

## TRABAJO DE DIVULGACIÓN

# LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS GENERADAS POR LA INDUSTRIA TEXTIL

M.C. Gutiérrez\*, M. Droguet\*\*, M. Crespi\*\*\*

## 0.1. Resumen

En este trabajo se clasifican los distintos procesos textiles en 4 categorías, según la contaminación atmosférica que producen y partiendo de la base establecida por la U.S. Environmental Protection Agency: lavado de lana, acabado de la lana, procesado en seco y acabado de hilos y tejidos. Se indican los tipos más frecuentes de contaminación atmosférica producida en cada uno de estos procesos: neblinas de aceites y ácidos, vapores de disolventes, olores y polvo y fibras.

Por otra parte, se describen los principales sistemas para controlar estas emisiones: cámaras de deposición y pulverizadores de agua (scrubbers), ciclones, filtros (secos y viscosos), precipitadores electrostáticos (WESP y Dry Esp) y esterilizadores de aire. Se comparan estos sistemas de tratamiento y se indican las variables a tener en cuenta a la hora de seleccionar uno de ellos.

**Palabras clave:** Emisiones, contaminación atmosférica, aire, textil, neblinas, vapores

## 0.2. Summary: ATMOSPHERIC EMISSIONS PRODUCED BY TEXTILE INDUSTRY

In this work, the textile processes are classified in 4 categories, on the basis of the atmospheric pollution they produce and according to the U.S. EPA: wool scouring, wool finishing, dry processing and fabric and yarn finishing. The most frequent types of atmospheric contamination corresponding to each class are indicated: oils and acids haze, solvent vapours, odours and dust and lint.

Also, the main systems to control these emissions are described: deposition cameras and

water scrubbers, cyclone separators, filters (dry and viscous), electrostatic precipitators (WESP and Dry Esp) and air sterilizers. These treatment systems are compared and the variables to consider for their selection are indicated.

**Key words:** Emissions, atmospheric pollution, air, textile, haze, vapours

## 0.3. Résumé: LES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES PRODUITES PAR L'INDUSTRIE TEXTILE

Dans ce travail les processus textiles sont classés dans 4 catégories, d'après l'U.S. EPA et la pollution atmosphérique qu'ils produisent: lavage de la laine, finissage de la laine, traitement en sec et finissage de fils et tissus. Les types de pollution plus fréquents correspondant à chacun d'eux sont indiqués: brumes d'huiles et d'acides, vapeurs de solvants, odeurs et poussière et fibres.

De même, les principaux systèmes pour le contrôle de ces émissions sont décrits: caméra de déposition et scrubbers d'eau, cyclons, filtres (sec et visqueux), précipitateurs électrostatiques (WESP et Dry Esp) et stérilisateur d'air. Ces systèmes sont comparés et les variables à considérer pour leur sélection sont indiquées.

**Mots clé:** Émissions, pollution atmosphérique, air, textile, brumes, vapeurs

## 1. INTRODUCCIÓN

Las emisiones atmosféricas procedentes de los procesos textiles se clasifican en 4 categorías: neblinas de aceites (y ácidos), polvo y fibras, vapores de disolventes y olores.

Los procesos más importantes de contaminación atmosférica de la industria textil se producen generalmente durante el acabado. Los compuestos usados en el acabado textil pueden incluir aceites, grasas, disolventes, plastificantes, etc. Cuando los tejidos se termofijan, se suelen generar vapores de compuestos orgánicos de bajo peso molecular (VOCs), los cuales se pueden detectar en forma de niebla visible (la típica "niebla azul") o invisible pero con olores detectables.

En el presente estudio se indican las causas más frecuentes de la contaminación atmosférica producida por la industria textil y los principales sistemas para controlar estas emisiones.

\* M. Carmen Gutiérrez Bouzán, Dra. en Química, Investigadora de la Universidad Politécnica de Catalunya, en el Laboratorio de Control de la Contaminación Ambiental

\*\* Marta Droguet Rifà, Ing. Industrial, Lasem

\*\*\* Dr. Ing. Martí Crespi Rosell, Catedrático de la Escuela Universitaria en el Departamento de Ingeniería Textil y Papelera (U.P.C.). Jefe del Laboratorio de Control de Contaminación Ambiental, INTEXTER (U.P.C.)

## 2. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PROCESOS TEXTILES

Teniendo en cuenta su impacto ambiental, según la U.S. Environmental Protection Agency<sup>1)</sup> los procesos textiles se dividen en las categorías siguientes:

### 2.1. Lavado de la lana

Sólo produce algunas emisiones atmosféricas, poco importantes, de vapor y partículas en el secado de la lana lavada y también durante la purificación de la grasa para extraer la lanolina, a pesar de que produce efluentes líquidos con una alta DBO y una elevada proporción de residuos (aproximadamente 1,5 kg impurezas / kg de lana limpia).

### 2.2. Acabado de la lana

Incluye procesos tales como carbonizado, blanqueo, tintura, aclarado, etc. El carbonizado puede producir algunas emisiones de neblinas ácidas poco importantes. Los demás procesos se pueden considerar conjuntamente con el resto de las fibras.

### 2.3. Procesado en seco

Se clasifican dentro de este grupo los procesos de fabricación de hilo, texturado, tejeduría, etc. En algunas ocasiones se requiere un encolado previo, que es la única fuente posible de emisiones de aire conteniendo vapores y partículas. También es factible incluir dentro de este apartado el proceso de recubrimiento del reverso de alfombras con látex (en forma de espuma o no), el cual puede generar emisiones de vapor.

### 2.4. Acabado de hilos y tejidos

Esta categoría es una de las más importantes en cuanto a los efluentes y emisiones atmosféricas que se producen. Se puede subdividir en dos grupos: eliminación de impurezas (desencolado, lavado, blanqueo, mercerizado) y operaciones de acabado propiamente dichas (tintura, estampación, tratamiento con resinas, tratamientos ignífugos, hidrófugos, de repelencia la suciedad, etc.). Las operaciones concretas que se realizan varían en función del tipo de fibra y del artículo que se desea obtener.

## 3. CLASIFICACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LOS PROCESOS TEXTILES

Las emisiones generadas por los procesos textiles (excluyendo las que son propias de las calderas) proceden principalmente del acabado de alta calidad y de las máquinas de secado y condensación. En general, estas emisiones se clasifican en 4 tipos:

- neblinas de aceites y ácidos,

- vapores de disolventes,
- olores,
- polvo y fibras.

### 3.1. Neblinas de aceites y ácidos

Las neblinas de aceites se producen cuando se someten a calentamiento los artículos textiles que contienen aceites, plastificantes y otros materiales que se degradan térmicamente.

Los residuos de la preparación de fibras y sus productos de oxidación los que pueden constituir la denominada neblina azul en los procesos de tisaje.

Por otra parte, en el acabado con resinas, después del proceso de impregnación, los tejidos pasan, normalmente, por un proceso de reticulado a alta temperatura (termofijado). Aquí, se suelen generar vapores de compuestos orgánicos de bajo peso molecular (VOCs) que se pueden detectar en forma de niebla visible (la típica neblina azul o "blue haze") o bien invisible (pero con olores detectables).

La fuente más común de neblinas de aceite es la rame que puede dar lugar a emisiones de neblinas comprendidas entre 10 y 80 kg/día de aceite liberado.

Estas neblinas están formadas principalmente por pequeñas partículas o gotas de VOCs ("volatile organic compounds"), que se encuentran en suspensión en los gases. El tamaño de estas partículas suele ser inferior a 1µm. El número de partículas presentes en el gas se cuantifica midiendo la opacidad de la neblina.

En cuanto a las neblinas ácidas, son mucho menos frecuentes que las neblinas de aceite. Son corrosivas y se producen durante el carbonizado de la lana y durante algunos tipos de tintura en spray.

### 3.2. Vapores de disolventes

Los vapores de disolventes generalmente contienen un elevado número de compuestos tóxicos en concentraciones variables, dependiendo de los productos químicos empleados en las operaciones de tintura y acabado. En efecto, algunos de estos compuestos químicos son retenidos por las fibras y posteriormente, se evaporan en los secadores como VOCs aerotransportados. Como ejemplos de estos compuestos cabe destacar los siguientes: aldehídos (formaldehído, acetaldehído), ácido acético, amoníaco y sus derivados, metilnaftaleno, hexano, estireno, clorobenceno, clorometilbenceno, p-diclorobenceno, o-diclorobenceno, triclorobenceno, acetato de etilo, percloroetileno, éster metílico del ácido cresotínico, acrilatos, diisocianatos, benzoato de butilo, bifenilo, clorofluorocarbonos, etc.

La emisión de compuestos amoniacales es un problema característico del proceso de estampación, ya que estos compuestos se encuentran presentes en las pastas.

El formaldehído se genera en el secado y reticulaci3n a alta temperatura de tejidos impregnados con algunas resinas. Se puede encontrar como formaldehído libre o liberable en los tejidos acabados y desprenderse gradualmente en los almacenes de tejidos.

El 1cido ac3tico puede proceder de los tanques de almacenamiento a granel (purgas, relleno de envases,...) y en ocasiones, de la tintura y/o del secado.

### 3.3. Olores

Los problemas de olores m1s frecuentes son causados por:

- los "carriers" empleados en la tintura acuosa del poli3ster,
- el acabado con resinas, principalmente a base de formaldehído,
- las tinturas sulfurosas del algod3n y sus mezclas,
- la reducci3n del colorante con hidrosulfito,
- blanqueo con di3xido de cloro, etc.

Algunos olores se asocian con las neblinas de aceites o con los vapores de disolventes y desaparecen eliminando dichas neblinas o vapores.

Existe otra teoría seg3n la cual compuestos responsables del olor se propagan junto con las partícula de neblina. Cuando se reduce la neblina, no siempre se reduce el olor, sino que en ocasiones s3lo se reduce el vehículo que lo transporta.

### 3.4. Polvo y fibras

Se producen principalmente en la hilatura de fibras naturales y sint3ticas y en la fabricaci3n de alfombras. En menor medida, la mayoría de los

otros procesos textiles producen polvo. Aunque no es un contaminante por s3 mismo, la presencia de polvo puede interferir en la eliminaci3n de otros compuestos vol1tiles.

## 4. SISTEMAS PARA LA REDUCCI3N DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Los equipos habituales para depuraci3n del aire, clasificados seg3n su aplicaci3n de mayor a menor tamaño de las partícula, son los siguientes:

1. C1maras de deposici3n y pulverizadores de agua (scrubbers): Eliminan el polvo industrial m1s pesado y partícula de gran tamaño.

2. Ciclones: Se emplean para eliminar el polvo industrial pesado y el de tamaños m1s pequeños, hasta partícula finas como la harina.

3. Filtros: empleados para retener el polvo ligero y el polvo de la atm3sfera (apenas visible por el ojo humano) y los humos pesados.

4. Precipitadores electrost1ticos: adecuados para el polvo excepcionalmente fino, los humos ligeros y las impurezas micro-atmosféricas.

5. Esterilizadores de aire: Empleados principalmente para la eliminaci3n de bacterias.

### 4.1. C1maras de deposici3n y pulverizadores de agua (scrubbers)

Los scrubbers utilizan t3cnicas de impacto y difusi3n, as3 como la absorpci3n f3sica y qu3mica para la recogida de compuestos solubles. Son generalmente grandes c1maras donde se expande el aire canalizado cargado de polvo. El aire pierde as3 su velocidad, lo cual provoca la ca3da del polvo y las partícula de gran tamaño al final de la c1mara (figura 1).

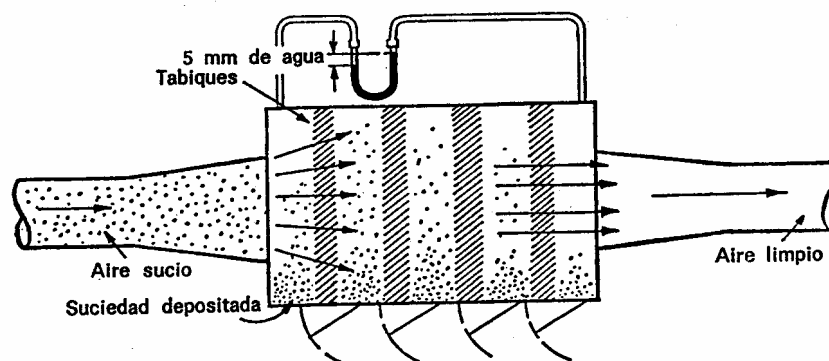


FIGURA 1: Scrubber o c1mara de deposici3n

Algunas veces, a estas c1maras se les adaptan chorros de agua pulverizada. En este caso, el vapor de agua condensa alrededor de la partícula cre1ndole un sobrepeso y arrastr1ndola

hacia el fondo, bajo la influencia del aire. Este m3todo es especialmente recomendado para lugares donde existan vapores inflamables.

## 4.2. Ciclones

El ciclón es una cámara dinámica de deposición, en la cual el aire se inyecta tangencialmente dentro de un cilindro. La fuerza centrífuga obliga al polvo a precipitarse contra la pared del cilindro. Entonces cae dentro de una tolva, la cual se vacía periódicamente.

El diseño de los ciclones varía en función del tamaño de las partículas. También pueden usarse en serie para separaciones de diferentes tamaños de partículas.

## 4.3. Filtros

Los filtros de fibra suelen estar constituidos por fibra de vidrio, poliéster o poliácrlato, de

tamaño 5-10 micras, dispuestas en forma cilíndrica. Es un sistema eficaz para la eliminación de partículas finas, según la densidad y el grosor del lecho filtrante. Para aumentar la eficacia del filtro y reducir las posibilidades de colmatación del mismo, se suele colocar previamente un scrubber. Los filtros se clasifican generalmente en dos categorías: filtros secos y filtros viscosos.

Los filtros secos tienen generalmente algún dispositivo para vaciar el polvo filtrado del interior del cilindro a un depósito situado normalmente en la base. Un segundo tipo de filtro seco consiste en varios paneles de papel o tela arrugada, que son reemplazados cuando están sucios (figura 2).

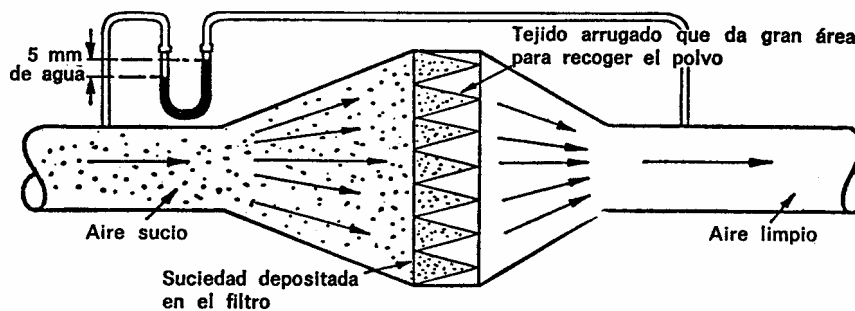


FIGURA 2: Filtro seco

Los filtros viscosos están generalmente recubiertos de un producto viscoso donde se adhieren las partículas de polvo. El filtro puede ser recambiable o regenerable. En algunos casos los filtros son de autolimpieza y poseen una banda filtrante en continuo movimiento, que pasa periódicamente a través de un baño limpiador.

partículas inferiores a  $1 \mu\text{m}$ . Se basa en el empleo de una corona de descarga eléctrica que carga las partículas en suspensión, las cuales se dirigen a los electrodos donde son recogidas (figura 3). Periódicamente, el sistema debe limpiarse. Así, este proceso consta de tres etapas: carga, recogida y eliminación.

## 4.4. Precipitadores electrostáticos

Los precipitadores electrostáticos proporcionan una alta eficacia en la captura de

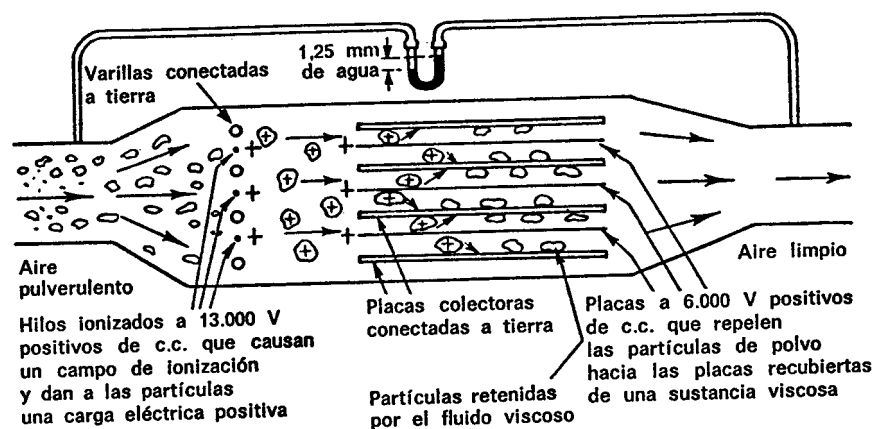


FIGURA 3: Precipitador electrostático

Existen dos tipos de precipitadores electrostáticos: secos o Dry ESP y húmedos o WESP. En los sistemas Dry ESP, los electrodos se cambian periódicamente para eliminar las partículas acumuladas, mientras que en los sistemas WESP, se utiliza un líquido (normalmente agua) que lava los electrodos en continuo.

Dentro de los sistemas WESP también cabe destacar los condensadores WESP que consisten en una combinación scrubber líquido y precipitador electrostático WESP de alto voltaje.

#### 4.5. Esterilizadores del aire

Existen varios métodos para esterilizar el aire tales como la ionización, la ozonización, la desinfección con UV, etc.

En ciertos casos, existe una clara necesidad de esterilizar el aire: principalmente en hospitales y locales públicos. Sin embargo, este proceso no suele requerirse para los fines industriales, a excepción de la industria farmacéutica.

### 5. SELECCIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Para la selección de un sistema adecuado de control de la contaminación atmosférica se deben tener en cuenta una serie de variables:

1) Distribución del tamaño de las partículas: Este es el punto más importante, ya que los equipos de separación gas-sólido dependen de factores relacionados con el tamaño de partícula tales como el peso, la fuerza centrífuga, el impacto inercial, el movimiento Browniano, etc.

2) El caudal a tratar: es fundamental saber los posibles rangos de caudal de gas.

3) Análisis químico: es esencial conocer la naturaleza exacta de los compuestos orgánicos volátiles (VOCs) a eliminar (su reactividad, punto de condensación, volatilidad, especificaciones de corrosión, etc.).

4) Temperatura del gas: normalmente, el gas que sale del proceso de termofijación tiene una temperatura entre 120 y 150°C. En estas condiciones, la mayor parte de VOCs condensan al reducir la temperatura a 45-55° (el mismo punto de saturación del gas empleado para refrigerar). A veces, es incluso necesario bajar la temperatura de condensación a 37-38°C o menos para conseguir eficacias razonables (por ejemplo, en el caso de VOCs procedentes de pastas de estampación).

5) Contenido de humedad.

6) Concentración de partículas.

### 6. COMPARACIÓN DE SISTEMAS PARA LA ELIMINACIÓN DE LAS NEBLINAS Y PARTÍCULAS PEQUEÑAS

En la industria textil el tipo de contaminación atmosférica más frecuente es el producido por partículas pequeñas. Como ya se ha descrito, existen varios métodos para capturar partículas pequeñas, todos ellos con sus limitaciones en cada situación. Los sistemas más empleados son: scrubbers, filtros de fibra o lecho de fibra, precipitadores electrostáticos secos (Dry ESP) y precipitadores electrostáticos húmedos (WESP). La tabla 1 resume las características de los principales métodos empleados para el control de la contaminación atmosférica de una planta textil.

TABLA 1

Principales tecnologías para tratar las emisiones textiles

Condiciones del proceso	Scrubber	Filtro de fibra	Wet ESP	Dry ESP
Captura de partículas >5µm	SI	SI	SI	SI
Gas húmedo	SI	SI	SI	NO
Eficacia para partículas <1µm	NO	NO	SI	SI
Partículas en forma líquida	SI	NO	SI	NO
Procesos sensibles al fuego	SI	NO	SI	NO

Los scrubbers tienen mejor rendimiento para resolver problemas de olores y eliminar compuestos solubles en agua (amoníaco, formaldehído, compuestos acrílicos...). Eliminan partículas relativamente grandes (más de 5 micras), pero no son muy eficaces en el tratamiento de las neblinas.

En algunos casos, el efluente líquido procedente del scrubber se puede reciclar, siempre que se efectúe un tratamiento para la eliminación del olor (con bases, ácidos u oxidantes).

Los filtros de fibra o lecho de fibra se emplean frecuentemente para eliminar las fibras de algodón que están en suspensión en la atmósfera. El lecho filtrante precedido de un scrubber (para el enfriamiento del gas y la eliminación de compuestos solubles) pueden ser adecuados, en plantas textiles pequeñas para condensar primero y eliminar después las partículas inferiores a 1µm, aceites y VOCs condensados que forman las neblinas. Estas sustancias se recogen en la superficie del filtro de fibra por impacto inercial, impacto directo y difusión browniana.

Los precipitadores electrostáticos secos (Dry ESP) son un sistema adecuado para la eliminación de partículas sólidas, pero menos eficaz en el caso de líquidos (tales como las neblinas de aceites). El DryESP debe usarse conjuntamente con otros equipos para capturar los VOCs y otros compuestos en los efluentes gaseosos de la industria textil. No es recomendable usar el DryESP en caso de posibles problemas de inflamabilidad.

Los precipitadores electrostáticos húmedos (WESP) pueden emplearse en aplicaciones textiles donde el gas a tratar está caliente, tiene un contenido elevado de humedad y requiere altas eficacias en la eliminación de partículas pequeñas. En una planta textil típica, el gas contaminado y caliente se refrigera de 140°C a 40-45°C y se eliminan previamente todas las partículas de tamaño mayor en un scrubber. El sistema WESP puede eliminar casi la totalidad de las partículas, a la vez que consume menos energía que los sistemas mecánicos de recogida.

## 7. CONCLUSIONES

**7.1.** Ante un problema de emisiones atmosféricas, es importante primero intentar minimizarlas. Por ejemplo, las neblinas azules se pueden minimizar reduciendo la aplicación de aceites de hilatura, de agentes de acabado sobre los tejidos y también disminuyendo el calor aplicado durante los procesos de secado.

**7.2.** También se puede reducir el coste del tratamiento reduciendo el volumen de aire a tratar. Para ello, se separa el aire de salida en un conducto de aire limpio y otro de aire contaminado. Para aplicar este método, es preciso determinar el punto de la máquina de tratamiento térmico hasta donde sólo se produce el secado de la materia textil con evaporación de agua. El aire más contaminado de la rama se separa del aire limpio con vapor de agua por medio de una válvula. Este sistema supone un notable ahorro de energía para toda la instalación. Las corrientes de aire separadas se pueden regular y tratar de forma individual.

**7.3.** Una vez optimizado el proceso, deben aplicarse los tratamientos específicos para cada caso concreto. Uno de los problemas más difíciles de tratar son las neblinas de aceites. Su eliminación se lleva a cabo, generalmente, en 4 etapas:

1. Eliminación previa de polvo y fibras.
2. Condensación de vapores, ya sea por simple contacto directo (scrubbers, torres de spray y torres pack) o bien recuperando el calor mediante intercambiadores.
3. Eliminación de las neblinas (propia-mente dicha), empleando precipitadores electrostáticos o bien filtros de fibra de alta eficacia. Cuando las neblinas de aceite contienen agua, los filtros pueden ser más eficaces que los precipitadores

electrostáticos DryESP (donde las gotas de agua pueden producir arcos y cortocircuitos), aunque los filtros de neblina pueden colmatarse. Pueden usarse también los precipitadores WESP. En algunos casos muy puntuales se puede recurrir a la incineración con recuperación de calor (en este caso, no se requiere condensación previa).

**4.** Recogida y dispersión del contaminante: Los vapores se conducen a chimeneas con una altura de dispersión adecuada. Puesto que algunas neblinas son corrosivas, el material de las conducciones y equipo de control debe seleccionarse adecuadamente.

**7.4.** Otra fuente importante de emisiones atmosféricas es la procedente de vapores de disolventes orgánicos. Dichos vapores no pueden tratarse con scrubbers, ya que su solubilidad en agua es limitada. La incineración es cara y las emisiones de la incineración también requieren un tratamiento adecuado. Las técnicas de eliminación de partículas tampoco son aplicables, puesto que los disolventes están presentes en la fase de vapor. En estos casos, la única vía efectiva para solucionar este problema es la adsorción con carbón activo del vapor y, si es posible, la recuperación del disolvente.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado por solicitud del "Departament de Medi Urbà de l'Àrea de Medi Ambient" del Ayuntamiento de Terrassa y ha contado con el soporte económico de esta entidad (convenio C-4498/2001).

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. UNEP, The textile industry and the environment, United Nations Publication. (1994).
2. Zacharia J., Elimination of gaseous emissions from textile wet processing – various abatement technologies. *Colourage*, 15-17 (2000)
3. Giavazzi, P., Control de la contaminación atmosférica en una empresa textil, *Revista de Química Textil*, **147**, 28-32 (2000).
4. Ray I., Air-pollution control: ready for the 21<sup>st</sup> century, *Textile Maintenance & Engineering*, 4-9 (1998).
5. Frieberg H., Economy versus ecology: exhaust air cleaning in textile finishing lines, *American Dyestuff Reporter*, 23-27 (1998).
6. Flatschacher A., La problemática del aire de escape en el acabado textil. *Tintorería/Acabado/Estampado*, **4**, 30-21 (1997).
7. Steinsvaag D., Smoke abatement for textile finishers. *American Dyestuff Reporter*, 44-46 (1992).
8. Frieberg H., Posibilidades y tendencias en la depuración del aire de escape en las máquinas textiles, *Tintorería/Acabado/Estampado*, **3**, 5-20 (1992).

9. Watson J. Textiles and the environment. United Kingdom: The Economist Intelligence Unit (1991).
10. Departament de Medi Ambient. La qualitat ambiental al sector tèxtil. Generalitat de Catalunya, fitxa 2.
11. Woods. Guía práctica de la ventilación Barcelona Madrid Blume, 334 (1970).