la impresión de periódicos se consiguen concentraciones de AIP cero o muy reducidas. Esto sólo es posible debido a que estas películas de agua muy finas no son necesarias, ya que tan sólo muy raramente se efectúa una cobertura de tinta completa y el papel puede absorber fácilmente cualquier exceso. No puede transferirse a la impresión offset de secado en caliente

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: SED y razones de Salud y Seguridad y económicas (la automatización de la operación de las prensas requiere la capacidad de efectuar ajustes muy precisos).

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [76 TWG, 2004].

2.4.1.3.6 Refrigeración de la solución de humectación

Descripción: Los sistemas de circulación y dosificación de las soluciones de humectación con contenido de AIP se enfrían a aproximadamente 8 -15° C con el fin de reducir la evaporación de AIP.

Beneficios medioambientales conseguidos: 2/3 de la entrada de AIP ya se han evaporado antes de alcanzar los rodillos de humectación y la plancha de impresión. Para cuando la solución de humectación llega a la plancha de impresión, la concentración de AIP tan sólo es de aproximadamente el 1%. La refrigeración de la solución reduce el índice de evaporación.

La concentración en la plancha es muy difícil de medir debido a la película de tinta muy fina. La información sobre la concentración de AIP remanente se discute en el EWP de Intergraf. La conclusión se alcanzó a finales de los años 80 mediante cálculos de modelo.

Efectos de cruce de medios: El refrigeración requiere energía.

Datos operacionales: La mayoría de las prensas están equipadas de manera estándar con un sistema de refrigeración.

Aplicabilidad: Aplicado habitualmente a las plantas de impresión offset de secado en caliente.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [35, Aminal et al., 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.1.3.7 Refrigeración de los rodillos de humectación y de los cilindros de planchas

Descripción: El enfriamiento de los rodillos de humectación y de los cilindros de planchas reduce la temperatura y la evaporación de la solución de humectación aplicada.

Beneficios medioambientales conseguidos: No se ha facilitado información.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: Las temperaturas de enfriamiento son, por ejemplo:

- rodillos de humectación – 28 – 29° C
- cilindros de planchas – 28,5 – 32° C.

Aplicabilidad: Normalmente la retroinstalación no es posible.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [128, TWG, 2005].

2.4.1.3.8 Eliminación de las soluciones de AIP de la unidad de humectación

Descripción: La eliminación de las soluciones de humectación de la unidad de humectación durante las paradas de las prensas como, por ejemplo, por la noche y durante los fines de semana. Hay disponibles sistemas automáticos.

Beneficios medioambientales conseguidos: Cierta reducción de las emisiones de AIP.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: Actualmente, en la mayoría de las plantas se hace circular continuamente una cantidad de solución de AIP mayor de la utilizada por la prensa. La cantidad sobrante se envía de nuevo al depósito, donde se efectúan adiciones de AIP. Esta técnica no puede aplicarse satisfactoriamente cuando las prensas operan 24 horas al día, lo cual es normalmente el caso en las plantas de secado en caliente que superan los umbrales contemplados en el Anexo 1 (6.7) de la Directiva PCIC.

Aplicabilidad: Aplicable a las plantas de impresión offset de secado en caliente.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [35, Aminal et al., 2002] [4, Intergraf y EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.1.4 Filtrado de la solución de humectación

Descripción: La solución de humectación se recircula continuamente. Una unidad de filtrado puede prolongar el vida útil de la solución de humectación. Cuando se sustituye el AIP con otras sustancias, el agua se contamina con mayor rapidez y el filtrado durante la recirculación reduce el consumo de agua y la generación de residuos (que podrían ser peligrosos).

Beneficios medioambientales conseguidos: Reducción del consumo de agua y, por lo tanto, reducción de la descarga de agua en forma de aguas residuales.

Efectos de cruce de medios: El filtrado requiere energía.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Aplicable a todas las plantas de impresión offset de secado en caliente que operen a bajas concentraciones de AIP.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.1.5 Control de la dureza del agua utilizada para la solución de humectación

Descripción: La preparación, monitorización, enfriamiento y filtrado de las soluciones de humectación se efectúan a nivel central y éstas se suministran a todas las prensas de la planta. La dureza del agua varía según las regiones, lo que influye sobre la calidad de la solución de humectación y su grado de emulsificación en la tinta. El tratamiento del agua bruta mediante desmineralización y equilibrado de la dureza (remineralización hasta un nivel predeterminado) hacen que resulte más sencillo determinar la cantidad de aditivo necesaria y mejora la calidad de la solución de humectación.

El tratamiento puede consistir en intercambio iónico y/u ósmosis inversa. Es posible, por ejemplo, reducir el contenido de calcio del agua bruta mediante ósmosis inversa y ajustar la dureza al valor óptimo, aproximadamente 70 - 140 ppm como CaCO₃.

Beneficios medioambientales conseguidos: Es posible efectuar una dosificación más exacta de los aditivos, incluyendo el AIP, y también se incrementa la eficacia de la refrigeración y del filtrado. Esto se traduce tanto en un menor consumo energético como en una reducción de las aguas residuales y de las pérdidas de materias primas como resultado de la menor cantidad de errores de impresión. Si se aplica AIP, también se generarán menos emisiones de esta sustancia a la atmósfera. Sin embargo, en un sistema centralizado, la concentración de AIP (o de cualquier otro aditivo de sustitución) se ajustará en función de la prensa que necesite una concentración más elevada.

Efectos de cruce de medios: La desmineralización del agua requiere energía y el uso de productos químicos. La ósmosis inversa requiere energía.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Esta técnica se aplica en las grandes plantas de impresión offset de secado en caliente, pero podría no resultar ventajosa cuando el agua presenta una composición adecuada de manera constante.

Aspectos económicos: La instalación de esta técnica en las plantas de nueva construcción o en las que tan sólo cuentan con unas pocas prensas no es muy costosa. Los costes de la retroinstalación son elevados.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Los sistemas automáticos permiten un mejor control de la calidad, así como un mejor control del consumo de AIP.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [35, Aminal et al., 2002] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998, 76, TWG, 2004].

2.4.1.6 Offset seco

Descripción: La impresión offset seco es una técnica de impresión offset que no utiliza la separación agua/aceite para asegurar que la tinta tan sólo cubra las partes portadoras de imagen de la plancha: la separación se consigue mediante el uso de planchas y de tintas especiales. En la impresión offset normal, la plancha es hidrófoba en las zonas portadoras de imagen, e hidrófila en las demás. El agua

se utiliza con el fin de asegurar que las tintas oleosas no se fijen a las partes no portadoras de imagen. En la impresión offset sin agua, las partes no portadoras de imagen están equipadas con un revestimiento que consigue el mismo efecto. No es necesario utilizar agua.

Beneficios medioambientales conseguidos: Puesto que no es necesario utilizar solución de humectación, desaparecen las emisiones procedentes de esta fuente, especialmente de AIP. También se consigue un ahorro de materias primas (papel y tinta), aunque estas ventajas pueden desaparecer si es necesario efectuar operaciones de limpieza adicionales para las tiradas de mayor longitud efectuadas mediante secado en caliente.

Efectos de cruce de medios: Puesto que no se utiliza solución de humectación, la impresión offset sin agua requiere la aplicación de métodos adicionales para extraer el calor de las unidades de impresión, con el consumo de energía que implica la refrigeración adicional. Sin embargo, la solución de humectación no requiere energía.

Los sistemas de control de la temperatura de la tinta son estándar en las prensas de impresión offset sin agua. También pueden utilizarse satisfactoriamente otros sistemas de control de temperatura adicionales para una mejor estabilización y control de la temperatura en la impresión offset sin agua. Los sistemas de control incluyen: sistemas de control de temperatura de rodillos tomadores independientes, sistemas de control de temperatura multizona, sistemas de control de temperatura de cilindros de planchas, sistemas de control de temperatura de mantillas de caucho y sistemas de enfriamiento con aceite y/o de rodamientos.

Datos operacionales: Esta técnica ofrece algunas ventajas distintivas con respecto a la impresión offset "normal". La calidad de impresión es mejor y la "preparación" más rápida. El proceso se desarrolla con fluidez.

Aplicabilidad: Normalmente, esta técnica es aplicable para trabajos de impresión a todo color de gran calidad y/o tiradas cortas, lo cual es normalmente el caso de los trabajos de alimentación por hojas, si bien la longitud de las tiradas efectuadas mediante secado en caliente cada vez es menor. Esta técnica también se ha aplicado en la impresión secado en caliente, consultar "Ejemplos de plantas".

Se han planteado las siguientes cuestiones con respecto a las prensas de secado en caliente:

- el proceso sin agua no atrapa el polvo de papel, por lo que es necesaria una mayor calidad del papel y/o un incremento de las operaciones de limpieza. En contraposición a lo anterior, no es necesario humedecer el papel y es posible la repetición de múltiples pasadas para la impresión offset a color.
- la duración de la vida útil de las planchas de impresión sin agua no se ha establecido con exactitud y los datos al respecto indican que podría ser de entre 100.000 a 300.000 revoluciones
- las planchas de impresión sin agua tienen tendencia a rayarse con más facilidad, durante las operaciones de limpieza, por ejemplo
- los sistemas sin agua cuentan con menos rodillos, lo que limita la cantidad de tinta transferida y los ajustes precisos en la prensa. Los proveedores afirman que, puesto que no se transfiere solución de humectación, es posible transferir una mayor cantidad de tinta, y se ha instalado una nueva prensa sin llaves de tinta
- la gama de colores de tinta era limitada, si bien actualmente el espectro podría ser más amplio.

Aspectos económicos: Las prensas, las planchas y las tintas son más costosas que las utilizadas en la impresión offset "normal", si bien se eliminan los costes de isopropanol, agua y soluciones de humectación y el tiempo de "preparación" es más reducido, lo que implica un menor gasto en papel y tinta. Las tiradas de mayor longitud, no obstante, podrían requerir un mayor número de planchas y de operaciones de limpieza.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Se consiguen trabajos de muy alta calidad. La reducción del uso de productos químicos contribuye a la mejora de la salud y la seguridad en el lugar

de trabajo.

Ejemplos de plantas: Toppan Printing, Hokuseisha, Aika, GAO, Kousolu Offset, Sanesu (todas estas plantas situadas en Japón). En Europa existe un gran número de prensas de alimentación por hojas, 25 prensas de periódicos y aproximadamente cinco prensas de secado en caliente sin agua. Quebecor, Reino Unido; existen dos en Suiza (una de ellas actualizada con una unidad de humectación en el 2003) y dos en Hungría (las dos se trasladaron desde Alemania).

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999, 35, Aminimal et al., 2002] [18, UBA Alemania, 2003] [72, Hamann, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.1.7 Recogida y tratamiento de gases residuales

2.4.1.7.1 Encapsulado de las prensas o extracción y tratamiento del aire de la sala de prensas

Descripción: Hay ocasiones en las que se encapsulan las prensas con el fin de controlar la temperatura, evitar corrientes de aire y reducir el nivel acústico. El AIP se evapora dentro del recinto. El aire del espacio encapsulado se extrae mediante la secadora y podría enviarse a la incineradora, eliminado así la mayor parte de las emisiones de AIP.

En algunos casos, cuando las prensas no están encapsuladas, se extrae el aire de la sala de prensas y se eliminan el isopropanol volatilizado y los agentes de limpieza de alta volatilidad.

Beneficios medioambientales conseguidos: El tratamiento del aire extraído permite reducir las emisiones tanto de AIP como de agentes de limpieza de alta volatilidad. El encapsulado reduce los niveles acústicos.

Normalmente, debido a razones de salud y seguridad, la concentración de AIP y de otros disolventes debe mantenerse muy por debajo de los límites de exposición ocupacional. Esto significa que la concentración de disolvente será muy inferior a 1 g/m^3 (LEO de IPA: 650 g/m^3 (facilitado por Holanda, 2001) (la mayor parte de los agentes de limpieza tienen unos LEOs muy inferiores). A esta baja concentración de COV en el gas de entrada, la incineración de los gases residuales no puede ser autotérmica y es necesario aportar una cantidad de combustible de apoyo significativa. Los costes y los consumos energéticos para el tratamiento de los flujos extraídos de las prensas no compensan la reducción de emisiones que puede conseguirse (consultar los Datos operacionales).

Datos operacionales: Normalmente, los sistemas de tratamiento de gases residuales sólo están diseñados para el flujo de aire procedente de las secadoras. Las secadoras modernas tienen una capacidad de $4.000 - 7.000 \text{ m}^3/\text{h}$, mientras que el caso de las antiguas esta cifra es de hasta $10.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Para poder extraer el aire de las prensas, son necesarias capacidades de $50.000 \text{ m}^3/\text{h}$ o superiores. El tratamiento térmico hará que sea necesario incrementar el tamaño y, si el aire contiene una menor cantidad de disolvente, también será necesario aportar combustible de apoyo.

Aplicabilidad: Las tintas utilizadas en la impresión de secado en caliente no se evaporan a temperatura ambiente. Su evaporación se produce en la secadora y, por lo tanto, siempre se capturan las emisiones. Cuando se utilizan agentes de limpieza de baja volatilidad, éstos también se evaporan en la secadora. El encapsulado de las prensas con o sin el tratamiento del aire de ventilación de las prensas no tiene ningún efecto sobre las emisiones de disolventes y se lleva a cabo por razones de salud y seguridad.

El encapsulado de las prensas y el envío del aire a las instalaciones de tratamiento de aguas residuales son una práctica habitual en las plantas de impresión por huecograbado de publicaciones (para una información más detallada, consultar las Secciones 2.4.3.3.3 y otras). En la impresión offset de secado en caliente, sin embargo, esto no resulta viable, ya que la capacidad de los sistemas de tratamiento de gases residuales existentes podría no ser suficiente o su uso podría no resultar eficaz para el tratamiento de este aire con concentraciones de COVs muy reducidas.

Aspectos económicos: Consultar los Efectos de cruce de medios. El incremento del tamaño de una

incineradora, de 5.000 a 50.000 m³/h, por ejemplo, implicaría una inversión adicional de aproximadamente 450.000 EUR. El consumo eléctrico del ventilador principal se incrementaría en consecuencia y el consumo de combustible también experimentaría un aumento, pasando de ser insignificante a considerable, debido a que la operación autotérmica ya no sería posible.

Fuerzas impulsoras de la implementación: El encapsulado de las prensas se efectúa con el fin de reducir el nivel acústico y de satisfacer otros requisitos de salud y seguridad. El aire de la sala de prensas siempre se extrae por razones de salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: El encapsulado es una práctica muy extendida. Normalmente se aplica extracción. El tratamiento del aire de la sala de prensas no es habitual.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [35, Aminal et al., 2002] [4, Intergraf y EGF, 1999, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.1.7.2 Extracción y tratamiento del aire de las secadoras

Descripción: Los procesos de impresión offset de secado en caliente siempre están equipados con un sistema que extrae el aire de las secadoras, dirigiéndolo normalmente a un sistema de tratamiento de gases residuales.

Beneficios medioambientales conseguidos: Reducción de emisiones de COVs de las secadoras. Reducción de olores.

Efectos de cruce de medios: La extracción requiere energía.

Datos operacionales: Consultar la Sección 20.11.2.5.

Aplicabilidad: Aplicados a nivel general.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Cumplimiento de los niveles del SED. Reducción de olores.

Ejemplos de plantas: De aplicación general.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [35, Aminal et al., 2002] [4, Intergraf y EGF, 1999, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.1.8 Limpieza

2.4.1.8.1 Reemplazo (sustitución) y control de COVs utilizados durante la limpieza

Descripción: La entrada de COVs para actividades de limpieza puede reducirse combinando las siguientes técnicas:

- manipulación cuidadosa del agente de limpieza (por ejemplo cerrando los contenedores tras el uso)
- uso de disolventes de alto punto de ebullición (HBS) con un punto de inflamabilidad más elevado (Sección 20.10.1.3) o de disolventes de origen vegetal (VCA) (Sección 20.10.1.4) para todas las actividades de limpieza
- reducción del potencial de formación de ozono (PFO) de la mezcla de disolventes utilizada, consultar la Sección 20.10.2.

Beneficios medioambientales conseguidos: Es posible reducir la entrada de COVs para la limpieza hasta <5% de la entrada de tinta, así como el PFO global.

Efectos de cruce de medios: El uso de los disolventes indicados anteriormente también podría significar la necesidad de tratamiento y/o eliminación de una mayor cantidad de disolventes, ya que la cantidad de disolventes evaporada será menor.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Los agentes de limpieza vegetales no pueden utilizarse en la impresión de secado en caliente, ya que el agua de aclarado podría romper la bobina de papel.

El uso de estos agentes tan sólo resulta sencillo en los procesos tipográficos de alimentación por hojas. En la impresión offset, sin embargo, los agentes de limpieza vegetales no constituyen una solución efectiva para la limpieza de los cilindros de mantillas y de las mantillas de caucho. Los VCAs disponibles actualmente actúan como agentes de esponjamiento para las mantillas de caucho, que

dejan de resultar adecuadas para el uso. Debe tenerse en cuenta que, si bien los CVAs ofrecen importantes beneficios medioambientales, tan sólo representan MTDs para algunos métodos de producción.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: SED. Salud ocupacional (exposición a vapores de disolventes). Seguridad ocupacional (evitar explosiones en la secadora cuando la bobina de papel alcanza la secadora con un agente de limpieza).

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [18, UBA Alemania, 2003, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.1.8.2 Limpiadoras de alta presión automáticas para los rodillos de humectación

Descripción: Los rodillos de humectación pueden limpiarse con limpiadoras de alta presión automáticas y agua. Esta técnica puede reemplazar a la limpieza tradicional con disolventes de bajo punto de inflamabilidad.

Beneficios medioambientales conseguidos: Desaparecen tanto las emisiones de COVs como el consumo de disolventes.

Efectos de cruce de medios: Incremento del consumo de agua y de energía. Se generan aguas residuales que deben descargarse o tratarse. Los niveles acústicos podrían aumentar.

Datos operacionales: Los mejores resultados se obtienen cuando se elimina la tinta mediante raspado, en la mayor medida posible, antes del inicio de la limpieza.

Aplicabilidad: Aplicable en las plantas de impresión offset que utilicen rodillos de humectación con cobertura de moletón. Sin embargo, el uso de estos rodillos ha quedado obsoleto en la UE-15 (tan sólo se encuentran muy ocasionalmente en la impresión offset de alimentación por hojas).

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [128, TWG, 2005].

2.4.1.8.3 Sistemas de limpieza automática para los cilindros de impresión y de mantillas

Descripción: Normalmente, en las grandes plantas de impresión offset de secado en caliente la limpieza de los cilindros de impresión y de mantillas se efectúa automáticamente.

En la mayoría de las máquinas se recoge el agente de limpieza. Algunas máquinas utilizan una lámina de papel tisú que se alimenta a través de los cilindros de la misma manera que la bobina de papel. El papel tisú se rocía con el agente de limpieza o se sumerge en él, o también pueden utilizarse rollos ya impregnados con agente de limpieza. Las máquinas que aplican este método utilizan una menor cantidad de agente de limpieza. Sin embargo, es necesario almacenar y eliminar el papel tisú cuidadosamente con el fin de evitar emisiones incontroladas (lo cual no es necesario cuando se utilizan agentes de limpieza no volátiles). Otras máquinas rocían el agente de limpieza sobre la bobina de papel para limpiar los cilindros.

Beneficios medioambientales conseguidos: En comparación con la limpieza manual, la limpieza automática utiliza aproximadamente un 10% menos de agentes de limpieza. También se utilizan menos bayetas y, por lo tanto, se generan menos residuos.

La limpieza automática ofrece ventajas desde el punto de vista de la salud y la seguridad. Se reducen los niveles de exposición a los vapores y el contacto con la piel de los agentes de limpieza.

Efectos de cruce de medios: La automatización requiere energía. Se generan menos residuos debido a que se utilizan menos bayetas. El volumen de residuos líquidos podría ser mayor, a menos que se utilizara papel tisú en rollos. Los residuos líquidos pueden filtrarse y en ocasiones puede reutilizarse el disolvente.

Datos operacionales: A veces los agentes de limpieza contaminados se absorben en el papel por lo que, junto con el papel desechado, generarán emisiones de disolventes incontroladas en los procesos de aguas abajo. En algunas plantas este papel desechado se introduce en una secadora con el fin de asegurar que las emisiones de disolventes sean dirigidas hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales. Este método no es aplicable cuando se utilizan disolventes de alto punto de ebullición o de bajo potencial de formación de ozono.

Aplicabilidad: Aplicable en las plantas tanto de nueva construcción como ya existentes. Actualmente la limpieza automática es la práctica estándar.

Aspectos económicos: La inversión necesaria, para una prensa, se sitúa entre 60.000 y 80.000 EUR. Los costes de inversión para la retroinstalación de las prensas existentes son muy superiores a los de las nuevas prensas (1999).

Los costes de operación se reducen gracias a unos tiempos de limpieza más cortos, un menor consumo de agente de limpieza y una reducción de la cantidad de residuos peligrosos. En las máquinas de gran tamaño, la reducción de costes podría superar a la inversión. Sin embargo, en el caso de las prensas pequeñas se considera que los beneficios medioambientales no garantizan la inversión.

Fuerzas impulsoras de la implementación: SED y reducción de la exposición del personal a los agentes de limpieza.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999] [18, UBA, Alemania, 2003] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.2 Flexografía y huecograbado de materiales de embalajes

[128, TWG, 2005]

En el Capítulo 20 se discuten técnicas que también podrían ser aplicables a la flexografía y al huecograbado de materiales de embalajes. En la Tabla 2.41 se muestran las técnicas generales relevantes para la flexografía y el huecograbado de materiales de embalaje. Normalmente estas técnicas no se repiten en esta sección, a menos que se hubiera facilitado información específica para esta industria. En la Tabla 20.1 se proporciona una descripción del tipo de información considerado para cada técnica.

Número de la Sección Técnica	
Herramientas de gestión medioambiental	20.1.1
Mejora medioambiental continua	20.1.2
Marcas de referencia 20.1.3	
Diseño, construcción y operación de las instalaciones	20.2
Monitorización 20.3	
Balances de masa para disolventes	20.3.1
Gestión del agua	20.4
Gestión de la energía	20.5
Gestión de las materias primas	20.6
Procesos y equipos de revestimiento	20.7
Secado 20.8	
Limpieza 20.9	
Sustitución: reducción del uso de sustancias peligrosas	20.10
Gestión de los gases residuales	20.11
Confinamiento y recogida de los gases residuales	20.11.2
Oxidación 20.11.4	
Condensación 20.11.5	
Absorción 20.11.6	
Gestión de las aguas residuales	20.12
Minimización y tratamiento de los residuos	20.13
Recuperación de los disolventes usados del proceso	20.13.1
Reducción del polvo	20.14
Reducción de olores	20.15
Reducción acústica	20.16

Tabla 2.41: Referencia a las técnicas aplicables a nivel general al sector

2.4.2.1 Tintas convencionales a base de disolventes

Descripción: Consultar la Sección 2.3.3.2.2. Los principales disolventes de uso más habitual son el etanol, el acetato etílico y las mezclas de ambos; mientras que el etanol se utiliza más en la flexografía, el uso del acetato etílico es más normal en el huecograbado. También podrían utilizarse otros disolventes como el isopropanol o la MEC como disolvente principal, además de pequeñas cantidades de otros disolventes para ajustes de, por ejemplo, la velocidad de secado y la viscosidad, o como contenido de la tinta en el estado de su adquisición. Actualmente, la simplificación y la estandarización de los procesos ha provocado una reducción de la cantidad de disolventes diferentes, pero a mediados de los años 90 podían encontrarse hasta 20 disolventes diferentes en una sola planta de impresión de materiales de embalaje flexibles.

Beneficios medioambientales conseguidos: No se ha facilitado información.

Efectos de cruce de medios: Podrían liberarse en forma de emisiones más del 90% de los disolventes utilizados.

Datos operacionales: La composición exacta también depende de los requisitos de calidad del material de embalaje y de las resistencias que éste deba tener como, por ejemplo, resistencia a ácidos, altas temperaturas, agua, alcohol, propiedades de barrera en lo relativo a olores, impermeabilidad a la luz, etc.

Normalmente se utiliza el tratamiento de los gases residuales para eliminar los COVs.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [18, UBA, Alemania, 2003] [4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [22, Vito, 1998] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.2.2 Reemplazo de las tintas convencionales a base de disolventes (sustitución)

2.4.2.2.1 Alternativas de curado UV

Descripción: Las tintas de curado UV no contienen disolventes orgánicos. El curado se consigue mediante radiación UV.

Beneficios medioambientales conseguidos: En los procesos de impresión en los que se utilizan tintas a base de disolventes volátiles es posible conseguir una reducción significativa de las emisiones de disolventes.

Efectos de cruce de medios: En algunas circunstancias, el consumo energético de las lámparas de curado UV podría ser mayor que el consumo normal de la secadora, si bien hay una planta que informa de un ahorro energético global. Las lámparas UV contienen mercurio, por lo que requieren una gestión especial como residuos.

Estas tintas contienen acrilatos, monómeros y oligómeros reactivos, algunos de los cuales son alergénicos.

Datos operacionales: La impresión flexográfica con tintas de curado UV requiere la “impresión *kiss printing*” (impresión sin aplicar mucha presión). Los pigmentos de las tintas de curado UV son mucho más fuertes que los de las otras tintas. La cantidad de tinta que debe transferirse debe ser mucho menor. Mientras que en la flexografía “normal” se fuerza el bloqueo del sustrato entre el portador de imagen y el cilindro de impresión, con la impresión UV este proceso tiene una intensidad mucho menor, ya que tan sólo se aplica una ligera presión. Esta es una de las principales razones por las que la retroinstalación no resulta posible en la mayoría de las prensas flexográficas existentes.

En la flexografía, cuando se produce la rotura de la bobina, el extremo de la bobina rota podría, durante su desplazamiento hacia el final de la prensa, atravesar unas pocas bandejas de tinta, transportando tinta desde una bandeja a la siguiente. Como consecuencia de ello, resulta obviamente necesario efectuar una limpieza antes de poder reiniciar la impresión. En la flexografía “normal” esta situación es problemática, pero en la flexografía UV representa un obstáculo prácticamente insalvable, debido a la fuerte pigmentación y al hecho de que la tinta no se seca. Cuando se efectúa la impresión mediante flexografía UV, el diseño de la prensa debe ser tal que, en caso de rotura de la bobina, ésta se detenga inmediatamente, antes de que su extremo sea arrastrado a través de alguna bandeja de tinta.

La dificultad que conlleva la limpieza de las prensas en las que se utilizan tintas de curado UV es un problema importante. La fuerte pigmentación y el hecho de que las tintas UV no se sequen en ningún otro lugar aparte del sustrato significa que incluso el menor grado de contaminación supone serios problemas de calidad. La limpieza es una labor muy intensiva, ya que las tintas no se disuelven fácilmente en ningún disolvente. El problema se agrava cuando es necesario cambiar de colores entre trabajos, lo cual es normalmente el caso en la impresión de materiales de embalaje flexibles.

En una planta holandesa (consultar Ejemplos de plantas), la limpieza entre trabajos requería un consumo de tiempo prohibitivo y además ocasionaba problemas de calidad inaceptables. Con el fin de limitar la limpieza, se desarrolló un sistema patentado que reduce drásticamente el número de cambios de color. Se utilizan siete colores estándar para crear los colores necesarios. Esto significa que siete de cada ocho unidades de impresión no requieren ninguna limpieza entre trabajos. La octava unidad de impresión se utiliza para añadir el color adicional si siguiera siendo necesario. Es necesario reemplazar todos los portadores de imagen para cada trabajo en el que se cambia de flexografía “normal” a flexografía UV. (En las publicaciones, las fotografías a color se desarrollan a partir de cuatro colores estándar. Sin embargo, este sistema no puede producir todos los colores y el brillo necesarios en la impresión de materiales de embalaje).

Aplicabilidad: Las tintas de curado UV pueden aplicarse en procesos flexográficos para la impresión de materiales de embalaje de papel, etiquetas y materiales de envasado de cartón para productos lácteos. Sin embargo, los fabricantes de materiales de envasado para alimentos se muestran reacios en muchas ocasiones a utilizar las tintas de secado UV, ya que la migración de cantidades extremadamente pequeñas de algunos de los ingredientes de estas tintas al alimento envasado podría ser motivo de incumplimiento de la legislación relativa al contacto con los alimentos.

Las tintas UV pueden utilizarse con la mayoría de los tipos de papel. Las limitaciones no se derivan sin embargo del sustrato, sino de la maquinaria existente. Actualmente, la flexografía de curado UV se utiliza para:

- etiquetas autoadhesivas (que no es probable que se incluyan dentro del alcance de la Directiva PCIC)
- bricks de bebidas.

En ambos casos se utilizan prensas construidas específicamente: etiquetas en prensas de bobina pequeñas de poca anchura (por ejemplo hasta 25 cm) y bricks de bebidas en prensas de una anchura de entre 100 y 150 cm.

Las tintas de curado UV también pueden utilizarse en máquinas de impresión flexográfica de gran tamaño, si bien no se ha facilitado información práctica.

Aspectos económicos: En el caso de la impresión flexográfica de bricks de bebidas, las máquinas son considerablemente más costosas que las prensas flexográficas "normales". Por contra, permiten obtener una mejor calidad, necesaria para satisfacer las demandas del mercado.

Cuando con los demás productos el incremento de los requisitos de calidad tiende a hacer que se abandone la flexografía en favor del huecograbado, la combinación de la longitud de tirada, los requisitos del cliente en lo relativo a cambios regulares en la imagen impresa y los sustratos especiales utilizados para este tipo de envases, hacen de la flexografía de curado UV una técnica apropiada para este caso.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y Seguridad en el lugar de trabajo. Razones de carácter económico, cuando existe la necesidad de una mayor calidad con tiradas cortas y es necesario evitar el alto coste de los portadores de imagen del huecograbado de materiales de embalaje.

Ejemplos de plantas: Thomas Grafische Veredelung GmbH & Co, KG, Alemania. Elopak (Terneuzen, Holanda).

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [35, Aminal et al., 2002, 76, TWG, 2004] [18, UBA, Alemania, 2003] [128, TWG, 2005].

2.4.2.2.2 Tintas alternativas de curado por haz de electrones (EB)

Descripción: Las tintas de curado por haz de electrones (EB) están compuestas por polímeros de bajo peso molecular que reaccionan con un haz de electrones procedente de un tubo de vacío. Estas tintas no contienen disolventes y el curado no se produce hasta que se ven expuestas a la luz pudiendo, por lo tanto, permanecer en las bandejas de tinta durante largos períodos de tiempo, con lo que se reducen los requisitos de limpieza. Los electrones impulsan la reacción, formando polímeros y curando así la tinta.

Las secadoras por haz de electrones utilizan la polimerización mediante bombardeo de electrones para secar revestimientos tanto líquidos como en polvo.

Beneficios medioambientales conseguidos: Reducción total de las emisiones de COVs.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: Entre los problemas de los que se informó en el caso de las tintas de curado EB se incluyen la degradación del papel y la exposición de los trabajadores a la radiación. Se utilizan en ocasiones para revestimientos de alto brillo y para aplicaciones de decoración de metales.

Aplicabilidad: Aplicables a las nuevas prensas.

Aspectos económicos: Elevados costes iniciales y costes operativos bajos o moderados.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y Seguridad en el lugar de trabajo.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [53, US EPA et al., 2003, 76, TWG, 2004].

2.4.2.2.3 Tintas al agua

Descripción: Las tintas al agua contienen cantidades reducidas de disolventes orgánicos. Las tintas al agua convencionales utilizan resinas de acidez relativamente elevada para la hidrodispersibilidad; las tintas desarrolladas más recientemente se basan en resinas de poliéster hidrodispersables (estas últimas no necesitan agentes de neutralización como amoníaco o aminas para conservar sus propiedades de dispersibilidad, satisfaciendo por lo tanto los requisitos de la flexografía).

Beneficios medioambientales conseguidos: En la flexografía y en el huecograbado de materiales de embalaje, las tintas listas para la prensa tienen un contenido de disolventes de aproximadamente el 80%. Siempre se trata de mezclas de varios disolventes como, por ejemplo, etanol y acetato etílico. La sustitución con tintas al agua puede suponer reducciones significativas de las emisiones de disolventes, especialmente de emisiones fugitivas. Sin embargo, la mayoría de las plantas de flexografía y de huecograbado de materiales de embalaje están equipadas con sistemas de reducción de gases residuales, con lo que la reducción de las emisiones de disolventes que puede alcanzarse es claramente menor. Cuando se tratan los gases residuales de manera eficaz y se evitan las emisiones fugitivas excesivas, no son muchos los beneficios que pueden obtenerse como resultado del cambio a las tintas al agua.

La limpieza de las tintas al agua puede efectuarse con agua siempre que la tinta o el barniz no esté seco.

El secado de las tintas al agua podría requerir una mayor cantidad de energía. Se producirá, sin embargo, una reducción del consumo energético total de la planta debido a que no es necesario ningún sistema de tratamiento de gases residuales (consultar la Sección 2.3.3.2.5 y el Anexo 14 de BREF ECM).

Efectos de cruce de medios: Las tintas al agua utilizadas en los procesos de flexografía y de huecograbado de materiales de embalaje siguen contando con el etanol, isopropanol y/o n-propanol entre sus componentes.

La cantidad de energía necesaria para el secado de las tintas al agua es mayor que en el caso de las tintas base disolvente. Sin embargo, la ausencia de disolventes permite recircular el aire de secado con mayor frecuencia, reduciendo así el efecto. En la práctica, el incremento del consumo energético para fines de secado podría ser de aproximadamente el 10%.

Se genera una mayor cantidad de residuos de tinta.

Datos operacionales: En la flexografía es posible imprimir satisfactoriamente la mayor parte de los materiales de embalaje de papel con tintas al agua. Los materiales de plástico sencillos como, por ejemplo, bolsas de supermercado, bolsas de basura, bolsas de pan y bolsas para aplicaciones de gran dureza también pueden imprimirse satisfactoriamente con tintas al agua utilizando la impresión flexográfica. El uso de rodillos anilox cerámicos mejora la calidad de impresión.

Los materiales de envasado de alimentos flexibles podrían tener que ser resistentes contra los ácidos, disolventes, grasas o aceites procedentes de los alimentos envasados. Actualmente, estos requisitos sólo pueden satisfacerse satisfactoriamente con tintas base disolvente. Es frecuente que la impresión de los productos de alta calidad que cumplen estos requisitos se efectúe mediante huecograbado de materiales de embalaje, aplicando tintas base disolvente. Sin embargo, en ciertas ocasiones es posible sustituir la tinta blanca, el color más utilizado.

Normalmente, el cambio de tintas base disolvente a tintas al agua en la flexografía o el huecograbado de materiales de embalaje requiere un pretratamiento diferente del material portador y en todos los casos nuevos cilindros y planchas de impresión.

Aplicabilidad: Las tintas al agua (no barnices) se aplican satisfactoriamente en los procesos de impresión de materiales de embalaje flexográficos para la impresión de bolsas grandes de papel, bolsas de basura de plástico grandes y bolsas de supermercado. Sin embargo, también en estos procesos sigue siendo necesario aplicar tintas convencionales en algunos casos excepcionales como cuando, por ejemplo, son necesarios efectos fluorescentes, colores plateados o dorados o un nivel de brillo muy elevado.

Cuando se utilizan productos al agua (tintas, barnices, etc.) en prensas ya existentes, es frecuente que los sistemas de secadoras carezcan de la capacidad necesaria, lo que reduce la aplicabilidad en este tipo de prensas.

Actualmente, las tintas al agua no se utilizan en el huecograbado de materiales de envasado, ya que no es posible obtener una calidad comparable.

Aspectos económicos: El cambio de las tintas base disolvente a las tintas al agua conlleva importantes costes de conmutación. En el caso de las nuevas prensas que utilizan tintas al agua, la inversión es similar a la de las prensas para tintas base disolvente. Si se efectúa la retroinstalación, podría ser necesaria una inversión importante si fuera necesario incrementar las capacidades de la secadora.

Puesto que las tintas al agua tienen un mayor nivel de pigmentación, es necesaria una menor cantidad y el coste operativo por metro cuadrado de material impreso será algo menor que el coste que implican las tintas base disolvente.

Cuando, en el caso de las tintas al agua, es posible mantener la flexibilidad y la velocidad de impresión y evitar la inversión en equipos de reducción y otros costes relacionados con los disolventes, pueden obtenerse ahorros significativos.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Cuando los operarios optan por programas de reducción para satisfacer los requisitos del SED, este método podría ser una opción.

Ejemplos de plantas: Varias.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [4, Intergraf y EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000] [35, Aminal et al., 2002] [53, US EPA et al., 2003] [128, TWG, 2005].

2.4.2.3 Barnices y adhesivos base disolvente convencionales

Descripción: Consultar la Sección 2.3.3.2.2. Se utilizan sistemas base disolvente. Los disolventes de uso más habitual son el etanol, el acetato etílico y la MEC.

Beneficios medioambientales conseguidos: No se ha facilitado información.

Efectos de cruce de medios: Emisiones de disolventes elevadas.

Datos operacionales: La composición exacta depende del sustrato de impresión. Normalmente se aplica el tratamiento de gases residuales.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [18, UBA, Alemania, 2003] [4, Intergraf y EGF, 1999] [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [22, Vito, 1998] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.2.4 Sustitutos de los barnices y adhesivos convencionales

2.4.2.4.1 Barnices y adhesivos al agua

Descripción: Normalmente, los barnices y adhesivos al agua no contienen disolventes.

Beneficios medioambientales conseguidos: Los barnices y adhesivos listos para la prensa tintas tienen un contenido de disolventes de aproximadamente el 80%. Podría tratarse de mezclas de varios disolventes como, por ejemplo, etanol, acetato etílico y MEC. La sustitución con productos al agua puede suponer reducciones significativas de las emisiones de disolventes, especialmente de emisiones fugitivas. Sin embargo, la mayoría de las plantas de flexografía y de huecograbado de materiales de embalaje están equipadas con sistemas de reducción de gases residuales, con lo que la reducción de las emisiones de disolventes que puede alcanzarse es claramente menor. Cuando se tratan los gases residuales de manera eficaz y se evitan las emisiones fugitivas excesivas, no son muchos los beneficios que pueden obtenerse como resultado del cambio a los productos al agua.

La limpieza de los barnices y adhesivos al agua puede efectuarse con agua siempre que no estén secos. Sin embargo, es frecuente el uso de etanol, AIP, etc. para la limpieza.

Una manera de hacer Europa

El secado de los barnices y adhesivos al agua requiere una gran cantidad de energía. Se producirá, sin embargo, una reducción del consumo energético total de la planta debido a que no es necesario ningún sistema de tratamiento de gases residuales (consultar la información facilitada para las tintas al agua, Sección 2.4.2.2.3).

Lo mismo puede decirse con respecto al volumen de aguas residuales que, si bien por una parte experimentará un aumento, en aquellas situaciones en las que ya no se utilice un sistema de absorción de gases residuales y solventes, la cantidad global se verá reducida.

Efectos de cruce de medios: La cantidad de energía necesaria para el incremento del secado de los productos al agua es algo mayor y se generan más residuos. Sin embargo, la ausencia de disolventes permite recircular el aire de secado con mayor frecuencia, reduciendo así el efecto. En la práctica, el incremento del consumo energético para fines de secado podría ser de aproximadamente el 10%.

Datos operacionales: Existen un gran número de diferentes requisitos de calidad y de resistencias aplicables a los materiales de embalaje y, por lo tanto, la aplicabilidad de las alternativas a las tintas, barnices y adhesivos base disolvente nunca es obvia. Por ejemplo, podría ser necesario que un barniz ofreciera una cierta resistencia contra el deslizamiento con el fin de adaptarse a las características específicas de las máquinas de impresión, lo que tan sólo puede conseguirse mediante la aplicación de barnices base disolvente. También presentan una resistencia química inferior en comparación con los adhesivos base disolvente, además de la menor fuerza adhesiva inicial y compuesta. Por estas razones, no es posible utilizar productos al agua para todos los tipos de aplicaciones.

En el proceso de laminación especial en el que se fija un papel fino a plástico o aluminio, los productos al agua resultan adecuados debido a que el agua puede evaporarse a través del papel. En el caso de la laminación de dos películas no porosas, los productos al agua son menos adecuados debido a que necesitan un tiempo de secado más largo antes de poder juntar las películas. En estos casos se utilizan adhesivos base disolvente o libres de disolventes de dos componentes.

Aplicabilidad: Aplicable en todos los procesos de impresión y laminación de la fabricación de materiales de embalaje flexibles. Su uso es habitual en las plantas de flexografía y de huecograbado de materiales de embalaje. Sin embargo, no pueden sustituir a los barnices base disolvente en todos los casos.

Cuando se utilizan productos al agua (tintas, barnices, etc.) en prensas ya existentes, es frecuente que los sistemas de secadoras carezcan de la capacidad necesaria, lo que reduce la aplicabilidad en este tipo de prensas.

Aspectos económicos: No es posible efectuar ninguna declaración general válida sobre los costes.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Salud y seguridad ocupacional. SED.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [35, Aminal et al., 2002] [14, DFIU e IFARE, 2002] [128, TWG, 2005].

2.4.2.4.2 Alternativas con alto contenido de sólidos

Descripción: El contenido de disolventes de los adhesivos base disolvente tradicionales es del 80%, mientras que en el caso de los adhesivos con alto contenido de sólidos esta cifra es de aproximadamente el 60%. Mientras que los adhesivos originales necesitan 4 kg de disolvente por cada kg de sólidos, los productos alternativos tan sólo necesitan 1,5 kg. En este caso se consigue

una reducción del consumo de disolventes superior al 60%.

Beneficios medioambientales conseguidos: Reducción de las emisiones de disolventes.

Efectos de cruce de medios: Pueden seguir siendo necesarias técnicas de tratamiento de gases residuales.

Datos operacionales: Los adhesivos con alto contenido de sólidos se aplican en los procesos de laminación de materiales de embalaje flexibles. Se aplican en el sector de alto rendimiento para envases sometidos a tensiones mecánicas, térmicas o químicas y en la producción de materiales compuestos cambiando de material en una instalación de laminación.

Aplicabilidad: Aplicable tanto en las plantas de nueva construcción como en las ya existentes.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [14, DFIU e IFARE, 2002, 76, TWG, 2004].

2.4.2.4.3 Alternativas de curado UV

Descripción: Los barnices o adhesivos de curado UV utilizados en la laminación no contienen disolventes orgánicos.

Beneficios medioambientales conseguidos: Cuando se utilizan barnices o adhesivos a base de disolventes volátiles es posible conseguir una reducción significativa de las emisiones de disolventes.

Efectos de cruce de medios: Los barnices o adhesivos de curado UV requieren energía para su secado mediante secadoras UV específicas. Sin embargo, no es probable que la cantidad necesaria sea mayor que la necesaria para el secado de los sistemas base solventes convencionales. Además, las lámparas UV contienen mercurio, por lo que requieren una gestión especial como residuos.

Los barnices o adhesivos de curado UV contienen acrilatos, monómeros y oligómeros reactivos, algunos de los cuales son alergénicos.

Datos operacionales: En la industria de la fabricación de materiales de embalaje flexibles relacionada con la impresión se producen con frecuencia laminados que contienen varias películas plásticas diferentes y lámina de aluminio. En estos casos se aplican adhesivos de curado UV, si bien sólo para materiales compuestos estándar de hasta un nivel de calidad medio.

Aplicabilidad: Aplicables tanto en las plantas de nueva construcción como en las ya existentes.

Aspectos económicos: No es posible efectuar ninguna declaración general válida sobre los costes.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [35, Aminal et al., 2002], [14, DFIU e IFARE, 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.2.4.4 Alternativas libres de disolventes

Descripción: Los adhesivos libres de disolventes son adhesivos de dos componentes con un contenido de sólidos del 100%. Es frecuente que contengan isocianatos.

Beneficios medioambientales conseguidos: Reducción a cero de las emisiones de disolventes procedentes de las aplicaciones de adhesivos.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: Se utilizan normalmente en la industria de la impresión flexográfica y del huecograbado de materiales de embalaje en los procesos de laminación de materiales no porosos como el plástico y el aluminio.

Un problema general de estos sistemas libres de disolventes consiste en la aplicación de películas adhesivas finas y uniformes. En contraposición a los adhesivos base disolvente, en los que el espesor de las capas puede controlarse mediante la viscosidad, en este caso el control debe efectuarse mediante procesos de laminado mecánicos. La capa adhesiva podría presentar un ligero aumento de las irregularidades superficiales en comparación con los adhesivos base disolvente.

Muchos laminados complejos pueden producirse con adhesivos de dos componentes. Para ello es necesario utilizar maquinaria especial.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: SED. Salud y seguridad ocupacional. Especificaciones del producto del cliente.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [35, Aminal et al., 2002], [14, DFIU e IFARE, 2002].

2.4.2.4.5 Coextrusión

Descripción: En el proceso de coextrusión, el sustrato impreso se cubre con una película caliente licuada que se enfría posteriormente. Esta película reemplaza al barniz necesario o, cuando se utiliza entre dos capas diferentes de diferentes portadores, actúa como adhesivo.

Beneficios medioambientales conseguidos: Se eliminan las emisiones de disolventes.

Efectos de cruce de medios: La coextrusión requiere energía.

Datos operacionales: Aplicable a los embalajes flexibles.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: SED. Salud y seguridad ocupacional. Especificaciones del producto del cliente.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [35, Aminal et al., 2002], [128, TWG, 2005].

2.4.2.5 Tratamiento de gases residuales

2.4.2.5.1 Encapsulado/cerramiento

Descripción: Consultar la Sección 20.11.2.1.

Cuando se producen embalajes flexibles, las secadoras siempre están confinadas en recintos. Operan a presión subatmosférica con el fin de evitar enviar aire cargado de contaminantes a la sala de prensas, por lo que siempre extraen una parte (en muchos casos alrededor del 20%) del aire de entrada de la sala de prensas. Los gases residuales se emiten a través de una chimenea o se envían a equipos de reducción.

Los disolventes no sólo se evaporan en la secadora, sino que también lo hacen en las fuentes de tinta, ajustadores de la viscosidad, contenedores, etc. Estos disolventes deben extraerse a nivel local por razones de salud y seguridad con el fin de no superar los límites de exposición ocupacional (LEOs).

Normalmente, el volumen extraído a nivel local no se envía a equipos de reducción debido a la baja

concentración de disolventes.

Beneficios medioambientales conseguidos: Consultar la Sección 20.11.2.1. El cerramiento o el encapsulado reduce los volúmenes de aire que es necesario extraer, reduciendo también por lo tanto el tamaño de los motores de los ventiladores de extracción y del sistema de tratamiento de gases residuales, cuando se utiliza esta instalación.

Reducción de las emisiones de disolventes. Las emisiones de disolventes procedentes de las máquinas de limpieza podrían alcanzar varios puntos porcentuales del consumo total de disolventes.

Efectos de cruce de medios: Es necesario garantizar la seguridad. En los momentos en que la concentración de disolventes del aire de ventilación procedente de la máquina de limpieza alcanza su valor más elevado, debe efectuarse la dilución adecuada con gases residuales procedentes de la maquinaria de producción; en caso contrario es necesario adoptar medidas para la prevención de explosiones.

Datos operacionales: Es necesario ventilar las máquinas de limpieza automática antes de la descarga. Durante unos pocos minutos, un flujo de aire relativamente reducido (algunos miles de m³/h) está fuertemente cargado con vapores de disolvente. Este flujo de aire se envía al equipo de reducción.

Aplicabilidad: Las secadoras siempre están confinadas. El cerramiento de las fuentes de tinta, ajustadores de la viscosidad, contenedores, etc. es una práctica cada vez más habitual con el fin de cumplir los requisitos del SED. La retroinstalación no es posible (el control de la maquinaria debe estar totalmente automatizado).

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.2.5.2 Extracción y tratamiento del aire de las prensas y otras áreas de producción

Descripción: Los disolventes que se evaporan en las prensas, por ejemplo en los contenedores de tinta, barnices y adhesivos, como resultado de la ventilación de las máquinas de limpieza automática (consultar la Sección 2.4.2.6.2) y no son capturados por las secadoras, se extraen a nivel local y se tratan posteriormente.

Pueden aplicarse las siguientes medidas:

- encapsulado de las máquinas de laminación y barnizado y ventilación de recinto mediante la extracción de la secadora, en lugar de la extracción local
- envío del aire extraído a nivel local alrededor de la maquinaria de producción al sistema de reducción
- asegurar la captura y el tratamiento de las emisiones fugitivas procedentes de las fuentes de tinta. Así se reduce la necesidad de extracción local en las áreas abiertas
- instalación y uso de hojas raspadoras en cámara (consultar la Sección 2.2.3.2)
- envío de la ventilación de las máquinas de limpieza al sistema de reducción (consultar la Sección 20.9.10).

Beneficios medioambientales conseguidos: Reducción de las emisiones de COVs. Se asegura la captura y el tratamiento de las emisiones fugitivas procedentes de las fuentes de tinta y de las máquinas de limpieza.

Las máquinas de limpieza automática deben ventilarse antes de que pueda procederse a su descarga (consultar la Sección 2.4.2.6.2). Es frecuente que el aire extraído no se envíe a los equipos de reducción.

Efectos de cruce de medios: La extracción requiere energía, pero esta extracción local se efectúa con el fin de prevenir niveles de exposición ocupacional elevados. El problema radica en enviar o no el aire extraído al sistema de tratamiento de gases residuales (normalmente una incineradora). Sin embargo, puesto que podría ser necesario que la incineradora fuera de mayor tamaño, el ventilador principal de la misma también sería mucho más grande, lo que incrementaría sustancialmente la cantidad de energía necesaria. El incremento del flujo de aire con un contenido de disolventes reducido incrementará la cantidad de combustible de apoyo que necesitará la incineradora.

Datos operacionales: Las prensas de huecograbado de materiales de embalaje modernos están equipadas, además de con sistemas de extracción del aire de las secadoras, con sistemas de extracción de suelos y/o de extracción del aire procedente de los contenedores de tinta al sistema de tratamiento de gases residuales. Este aire extraído podría contener aproximadamente 1 gramo de disolvente/m³, si bien la cantidad exacta dependerá de la adopción de otras medidas para reducir las emisiones fugitivas y podría ser menor. Estos sistemas de extracción adicionales se sitúan entre las unidades de impresión. En el caso de las prensas flexográficas equipadas con un cilindro de impresión central (ver la Figura 2.2), el espacio disponible entre las unidades de impresión es demasiado reducido para instalar un sistema de extracción.

Normalmente las unidades de laminación y barnizado independientes modernas están equipadas con sistemas de extracción.

Aplicabilidad: No es aplicable en el caso de las prensas flexográficas equipadas con un cilindro de impresión central. Incorporado a las nuevas unidades de laminación y barnizado independientes modernas.

La ventilación de las máquinas de lavado automático se aplica habitualmente cuando la incineración se ha instalado recientemente. No resulta generalmente aplicable cuando se recuperan los disolventes para su reutilización, ya que los disolventes recuperados se utilizan para limpieza y no pueden reutilizarse en tintas, barnices o adhesivos.

Aspectos económicos: Dependen fundamentalmente de la capacidad del sistema de tratamiento de gases residuales. En el huecograbado de materiales de embalaje flexibles, los costes de la retroinstalación son superiores a 100.000 EUR.

Cuando el aire extraído a nivel local se envía siempre a la incineradora, ésta deberá tener una capacidad adicional de aproximadamente el 20%. Por lo tanto, una incineradora de reciente construcción costaría entre 150.000 y 300.000 EUR más, asumiendo que la capacidad original fuera de entre 75.000 y 150.000 m³/h. En muchos casos, la retroinstalación de una incineradora para ampliar su capacidad un 20% no es técnicamente posible o es mucho más costosa (2004).

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [35, Aminal et al., 2002] [4, Intergraf y EGF, 1999, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.2.5.3 Bypass de volumen pico y alisamiento pico/valle: extracción y tratamiento del aire de las prensas y de las áreas de producción

Consultar la Sección 20.11.2.4.

2.4.2.5.4 Mantenimiento de los equipos de tratamiento de gases residuales, bypasses, sistemas de recogida, etc.

Descripción: Asegura que se efectúen tanto el mantenimiento programado como las reparaciones urgentes, consultar la Sección 20.2.6.

Beneficios medioambientales conseguidos: Los defectos de los equipos de incineración podrían ocasionar unas emisiones de COVs de hasta el 0,4% de la entrada anual al día (asumiendo 250 días de trabajo al año).

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: En siete plantas de materiales de embalajes flexibles holandesas del tamaño contemplado por la Directiva PCIC, el tiempo muerto de las incineradoras osciló entre 1 y 14 días de trabajo. La media fue de casi 7,5 días, es decir, aproximadamente entre el 3 – 8% de la entrada total. Los datos son del 2004.

Aplicabilidad: Todas las plantas.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: SED.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [76, TWG, 2004].

2.4.2.5.5 Cierre automático y oportuno de un sistema de bypass

Descripción: Los gases procedentes de las secadoras deben enviarse automáticamente a la incineradora antes de que se alcance la velocidad de preparación de la prensa (30 a 60 m/min).

Beneficios medioambientales conseguidos: Puede conseguirse una reducción de las emisiones del 5 al 15%.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.2.6 Limpieza

2.4.2.6.1 Reemplazo de COVs con disolventes menos volátiles para la limpieza de suelos (sustitución)

Descripción: Consultar la Sección 20.9.

Beneficios medioambientales conseguidos: Puede conseguirse una reducción de las emisiones de COVs cuando la limpieza se ha estado efectuando mojando el suelo con cubos de disolventes. Sin embargo, cuando ya se han adoptado algunas medidas de prevención como, por ejemplo, la reducción del ensuciamiento de los suelos y el control del uso de disolventes, la reducción de las emisiones es menor.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [128, TWG, 2005].

2.4.2.6.2 Limpieza de equipos y componentes de las máquinas en máquinas de limpieza/lavado automáticos

Consultar la Sección 20.9.10.

2.4.2.6.3 Limpieza de componentes de las máquinas mediante pulverización de agua a alta presión

Consultar la Sección 20.9.12.

2.4.3 Impresión por huecograbado de publicaciones

En el Capítulo 20 se discuten técnicas que también podrían ser aplicables al huecograbado de publicaciones. En la Tabla 2.42 se muestran las técnicas generales relevantes para el huecograbado de publicaciones. Normalmente estas técnicas no se repiten en esta sección, a menos que se hubiera facilitado información específica para esta industria. En la Tabla 20.1 se proporciona una descripción del tipo de información considerado para cada técnica.

Número de la Sección Técnica	
Herramientas de gestión medioambiental	20.1.1
Mejora medioambiental continua	20.1.2
Marcas de referencia 20.1.3	
Diseño, construcción y operación de las instalaciones	20.2
Monitorización 20.3	
Balances de masa para disolventes	20.3.1
Gestión del agua	20.4
Gestión de la energía	20.5
Gestión de las materias primas	20.6
Procesos y equipos de revestimiento	20.7
Secado 20.8	
Limpieza 20.9	
Sustitución: reducción del uso de sustancias peligrosas	20.10
Gestión de los gases residuales	20.11
Confinamiento y recogida de los gases residuales	20.11.2
Oxidación 20.11.4	
Condensación 20.11.5	
Absorción 20.11.6	
Gestión de las aguas residuales	20.12
Minimización y tratamiento de los residuos	20.13
Recuperación de los disolventes usados del proceso	20.13.1
Reducción del polvo	20.14
Reducción de olores	20.15
Reducción acústica	20.16

Tabla 2.42: Referencia a las técnicas aplicables a nivel general al sector

2.4.3.1 Tintas base disolvente convencionales

Descripción: Las tintas convencionales utilizadas en el huecograbado de publicaciones son a base de tolueno. Antes de su uso se diluyen considerablemente en la planta de impresión. La concentración de tolueno de la tinta lista para prensa se sitúa entre el 70 – 80 %-peso.

Beneficios medioambientales conseguidos: No se ha facilitado información.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: Cuando se utilizan altas velocidades de prensa es posible recuperar los disolventes.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Mayor estabilidad del proceso. El destinte del papel impreso para el reciclaje resulta más sencillo.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [18, UBA Alemania, 2003] [128, TWG, 2005].

2.4.3.2 Sustitutos para las tintas base disolventes convencionales

2.4.3.2.1 Alternativas al agua

Descripción: Las tintas al agua tan sólo contienen algunos disolventes orgánicos. Las tintas al agua convencionales utilizan resinas de acidez relativamente elevada para la hidrodispersibilidad; las tintas desarrolladas más recientemente se basan en resinas de poliéster hidrodispersables (estas últimas no necesitan agentes de neutralización como amoníaco o aminas para conservar sus propiedades de dispersibilidad).

Beneficios medioambientales conseguidos: Las tintas utilizadas actualmente están basadas en tolueno y en teoría es posible conseguir enormes reducciones del uso de esta sustancia. Sin embargo, todas las plantas de impresión de publicaciones están equipadas con sistemas de tratamiento de gases residuales, con lo que las emisiones de tolueno ya se han reducido significativamente. Un estudio del ciclo de vida (LCA) efectuado en Alemania no ha ofrecido ningunos resultados que permitan considerar las tintas de huecograbado al agua como una solución de tecnología más limpia para las plantas ya existentes, sino más bien lo contrario.

La limpieza de las tintas al agua puede efectuarse con agua. Sin embargo, si la tinta o el barniz se secan, es necesario utilizar disolventes.

Efectos de cruce de medios: El consumo de energía del secado forzado de la tinta al agua es más

elevado y se genera una mayor cantidad de residuos.

El destinte de los residuos y productos de papel es un proceso complicado en las plantas de destinte normales, lo que supone un obstáculo para el reciclaje de los productos.

Datos operacionales: La calidad de impresión con tintas al agua es inferior a la de las tintas convencionales.

Aplicabilidad: No se utilizan en los procesos de impresión por huecograbado de publicaciones debido a problemas de índole práctica.

Aspectos económicos: El cambio del uso de tintas base disolvente a tintas al agua implica costes elevados. En el caso de las plantas o las prensas de nueva construcción, los costes de la inversión para la aplicación de tintas al agua son más o menos similares a los de las tintas base disolvente.

El coste de la retroinstalación de una prensa de huecograbado de publicaciones es de 1 millón de EUR. Al comienzo, los costes operativos son un 20% más elevados que en el caso de la impresión convencional, debido al período de aprendizaje. En último término, no obstante, los costes serán más o menos similares.

Además, la productividad tan sólo alcanza el 70% de la productividad normal, debido a las menores velocidades de prensa y a problemas de impresión con las anchuras de bobina más grandes.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: RotoSmeets, Deventer, Holanda, es una de las varias plantas de huecograbado de publicaciones que ha efectuado experimentos con el uso de tintas al agua, sin conseguir resultados aceptables.

Literatura de referencia: [21, Consejo Nórdico de Ministros, 1998] [4, Intergraf y EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000] [35, Aminal et al., 2002] [53, US EPA et al., 2003, 76, TWG, 2004].

2.4.3.2.2 Uso de las tintas de retención

Descripción: En las tintas de retención, la formación de una película sobre la superficie de la tinta se retarda mediante una receta modificada, lo que permite la evaporación del tolueno durante un período de tiempo más prolongado. Esto permite expulsar un mayor porcentaje del contenido de tolueno directamente a la unidad de secado de tinta, que puede capturarse. El producto tendrá un contenido de tolueno menor.

Beneficios medioambientales conseguidos: Es posible reducir la carga de tolueno remanente en el producto, medida directamente en el área de entrega de la prensa, en un 30 – 50%.

Las emisiones difusas pueden experimentar una reducción de aproximadamente el 1% de la entrada total. Esto supone una reducción del 20% de las emisiones totales de una planta de huecograbado de

buenas prácticas (en la que las emisiones totales corresponden al 5 – 6% de la entrada total, incluyendo el tratamiento de aguas residuales: la entrada utilizada para el cálculo corresponde a la definición de este término indicada en el SED) [18, UBA Alemania, 2003].

Estos beneficios tan sólo pueden conseguirse cuando las plantas están equipadas con sistemas de extracción y tratamiento de los gases residuales de las secadoras.

Efectos de cruce de medios: Cuando se utiliza la absorción, se informa de que es necesaria una mayor cantidad de energía para desorber la mayor carga de tolueno producida en las secadoras.

El destinte de los residuos y productos de papel es un proceso complicado en las plantas de destinte normales, lo que supone un obstáculo para el reciclaje de los productos.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Aplicable a todos los procesos de huecograbado de publicaciones, excepto cuando es necesario el uso de tintas especiales para las que no se dispone de una tinta de retención equivalente.

En la UE-15, el 70% de las tintas de huecograbado de publicaciones utilizadas actualmente son tintas de retención, mientras que en Alemania esta cifra es del 100%.

Aspectos económicos: El precio de las tintas de retención es el mismo que el de las tintas convencionales. Sin embargo, se necesita una cantidad de tinta menor (si bien este hecho no constituye una técnica de reducción del consumo de tinta).

El ahorro por cada kg de tolueno recuperado es de aproximadamente 0,50 EUR.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Menor cantidad de tolueno en el producto final.

Ejemplos de plantas: Un gran número de plantas en toda Europa.

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999] [18, UBA Alemania, 2003] [35, Aminal et al., 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.3.3 Tratamiento de gases residuales

2.4.3.3.1 Incremento de la temperatura en la sala de prensas

Descripción: Cuando más elevadas sean las temperaturas en la sala de prensas, mayor será la cantidad de tolueno que se evapore de los residuos presentes en el producto impreso. Un requisito previo para la efectividad de esta técnica es que se extraiga el aire de la sala de prensas y que el sistema de extracción esté conectado a un sistema de tratamiento de gases residuales.

Beneficios medioambientales conseguidos: Reducción de las emisiones fugitivas procedentes de los productos impresos. Se informa de una reducción aproximada de estas emisiones del 1%.

Efectos de cruce de medios: El consumo energético podría ser más elevado si la sala de prensas requiere calentamiento.

Datos operacionales: Aplicando el balance de masas de la planta de huecograbado virtual de la Sección 2.3.4.3.1, en la que las emisiones fugitivas totales eran de aproximadamente 353 t, podría conseguirse un ahorro aproximado de 3,5 t mediante la extracción adicional en la bobina de papel. Sin embargo, el contenido total de disolvente residual es de 43,3 t. Por lo tanto, todo parece indicar que la temperatura más elevada de la sala de prensas reduce el contenido de disolvente del producto en más de un 8%, si bien los ensayos efectuados en una planta de rotograbado del norte de Alemania consistentes en incrementar la temperatura de secado de 40 a 90° C no han conseguido obtener una reducción de esta magnitud.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: Posible incremento de los costes de operación. Este incremento podría compensarse mediante el ahorro que supone cada kg de tolueno recuperado (aproximadamente 0,50 EUR).

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se tiene constancia de su aplicación en la UE-15.

Literatura de referencia: [35, Aminal et al., 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

2.4.3.3.2 Incremento del tiempo de secado

Descripción: Es posible incrementar el tiempo de secado y mantener la misma velocidad aumentando la longitud de la secadora.

Beneficios medioambientales conseguidos: Un tiempo de retención más prolongado permitirá la evaporación de una mayor cantidad de tolueno en el interior de la secadora, que se enviará al

sistema de tratamiento de gases residuales.

Efectos de cruce de medios: El incremento de la capacidad de las secadoras conllevará un incremento del consumo energético. Los niveles acústicos también podrían aumentar.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Sólo resulta aplicable en el caso de las prensas de nueva construcción; la retroinstalación no es posible.

Aspectos económicos: El ahorro por cada kg de tolueno recuperado es de aproximadamente 0,50 EUR.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

2.4.3.3 Extracción discontinua de aire de las secadoras

Descripción: Cuando la prensa está en funcionamiento, el aire de las secadora se extrae y se envía al sistema de tratamiento de gases residuales (es decir, sólo el aire de las secadoras y sólo cuando la prensa está en funcionamiento). La prensa carece de cerramiento y la cantidad de aire de ventilación de las proximidades de la misma que se hace pasar por las secadoras es reducida. El aire de ventilación de la sala de prensas no se envía al sistema de tratamiento de gases residuales.

Beneficios medioambientales conseguidos: Es posible conseguir un nivel de emisiones fugitivas del 15 - 20% de la entrada total de tolueno. El aire de las secadoras tiene una alta carga de tolueno, lo que hace que la absorción de esta sustancia sea muy eficaz. Puesto que la capacidad del sistema de tratamiento de gases residuales se establece exclusivamente para el aire procedente de las secadoras, el sistema es relativamente pequeño y puede alcanzar un buen equilibrio entre la reducción de COVs y el consumo de energía.

Efectos de cruce de medios: Podrían encontrarse niveles de COV elevados tanto alrededor de la prensa como en la sala de prensas. Es necesario proporcionar ventilación adicional debido a razones de salud y seguridad ocupacional. Los niveles acústicos podrían aumentar.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Actualmente esta técnica ha quedado desfasada ya que no cumple los requisitos estipulados en el SED.

Aspectos económicos: El ahorro por cada kg de tolueno recuperado es de aproximadamente 0,50 EUR.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999, 35, Aminal et. al., 2002, 76, TWG, 2004].

2.4.3.3.4 Extracción continua de aire de las secadoras

Descripción: El aire de las secadoras se extrae y se envía al sistema de tratamiento de gases residuales tal como se ha indicado en la sección anterior. Sin embargo, el aire de la secadora no sólo se extrae cuando la prensa está en funcionamiento, sino también cuando contiene tinta, incluso si está inactiva. La prensa carece de cerramiento y la cantidad de aire de ventilación de las proximidades de la misma que se hace pasar por las secadoras es reducida. Sin embargo, esta cantidad es significativamente mayor que cuando se aplica la extracción de aire discontinua discutida en la sección anterior. El aire de ventilación de la sala de prensas no se envía al sistema de tratamiento de gases residuales.

Beneficios medioambientales conseguidos: Emisiones de tolueno inferiores a las indicadas en la Sección 2.4.3.3.3.

Efectos de cruce de medios: Los niveles acústicos podrían aumentar y se produce un incremento del consumo de energía para la recuperación y la extracción del tolueno. La concentración de tolueno del aire que se envía al sistema de tratamiento de gases residuales es reduce. Normalmente esto implica una menor eficacia de la instalación de recuperación.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: El ahorro por cada kg de tolueno recuperado es de aproximadamente 0,50 EUR. Los costes operativos son más elevados que los indicados en la Sección 2.4.3.3.3.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [76, TWG, 2004].

2.4.3.3.5 El aire encerrado de la prensa y de ventilación se dirige hacia el sistema de

tratamiento de gases residuales de forma discontinua

Descripción: Se efectúa el cerramiento completo de la prensa. El aire de ventilación del interior del recinto se extrae mediante las secadoras y se envía de manera discontinua, es decir, sólo mientras la prensa está en funcionamiento (tal como se ha indicado en la Sección 2.4.3.3.3) al sistema de tratamiento de gases residuales. Normalmente la presión es negativa en el interior del recinto con el fin de impedir que el aire escape a la sala de prensas.

Beneficios medioambientales conseguidos: Emisiones de tolueno y consumo de energía inferiores a los indicados en la Sección 2.4.3.3.4.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: El ahorro por cada kg de tolueno recuperado es de aproximadamente 0,50 EUR. Los costes de inversión son más elevados que los indicados en la Sección 2.4.3.3.4.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [76, TWG, 2004].

2.4.3.3.6 . El aire encerrado de la prensa y de ventilación se dirige hacia el sistema de tratamiento de gases residuales de forma continua

Descripción: Se efectúa el cerramiento completo de la prensa. El aire de ventilación del interior del recinto se extrae mediante las secadoras y se envía de manera continua al sistema de tratamiento de gases residuales, es decir, incluso cuando la prensa esté inactiva siempre que contenga tinta (tal como se ha indicado en la Sección 2.4.3.3.4, pero el aire de ventilación también se extrae para la recuperación). Normalmente la presión es negativa en el interior del recinto con el fin de impedir que el aire escape a la sala de prensas.

Beneficios medioambientales conseguidos: Las emisiones de tolueno totales pueden reducirse hasta el 5 – 8,5% de la entrada de tolueno total.

Efectos de cruce de medios: La concentración de tolueno del aire enviado al sistema de tratamiento de gases residuales es muy reducida. Normalmente esto implica una menor eficacia de la instalación de recuperación. Incremento del consumo de energía con respecto a lo indicado para la Sección 2.4.3.3.5.

Datos operacionales: En Holanda, todas las plantas de gran tamaño aplican esta técnica desde 1996.

Aplicabilidad: De aplicación general.

Aspectos económicos: Durante la instalación de una nueva prensa, los costes adicionales que implica el cerramiento y el envío continuo del aire cargado de disolvente a un sistema de tratamiento de gases residuales adaptado al incremento del flujo de aire ascienden a aproximadamente 500.000 EUR. Los costes operativos adicionales son de aproximadamente 100.000 EUR al año por prensa.

El ahorro que supone cada kg de tolueno recuperado es de aproximadamente 0,50 EUR.

La retroinstalación de las prensas no encapsuladas en combinación con un sistema de tratamiento de gases residuales de poca capacidad es prohibitivamente costosa.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: Dos plantas de impresión de Flandes, Bélgica, y todas las plantas holandesas relevantes.

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999] [29, Holanda, 1996, 76, TWG, 2004].

2.4.3.3.7 Extracción discontinua de aire de las prensas, las secadoras y la sala de prensas

Descripción: El aire extraído de la sala de prensas se envía al sistema de tratamiento de gases residuales, junto con el aire procedente de las secadoras y de la prensa encapsulada. Sin embargo, la extracción del aire tan sólo se efectúa cuando las prensas están en funcionamiento.

Existen instalaciones en las que el personal que controla en proceso de impresión se sitúa en salas de control independientes. En estos casos, la sala de prensas independiente en la que se ubican las máquinas puede considerarse como el encapsulado de la prensa. El aire de esta sala se extrae y se envía al sistema de tratamiento de gases residuales. Esta situación podría ser similar a la descrita en la Sección 2.4.3.3.5.

Beneficios medioambientales conseguidos: Emisiones de tolueno reducidas.

Efectos de cruce de medios: Incremento del consumo de energía como resultado de la extracción y la recuperación de tolueno.

Datos operacionales: Todas las plantas de huecograbado de publicaciones están equipadas con un sistema de tratamiento de gases residuales. Sin embargo, la capacidad del sistema existente podría

no ser suficiente para manejar también el flujo de aire procedente de la sala de prensas.

Aplicabilidad: No se ha facilitado información.

Aspectos económicos: El ahorro por cada kg de tolueno recuperado es de aproximadamente 0,50 EUR.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: No se ha facilitado información.

Literatura de referencia: [76, TWG, 2004].

2.4.3.3.8 Extracción continua de aire de las prensas, las secadoras y la sala de prensas

Descripción: El aire extraído de las secadoras y de la prensa encapsulada se envía al sistema de tratamiento de gases residuales de manera continua. Además, el aire extraído de la sala de prensas también se envía a la planta de recuperación.

Existen instalaciones en las que el personal que controla en proceso de impresión se sitúa en salas de control independientes. En estos casos, la sala de prensas independiente en la que se ubican las máquinas puede considerarse como el encapsulado de la prensa. El aire de esta sala se extrae y se envía al sistema de tratamiento de gases residuales. Esta situación podría ser similar a la descrita en la Sección 2.4.3.3.6.

Beneficios medioambientales conseguidos: Las emisiones de tolueno totales pueden reducirse hasta el 5 – 8,5% de la entrada de tolueno total.

Junto con el uso de tintas de retención, las dos plantas de impresión de Flandes, Bélgica, podrían alcanzar un nivel de emisiones del 6,5% de la entrada total.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: Todas las plantas de huecograbado de publicaciones están equipadas con un sistema de tratamiento de gases residuales. Sin embargo, la capacidad del sistema existente podría no ser suficiente para manejar también el flujo de aire procedente de la sala de prensas.

En el caso de las dos plantas de Flandes, se cree que esta técnica ofrece el balance satisfactorio de la posibilidad de reducir el nivel de emisiones hasta el 6,5% evitando un consumo de energía excesivo.

Aplicabilidad: Esta técnica es de aplicación general en las nuevas plantas. En Holanda, todas las

grandes plantas la aplican desde 1996. La reinstalación podría ser prohibitivamente costosa, ya que requiere el reemplazo casi completo del sistema de tratamiento de gases residuales y la instalación de nuevas conducciones.

Aspectos económicos: El coste adicional de la inversión, en comparación con aquellos casos en los que tan sólo se conectan las secadoras al sistema de tratamiento de gases residuales, es de aproximadamente 500.000 EUR por prensa. Los costes operativos adicionales ascienden a aproximadamente 100.000 EUR al año por prensa.

El ahorro por cada kg de tolueno recuperado es de aproximadamente 0,50 EUR.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: Dos plantas de Flandes, Bélgica, y todas las plantas holandesas de gran tamaño.

Literatura de referencia: [35, Aminal et al., 2002] [29, Holanda, 1996, 76, TWG, 2004].

2.4.3.3.9 Ventilación de bucle de aire cerrado

Descripción: El aire de escape procedente del sistema de tratamiento de gases residuales se devuelve a las secadoras o a la sala de prensas. Para ello es necesario un sistema de tratamiento de gases residuales de una capacidad muy superior a la normal. La frecuencia del ciclo de absorción/desorción es muy corta con el fin de conseguir unos niveles de tolueno muy reducidos en el flujo de aire reciclado. Antes de enviar de nuevo el flujo de aire de escape al edificio, es necesario enfriarlo.

Beneficios medioambientales conseguidos: Dependiendo del tamaño de la prensa, las emisiones totales podrían reducirse hasta 20 – 75 t/año.

Efectos de cruce de medios: La mayor frecuencia del ciclo de absorción/desorción genera una mayor cantidad de aguas residuales e implica un mayor consumo de energía. También se incrementa el consumo energético debido a la mayor capacidad del sistema de tratamiento de gases residuales. Sin embargo, la instalación de varias opciones de reducción del consumo de energía o de reutilización de la misma es una práctica habitual.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Aplicable a las nuevas prensas en combinación con un nuevo sistema de tratamiento de gases residuales. Esta técnica también es aplicable a las prensas ya existentes cuando es necesario instalar un nuevo sistema de tratamiento de gases residuales. La reinstalación de un sistema de tratamiento de gases residuales ya existente es demasiado costosa.

En una planta de Holanda, el uso de un sistema de ventilación de bucle cerrado para una prensa

nueva de tres metros, incluyendo un nuevo sistema de tratamiento de gases residuales, permitió alcanzar una reducción de las emisiones de tolueno de 75 t/año. En el caso de las dos plantas de Flandes, cuyas prensas son de menor tamaño y más lentas, la reducción podría ser de hasta 20 t/año para cada prensa, si bien esta técnica no se ha instalado en estas plantas debido a que el coste de la retroinstalación es demasiado elevado.

Aspectos económicos: Para una prensa de tres metros, los costes de inversión adicionales, además de los costes de un nuevo sistema de tratamiento de gases residuales, ascienden a 5 millones de EUR. Los costes por tonelada de las emisiones de tolueno evitadas son de aproximadamente 10.000 EUR, calculado en base a un préstamo a 10 años de plazo con un tipo de interés del 7% (1999).

El ahorro por cada kg de tolueno recuperado es de aproximadamente 0,50 EUR.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: Etten Leur, Holanda.

Literatura de referencia: [18, UBA Alemania, 2003] [35, Aminal et al., 2002] [4, Intergraf y EGF, 1999, 76, TWG, 2004].

2.4.3.3.10 Cuchillas neumáticas en la rotativa de bobina

Descripción: Las cuchillas neumáticas impiden que la bobina transporte aire cargado de disolvente fuera de las secadoras.

Beneficios medioambientales conseguidos: Reducción de las emisiones de disolvente fugitivas.

Efectos de cruce de medios: Tanto el nivel acústico como el consumo de energía podrían incrementarse.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Aplicable a los procesos de impresión de alimentación de bobina utilizando sistemas de secado de aire forzado.

Aspectos económicos: Coste relativamente reducido, incremento de los costes energéticos.

Fuerzas impulsoras de la implementación: Implementación del SED. Salud y seguridad ocupacional.

Ejemplos de plantas: esta técnica es de aplicación común en el huecograbado de publicaciones.

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999].

2.4.3.4 Limpieza en prensa de los cilindros de impresión

Descripción: La limpieza de los cilindros de impresión de las prensas de huecograbado de publicaciones se efectúa automáticamente en la prensa.

Beneficios medioambientales conseguidos: No se ha facilitado información.

Efectos de cruce de medios: No se ha facilitado información.

Datos operacionales: No se ha facilitado información.

Aplicabilidad: Sólo para las nuevas prensas.

Aspectos económicos: No se ha facilitado información.

Fuerzas impulsoras de la implementación: No se ha facilitado información.

Ejemplos de plantas: esta técnica es de aplicación común en el huecograbado de publicaciones.

Literatura de referencia: [4, Intergraf y EGF, 1999].