

**12**

**REDUCCIÓN  
DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS  
INDUSTRIALES**

**DOCUMENTOS  
COTEC SOBRE  
NECESIDADES  
TECNOLÓGICAS**

Primera edición:  
Marzo, 2000

Depósito legal: M. 15.767-2000

Imprime:  
Gráficas Arias Montano, S.A.

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>Presentación</b> .....                                    | 5  |
| <b>1. Introducción</b> .....                                 | 9  |
| <b>2. Marco legislativo</b> .....                            | 11 |
| 2.1. Legislación aplicable .....                             | 12 |
| 2.2. Legislación sectorial .....                             | 14 |
| 2.3. Grandes instalaciones de combustión .....               | 14 |
| 2.4. Otras instalaciones industriales.....                   | 18 |
| 2.5. Tecnologías medioambientales (TMA) .....                | 18 |
| 2.6. Mejores técnicas disponibles (MTD) .....                | 20 |
| 2.7. Valor límite de emisión (VLE) .....                     | 21 |
| 2.8. TMA recomendadas para SO <sub>2</sub> .....             | 24 |
| 2.9. TMA recomendadas para NO <sub>x</sub> .....             | 27 |
| 2.10. TMA recomendadas para COV .....                        | 29 |
| 2.11. TMA para otras emisiones .....                         | 32 |
| 2.12. Incentivación económica de las TMA .....               | 34 |
| <b>3. Necesidades tecnológicas</b> .....                     | 37 |
| 3.1. Análisis de la situación internacional y nacional ..... | 37 |
| 3.1.1. Situación europea .....                               | 37 |
| 3.1.2. Situación internacional .....                         | 38 |
| 3.1.3. Situación nacional .....                              | 39 |
| 3.2. Análisis por sectores industriales .....                | 42 |
| 3.2.1. Instalaciones de combustión .....                     | 42 |
| 3.2.2. Siderurgia y metalurgia .....                         | 46 |
| 3.2.3. Industria de productos minerales .....                | 48 |
| 3.2.4. Industrias de la madera .....                         | 51 |
| 3.2.5. Refinerías de petróleo e industria petroquímica ..... | 53 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| 3.2.6.        | Otras actividades industriales .....   | 56  |
| 3.2.7.        | Pérdidas por evaporación .....   | 57  |
| <b>4.</b>     | <b>Tecnologías disponibles</b> .....   | 61  |
| 4.1.          | Técnicas de corrección (TC) .....  | 61  |
| 4.2.          | Tecnologías limpias (TL) .....   | 64  |
| <b>5.</b>     | <b>Planes de actuaciones</b> .....   | 67  |
| 5.1.          | Programas sectoriales, corporativos e individuales .....   | 67  |
| 5.2.          | Planes de saneamiento atmosférico .....  | 68  |
| 5.3.          | Planes y programas nacionales .....  | 72  |
| 5.4.          | Programas internacionales .....  | 74  |
| <b>6.</b>     | <b>Ayudas para actuaciones</b> .....   | 77  |
| 6.1.          | Ayudas técnicas .....  | 78  |
| 6.2.          | Ayudas económicas .....  | 84  |
| 6.2.1.        | Fuentes de financiación UE .....   | 86  |
| 6.2.2.        | Fuentes de financiación nacionales ..  | 90  |
| 6.3.          | Otras ayudas internacionales .....   | 94  |
| <b>7.</b>     | <b>A modo de resumen</b> .....   | 95  |
| <b>Anexos</b> | .....  | 101 |
| Anexo I.      | Relación de contaminantes según actividades industriales considerados en el Decreto 833/1975 .....                 | 101 |
| Anexo II.     | Actividades industriales contempladas en la Directiva de Prevención y Control Integrados de la Contaminación ..... | 104 |
| Anexo III.    | Direcciones electrónicas de interés....  | 106 |
| Anexo IV.     | Información en Internet .....  | 111 |

## **PRESENTACIÓN**

La Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica en cumplimiento con su objetivo de contribuir al desarrollo tecnológico del sistema productivo español, organiza regularmente sesiones para la identificación de necesidades tecnológicas en sectores diversos.

Con estas sesiones se trata de conocer las amenazas y las oportunidades de carácter tecnológico con que se enfrenta un sector industrial determinado, así como las principales líneas de I+D que permitan mejorar la competitividad de ese sector.

En ellas, la Fundación Cotec reúne a grupos restringidos de expertos de la industria y a investigadores de centros de I+D, especialmente cualificados dentro del sector, para que analicen la situación tecnológica del mismo, e identifiquen sus necesidades tecnológicas más prioritarias para hacer frente a las exigencias del mercado. Asimismo, el conocimiento que unos y otros tienen de la comunidad científica española les faculta para inventariar la capacidad de I+D que puede incidir sobre el sector.

En esta ocasión, la Fundación Cotec ofrece el resultado de la sesión dedicada a la reducción de emisiones atmosféricas industriales, que tuvo lugar en Madrid el día 9 de diciembre de 1999, en la sede de Cotec. Este documento

es, de hecho, la continuación al n.º 10 de esta colección referido a las aguas residuales industriales.

La sesión contó con la colaboración de un equipo de investigadores y expertos empresariales coordinados por D. Álvaro Feal Veira, Consultor en Medio Ambiente, quien preparó y coordinó el material de esta publicación.

La Fundación Cotec quiere dejar constancia de su agradecimiento al coordinador y a los demás participantes en la sesión, sin cuyas numerosas aportaciones este documento no hubiera tenido su actual enfoque.

## **Participantes en la Sesión Cotec sobre Reducción de Emisiones Atmosféricas Industriales**

- D. José Andrés Martínez  
REPSOL.
- Dña. Rosa Arce.  
ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL (EOI).
- D. José Luis Ballesteros Moreno.  
UNESA.
- Dña. Ángeles Cristóbal.  
MIMAM.
- D. Fernando Fuertes Bodelón.  
Consultor en Derecho Ambiental.
- D. Ángel Lagares.  
UNIÓN FENOSA.
- D. Jesús de Marcos Peñalba.  
REVISTA ENERGÍA.
- D. Antonio Nieto Civicos.  
SERCOBE.
- D. Pedro la Pezuela Pinto.  
INGENIERÍA QUÍMICA.
- D. Enrique Riera.  
INSTITUTO DE ACÚSTICA. CSIC.
- Dña. Encarnación Rodríguez Hurtado.  
ETSI INDUSTRIALES, Madrid.
- D. Luis Enrique San José.  
CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL (CDTI).

- D. Manuel Zahera.  
FUNDACIÓN COTEC.
- D. Carlos Zapata Revilla.  
ABOGADOS & INGENIEROS ASESORES

**Coordinador:**

- D. Álvaro Feal.  
Consultor.





## **INTRODUCCIÓN**

El presente documento responde a un encargo de COTEC dentro de su línea de edición de publicaciones con la denominación genérica de Necesidades Tecnológicas.

El objeto del mismo está constituido por las emisiones atmosféricas (o emisiones al aire ambiente, potenciales productoras de contaminación atmosférica) de las instalaciones industriales. La finalidad perseguida es fundamentalmente la definición de:

- a) Necesidades tecnológicas para la reducción de tales emisiones atmosféricas ante la satisfacción de los requerimientos ambientales, ya sean legales o puramente sociales en algunos casos.
- b) Grado de desarrollo de las anteriores tecnologías alcanzado en el ámbito nacional de modo que, con su determinación, se puedan evaluar las carencias que se han cubierto y proponer líneas de acción recomendables para ese fin.
- c) Potenciales actuaciones ante la reducción de las emisiones atmosféricas.
- d) Posibles ayudas en lo técnico y en lo económico.



# 2

## MARCO LEGISLATIVO

El análisis que seguidamente se realiza contempla la normativa existente aplicable sobre las instalaciones industriales en general y su particularización según sectores industriales y según la naturaleza específica de los contaminantes emitidos, como convencionalmente suele realizarse. Quedan excluidas de este análisis las disposiciones relativas a reducciones de emisiones con potenciales incidencias globales no ya sólo como contaminación transfronteriza, sino también mundialmente, como son las concernientes al cambio climático y a la destrucción de la capa de ozono estratosférica, que pueden merecer la elaboración de otro documento similar al presente.

Se excluyen también, no por menor importancia sino por una relación menos directa con las emisiones atmosféricas industriales según convencionalmente se consideran como tales, las relativas a niveles de inmisión, como la de próxima transposición en el ámbito nacional de la Directiva 96/62/CE de calidad del aire troposférico, dado que su relación no es tan directa con los niveles de emisión; y otra normativa más general, como pudiera ser la correspondiente a sistemas de gestión medioambiental.

Por otra parte, la legislación nacional existente sobre incineración de residuos peligrosos, tema que suele conllevar un tratamiento específico, es la constituida por el Real Decreto 1217/1997 relativo a la misma. Este Real Decreto

modifica el anterior RD 1088/1992 referente a la incineración de residuos municipales, y representa la transposición a la legislación nacional de la Directiva comunitaria 94/67/CEE. Son apartados fundamentales incluidos en el mismo: definición de residuos peligrosos; requisitos para condiciones de funcionamiento; valores límite de emisión (VLE); y disposición adicional relativa a los VLE cuando se incineran residuos con contenidos de sustancias orgánicas halogenadas superiores al 1%.

## 2.1. LEGISLACIÓN APLICABLE

El marco legislativo nacional incluye a las fuentes de normativa sobre emisiones siguientes:

- *Legislación de la Unión Europea (UE)*, particularmente a través de sus Directivas, como son:
  - Directiva 84/360/CEE de lucha contra la contaminación atmosférica de las instalaciones industriales<sup>1</sup>. Es la precursora de la Directiva de Prevención y Control Integrados de la Contaminación a la que se hace referencia a continuación.
  - Directiva 88/609/CEE sobre emisiones de grandes instalaciones de combustión<sup>2</sup>.
  - Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y control integrados de la contaminación, (PCIC)<sup>3</sup>.
- *Legislación nacional*. Constituyen hitos de la misma:
  - Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico<sup>4</sup>.
  - Decreto 833/1975, de desarrollo de la anterior Ley<sup>5</sup>.

Actualmente la fuente fundamental de la normativa nacional es la transposición de las correspondientes Directivas comunitarias; así, por ejemplo, el Real Decreto 646/1991, para grandes instalaciones de combustión<sup>6</sup>, que representa el traslado de la Directiva 88/609/CEE de la misma denominación, o el pendiente y previsto próximo traslado de la Directiva PCIC.

- *Legislación de las Comunidades Autónomas (CCAA)*. De acuerdo con el artículo 149 de la Constitución Española, referente a competencias exclusivas del Estado, entre éstas figura la legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las CCAA para establecer normas adicionales de protección. Este principio se incorpora dentro de diversos Estatutos de Autonomía existentes para distintas CCAA, donde se les atribuye la competencia, a veces en exclusiva, del desarrollo de la legislación básica, pudiendo mejorar y completar el marco normativo general establecido por el Estado. Así, por ejemplo, lo contemplan los artículos 27.10 y 28.1 de la reciente modificación del Estatuto de Autonomía de la Comunidad de Madrid, Ley Orgánica 5/1998<sup>7</sup>.
- *Legislación internacional*. Es la correspondiente a compromisos internacionales asumidos por el Estado, como lo es para la contaminación atmosférica transfronteriza el correspondiente Convenio de Ginebra de las Naciones Unidas (ONU), 1979, del que se han ramificado protocolos internacionales, de especial aplicación para el tema que se analiza y cuyas directrices no deja de seguir la UE, como son:
  - Para las emisiones de azufre: Protocolo de Oslo, 1994<sup>8</sup>.
  - Para las emisiones de NO<sub>x</sub>: Protocolo de Sofía, 1988<sup>9, 10, 11</sup>.
  - Para las emisiones de COV: Protocolo de Ginebra, 1991<sup>12</sup>.

En desarrollo se encuentra el Protocolo de Goteburgo, 1999, para abatir la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico, contemplando, además de las anteriores emisiones, las de NH<sub>3</sub>, y no sólo niveles de emisión, sino también techos de emisiones globales para el año 2010 para cada una de las partes firmantes, y teniendo en consideración acciones multiefecto por la concurrencia de contaminantes y cargas críticas según las particulares con-

diciones de las diferentes zonas geográficas. Hay otro reciente Protocolo, Aarhus 1998, de metales pesados, al que se aludirá posteriormente.

## **2.2. LEGISLACIÓN SECTORIAL**

La normativa existente puede desagregarse en lo que cabe denominar como legislación sectorial:

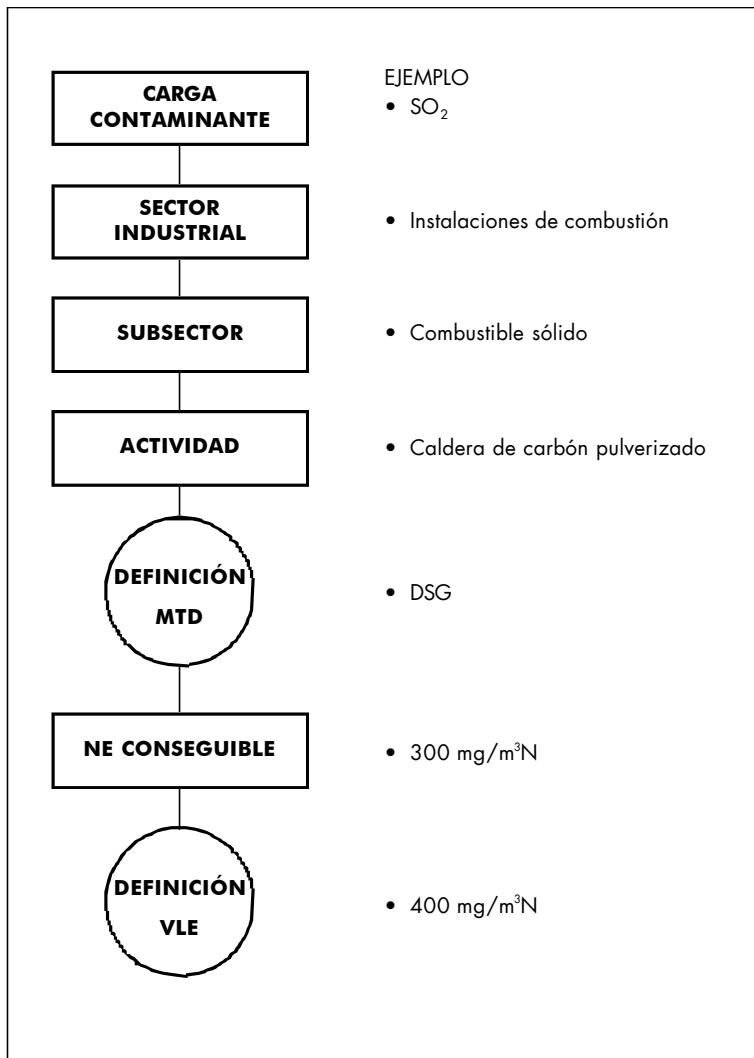
- Por razón de la actividad, sector industrial y tipo de actividad de que se trate; así, por ejemplo, siderurgia y baterías de coque.
- Por razón del contaminante: partículas (PS),  $SO_2$ , óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros.

De acuerdo con estas desagregaciones se suscitan unas tecnologías medioambientales, (TMA), para la prevención y corrección de las emisiones potencialmente contaminantes, entre las cuales se determinan aquellas reconocidas como mejores técnicas disponibles, (MTD) (BAT, *best available technology*, en su acepción inglesa) y se definen valores límite de emisión, (VLE), en un proceso que se esquematiza según fig. 2.1. A estos aspectos se alude en los apartados que siguen a continuación.

## **2.3. GRANDES INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN**

Se aplica a esta actividad industrial el Real Decreto 646/1991 <sup>6</sup> de emisiones de grandes instalaciones de combustión (GIC). Se define en el mismo como instalación de combustión, (IC) cualquier dispositivo técnico en el que se oxiden productos combustibles a fin de utilizar el calor producido de esta manera (art. 2); y por GIC aquellas instalaciones de combustión con potencia térmica igual o superior a 50 MW.

**FIG.2.1. Esquema de vía de definición de los VLE.**



MTD: Mejor Tecnología Disponible.

DSG: Desulfuración de Gases.

NE: Nivel de Emisión.

VLE: Valor Límite de Emisión.

No se aplica este Real Decreto (RD) a:

- Instalaciones que usen de manera directa el producto de combustión en procesos de fabricación: tratamientos térmicos, secado y otros.
- Instalaciones de postcombustión de gases residuales (gases de escape).
- Instalaciones accionadas por motor diesel o por turbinas de gas.

Este RD 646/1991 implica una modificación parcial del Decreto 833/1975 (que establece en el ámbito nacional los valores límite de emisión de contaminantes a la atmósfera para las principales actividades industriales potencialmente contaminadoras de la atmósfera), en cuanto a las emisiones de las GIC nuevas, que incide principal y directamente sobre las centrales térmicas y, en menor medida, en otros sectores industriales como las refinerías.

El mismo Real Decreto fija para instalaciones existentes (IE) (autorizadas antes del 1 de julio de 1987) unos topes (en kt de contaminante emitido) y objetivos de reducción (en % de contaminación reducida) de las emisiones, según un Programa de Reducción de Emisiones (PRE), particularizado para cada Estado miembro de la UE y por contaminante ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ). Así, para España, tales topes y objetivos para las fases finales del PRE son:

- Para  $\text{SO}_2$ : 1440 kt, significando un 50% de reducción sobre las emisiones ajustadas de 1980 (en la fase 3, final año 2003).
- Para  $\text{NO}_x$ : 277 kt, equivalente a un 40% de reducción sobre emisiones ajustadas de 1980 (para la fase 2, final año 1998).

En el caso de instalaciones nuevas (IN), de autorización posterior a la fecha reseñada para las IE, el RD fija los límites específicos de emisión recogidos en la siguiente tabla 2.1.



**TABLA 2.1. VALORES LÍMITE DE EMISIÓN (en mg/m<sup>3</sup>N)  
PARA GRANDES INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN (GIC).**

| CONTAMINANTE    | TIPO DE COMBUSTIBLE |              |           |
|-----------------|---------------------|--------------|-----------|
|                 | Sólido              | Líquido      | Gas       |
| SO <sub>2</sub> | 400-2000 (a)        | 400-1700 (b) | 5-800 (c) |
| NO <sub>x</sub> | 650-1300 (d)        | 450          | 350       |
| Partículas      | 50-100 (e)          | 50           | 5-50 (f)  |

(a): Desde 2000 mg/m<sup>3</sup>N para 50 MW, según modificación por RD 1800/1995<sup>13</sup>, a 400 mg/m<sup>3</sup>N para 500 MW y potencia térmica superior.

(b): 1700 mg/m<sup>3</sup>N desde 50 MW a 300 MW; 400 mg/m<sup>3</sup>N para 500 MW y superior.

(c): 5 mg/m<sup>3</sup>N para gas licuado; 800 mg/m<sup>3</sup>N para gases de bajo poder calorífico procedentes de gasificación de residuos de refinería, gas de hornos de coque, gas de altos hornos; y 35 mg/m<sup>3</sup>N, en general (en otros casos).

(d): 1300 mg/m<sup>3</sup>N si el contenido del carbón en materia volátil es inferior al 10%.

(e): 50 mg/m<sup>3</sup>N para más de 50 MW; 100 mg/m<sup>3</sup>N para el resto.

(f): 5 mg/m<sup>3</sup>N en general; 10 mg/m<sup>3</sup>N para altos hornos; 50 mg/m<sup>3</sup>N para gases de la industria siderúrgica con otros usos.

En el caso del SO<sub>2</sub>, las instalaciones nuevas (IN), quemando combustibles sólidos nacionales, cuando el VLE no pueda respetarse sin recurrir a tecnología excesivamente costosa, debido a las características diferenciales del combustible, se pueden acoger al procedimiento de tasa o índice de desulfuración (IDS). Este IDS se da en tanto por ciento del azufre separado respecto al contenido en el combustible, y va desde el 40% en las potencias inferiores, hasta unos 170 MW, al 90% para 500 MW y potencias superiores.

Este RD 646/1991 ha sufrido una ligera modificación por el RD 1800/1995<sup>13</sup> consistente en:

- VLE de SO<sub>2</sub> para combustibles sólidos para potencias entre 50 MW y 100 MW.
- Nivel de emisiones del conjunto de instalaciones de combustión para una refinería de petróleo, media ponderada de todas sus unidades de combustión: 3400 mg/m<sup>3</sup>N en el año 1998; 1700 mg/m<sup>3</sup>N para el año 2003.

Además, las emisiones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> de las GIC son contempladas de manera especial en los Protocolos de los con-

venios de las Naciones Unidas sobre contaminación transfronteriza, a los que se aludirá posteriormente.

También, la Directiva PCIC (Prevención y Control Integrado de la Contaminación) contempla, en el primer apartado de su Catálogo de Actividades Industriales, las Instalaciones de Combustión incluyendo dentro de las mismas:

- Instalaciones de combustión de potencia térmica superior a 50 MW.
- Refinerías de petróleo y de gas.
- Coquerías.
- Instalaciones de gasificación y licuefacción del carbón.

## **2.4. OTRAS INSTALACIONES INDUSTRIALES**

En el ámbito nacional, la legislación aplicable respecto a valores límite de emisión (VLE), para actividades industriales se encuentra en el Decreto 833/1975<sup>4</sup>, de desarrollo de la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico, con la modificación referida anteriormente en lo que concierne a grandes instalaciones de combustión (GIC).

El Decreto 833/1975 incorpora un catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, en grupos A, B y C según su importancia relativa. Señala valores límite de emisión para instalaciones existentes, para instalaciones nuevas e incluso, lo que era en el momento de su publicación, una Previsión 1980. De acuerdo con ello, son VLE aplicables los fijados para los sectores industriales y actividades particularizadas dentro de cada uno de ellos; y contaminantes correspondientes los que se recogen en el anexo I de este documento.

## **2.5. TECNOLOGÍAS MEDIOAMBIENTALES**

Para la reducción de emisiones atmosféricas industriales se disponen de tecnologías medioambientales (TMA),

algunas implantadas ya comercialmente y otras en desarrollo, que se podrían catalogar en dos grandes bloques como:

- *TL (tecnologías limpias)*: Actúan sobre el proceso o sobre las materias primas; por ello, a veces, se denominan también como medidas primarias.
- *TC (tecnologías de corrección)*: Actúan sobre las emisiones propiamente dichas; sobre los gases de escape o residuales (medidas secundarias; sin que ello signifique menos importantes).

La recomendación de TMA según sectores de actividad y tipo de contaminante se encuentra inserta en la legislación aplicable como la hasta aquí comentada. Así, en el Decreto 833/1975, se recogen las siguientes actuaciones o tecnologías recomendadas:

- *En la siderurgia*:
  - En la preparación y aglomeración de minerales, y para la emisión de PS: disminuir la altura de caída en las operaciones de carga y descarga; proteger las cintas transportadoras de la acción del viento; instalaciones de rociado de agua, incluso utilizando productos que aumenten la tensión superficial.
  - En la fabricación de arrabio, en alto horno, y para la emisión de gas que no se utilice como combustible y sea necesario lanzarlo al exterior: antorchas.
- *En las refinerías de petróleo*:
  - Para los tanques de almacenamiento de hidrocarburos volátiles y ante la emisión de COV, se deberán dotar de techos flotantes (TL) o de sistemas de recuperación de vapores (TC).

La recomendación de TMA, a efectos orientativos y con indicación de las características de las mismas, se encuentra profusamente desarrollada en los protocolos de los convenios de las Naciones Unidas sobre contaminación atmosférica transfronteriza, ya anteriormente referenciados. Estas recomendaciones se comentarán seguidamente en los apartados de detalle por tipo de contaminante.

## 2.6. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD)

El concepto de mejores técnicas disponibles (MTD) ya se incluía dentro de las disposiciones del D 833/1975; así, en su art. 49, se señala que, cuando las circunstancias lo aconsejen y resulten directa y gravemente perjudicadas personas o bienes o se rebasen los niveles de inmisión, se deberá exigir la adopción de los mejores medios prácticos disponibles para la reducción de las emisiones o mejora de su dispersión.

Dado que la Orden MINER de 18 de octubre de 1976<sup>15</sup>, que regula la instalación y funcionamiento de las actividades industriales incluidas en el anterior Decreto, exige un libro-registro donde, entre otras características de los sistemas de depuración medioambiental, se han de señalar sus rendimientos y horas de funcionamiento, de su análisis se pueden deducir conclusiones respecto a MTD para distintas actividades industriales en operación y diferentes contaminantes emitidos.

El principio de adopción de las MTD se halla recogido también en los protocolos de las Naciones Unidas aludidos. Así, por ejemplo, el correspondiente a las reducciones de las emisiones de azufre, Oslo 1994, expresa en su art. 2.2.4: «Las Partes, para reducir sus emisiones, harán uso de las medidas más efectivas y apropiadas, de acuerdo con sus circunstancias particulares, aplicándolas a las fuentes nuevas y a las existentes y utilizando para ello las orientaciones proporcionadas en el anexo IV» (anexo de dicho Protocolo).

La Directiva PCIC, también ya referenciada, en su art. 2. *Definiciones*, define como MTD, mejores técnicas disponibles, las técnicas que demuestren capacidad práctica para constituir la base de los valores límite de emisión, VLE. Entendiendo por «disponibles»: técnicas 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 acceder a ellas a costes razonables; y «mejores» como técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel en general de protección del medio ambiente en su conjunto.

Como aspectos que hay que tener en cuenta para la determinación de MTD, esta misma Directiva PCIC, recoge los siguientes en su anexo IV:

1. Producción de pocos residuos.
2. Uso de sustancias menos peligrosas.
3. Recuperación y reciclado de sustancias de proceso.
4. Referencias comparables con resultados positivos a escala industrial.
5. Avance técnico y conocimiento científico.
6. Carácter, efectos y volumen de las emisiones de que se trate.
7. Fechas de entrada en funcionamiento.
8. Plazos requeridos para su instalación.
9. Naturaleza y consumo de las materias primas (incluida el agua).
10. Necesidad de prevenir el impacto de las emisiones.
11. Necesidad de prevenir cualquier riesgo de accidente.
12. Información publicada por la Comisión o por organismos internacionales.

## **2.7. VALOR LÍMITE DE EMISIÓN (VLE)**

Se entiende por valor límite de emisión (VLE) la cantidad admisible de una sustancia contenida en los gases residuales (o gases de escape) de la instalación industrial de que se trate, para su expulsión a la atmósfera. Se suele determinar en masa por unidad de volumen de gases residuales y expresar, por ello, como  $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$  (metro cúbico normal, N), o unidad de masa inferior si es el caso, entendiendo por  $\text{m}^3\text{N}$  el volumen de gas referido a condiciones normales de

temperatura (°C) y de presión (760 mm Hg). En el caso del RD 646/1991, para GIC, hay que considerar además los contenidos de vapor de agua y de oxígeno, y además para este último contenido el tipo de combustible. También pueden venir dadas las normas de emisión, lo que ocurre en ciertos casos, en forma de masa contaminante por unidad de producto u otras expresiones equivalentes. El VLE se confunde, a veces, en su denominación con el nivel de emisión (NE); en sentido estricto, el primero es el requerido por norma legal y el segundo se refiere en ocasiones como el realmente emitido en condiciones de operación, aunque para que no hubiese dudas en este último caso cabría denominarlo simplemente como valor de emisión (VE), aunque no resulta expresión tan usual como las anteriores.

El Decreto 833/1975, pionero en el ámbito nacional en señalar los VLE para emisiones atmosféricas de instalaciones industriales, indica que tales valores límite de emisión no han de ser uniformes para todas ellas, sino dependientes de los procesos; provisionales, en función de los avances de la tecnología anticontaminación (las que se han denominado como tecnologías medioambientales, TMA); y proporcionar distinto trato a instalaciones nuevas y a instalaciones existentes. Además, en ciertos casos, se podrán establecer niveles más estrictos (art. 45.2: por el Gobierno, a propuesta del Ministerio competente por razón de la actividad; art. 49, ya anteriormente citado, cuando las circunstancias lo aconsejen).

La capacidad de que las MTD puedan definir los VLE ya se ha incorporado a la legislación desarrollada por las Comunidades Autónomas. Cataluña, en su Ley 6/1996 de Protección del Ambiente Atmosférico<sup>16</sup>, que modifica anterior en el mismo sentido, en su art. 13bis.1, expresa que para establecer los niveles de emisión deberá tenerse, entre otros, el principio de tomar como referencia el nivel de la tecnología disponible más adecuada, si es que puede ser aplicada por el sector industrial correspondiente en condiciones económicas viables.

El mismo principio está presente en los protocolos internacionales. Así, el de Sofía 1988, de lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno, señala en su art. 2.2.: «Las Partes aplicarán normas nacionales de emisión fundadas en las mejores tecnologías aplicables y económicamente aceptables, teniendo en cuenta el anexo técnico» (que incorpora el mismo Protocolo). Redacción similar se presenta en el de Ginebra, 1991, de emisiones de COV, en su art. 2.3, dentro de *Obligaciones fundamentales*: «Las Partes aplicarán a las nuevas fuentes fijas normas nacionales o internacionales basadas en las mejores técnicas disponibles que sean económicamente viables, teniendo en cuenta el anexo II» (de Medidas de reducción de emisiones, incorporado en este Protocolo).

Por último, ante la definición de VLE, cabe profundizar en el análisis de los siguientes considerandos de la Directiva PCIC, al menos aparentemente, contradictorios entre sí:

- Considerando 17: Los VLE, los parámetros y medidas técnicas equivalentes deberán basarse en las MTD, tomando en consideración las características técnicas de la instalación de que se trate, su implantación geográfica y las condiciones locales del medio ambiente.
- Considerando 28: Puede evidenciarse la necesidad de acción en el ámbito comunitario para fijar VLEs a determinadas categorías de instalaciones y de sustancias contaminantes; el Consejo de la UE fijará dichos VLEs.

En los términos de este último considerando, la misma Directiva PCIC, abunda en su art. 18. *Valores límite de las emisiones comunitarias*:

1. A propuesta de la Comisión, el Consejo fijará, de conformidad con los procedimientos previstos por el tratado, VLEs para:
  - las instalaciones que se indican en el anexo I (excepto los vertederos cubiertos en las categorías que se indican).
  - las sustancias a que se refiere el anexo III cuando se evidencie necesidad de acción comunitaria (PS, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, COV y otras).

2. A falta de los anteriores VLEs, se aplicarán los existentes en Directivas enumeradas en el anexo correspondiente de la misma y en otras normativas comunitarias. Las instalaciones incluidas en esta Directiva son prácticamente todo tipo de actividades industriales, como se puede comprobar, dado que las contempladas son las recogidas en el anexo II del presente documento.

En cuanto a las Directivas enumeradas en el Anexo correspondiente de esta Directiva PCIC, que, según lo anteriormente indicado, serían las de aplicación en cuanto a VLEs no fijados por el Consejo a propuesta de la Comisión, estarían constituidas por:

- Directiva 87/127/CEE. Prevención de contaminación por amianto.
- Directiva 89/369/CEE. Contaminación atmosférica de la incineración de residuos municipales.
- Directiva 89/429/CEE. Contaminación atmosférica de la incineración de residuos.
- Directiva 94/67/CEE. Incineración de residuos peligrosos.
- Directiva 88/609/CEE y su modificación según Directiva 94/66/CEE. De emisiones atmosféricas de GIC.

Si, de acuerdo con el contenido de este art. 18 de la Directiva PCIC, parece que, al menos para las instalaciones de mayor capacidad, va a pesar más el considerando 28 de acción comunitaria frente al considerando 17 de condiciones locales, cabría plantearse el análisis pormenorizado de cuál puede ser la capacidad de decisión y de influencia en tales decisiones comunitarias desde el punto de vista nacional, y el modo y vías para su optimización.

## **2.8. TMA RECOMENDADAS PARA SO<sub>2</sub>**

En 1998 se publica en el BOE<sup>8</sup> el Instrumento de Ratificación por España del Protocolo (hecho en Oslo, 1994) al Convenio de Ginebra de 1979 sobre contaminación atmosférica transfronteriza, relativo a reducciones de emisiones de azufre.



Este, denominado de forma abreviada Protocolo de Oslo 1994, contiene un anexo IV, de carácter recomendatorio (art. 10), que lleva como título: «Tecnologías para limitar las emisiones procedentes de fuentes fijas», en el que se recogen las fuentes que se consideran principales y las opciones tecnológicas para la reducción de sus emisiones. En la Introducción, entre otras consideraciones, este anexo indica que:

- Se basa en información contenida en la documentación oficial del Órgano Ejecutivo del Convenio y de sus órganos subsidiarios.
- Se refiere fundamentalmente a procesos de combustión. Las contribuciones de otras fuentes son comparativamente pequeñas.
- Se han de considerar de forma conjunta emisiones que son simultáneas (sobre todo  $\text{NO}_x$ , PS, metales pesados y COV) y evitar la transferencia a otros medios (en forma de aguas residuales o residuos sólidos).

Cita como principales fuentes fijas de emisiones de azufre:

- i) Centrales eléctricas, plantas de cogeneración y de calefacción centralizada de barrios.
- ii) Instalaciones de combustión de comercios, establecimientos públicos y domicilios privados.
- iii) Instalaciones de combustión industriales y otros procesos industriales de combustión.
- iv) Procesos industriales como fabricación de ácido sulfúrico, determinados procesos de síntesis orgánica, tratamiento de superficies metálicas.
- v) Extracción, elaboración y distribución de combustibles fósiles (*sic*).
- vi) Tratamiento y eliminación de residuos.

Señala como opciones generalizadas para la reducción de las emisiones de  $\text{SO}_2$  procedentes de la combustión o tecnologías medioambientales (TMA), recomendables:

- i) Medidas relacionadas con la gestión de la energía.
- ii) Opciones tecnológicas (*sic*; cabría su denominación como TMA):

- a) Cambio del tipo de combustible.
- b) Depuración de los combustibles.
- c) Tecnologías modernas de combustión.
- d) Modificaciones de la combustión y de los procesos. No existen comparables a las utilizadas en la reducción de los NO<sub>x</sub>.
- e) Procesos de desulfuración de los gases de combustión (DSG), que incluyen la depuración por vía húmeda con cal o caliza; la desulfuración en seco con pulverización (desulfuración seca); el proceso Welman-Lord y los procesos de eliminación combinada de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> (cabe considerar esta relación como no exhaustiva).

De procesos DSG como los citados y de la inyección de aditivos en caldera o conductos, para el caso de combustibles sólidos, el anexo señala las eficacias de reducción, en %, de las emisiones de SO<sub>2</sub> siguientes:

| <u>Tecnologías medioambientales (TMA)</u>                              | <u>Eficacia (%)</u> |
|--|---------------------|
| Inyección de aditivos  | 60                  |
| Depuración húmeda (DSG húmeda)   | 95                  |
| Absorción en seco por pulverización (DSG seca)                         | 90                  |
| Depuración con amoníaco (DSG húmeda)                                   | 90                  |
| Welman-Lord (DSG húmeda, regenerativa)                                 | 95                  |
| Carbón activado  | 95                  |
| Eliminación catalítica combinada, de SO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> | 95                  |

Aquí cabría el comentario de que estas eficacias o rendimientos podrían considerarse dimensionadas por lo alto. En cuanto a medidas de reducción de las emisiones para otras fuentes fijas distintas a la combustión, el mismo anexo señala:

| <u>FUENTE FIJA</u>                       | <u>MEDIDA DE REDUCCIÓN</u>                         |
|--|--|
| Tostación de sulfuros no ferrosos.       | Proceso catalítico vía húmeda del ácido sulfúrico. |
| Producción de viscosa.                   | Proceso del doble contacto.                        |
| Producción de ácido sulfúrico.           | Proceso de doble contacto, rendimiento mejorado.   |
| Producción de pasta de papel al sulfito. | Diferentes medidas integradas en el proceso.       |

## 2.9. TMA RECOMENDADAS PARA NO<sub>x</sub>

En 1996 se publica en el BOE por el Ministerio de Asuntos Exteriores<sup>9</sup> el texto revisado del anexo técnico del Protocolo de Sofía 1988, relativo a la lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno, NO<sub>x</sub>, dentro del Convenio de Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia de las Naciones Unidas.

En su introducción este anexo expone que:

1. Tiene por objeto proporcionar orientaciones a las Partes en el Convenio con vistas a determinar las opciones y técnicas de lucha contra las emisiones de NO<sub>x</sub>.
2. Se basa en la información de dichas opciones y técnicas, incluidos sus resultados y costes, que forma la documentación oficial del órgano ejecutivo del Convenio y de sus órganos subsidiarios, y en la documentación del Comité de Transportes Interiores de la CEPE (Comisión Económica para Europa, de las Naciones Unidas) y de sus órganos subsidiarios, así como en informaciones complementarias facilitadas por los expertos designados por los gobiernos.

Es la primera parte de este anexo la que corresponde a las técnicas de lucha contra las emisiones de NO<sub>x</sub> provenientes de fuentes fijas, y que constituye, por tanto, la aplicable a instalaciones industriales. En la misma se señala a la combustión como la principal fuente antropogénica, o resultado de las actividades humanas, dentro del citado tipo de fuentes, de las emisiones de NO<sub>x</sub> (apartado 6). De acuerdo con el EMEP/CORINAIR 90, se consideran principales categorías de fuentes fijas de NO<sub>x</sub>:

- a) Centrales eléctricas públicas, instalaciones mixtas e instalaciones de calefacción urbana.
- b) Instalaciones de combustión comerciales, institucionales y residenciales.
- c) Instalaciones de combustión industriales y procedimientos de combustión: calderas, hornos de calentamiento, calcinación en horno rotativo, fabricación de

cemento, cal, vidrio, pasta de papel, etc. (sic), metalurgia.

- d) Procesos distintos a la combustión; por ejemplo, producción de ácido nítrico.
- e) Extracción, transformación y distribución de combustibles fósiles (sic).
- f) Incineración de residuos.

En su apartado 8, el anexo cita como medios generales para reducir los  $\text{NO}_x$  debidos a la combustión en fuentes fijas:

- i) Medidas de gestión de la energía: ahorro, combinación de energías.
- ii) Medios técnicos (o sea, TMA) como:
  - Sustitución/depuración de combustibles.
  - Otras técnicas de combustión: ciclos combinados, combustión en lecho fluido.
  - Modificación del procedimiento o modo de combustión. También denominadas como medidas primarias, incluyéndose entre las mismas:
    - Combustión con reducido exceso de aire (exceso de aire bajo).
    - Precalentamiento reducido de aire (a menor temperatura).
    - Quemadores fuera de servicio (algunos quemadores sin operar).
    - Encendido polarizado del quemador (combustión en etapas o con defecto de aire).
    - Quemadores de baja emisión de  $\text{NO}_x$  (QBN, quemadores bajos en  $\text{NO}_x$ ).
    - Recirculación de gases de combustión.
    - Combustión con aire adicional (combustión en etapas).
    - Recombustión (o requemado).
    - Inyección de agua o vapor y utilización de combustibles pobres previamente mezclados (la inyección de agua o vapor se aplica fundamentalmente en las turbinas de gases).

Lo anteriormente, y lo que sigue, inserto en el texto entre paréntesis se trata de comentarios incluidos aquí persiguiendo fines aclaratorios.

- Tratamiento de los gases de escape (medidas secundarias; desnitrificación de gases, DNG), donde se incluyen:
  - Reducción catalítica selectiva (RCS).
  - Reducción no catalítica selectiva (RNCS).
  - Extracción (depuración) combinada de  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_2$ : carbón activo; extracción catalítica combinada.

En cuanto a técnicas de lucha (TMA) del  $\text{NO}_x$  para otras fuentes fijas que no sean la combustión, en su apartado 29, el anexo expone que, contrariamente a la mayoría de los procedimientos de combustión, la introducción en el sector industrial de modificaciones en los procedimientos (medidas primarias) se enfrenta a numerosas limitaciones. Por ejemplo, en los hornos de cemento y en los de fusión de vidrio son necesarias altas temperaturas para garantizar la calidad del producto. Son modificaciones corrientes la introducción de quemadores de combustión escalonada (en etapas), la recirculación de gases y la precalcación en hornos de cemento, entre otras.

## **2.10. TMA RECOMENDADAS PARA COV**

En 1997 se publica<sup>12</sup> el Instrumento de Ratificación por España del Protocolo de Ginebra 1991, relativo a la lucha contra las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, (COV), inscrito en el marco del Convenio de las Naciones Unidas sobre contaminación atmosférica transfronteriza en general.

Este Protocolo COV se preocupa de estas emisiones y de los productos fotoquímicos secundarios en cuanto resultantes de las mismas (ozono troposférico en particular, formado en la acción sinérgica con los  $\text{NO}_x$  activada por la radiación solar). En el Protocolo se definen como COV

todos los compuestos orgánicos artificiales, distintos del metano, que puedan producir óxidos fotoquímicos por la reacción con los  $\text{NO}_x$  en presencia de luz solar (art. 1.9). (Se descuenta el metano por considerarse nula su actividad fotoquímica).

Dentro del art. 2. *Obligaciones fundamentales*, se indica: «las Partes (firmantes del Protocolo) aplicarán a las nuevas fuentes fijas normas nacionales o internacionales de emisión apropiadas basadas en las mejores técnicas disponibles (MTD) que sean económicamente viables, teniendo en cuenta el anexo II» (del mismo Protocolo; de medidas de reducción de las emisiones, o TMA recomendadas).

Este Anexo considera como principales orígenes de las emisiones de COV procedentes de fuentes fijas (en orden decreciente):

- a) La utilización de disolventes.
- b) La industria del petróleo
- c) La industria de la química orgánica
- d) Pequeños focos de combustión como las calefacciones domésticas y las calderas industriales.
- e) La industria alimentaria.
- f) La siderurgia.
- g) La manipulación y tratamiento de residuos.
- h) La agricultura.

El mismo anexo cita como opciones generales para la reducción de las emisiones de COV:

- a) Sustitución de los compuestos orgánicos volátiles utilizados en los procesos por otros en fase acuosa, o con poco o nulo contenido volátil.
- b) Optimización de la gestión (de tal tipo de productos); por ejemplo, buena práctica, sistemas de circuito cerrado, empleo de líquidos orgánicos con adecuado punto de ebullición.
- c) Recuperación de los COV mediante técnicas como adsorción, condensación, separación con membranas.
- d) Otros procedimientos de depuración como la incineración (térmica o catalítica) o el tratamiento biológico.

En la tabla 1 del anexo indicado se exponen rendimientos y costes relativos de las técnicas de corrección (TC) de las emisiones de COV existentes:

- Incineración: térmica y catalítica.
- Adsorción: filtros de carbón activo.
- Absorción o lavado de gases de escape.
- Condensación de vapores cargados de COV.
- Filtración biológica: biorreactores.

Otras tablas del mismo anexo especifican rendimientos y costes para procedimientos de reducción de emisiones particularizados para los sectores industriales y sus actividades siguientes:

- Utilización de disolventes: revestimientos superficiales en la industria, en general, en el sector del papel, en la fabricación de automóviles, pinturas industriales, imprenta, desengrasado de metales, limpieza en seco, montaje de paneles de madera.
- Industria del petróleo: refinerías, destilación en vacío, almacenamiento de productos petrolíferos.
- Industria de la química orgánica: formaldehído, poliestireno, cloruro de vinilo y polivinilo, polipropileno, óxido de etileno y otras.
- Fuentes de combustión fijas poco importantes (se supone que con una combustión no optimizada, como en el caso de grandes instalaciones, se dan más inquemados).
- Industria alimentaria: en general, aceites vegetales, fundición de grasas animales.

También se señalan TMA para el resto de los sectores considerados como fuentes fijas potenciales principales: siderurgia, tratamiento de residuos y agricultura.

Por otra parte, el RD 2102/1996<sup>14</sup> dicta disposiciones específicas para reducir las emisiones de COV por pérdidas de evaporación en el almacenamiento y distribución de gasolina, estableciendo los siguientes requisitos:

- Para instalaciones de almacenamiento a partir de cierta cantidad que se indica:
  - Nuevas: si son de techo fijo, deberán ser conectadas a unidad de recuperación de vapores (TMA); si son de

techo flotante, se ajustarán a normas de funcionamiento que se establecen en el mismo RD.

- Existentes, de techo fijo: o se conectarán a una unidad de recuperación de vapores, o deberán poseer techo flotante interno equipado de cierre primario con las características que se especifican en el mismo RD.
- Para instalaciones de carga y descarga en terminales: los vapores desplazados durante tales operaciones (sobre camiones cisternas u otros medios de transporte) deberán dirigirse a unidad de recuperación de vapores.

## **2.11. TMA PARA OTRAS EMISIONES CONTAMINANTES**

Además de las emisiones hasta aquí analizadas, existen otras potencialmente contaminantes como algunas adicionales que ya se han citado anteriormente. Pueden presentarse en los gases de escape en las formas fundamentales de la materia, es decir:

- Partículas (PS). Incluyéndose en esta categoría, por la aplicabilidad de TMA equivalentes, aerosoles y gotitas líquidas como, por ejemplo, nieblas de ácido sulfúrico.
- Gases: Normalmente, los gases contaminantes son una fracción del caudal total de gases los que, en muchos casos, son de composición mayoritariamente similar a la del aire (salvo, naturalmente, esa carga contaminante).

Para el caso de las PS, son tecnologías medioambientales para la corrección de sus emisiones:

- Precipitación electrostática. Precipitadores electrostáticos, también denominados electrofiltros
- Filtración de tejidos. Filtros de bolsas y de mangas.
- Lavadores.
- Colección mecánica seca. Ciclones, multiciclones y otros colectores inerciales secos de eficacias menores.

Estas TMA están plenamente desarrolladas e implantadas comercialmente, superando los rendimientos de las dos pri-



meras, precipitadores electrostáticos y filtros de mangas, valores del 99% en la recogida de PS, constituyendo, por ello, las MTD para este tipo de contaminación en la mayoría de las situaciones.

Para el caso de contaminante en forma de gas en las emisiones atmosféricas, constituyen tecnologías de corrección:

- Postquemado o postcombustión. En el caso de que los gases contaminantes sean combustibles; aplicable también para corrección de PS si cumplen esta misma condición.
- Absorción. En un líquido de lavado de gases que puede contener el reactivo adecuado para reaccionar con el gas contaminante (absorción química), de modo que obtenga un producto manipulable para su utilización o su disposición final.
- Adsorción. Del contaminante en un medio adsorbente del mismo. El material adsorbente fundamental es el carbón activado.
- Condensación. Fundamentalmente de vapores, que incluso se pueden recuperar en forma líquida para su reutilización.
- Tratamientos biológicos. Biorreactores.
- Reacciones químicas; otras que las anteriormente referidas de absorción química, como la oxidación sin combustión, como, por ejemplo, permanganato potásico en la reducción de olores en los establos. Los efectos de los olores también se pueden reducir mediante agentes enmascarantes o perfumantes.

La aplicabilidad de estas tecnologías de corrección (TC) dependen del tipo de actividad y del contaminante de que se trate, del grado de desarrollo comercial alcanzado, de su disponibilidad y de la minimización de la transferencia de la contaminación a otro medio (líquido o sólido).

Además, también según cada caso en particular, tanto para PS como para gases, es recomendable la adopción de las correspondientes tecnologías limpias (TL) en los sentidos ya señalados de optimización en los procesos, activi-

dades y en la gestión de recursos y materias primas como son agua, reactivos, combustibles y otros.

Un caso en que el contaminante se puede encontrar asociado a las partículas o también en forma de emisiones gaseosas es el de los metales pesados, a los que aplica el reciente Protocolo de Aarhus (Dinamarca), 1998, ramificación del más general Convenio de Ginebra de contaminación transfronteriza citado. En este Protocolo se señalan como tecnologías medioambientales para estas emisiones:

- Implantación de procesos de baja emisión, en particular para las nuevas instalaciones.
- Depuración de gases de escape (medidas secundarias) mediante filtros, precipitadores electrostáticos, lavadores, absorbedores u otros.
- Cambio o preparación de las materias primas, combustibles u otros materiales que alimentan los procesos (por ejemplo, uso de materia prima con bajo contenido en metales pesados).
- Mejores prácticas de operación, como buen cuidado doméstico, programas de mantenimiento preventivo; o medidas primarias tales como el encerramiento de los equipos generadores de polvo.
- Técnicas de gestión ambiental apropiadas para el uso y disposición final de ciertos productos conteniendo Cd, Pb y/o Hg (metales pesados contemplados de manera especial en el Protocolo).

## **2.12. INCENTIVACIÓN ECONÓMICA DE LAS TMA**

La Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico señala como beneficios que podrían otorgarse por el Gobierno (art. 11.1):

1. Subvenciones:

- a) Para medidas correctoras impuestas coercitivamente y que supongan cargas económicas no soportables.

- b) Para la realización de inversiones en investigación de métodos y sistemas de vigilancia, depuración y corrección.
- 2. Reducción de impuestos.
- 3. Libertad de amortización durante el primer quinquenio.
- 4. Acceso al crédito oficial en condiciones especiales de plazo e interés.

Desde el punto de vista internacional, el Convenio de las Naciones Unidas sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza, Ginebra 1979, en su Protocolo de lucha contra las emisiones de azufre, Oslo 1994<sup>8</sup>, expresa (art. 2.2.6) que las Partes podrán aplicar medidas económicas para estimular la adopción de enfoques rentables aplicados a la reducción de las emisiones de azufre. También indica, en su art. 6. Investigación, desarrollo y vigilancia, que las Partes fomentarán la investigación, el desarrollo, la vigilancia y la cooperación en relación con las tecnologías para reducir las emisiones.

En similar sentido, el art. 6, *Trabajos a emprender*, del Protocolo de Sofía 1988, sobre emisiones de NO<sub>x</sub><sup>11</sup>, expresa: «Las Partes dirigirán su atención por medio de programas nacionales de investigación, entre otros aspectos, a afinar las estimaciones de los resultados y el coste de las técnicas de lucha contra las emisiones».



# 3

## **NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES**

Este capítulo se dedica a uno de los objetivos fundamentales en la realización del presente documento, como es la definición de las necesidades tecnológicas en el ámbito nacional para la reducción de las emisiones industriales, teniendo en cuenta el marco legislativo aplicable a que se ha referido el capítulo anterior. Para ello se inicia con un análisis de contrastación entre situaciones existentes internacional y nacionalmente, seguido de un desglose particularizado según sectores industriales.

### **3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INTERNACIONAL Y NACIONAL**

#### **3.1.1. Situación europea**

Se conoce como la paradoja europea la situación correspondiente a una excelente producción científico-técnica que no se traduce en la mejora de procesos o productos, habiéndose señalado<sup>17</sup> los siguientes aspectos que podrían explicar este fracaso:

- Identificación del concepto de innovación con la innovación radical o de liderazgo en menoscabo de las pequeñas innovaciones continuas; aun cuando éstas resultan las más frecuentes en las empresas de van-

guardia, constituyendo el germen de sus actividades innovadoras.

- La innovación resulta más visible cuando afecta a los productos frente a la que actúa sobre los procesos; sin embargo, los procesos representan la mayor parte del entorno industrial.
- Necesidad de una adecuada planificación para que la innovación sea efectiva a largo plazo. Con todo, las empresas que no alcanzan un tamaño determinado suelen buscar soluciones coyunturales, desde el punto de vista económico-práctico frente a otro más científico-tecnológico.

Esta situación ha propiciado que la posición tecnológica de Europa sea inferior a la de EEUU y Japón y que, para su equiparación, se haya acudido a programas europeos de desarrollo como el Eureka, entre cuyas áreas cubiertas se encuentran las medioambientales<sup>18</sup>.

Por otra parte, como ya ha quedado indicado<sup>19</sup>, la normativa medioambiental en la UE está sometida a un proceso de revisión muy dinámico, debiendo la industria adoptar los estándares de los principales países. De acuerdo con lo reseñado en el análisis del marco legislativo, la definición de los estándares de emisión viene determinada por las prestaciones de las denominadas mejores técnicas disponibles (MTD), para cuyo establecimiento la Comisión UE ha organizado un grupo de trabajo formado por expertos nacionales. En reunión de este grupo, de diciembre de 1995, se adoptó un programa de trabajo 1996-2000 para la generación de documentos sobre MTD para los sectores industriales contemplados en la Directiva de Prevención y Control Integrados de la Contaminación con el apoyo en su elaboración del denominado *European IPPC Bureau*<sup>20</sup>.

### **3.1.2. Situación internacional general**

La adopción de las MTD se puede considerar de implantación general para los países más desarrollados. Así se ha reseña-

do<sup>21</sup> cómo en EEUU se dispone, desde 1982, del sistema de información BLIS (BACT/LAER *Information System*), denominación resumen del correspondiente a las siglas:

- BACT: *Best Available Control Technology*, o mejor tecnología de control disponible.
- LAER: *Lowest Achievable Emission Rate*, o nivel de emisión mínimo conseguible.

Este procedimiento se generó con la finalidad fundamental de ayudar a las agencias medioambientales locales y estatales, promoviendo la comunicación, cooperación e intercambio de información ante la concesión de autorizaciones a las instalaciones.

### **3.1.3. Situación nacional**

En la exposición de motivos<sup>19</sup> que justificaban el Programa Industrial Tecnológico de Medio Ambiente (PITMA) del Ministerio de Industria y Energía (MINER) se aducían, entre otros, los siguientes argumentos:

- En los principales países desarrollados se ha verificado la incorporación de tecnologías avanzadas y la adopción de un grado de especialización mucho mayores que los habidos en España.
- El potencial de la industria medioambiental en Europa es importantísimo, lo que, unido a la consideración anterior, llevó al MINER a poner en marcha un programa para la creación de una base industrial, tecnológica y energética medioambiental, con el objetivo de promocionar el desarrollo de la industria de bienes de equipo y los servicios medioambientales a un nivel equiparable a los países de nuestro entorno.
- El mercado industrial medioambiental en España es un mercado insuficientemente diversificado y genera un volumen de negocio todavía muy reducido cuando, sin embargo, constituye un reto de la adaptación española a la normativa ambiental comunitaria.

- La industria de bienes de equipo española no cuenta con el desarrollo de los principales países de la UE, a consecuencia de la carencia notable de tecnología propia en la fabricación de equipos y de las grandes dificultades a las necesidades llave en mano que el cliente demanda (zanja tecnológica en el segmento de equipos mecánicos, debilidad tecnológica en la industria española).

Se ha señalado<sup>22</sup> que, para desarrollar el nuevo tipo de servicios que la sociedad requiere, la ingeniería debe complementar sus capacidades analíticas con la aplicación de sistemas de adquisición y procesado de datos, equipos de pruebas, diagnóstico y control de operación, combinando los trabajos de campo y despacho, temiéndose que, si no proyectamos ni construimos nuevas plantas, acabaremos por tener dificultades para mantener la tecnología necesaria para desarrollar sus proyectos.

De manera algo gráfica podría considerarse que observaciones como las anteriores tratarían de evitar situaciones todavía frecuentemente reflejadas en notas de prensa como la siguiente: «Los técnicos municipales consideraron razonable el plazo de doce meses marcado por la empresa para la actuación medioambiental, por tratarse de una inversión importante que ha de ser estudiada y ejecutada por técnicos extranjeros»<sup>23</sup>.

En el ámbito regional, dentro de la planificación de la I+D en el País Vasco, se han considerado<sup>24</sup> los postulados siguientes:

- Los planes de estrategia científico-técnica deben partir de un análisis sistemático de la industria regional, de su grado tecnológico y de sus posibilidades en un mercado global.
- Un aspecto importante en la elaboración de estos planes es la participación de empresas, científicos y tecnólogos en conversaciones individuales o en grupos de debate.
- El Plan a que se alude perseguía la definición de programas de investigación concretos que relacionan áreas tecnológicas con sectores industriales específicos del



País Vasco. Asociados a cada programa particular de investigación se definían proyectos con detalles suficientes para que las empresas, centros de investigación y departamentos universitarios interesados pudiesen elaborar propuestas. De cada proyecto se analizan sinergias con otros proyectos y con el resto del tejido industrial para hacer transferible la tecnología generada.

Por otra parte, como ha quedado indicado y parece manifiesto, las grandes líneas de actuación vienen señaladas por la normativa europea y su aplicación en España se puede encontrar con problemas derivados de la división de competencias entre los diferentes sectores de la Administración. Por ello se han considerado<sup>20</sup> que los planes nacionales, como los recientes de residuos y otros, dentro de la política del MIMAM constituyen un mecanismo para alcanzar acuerdos entre la Administración del Estado y las Comunidades Autónomas (CCAA), representando un marco general o de referencia de las actuaciones, aun requiriendo planes más concretos en su detalle por parte de las CCAA.

La OCDE ha emitido<sup>25</sup> un informe sobre el estado del medio ambiente en España en la década de los años noventa, en el que se recogen como retos y recomendaciones, respectivamente, para nuestro país los que siguen:

- Como retos:
  - Puesta en marcha de políticas ambientales efectivas.
  - Mayor incorporación de las exigencias medioambientales a las políticas sectoriales.
  - Fortalecimiento del papel de España en la cooperación internacional para la protección del medio ambiente.
- Como recomendaciones, para la satisfacción de los anteriores retos:
  - Simplificación de la legislación medioambiental y adopción de una Ley marco sobre medio ambiente.
  - Mayor uso de las cargas finalistas para medio ambiente.

- Eliminación de las gravosas subvenciones medioambientales, especialmente en lo que se refiere a la gestión del agua.
- Promoción de un mayor acceso a la información medioambiental.
- Evaluaciones de la efectividad de políticas e instrumentos asociados.

Se han referido<sup>26, 27</sup> planes de innovación y convergencia tecnológica de España con los países más desarrollados que contemplan principios como algunos de los anteriormente señalados.

## **3.2. ANÁLISIS POR SECTORES INDUSTRIALES**

### **3.2.1. Instalaciones de combustión**

Se engloba aquí dentro del Sector Energía o sector energético la producción de electricidad, vapor o ambos, como ocurre en las instalaciones de cogeneración. Dentro del mismo se incluyen el sector eléctrico con una relevancia preponderante, y las instalaciones de combustión para los fines citados, que puedan existir en cualquier otro sector industrial. Desde un punto de vista medioambiental, el sector energético se ve fundamentalmente afectado por la contaminación atmosférica<sup>19</sup>; y, dentro de la misma, de manera esencial por la producida por las emisiones atmosféricas de las instalaciones de combustión (IC), lo que produce que, en ocasiones, se identifiquen éstas con el sector propiamente dicho, en lo relativo a incidencias medioambientales.

El sector eléctrico se encuentra en un momento de confrontación entre su desregulación económica y, sin embargo, una sobrerregulación medioambiental, como ha quedado mostrado por disposiciones legales específicas sobre el mismo, como son las referidas para grandes instalaciones de combustión (GIC), de potencias térmicas superiores a los

50 MW, mayoritariamente pertenecientes a este sector. Este es uno de los grandes temas que se suscitaron recientemente para el 17<sup>º</sup> Congreso del Consejo Mundial de la Energía, señalándose<sup>28</sup> como naciones pioneras en la liberalización del sector eléctrico Argentina, Chile, Reino Unido, Noruega, Suecia y Australia; también se advirtió que es pronto para determinar si este modelo dará como resultado un legado histórico global comparable a las cinco décadas del reinado de la empresa eléctrica estatal o intensivamente regulada.

Se ha considerado<sup>29</sup> como una solución amistosa para los temas de generación de energía eléctrica una combinación entre la evolución de lo existente y la innovación, cifrándose como tendencias en la evolución general tecnológica:

- Utilización de todas las fuentes energéticas.
- Uso racional y eficaz de la energía.
- Desarrollo permanente (optimización) de las tecnologías existentes.
- Desarrollo de tecnologías innovadoras (nuevas).

Se ha estimado<sup>19</sup> que la incorporación de tecnologías avanzadas y la consecución de un alto grado de especialización es mucho mayor en los principales países desarrollados que en España; en líneas como las correspondientes a instalaciones de combustión y desulfuración de sus gases de combustión, y otros tratamientos medioambientales de los mismos, la capacidad de las empresas nacionales parece limitada y adolece de un grado de dependencia tecnológica importante, tanto en lo que se refiere a bienes de equipos como a servicios.

En las centrales térmicas nacionales se ha llegado a montar en algunas un departamento medioambiental dependiente de la propia central térmica. Cuando el departamento no existe, el personal dedicado a tal tipo de actividades se encuentra adscrito al laboratorio químico de la central. El Sector Eléctrico ha llevado a cabo actividades de I+D dentro del marco del Programa de Investigación y Desarrollo Electrotécnico (PIE) hasta la

desaparición de éste, de las que se han destacado<sup>30</sup> las de los temas siguientes:

- optimización del combustible,
- transporte y almacenamiento,
- aditivos para el combustible,
- modificaciones en caldera para disminución de NO<sub>x</sub> y escorias,
- sistemas de depuración de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>,

así como el desarrollo de nuevas tecnologías, como las de lecho fluido, gasificación del carbón y otras; tratando con estas actividades de aligerar en lo posible al país de la dependencia tecnológica, buscando la colaboración de tecnólogos, ingenierías y sociedades de bienes de equipo en la profundización de diversas áreas de conocimiento.

En la actualidad son proyectos de desulfuración de gases (DSG) de combustión en el ámbito nacional los recogidos en la siguiente tabla 3.1., donde se indican sus características más significativas, y a los que hay que añadir la DSG por procedimiento seco, en funcionamiento desde hace ya algún tiempo en la central térmica de Alcudia (Mallorca). Las centrales térmicas que aparecen en esta tabla son propiedad de ENDESA que ha hecho público<sup>32, 33</sup> su Plan de Medio Ambiente en el que, reconociendo la importancia que tiene el medio ambiente en la producción de energía eléctrica y en la minería del carbón, se compromete a ir más allá del estricto cumplimiento de la normativa vigente.

**TABLA 3.1. PROYECTOS DE DESULFURACIÓN DE GASES EN CENTRALES TÉRMICAS NACIONALES**

| Central Térmica       | Grupo    | Capacidad DSG (m <sup>3</sup> N/h) | Licencia                |
|-----------------------|----------|------------------------------------|-------------------------|
| Andorra (Teruel)      | 1, 2 y 3 | 3x 1.600.000                       | Mitsubishi              |
| Compostilla II (León) | 3        | 1.400.0000                         | ABB (Asea Brown Boveri) |
| Litoral (Almería)     | 2        | 1.900.000                          | Bischoff + Lurgi        |

Fuente: (31)

En este Plan de Medio Ambiente aludido se contempla, además de las emisiones de  $\text{SO}_2$ , las correspondientes a las partículas, mediante la mejora y optimización del rendimiento de los precipitadores electrostáticos; las de  $\text{NO}_x$ , con medidas primarias, actuando sobre parámetros de la combustión; sobre las emisiones fugitivas de polvo que puedan producirse en el almacenamiento, manipulación y transporte del carbón y de las cenizas; y sobre el  $\text{CO}_2$ , mejorando los rendimientos de la combustión.

En el campo de las nuevas tecnologías de combustión del carbón, se desarrolla, en parte dentro del ámbito PIE:

- Combustión en lecho fluido (LF):
  - CT Escatrón. De 80 MW. Con inyección de caliza en el lecho para promover la desulfuración. Con una temperatura en el mismo de  $860\text{ }^\circ\text{C}$ , inferior a la de una caldera convencional, que aminora la generación de  $\text{NO}_x$ .

En esta misma instalación se ha llevado a cabo un proyecto de demostración de filtración de gases con materiales cerámicos, cuya naturaleza se hace necesaria, dada la alta temperatura de los gases a su entrada. Este proyecto fue aprobado por la UE en 1994, y en él participan Babcock Wilcox Española (BWE) y Schumacher GmbH, que suministra los elementos filtrantes en forma de candelas o velas<sup>35</sup>.

- CT Teruel. Lecho fluido a presión. Acuerdo hispanosueco (ENDESA-ABB) dentro del programa EUREKA<sup>36</sup>.
- Gasificación del carbón integrada en ciclo combinado (GICC), en colaboración internacional con otras empresas. Central térmica en Puertollano, de 340 MW.

En cuanto a la cogeneración de vapor y electricidad en las industrias, se ve promovida por el Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), que financia y gestiona los proyectos correspondientes y explota la instalación facturando al industrial la energía a coste menor que las Compañías Eléctricas durante un período pactado. Esta promoción de la cogeneración por el IDAE se basa<sup>37</sup> en los principios de:

- Ahorro de energía primaria, al aprovechar el vapor en los procesos industriales.
- Reducción de pérdidas que se producirían por el transporte de la electricidad generada a distancia.
- Disminución de las emisiones atmosféricas en los casos de empleo de combustible más limpio, como el gas natural que se utiliza en un 60% de la totalidad de las plantas de cogeneración nacionales actuales.

El mercado de la cogeneración se considera<sup>37</sup> aún amplio a nivel nacional, aun cuando su rentabilidad se ve menoscabada por la subida del coste del gas y por la disminución del precio de venta de la energía eléctrica excedente a la red nacional que se ve afectado por la Ley 54/97, Ley del Sector Eléctrico, que, para más de 50 MW, excluye a las instalaciones de cogeneración del régimen especial de primas, debiendo acomodarse al modelo general de ofertas competitivas, y debiendo consumir los industriales un mínimo del 30-50% de la energía producida.

### **3.2.2. Siderurgia y metalurgia**

En siderurgia integral y acerías la carga contaminante más señalada<sup>5, 38, 39</sup>, es la correspondiente a la emisión de partículas (PS) y en las actividades de:

- Preparación y aglomeración de minerales, como en el sinterizado.
- Baterías de coque e instalaciones de recuperación de subproductos.
- Hornos altos.
- Convertidores de oxígeno para la producción de acero.
- Hornos de fusión eléctricos.
- Hornos de cubilotes
- Hornos de tratamientos térmicos.
- Producción de moldes y núcleos, operaciones de granallado y finalizado en fundiciones férricas.
- Trenes de laminación en acerías.

Las tecnologías medioambientales (TMA) recomendadas son las correspondientes a la captación y extracción de los gases y a su tratamiento con los equipos ya convencionales de precipitadores electrostáticos, filtros de mangas o lavadores. Los dos primeros citados tienen una mayor eficacia en la recogida de las PS, pero los lavadores poseen la ventaja de poder adicionalmente absorber gases como  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y COV, presentes en algunas de las actividades citadas como son las baterías de coque e instalaciones de recuperación de subproductos ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , COV) y los altos hornos ( $\text{SO}_2$ ).

También para la metalurgia no férrica constituye la carga contaminante más frecuente la que se emite en forma de partículas; en algunos casos con componentes específicos como flúor (producción de aluminio) y plomo (producción del mismo) en tal estado, en actividades típicas como:

- Preparación de minerales: molido, machacado y separación, sinterizado.
- Pretratamiento de vueltas.
- Calcinación de minerales.
- Cocido de electrodos y preparación de células Soderberg para el aluminio.
- Hornos de tostación.
- Hornos de fusión.
- Convertidores, como en cobre de primera fusión.
- Altos hornos, como los de fusión del plomo.
- Refinado como el correspondiente al plomo de primera fusión.

Las TMA recomendables son las equivalentes a las de la metalurgia férrica, en algunos casos pudiéndose aceptar ciclones como medidas de depuración de PS, dadas las características específicas de proceso y el requerimiento no tan estricto en los niveles de emisión por la legislación vigente.

Otras cargas contaminantes potencialmente presentes y sus TMA recomendables son:

- $\text{SO}_2$ . En casos de bajos niveles de emisión, el recurso de los lavadores puede ser suficiente; en otros casos, como

en la tostación de minerales sulfurados, por el contrario, por los altos niveles de emisión, se puede recuperar el  $\text{SO}_2$ , constituyéndose entonces como TMA recomendable la implantación de una planta de ácido sulfúrico.

- CO. En muchos casos se puede aprovechar como combustible; si no lo fuera así, el recurso final será su quemado en boca de horno o en antorcha.
- NOx. En general no se consideran las emisiones para este sector como significativas; en todo caso les resulta aplicable lo que se ha indicado ocurre con los lavadores para el  $\text{SO}_2$ .
- COV. Se han señalado<sup>39</sup> como potenciales sus emisiones en actividades como producción de células Soderberg verticales, pretratamiento de vueltas, preparación de chatarra y de moldes y núcleos de fundición, y otras. Son TMA recomendables la incineración o postquemado de gases, térmica o catalítica, que al mismo tiempo reduce las PS si son combustibles. En algún caso, como el pretratamiento de vueltas en la producción de aluminio de segunda fusión, el lavado se considera suficiente para conseguir una reducción de esta emisión a la par que de PS.

A modo de resumen, de acuerdo con lo precedente, en este sector industrial las necesidades tecnológicas en reducción de emisiones parecen enfocarse de manera preferente a la optimización para cada subsector y tipo de actividad de la selección, diseño, construcción y operación de las alternativas de:

- Filtración. Filtros de mangas.
- Precipitación electrostática. Electrofiltros o precipitadores electrostáticos.
- Lavado combinado de partículas y gases. Lavadores de PS que actúan al mismo tiempo absorbiendo gases.

### **3.2.3. Industria de productos minerales**

Se incluyen aquí subsectores relacionados con la minería y con la construcción como son:



- Minas de carbón a cielo abierto.
- Lavado del carbón.
- Procesado de minerales metálicos.
- Procesado de la roca de fosfato.
- Manufactura de piedras minerales.
- Industria del cemento y derivados.
- Fabricación de vidrio.
- Fabricaciones de fibra de vidrio y de lana mineral.
- Fabricación de perlita.
- Fabricación de ladrillos y tejas.
- Cerámica.
- Refractarios moldeables.
- Fabricación de cales y de yesos.
- Prefabricados, fabricación de pavimentos.
- Plantas de aglomerados asfálticos.
- Fabricación del carburo de calcio.

La carga contaminante más frecuente es la emisión de partículas y correspondiente a actividades como:

- Carga y descarga de materiales. En silos, transportadores, elevadores de material caliente.
- Machacado, triturado, molido, cribado.
- Desleidores de cal.
- Secado, calcinado.
- Hornos, como los de producción de clinker, los de vidrio y los de su curado.
- Enfriadores de productos como clinker o cal.
- Moldeado y desmoldeado.
- Serrado final de tableros de yeso.
- Ensacado de productos.

Son TMA recomendadas, dependiendo del sector y tipo de actividad de que se trate:

- Colección mecánica seca. Desde la sencilla cámara de sedimentación para alguna actividad en que no se exija un riguroso nivel de emisión, a ciclones y su asociación en multiciclones.
- Filtración. Filtros de tejido como los filtros de mangas; en algún caso, filtros de lecho de grava (como en hornos de

manufactura de cal y enfriadores de clinker en la producción de cemento) como alternativa a otras TMA.

- Precipitación electrostática. En algún caso, húmeda (por ejemplo, en hornos de curado en la fabricación de fibra de vidrio).
- Lavado. Lavadores, incluyendo los Venturi de alta energía, así denominados por la alta velocidad de los gases alcanzada en su garganta, con la correspondiente aportación de energía necesaria para salvar la alta pérdida de carga inducida. También se ha recomendado en algún caso (hornos de fabricación de ladrillos y de productos de arcilla) los lavadores ciclónicos, también denominados en ocasiones, de forma recíproca, como ciclones húmedos.

Otros tipos de cargas contaminantes,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , COV, fluoruros gaseosos, que se pueden presentar en ciertas actividades de este sector, se pueden reducir con el mismo equipo que para las PS, si éste se basa en procedimiento húmedo (lavado o bien precipitador electrostático húmedo) por la absorción de gases que se produce (por ejemplo, absorción del flúor gaseoso en lavadores) o, si se basa en el procedimiento de la filtración, cuando la naturaleza de las PS las convierte en un reactivo frente al gas en la cámara de filtración (por ejemplo, partículas alcalinas, como en producción de cementos, cal, vidrio, que pueden reaccionar con el  $\text{SO}_2$  con producto final sólido que se recoge en el mismo filtro).

Estas TMA se consideran convencionales, aun cuando en el ámbito nacional su implantación comercial es frecuente bajo licencia. La colección mecánica seca, como se ha indicado, es una TMA de menor rendimiento; de entre las otras, de mayor rendimiento, se puede estimar como la más desarrollada e implantada de forma global en este sector en el ámbito nacional la de la filtración y como la que menos la precipitación electrostática salvo para el caso particular de la producción de cementos. De esta manera, hay así fabricantes nacionales, por otra parte no numerosos,

que ofrecen como suministro propio colectores secos, lavadores y filtros de mangas pero no precipitadores electrostáticos.

### **3.2.4. Industrias de la madera**

Se incluyen dentro de este sector los procesos de la pulpa de la madera para obtener la pasta de papel y los de la manufactura de la madera propiamente dicha en serrerías, fabricación de tableros y paneles aglomerados de madera. Los procesos de la pulpa de la madera pueden ser de los tipos:

- Proceso Kraft. Las astillas de la madera se cuecen en solución acuosa (lejías) de sulfuro sódico e hidróxido sódico.
- Proceso al bisulfito. El licor de cocido es ahora una solución de ácido sulfuroso conteniendo bisulfito (de sodio, manganeso, calcio o amonio) como tampón.
- Pulpa semiquímica al sulfito neutro (SQSN). El licor de cocido es una solución neutra de sulfito sódico y bicarbonato sódico, con una técnica semiquímica en el sentido de que la separación de la lignina de la madera en su cocido es sólo parcial completándose con una desintegración mecánica de la misma.

Para este tipo de plantas se recoge seguidamente un resumen de TMA recomendables según las cargas contaminantes que se pueden producir en distintos tipos de actividades:

- Para PS:
  - Precipitador electrostático: en hornos de recuperación de lejías del proceso Kraft.
  - Lavadores: en horno de cal y tanque de licor verde en proceso Kraft. En sistemas de recuperación de  $MgO$  (combinados con multiciclones),  $NH_3$  (con absorción del amoníaco) o  $Na$  (con absorción del carbonato sódico) en el proceso al bisulfito. Por otra parte, en el

caso de sistemas de recuperación del proceso SQSN se han recomendado multiciclones.

- Para  $\text{SO}_2$ : lavadores, que absorben el  $\text{SO}_2$  en la fase acuosa y que también reducen las partículas como se ha señalado.
- Para olores. En el proceso Kraft, sustitución del evaporador de contacto directo por evaporador multiefecto (tecnología limpia, TL). En caso de ya existencia de evaporador de este último tipo, tanto para sus emisiones residuales de olores como para las correspondientes a digestores y tanques de soplado, constituye TMA recomendable la oxidación térmica (postcombustión o incineración).
- Para  $\text{H}_2\text{S}$ . Quemadores del mismo en actividades como: hornos de recuperación, sistemas digestor/tanque de soplado y previamente a la torre de absorción en ciertas circunstancias para el proceso SQSN.

En este subsector, además del desarrollo nacional de los equipos de mayor rendimiento como el señalado en el apartado anterior para los precipitadores electrostáticos, se puede considerar necesidad tecnológica la correspondiente al control de olores dada la sensible evidencia de sus efectos.

En cuanto a la manufactura de la madera en sí, el tema de la emisión de PS que se pueda producir se resuelve con métodos convencionales, según las actividades que se indican, como sigue:

- En sistemas ciclónicos de transferencia neumática de residuos en serrerías: filtros de mangas a la salida de sus emisiones.
- En descortezado de troncos, aserrado de los mismos y manejo del polvo producido: ciclones.

Otras emisiones que se pueden producir en la manufactura de la madera son las de COV, por ejemplo, en el secado de láminas de madera, donde se ha señalado TMA recomendable el condensado de estas emisiones. También se producen COV en las operaciones de recubrimiento de la

madera, por la evaporación de compuestos orgánicos utilizados (pérdidas por evaporación) que por, sus características particulares, merece análisis específico englobando a varios sectores industriales, de una manera parecida a lo que ocurre para el caso de las instalaciones de combustión. Baste recordar, aquí y ahora, de forma resumida lo ya señalado como TMA recomendables para COV en el apartado de marco legislativo: utilización de productos de menor o nulo contenido orgánico volátil, recuperación de vapores por condensación o adsorción, o su destrucción por incineración y otros procedimientos en desarrollo; además, hay que señalar que las necesidades tecnológicas en este campo se pueden considerar relevantes dada su baja implantación actual, la utilidad de la recuperación o del aprovechamiento energético, y los requerimientos legales previstos sobre estas emisiones en nuevas directivas comunitarias.

### **3.2.5. Refinerías de petróleo e industria petroquímica**

A pesar de la diversidad en la naturaleza de sus instalaciones, se integran estos sectores industriales en este apartado en razón, por una parte, de alcance en la extensión del análisis y, por otra, dada la elevada integración de la industria petroquímica, con sus principales producciones de productos orgánicos de base, primeras materias básicas y fibras sintéticas, en los procesos de refino.

Así, se consideran principales productos petroquímicos:

- Productos aromáticos:
  - Benceno y derivados: fenol, ciclohexano, alquilbenceno lineal (LAB), estireno.
  - Orto-xileno.
  - Para-xileno y derivados.
  - PTA (ácido tereftálico purificado).
  - DMT (dimetil tereftalato).

- Productos olefínicos:
  - Etileno y derivados: polietileno, PVC.
  - Propileno y derivados: polipropileno, óxido de propileno.

La principal industria petroquímica nacional se halla ubicada en los Polos Industriales de Campo de Gibraltar, Huelva y Tarragona, con dedicación principal a la petroquímica de los aromáticos y a la química inorgánica, considerándose<sup>30</sup> con fuerte potencial de crecimiento para la petroquímica de olefinas, viviéndose hoy una reactivación nacional del sector, a la vista de los proyectos en curso y estudios de viabilidad para nuevas realizaciones.

Las refinerías e industrias petroquímicas pueden producir emisiones atmosféricas con cargas contaminantes convencionales como las de PS, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO y COV, y otras específicas, pero con claros efectos en ocasiones en su entorno, como son los olores de compuestos de azufre y otros. Para actividades como las que se indican y según sus potenciales cargas contaminantes se han considerado, dentro del Programa BRISA (Base de datos Relacional de la Industria y Servicios Ambientales)<sup>39</sup> como TMA recomendables:

- En refinerías:
  - Craqueo catalítico fluido. Para PS: ciclones, precipitadores electrostáticos; para emisiones de CO: calderas de CO.
  - Craqueo catalítico térmico. PS: multiciclones; CO: incineración.
  - Decoquizado. PS: humectación del coque; COV: extracción + antorcha.
  - Purga de gases. Para PS y COV: antorcha.
  - Regenerador del TCC. SO<sub>2</sub>: lavado.
  - Calentadores de proceso (hornos). SO<sub>2</sub>: desulfuración de gases; NO<sub>x</sub>: quemadores bajos en NO<sub>x</sub> (QBN); CO y COV: optimización de la combustión.
  - Planta de recuperación de azufre. Compuestos de S: incineración + absorbedor de SO<sub>2</sub>.

- Antorcha de purga de gases. Para  $\text{NO}_x$ : inyección de vapor.
- Compresores.  $\text{NO}_x$ : catalizadores; CO y COV: ajuste de carburación.
- Destilación en vacío. COV: venteo a la purga de gases o incineración.
- Soplado de asfalto. COV: lavado con vapor y/o incineración.
- Emisiones fugitivas. COV: mantenimiento adecuado.
- Planta de tratamiento de aguas residuales. COV: cubrimiento + unidad de recuperación de vapores (URV).
- Tanques de almacenamiento. COV: condiciones de diseño o URV.
- Torre de refrigeración. COV: mantenimiento adecuados de intercambiadores de calor y condensadores.
- En producción de ácido adípico:
  - Oxidación del ciclohexano. CO y COV: caldera de CO + lavado de gases.
  - Absorbedor de  $\text{NO}_x$ . Para las emisiones de  $\text{NO}_x$ : reducción térmica o lavado.
  - Secado, enfriado. PS: filtración o lavado.
- En producción de anhídrido ftálico. En reactor y para emisiones de PS y COV: lavado + incineración térmica.
- Plásticos. En reacciones de polimerización, para emisiones de COV: adsorción o condensación.
- Fibras sintéticas. Gases de escape: para compuestos de azufre, adsorción.
- Goma sintética. Reactores de polimerización: para PS, absorción o antorcha.
- Acido tereftálico. Reactor. Para emisiones de CO: oxidación térmica; para COV: oxidación térmica o adsorción.
- Alquilos de plomo. Horno. Para PS: filtración, antorcha o incinerador de líquidos; para COV: incineración.
- Anhídrido maleico. Absorbedor de recuperación de producto. COV: adsorción o incineración.

En muchos casos las TMA recomendadas se hallan integradas en el proceso, coincidiendo con su diseño global, y en ocasiones con sistemas de recuperación de subproductos; así, por ejemplo, el tratamiento de emisiones de  $\text{SO}_2$  de procesos resulta cualitativamente diferente en la mayoría de los casos a la desulfuración de gases de combustión, dada la diferente concentración del gas residual, constituyendo tecnologías integradas en el diseño de los procesos. Cabría estimar como especiales necesidades tecnológicas de desarrollo para reducción de emisiones atmosféricas en este sector las unidades de recuperación y aprovechamiento de COV y control de olores, así como la optimización de la introducción de los parámetros ambientales en el diseño de los procesos y las correspondientes verificaciones de su bondad con los resultados en operación.

Son los tipos de procesos como los de las refinerías en donde se suscita la interrelación, aunque de complejidad manifiesta para su análisis conjunto, necesitado de técnicas diversas, entre los temas de calidad, seguridad y medioambiente. Baste reconsiderar, por ejemplo, la citada recuperación de COV, especialmente en caso de su potencial tóxico y peligroso.

### **3.2.6. Otras actividades industriales**

Serían las correspondientes a otra industria química, la industria, agroalimentaria y un capítulo específico dedicado a pérdidas por evaporación, que engloba a varios sectores industriales donde se pueden presentar emisiones de COV. Otra industria química ya se ha contemplado en el análisis del marco legislativo y cabría reseñar los siguientes aspectos particulares según subsectores:

- Fabricación de ácido sulfúrico: emisiones de  $\text{SO}_2$  que se pueden reducir mediante tecnología limpia (TL) como absorción dual, cambio en el proceso que envía el  $\text{SO}_2$  que no se ha convertido a  $\text{SO}_3$  en la torre de absorción



primaria a etapas finales de convertidor; o mediante técnica de corrección (TC) como la desulfuración de gases con proceso sulfito-bisulfito: el  $\text{SO}_2$  de los gases de escape se absorbe en una disolución de sulfito sódico, de la que posteriormente se separa y recicla en planta. En cuanto al otro tipo de emisiones características de este proceso como son las nieblas de ácido sulfúrico, constituyen tecnologías alternativas para su reducción: precipitador electrostático (PE) húmedo y eliminador de nieblas de tejido.

- Fabricación de ácido nítrico. Emisiones de óxidos de nitrógeno,  $\text{NO}_x$ , que se pueden reducir mediante técnicas de absorción o de reducción catalítica.
- Fabricación de cloro. Emisiones de cloro gas que se pueden resolver mediante las alternativas de:
  - Utilización del gas en otros procesos de la planta.
  - Neutralización alcalina en lavadores de gases.
  - Recuperación del cloro de los efluentes gaseosos tras su lavado.

El sector de fertilizantes que se puede englobar dentro de la industria agroalimentaria, aunque otros lo integran dentro de la industria química, presenta potencialidad de emisiones de PS, con TMA correspondientes convencionales, y, en el caso particular de los fertilizantes fosfatados, una posible emisión de compuestos gaseosos de flúor, que puede ser reducida mediante su absorción por lavado de gases.

Respecto al resto de actividades en general, pueden ser emisiones típicas las de PS y las de COV en caso de utilizar productos orgánicos volátiles como disolventes o para otros fines, generando pérdidas por su evaporación a las que se alude en el apartado que sigue.

### **3.2.7. Pérdidas por evaporación**

Se producen emisiones de COV como resultado de pérdidas por evaporación de compuestos orgánicos en actividades industriales como las relativas a:

- Almacenamiento de líquidos orgánicos.
- Recubrimientos, o revestimientos, superficiales.
- Artes gráficas.
- Limpieza en seco.
- Estampado de tejido.

Los depósitos de almacenamiento de líquidos orgánicos se pueden encontrar en muchas instalaciones industriales, como las de producción y refinado de petróleo; industria química y petroquímica; operaciones de transferencia y depósito masivo; otras que produzcan o consuman líquidos orgánicos volátiles.

Los recubrimientos superficiales abarcan operaciones como las de aplicación de pintura, barniz, laca o imprimación con fines decorativos o de protección. En estas operaciones se producen las emisiones de COV por la evaporación del vehículo de la pintura, espesador o disolvente empleado para facilitar la aplicación de los recubrimientos. El factor fundamental en tales emisiones es la cantidad de materia volátil contenida en el recubrimiento, que en la mayoría de los casos alcanza un valor cercano al 50%, y la mayor parte, si no toda, de esta cantidad se emite durante la aplicación del recubrimiento. Son actividades de recubrimiento particulares las correspondientes sobre:

- Envases de lata. Recubrimientos litográficos sobre las mismas.
- Cable magnético, o cable de aluminio o cobre utilizado en la maquinaria eléctrica. Recubrimiento de barniz o esmalte aislante eléctrico.
- Paneles de madera para interiores. Recubrimiento que rellena hendiduras y huecos.
- Papel. A efectos decorativos o funcionales. No confundir con la impresión sobre papel.
- Tejidos. Para proporcionar al sustrato de tejido propiedades como fuerza, estabilidad, repelencia al agua o ácidos, o apariencia.
- Automóviles. Con etapas de primer recubrimiento, recubrimiento guía y recubrimiento superior, con sus corres-

pendientes fases intermedias de curados de los sucesivos recubrimientos.

- Bobinas metálicas. Sobre láminas o tiras metálicas enrolladas en bobinas. A efectos de protección o decoración.
- Muebles metálicos. Con etapas típicas de rociado de recubrimiento en cabinas de rociado, seguidas de las correspondientes a su secado.

En el sector de Artes Gráficas se inscriben los procesos básicos de la industria impresora: litografía, prensa periódica, rotograbado y flexografía. Las emisiones de COV fundamentales se producen en las etapas de secado, aunque también pueden ser significativas las generadas durante la aplicación de tintas en el proceso de litografía.

En Limpieza en Seco se pueden dar emisiones de COV de cierta relevancia cuando se realiza con disolventes orgánicos no acuosos.

En Estampado de Tejido un modelo decorativo o diseño se aplica sobre el tejido con ayuda de pasta impresora de contenido orgánico, con potencial emisor de COV.

En punto de marco legislativo ya se ha aludido a TMA para estas emisiones de COV, como son las basadas en características de diseño para los tanques de almacenamiento, naturaleza de los materiales utilizados como vehículos de los recubrimientos o disolventes, unidades de recuperación de vapores o sistemas de destrucción de los mismos.

Dado que la UE tiene prevista la aplicación de una Directiva sobre estas emisiones de COV, hay que tener presente que, en la actualidad, en una buena parte de las actividades industriales de nuestro país se superan los valores de emisión propuestos, como por ejemplo, ocurre<sup>20</sup> en la mayor parte de las instalaciones fabricantes de automóviles, cuyas necesidades tecnológicas en este campo cabe estimarlas considerables.



# 4

## TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

Se verifica seguidamente un análisis relativo al grado de desarrollo nacional tanto en lo que respecta a técnicas de corrección (TC) de emisiones atmosféricas como en lo relativo a tecnologías limpias (TL).

### 4.1. TÉCNICAS DE CORRECCIÓN (TC)

Con el fin de estimar el grado de desarrollo comercial en el ámbito nacional de las técnicas de reducción de emisiones atmosféricas aludidas, se verifica el siguiente análisis, teniendo en cuenta los suministradores de los equipos correspondientes a las mismas que aparecen en revistas IQ, Ingeniería Química, de abril 1999 y octubre 1990, especiales en cuanto la primera corresponde a la celebración de su 30º aniversario como revista técnica y la segunda es un número exhibido en Expoquimia de dicho año con profusión de anunciantes de equipos en sus páginas. Se ha supuesto que puede ayudar cualitativamente a la estimación que sigue para los correspondientes equipos y materiales:

- Colectores mecánicos secos. Se anuncian cinco suministradores nacionales de colectores mecánicos por vía seca, tres en la provincia de Barcelona y dos en Vizcaya.

- Lavadores. A los anteriores suministradores, que también ofrecen lavadores, se añade en el número del año 1999 una firma belga sita en Bruselas, directamente sin delegación española; una firma nacional más con licencia extranjera y sita en Madrid aparecía en 1990, que no ofrecía colectores secos; y una empresa valenciana de plásticos ofrece material para los rellenos internos de los lavadores.
- Filtros. Son los equipos correspondientes a filtros de mangas los que muestran mayor número de suministradores nacionales de TC, sumando ocho en total: seis en la provincia de Barcelona, de los cuales uno tiene también delegaciones en Vizcaya y Madrid, y dos más (además del citado como delegación de Barcelona) en Vizcaya. De ellos, la mitad al menos son delegaciones o licenciatarios de prototipos extranjeros. Este equipo presenta también el mayor número de suministradores de materiales y accesorios, como son:
  - Tejidos, fieltros y mangas filtrantes: media docena de suministradores, de los cuales cinco están en la provincia de Barcelona y uno en la de Madrid.
  - Accesorios. Una empresa de la provincia de Barcelona ofrece jaulas portamangas y otra de Vizcaya válvulas para la limpieza de filtros por impulsos.

Puede estimarse esta TC de filtración como la de mayor extensión en su implantación comercial que lo es, mayoritariamente, sobre pequeñas y medianas instalaciones de los sectores industriales en los que resulta más aplicable.

- Precipitadores electrostáticos. No aparecen anuncios de suministradores en el muestreo realizado sobre los números de la revista técnica citada. El suministro nacional es conocido y corresponde a licenciatarios de empresas extranjeras con una oferta que no alcanza la media docena para satisfacer a los sectores industriales implicados, en este caso fundamentalmente grandes instalaciones de combustión y otras grandes industrias como

del tipo de las cementeras. Por ello, el interés de cierto grado de desarrollo en este campo pudiera considerarse relevante para cubrir la actual zanja existente y para perseguir la optimización deseable.

- Absorbedores de gases. Los suministradores nacionales se reducen ahora la mitad respecto a la cota máxima alcanzada en los otros equipos citados anteriormente. Se trata de suministradores para industrias como mucho medianas en lo que respecta a suministro de equipos propios. Se denota la carencia para grandes suministros como los correspondientes a absorbedores de desulfuración de gases de combustión para centrales térmicas, que han de realizarse bajo licencia extranjera (en el momento actual, de compañías multinacionales: europeas y japonesas).
- Catalizadores. Sólo la compañía belga anteriormente aludida como anunciante en la revista española ofrece un sistema de reducción de emisiones basado en proceso catalítico y para COV y olores. Resulta, por tanto, un nicho tecnológico que se debe cubrir. La oferta nacional de equipos es escasa y, sin embargo, la demanda puede potenciarse significativamente a corto plazo con las propuestas de directivas comunitarias para control de COV, así como para el correspondiente a los NO<sub>x</sub>.
- Adsorbedores. Un par de empresas de la provincia de Barcelona ofrece adsorción con carbón activo; a ellas se les une otra de Zaragoza, que suministra unidades de adsorción; y una más en Barcelona que lo que suministra son los carbones activos como material del proceso.
- Condensadores de vapores. La misma compañía de Zaragoza que se acaba de citar ofrece también equipos de concentración de productos por condensación; y otra más ofrece unidades de recuperación de vapores. Escasa oferta a la vez que demanda en el momento actual de este tipo de equipos como reductores de las emisiones atmosféricas.
- Combustión. Se ofrece oxidación térmica a la vez que catalítica por un par de empresas, una de las cuales es

la belga referida anteriormente como anunciante en la revista española. Son también un par las compañías que ofrecen antorchas para la quema directa de gases residuales.

- Otras técnicas de reducción de emisiones. Varias compañías, en número que no llega a la media docena, ofrecen separadores de gotas y eliminadores de nieblas; un par, biofiltros para COV; y una, quemadores de baja emisión de NO<sub>x</sub> (QBN).

Apoyándose en lo que antecede, salvando que el análisis no resulte exhaustivo en lo cuantitativo, el desarrollo comercial nacional de este tipo de suministros no se puede considerar alto resultando la situación especialmente crítica para las instalaciones con mayores volúmenes de los gases que se deban tratar, lo que no deja de ser una corroboración de opiniones en tal sentido, recogidas en apartados anteriores. Así, por ejemplo, la dependencia de tecnología extranjera es muy importante en precipitadores electrostáticos y sistemas de desulfuración de gases (DSG) de instalaciones de combustión, y en la desnitrificación de gases (DNG) de combustión el vacío es absoluto, quedando las técnicas de reducción actuales de NO<sub>x</sub> limitadas a las que se conoce como medidas primarias, por tratarse de medidas sobre el combustible o la combustión (cabe señalar que, sin embargo, estos sistemas DNG ya están gozando de una implantación comercial importante en países desarrollados como Alemania y Japón). También se echa de menos un suministro nacional competitivo de unidades de recuperación de COV.

Por lo demás, el desarrollo nacional de prototipos aparece más concentrado en Cataluña y el País Vasco, con algunas singularidades en otras regiones.

## **4.2. TECNOLOGÍAS LIMPIAS (TL)**

En cuanto a lo que se refiere a tecnologías limpias (TL), basadas en actuaciones sobre los procesos o las materias



primas, son actividades relevantes llevadas a cabo en el sector energético, tales como las relativas al lavado del carbón previo a su combustión, a escala comercial; la combustión del carbón en lechos fluido y a presión, respectivamente, así como la gasificación de carbón integrada en un ciclo combinado (GICC), como proyectos de desarrollo y demostración. La GICC en programa de cooperación internacional (Elcogas, en Puertollano) resulta ser el mayor proyecto realizado en el mundo de su clase<sup>41</sup>. Cabría reseñar que esta fase de demostración, por su naturaleza, no se prevé pueda relegar a las instalaciones más convencionales, si no es acaso en un plazo de cierta extensión, siguiendo funcionando prioritariamente y construyéndose estas instalaciones durante un período próximo previsto superior a una década.

Otras medidas primarias actúan sobre parámetros de la combustión o el diseño de quemadores para atenuar las emisiones de  $\text{NO}_x$ , habiéndose ya experimentado algunas en el ámbito nacional.

En refinerías de petróleo son tecnologías limpias (TL) implantadas, según tipos de contaminantes y actividades, las siguientes:

- Para emisiones de PS. En decoquizado: humectación del coque.
- Para CO:
  - Calentadores de proceso (hornos): mayor rendimiento de la combustión.
  - En compresores: ajuste de carburación.
- Para COV:
  - En calentadores de proceso y compresores: las mismas indicadas para el CO.
  - Emisiones fugitivas: mantenimiento adecuado.
  - Tanques de almacenamiento: de techo flotante interno.
  - Torre de refrigeración: mantenimiento adecuado de intercambiadores de calor y condensadores. Con esto también se evitan otras potenciales emisiones como las de sulfhídrico y amoníaco.

En la industria química en general también las TL tienen que ver con la operación y el mantenimiento adecuados. En algunos casos por la alta concentración de  $\text{SO}_2$  en las emisiones que contienen este gas (por ejemplo, en sinterizado de la primera fusión del plomo; tostación del mineral; plantas de azufre), se puede recuperar el azufre en una planta Claus. Este procedimiento de recuperación de materiales que, por otro lado, también es aplicable a las emisiones de ácido sulfhídrico en el suavizado del gas dentro de las plantas de procesamiento de gas natural, constituye la base de algunas TL que, además de reducir emisiones, optimizan el aprovechamiento de recursos. Así ocurre, además de los casos ya citados, en la producción de cloro, pues el cloro gaseoso contenido en sus emisiones se puede utilizar en otros procesos de la planta; en la producción de explosivos, se pueden recuperar los  $\text{NO}_x$ ; y otros casos similares. Estas TL son, normalmente, asumidas o consideradas en las etapas de diseño de los procesos, en cuanto afectan a la naturaleza de los mismos o equipos principales asociados o materias primas que se han de utilizar, como, por ejemplo, recubrimientos con bajo o nulo contenido orgánico volátil para la reducción de las emisiones de COV. También se consideran en operación en cuanto correspondan a circunstancias adecuadas de mantenimiento, cuidado y acondicionamiento.

# 5

## **PLANES DE ACTUACIONES**

Se atiende seguidamente a planes de actuaciones por las propias industrias, ya sean planes sectoriales, corporativos o individualizados según instalaciones concretas o planes de saneamiento atmosférico que pueden afectar a polígonos industriales o determinadas zonas geográficas; y programas en el ámbito nacional, comunitario o internacional.

### **5.1. PROGRAMAS SECTORIALES, CORPORATIVOS E INDIVIDUALES**

Los programas industriales de actuación lo pueden ser sectoriales, en el seno de una empresa que disponga de varias plantas industriales o, simplemente, individuales, con una sola instalación en concreto.

Así, los temas de investigación y desarrollo del Sector Eléctrico se realizaban en el ámbito del Programa de Investigación y Desarrollo Electrotécnico (PIE). Con la desaparición de este programa y la liberalización del sector se ha pasado a programas corporativos del tipo del Plan de Medio Ambiente por compañías eléctricas o a acciones individualizadas por centrales térmicas en particular, como las que han llevado a algunas a obtener los certificados nacionales de calidad y gestión ambiental.

La industria química nacional, a través de su asociación empresarial FEIQUE, se ha adherido desde 1993 al programa de tipo general conocido como Compromiso de Progreso de la Industria Química, denominación en castellano del programa internacional Responsible Care, que persigue el progreso continuo en materia medioambiental, a través de los llamados<sup>42</sup> niveles de desarrollo:

- N1. Análisis.
- N2. Evaluación.
- N3. Planificación.
- N4. Implantación.
- N5. Desarrollo.
- N6. Reevaluación. Permite acceder al nivel N2 en un proceso de realimentación.

FEIQUE reúne periódicamente a los coordinadores designados por las Compañías adheridas al Programa.

Las compañías petroleras también realizan programas corporativos. Así, en 1997, Shell realiza su primer informe de salud, seguridad y medioambiente, considerando la satisfacción del principio de desarrollo sostenible como un proceso de continuo equilibrio entre las necesidades económicas, sociales y medioambientales<sup>43</sup>.

Los programas individualizados por instalación industrial tratan de resolver problemas específicos de las mismas o conseguir altas cotas de calidad ambiental. Así, por ejemplo, por efectos denotados de fluorosis animal en ganado vacuno en las proximidades de la fábrica de Derivados del Flúor, en Ontón (Cantabria), se desarrolló por la misma un Modelo de Gestión Ambiental que mereció mención especial en el concurso «Hacia un ambiente mejor» de la CEE, durante el Año Europeo del Medio Ambiente<sup>44</sup>.

## **5.2. PLANES DE SANEAMIENTO ATMOSFÉRICO**

Los Planes de Saneamiento Atmosférico (PSAT) conllevan actuaciones de saneamiento ambiental atmosférico y, por

tanto, la planificación de la implantación de técnicas de reducción de emisiones. Suelen verificarse sobre zonas de atmósfera contaminada donde es preciso reforzar las medidas correctoras de las emisiones atmosféricas, sobre polígonos industriales, zonas urbanas densamente pobladas, e incluso en el ámbito de Comunidades Autónomas.

Aun a riesgo de poder ser considerada no exhaustiva, se recoge seguidamente a efectos ilustrativos una serie de resúmenes de referencias publicadas de actuaciones relativas a diferentes PSAT sobre el territorio nacional.

Así, la Agencia de Medio Ambiente (AMA) de Asturias<sup>45</sup> estableció, entre otras, las siguientes actuaciones, para las instalaciones industriales, dentro de los correspondientes PSAT:

- En Avilés, según PSAT aprobado por RD 288/1980:
  - INESPAL. En cubas de serie 1: captación y depuración de gases por lavado seco (pulverización seca). Adquisición de tecnología Sumitomo.
  - AZSA. Captación y depuración de gases. En planta de sulfúrico: filtrado de gases.
  - ENSIDESA. En volcado de vagones: inyección de agua.  
En torres de apagado de cal: depuración de gases.  
En parques de almacenamiento: sistema de riego.  
En Sinter 3-4: mejora de la depuración de PS.  
En hornos de cal: mejora de la depuración de PS.  
Otros focos: revisión.
  - PRODUCTOS DOLOMÍTICOS. En hornos: precipitador electrostático.
- En Langreo. Según PSAT aprobado en 1987:
  - CEL. Mejora en la depuración de PS.
  - UERT. Diversas medidas sobre equipos y procesos para reducir las emisiones de  $\text{NO}_x$ .
  - INDUSTRIAL QUIMICA DEL NALÓN. En hornos de coque: actuaciones sobre el sistema de carga. En almacenamiento de carbones: recinto cerrado y cubierto.

- REFRACTA. Para sistemas de depuración de PS: plan de revisión y mantenimiento.
- En Aboño-Veriña. Según reunión del Consejo Rector de la AMA, abril 1987:
  - S.A. TUDELA VEGUÍN ABOÑO. En caída del clinker al hall: disminución de la emisión de PS. En hornos: mejora de la depuración de PS.
  - CEMENTOS DEL CANTÁBRICO, S.A. En enfriador de parrilla del clinker y en horno de clinkerización: mejora de la depuración de PS.

En el País Vasco, la situación del denominado Gran Bilbao (24 términos municipales) ha reunido tintes especiales de contaminación atmosférica, lo que ha redundado en una serie de actuaciones administrativas con desarrollo cronológico histórico que se ha descrito<sup>46</sup> como sigue:

- 1968. La Comisión Provincial de Servicios Técnicos crea una comisión especial para el estudio de la contaminación atmosférica, en la que están representados:
  - Ministerios: Sanidad, Industria y Trabajo.
  - Ayuntamiento de Bilbao.
  - Laboratorios José Torrónategui, pertenecientes a ETSII de Bilbao.
- 1975. El Ministerio de Industria establece el Plan Piloto de Urgencia de Reducción de la Contaminación Atmosférica del Gran Bilbao, que afecta a 46 instalaciones industriales: central térmica de Santurce, refinería, siderurgia integral, fundiciones, acerías, metalurgia no férrea, plantas químicas de base, reciclado de residuos y otras.
- 1977. El RD 3322/1977 declara al Gran Bilbao como zona de atmósfera contaminada (ZAC).
- 1978. El RD 3032/1978 aprueba el PSAT del Gran Bilbao.
- 1984. El Gobierno Vasco crea la Junta de Calidad del Aire de la comarca Nervión-Ibaizábal.
- 1988. Ordenanzas municipales específicas en cuanto a protección del medio ambiente atmosférico: así las esta-

blece el Ayuntamiento de Erandio. Quedan sometidas a estas Ordenanzas las actividades recogidas en el RAMINP, así como situaciones de carácter público o privado que se desarrollen en el término municipal, constituyéndose de este modo la administración municipal en uno de los principales elementos de control de la contaminación atmosférica.

En Andalucía se han descrito actuaciones de planificación como las siguientes:

- Plan Integral de Saneamiento de Huelva, que afectan a los polígonos Punta del Sebo, Nuevo Puerto y Tartessos; y, como sectores industriales principales, al refino de petróleo, a la industria química tanto orgánica como inorgánica, fertilizantes y derivados del fósforo, papel y madera y derivados, metales y sus derivados. Se estimó<sup>47</sup> la contribución industrial en porcentaje a la contaminación en la zona de la forma PS, el 95% del total; SO<sub>2</sub> el 91% y NO<sub>x</sub> el 49%.
- Plan Corrector de Emisiones Atmosféricas Industriales de la Bahía de Algeciras. A partir de su aplicación se ha denotado<sup>48</sup> una reducción notable de la contaminación, especialmente de SO<sub>2</sub>, con medidas correctoras adoptadas tales como:
  - Grupo CEPSA. Mejora de las plantas de azufre en la refinería de petróleos.  
Reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub> en la factoría de PETRESA.
  - ACERINOX. Reducción de emisiones de PS y NO<sub>x</sub>.

En Cataluña, se declara ZAC y como zona de protección especial al término municipal de Montcada i Reixach por Decreto 2641/1985, publicado en Diario Oficial de la Generalitat de Cataluña, y según Ley 22/1983 de esta Comunidad prescribe la formulación de un plan de actuación, que se formuló<sup>49</sup> con programas sectoriales como siguen:

- Cemento:
  - ASLAND. Mejora de las emisiones de PS.

- CEMARKSA. En molinería: filtros de PS.
- Química básica:
  - AISMALIBAR. En máquinas de esmaltar: sustitución del sistema de calefacción.
  - En máquinas de impregnación: destrucción de emisiones orgánicas.
- Otras industrias: planes individualizados.
- Incineración de residuos sólidos urbanos. Optimización de la operación del precipitador electrostático.

En la Comunidad de Madrid, es reciente la publicación<sup>50</sup> de su PSAT 1999-2002 con unas medidas de fomento de la disminución de las emisiones atmosféricas industriales, dentro de su Plan de Actuaciones, establecidas como basadas en los principios:

- Desarrollo de sistemas de gestión en empresas.
- Campañas de divulgación y sensibilización ciudadanas.
- Acuerdos voluntarios para la reducción de los contaminantes en los sectores de actividad industrial.
- Apoyo a beneficios fiscales que incentiven las mejoras en instalaciones industriales, con el fin de reducir las emisiones contaminantes.

### **5.3. PLANES Y PROGRAMAS NACIONALES**

Por su naturaleza, el Ministerio directamente competente en temas medioambientales es el correspondiente de Medio Ambiente. Otros Ministerios relacionados son el de Industria y Energía en cuanto a su competencia en los temas industriales y energéticos, y tecnologías que conllevan, y el de Salud y Consumo, en cuanto a efectos potenciales de la contaminación sobre la ciudadanía; y el de Educación y Cultura para temas de I+D.

La actual estructura organizativa del Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM) es la correspondiente a la de dos Secretarías de Estado:

- Secretaría de Estado de Aguas y Costas.



- Secretaría General de Medio Ambiente. Con dos Direcciones Generales: Conservación de la Naturaleza y Biodiversidad; y la de Calidad y Evaluación Ambiental, constituyendo ésta la más relacionada con el tema de las emisiones atmosféricas industriales.

Esta Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental ha definido<sup>51</sup> como líneas maestras de actuación y medidas a adoptar las siguientes:

- Líneas maestras de actuación:
  - Potenciar el desarrollo normativo mediante la participación de todos los sectores implicados.
  - Aprobar cuantos incentivos financieros y económicos sean necesarios.
  - Desarrollar una política de información y difusión.
- Entre las medidas que se pueden adoptar están:
  - Financiación con fondos públicos de proyectos medioambientales.
  - Implantación paulatina del principio «quien contamina paga».
  - Aprobación de medidas de estímulo bajo el principio de «quien descontamina cobra».

Por otro lado, se ha indicado<sup>20</sup> que las grandes líneas de actuación vienen marcadas por la normativa europea y que su aplicación en España puede encontrarse con problemas derivados de la división de competencias entre los diferentes niveles de la Administración. Por ello, los denominados Planes Nacionales constituyen un mecanismo adoptado para alcanzar acuerdos entre la Administración del Estado y las correspondientes administraciones de las CCAA.

Son Planes Nacionales en tal sentido los relativos a residuos sólidos; recuperación de suelos contaminados; saneamiento y depuración de aguas residuales; cartografía temática ambiental. Se echa, por tanto, de menos un Plan en la misma dirección relativo al aire o contaminación atmosférica.

Esta menor importancia del tema de las emisiones atmosféricas que se atribuye en sus competencias el MIMAM parece corroborarse con las declaraciones<sup>52</sup> en su toma de

posesión de la Ministra Isabel Tocino, en el sentido de que constitúan prioridades de su Ministerio en ese momento el Plan Hidrológico Nacional, los Parques Nacionales y la Política de Residuos.

Sectorialmente, sí existen los Programas de Reducción de Emisiones (PRE), que deben aplicarse según las directivas comunitarias a las grandes instalaciones de combustión (GIC) existentes, como ya ha quedado recogido en el apartado legislativo, dada su incorporación a la legislación nacional. Otras directivas comunitarias y otros compromisos internacionales apuntan a otros contaminantes y a otros sectores industriales; como son las relativas a los COV y al CO<sub>2</sub>. El tema de los COV está cobrando creciente vigor por su potencial toxicidad y las numerosas instalaciones industriales que los pueden emitir; el tema del CO<sub>2</sub> está continuamente acometido en los medios de información como componente de los gases invernadero y, por tanto, como uno de los agentes del posible cambio climático. Como ya se ha indicado este tema del CO<sub>2</sub> no se aborda en el presente documento dada su diferente naturaleza e idiosincrasia; baste abundar que las tecnologías medioambientales para su reducción se dirigen fundamentalmente a la mejora de los rendimientos energéticos y al ahorro en el consumo del combustible fósil como el que se puede realizar optimizando usos y utilizando energías alternativas, dado el incipiente estado de desarrollo de las técnicas, poco convencionales, de corrección directa sobre las emisiones; aunque, naturalmente, ello no quiere decir que deje de ser merecedor de un Plan Nacional como los anteriormente apuntados.

#### **5.4. PROGRAMAS INTERNACIONALES**

La incidencia fundamental de programas internacionales sobre la planificación a nivel nacional de técnicas de reducción de emisiones es la que se traduce de la aplicación de

las disposiciones de la Unión Europea (UE) y de los compromisos adquiridos con la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ya aludidos.

Los planteamientos fundamentales, tanto para la UE como para la ONU, para instalaciones nuevas (IN), es la de fijación sobre las emisiones de valores límite de emisión (VLE), para cuya definición se han de tener en cuenta las prestaciones posibles de las mejores tecnologías disponibles (MTD) desde el punto de vista medioambiental. Como ha quedado indicado, la UE tiene previsto la fijación de estos VLE, para las principales actividades industriales, por el Consejo, como es habitual a propuesta de la Comisión, y parece fundamental cierta capacidad de intervención técnica en estas decisiones.

En cuanto a instalaciones existentes (IE), aún queda pendiente la parte final, fase 3, año 2003, del Programa de Reducción de Emisiones (PRE) de  $\text{SO}_2$  de Grandes Instalaciones de Combustión, específico para cada Estado miembro de la UE y, por tanto, para España. Con la liberalización del Sector Eléctrico y su tendencia para el resto de los sectores industriales en general, este tipo de planificación colectiva puede aparecer como de más difícil aplicabilidad, salvo que se establezca alguna actuación del tipo de comercio o bolsa de emisiones que permita transacciones económicas sobre las emisiones producidas y las dejadas de producir entre varias instalaciones que las negocien o consensen entre sí. Parece tendencia general, tanto para las disposiciones de la UE como para los convenios de la ONU, ir también para las IE a la fijación de nuevos VLE, que pueden ser progresivamente adoptados en el tiempo o bien con ciertos plazos de demora hasta su satisfacción final.





## **AYUDAS PARA ACTUACIONES**

Las actuaciones pueden provenir de muy diferente tipo de agentes que quieran profundizar en el conocimiento y desarrollo de las técnicas de reducción de emisiones, como fabricantes de equipos de técnicas de corrección de las emisiones; licenciarios, o que pretendan conseguirlo ser, de procesos de tecnologías limpias; sectores industriales y sus asociaciones empresariales; grupos o empresas industriales como compañías eléctricas, petroleras y otras; instalaciones industriales en particular, plantas, fábricas concretas; consultores, ingenierías, empresas de servicios tanto para operación como para mantenimiento, entidades de investigación, innovación y desarrollo tanto públicas como privadas e incluso órganos administrativos competentes en la materia que deseen ampliar equipos y conocimientos.

Un aspecto que se ha considerado<sup>53</sup> digno de mención es la poca atención a las medidas de reducción de la contaminación una vez aplicadas, teniendo en cuenta el potencial campo para la investigación aplicada que representa el seguimiento y control de su eficacia y prestación como base para diseños futuros y mejora en la operación de los existentes (planes de optimización de instalaciones correctoras existentes).

Las ayudas que se pueden recibir cabe catalogarlas en dos bloques fundamentales según su naturaleza: técnicas y

económicas. En algunos casos, son comunes a otros temas además de los medioambientales, como es el caso que ocurre para las actividades de innovación, desarrollo y demostración. Pasemos a describirlas.

## **6.1. AYUDAS TÉCNICAS**

Las ayudas técnicas para una determinada actuación pueden ir desde la más académica, en general, de las Universidades hasta las probablemente más aplicadas, que puedan suministrar los denominados centros tecnológicos. Así se han reseñado<sup>54, 55</sup>, como tales instrumentos de potencial apoyo:

### Universidades

Fundamentalmente se puede recibir ayuda técnica a través de sus Centros de Investigación.

### RED OTRI/OTT (Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación y Oficinas de Transferencia de Tecnología)

Se trata de pequeñas oficinas en Universidades y otros organismos públicos de investigación. Sus objetivos son la activación de las relaciones con los centros públicos de investigación, la identificación de resultados transferibles a las empresas, la difusión de la oferta tecnológica, ayuda en la negociación de contratos, protección de la tecnología generada e identificación de necesidades de I+D en su entorno. Desde 1996 se ha dado la posibilidad de integración en esta red a entidades privadas sin ánimo de lucro, que reciben asignación de fondos de la CICYT para la creación de este tipo de oficinas, a la que se han adherido las Fundaciones Universidad-Empresa y Centros Tecnológicos, estando registradas actualmente más de un centenar de estas oficinas.

## Fundaciones Universidad-Empresa (FUE)

Existen en España desde los años setenta, creadas por una o varias Universidades y algún tipo de organización empresarial, frecuentemente Cámaras de Comercio. Actualmente son más de veinte, con el objetivo fundamental de ser centros de información y coordinación para las Empresas en sus relaciones con la Universidad, gestionando y administrando proyectos, promoviendo la formación en las Empresas y la difusión de publicaciones técnicas. Como ha quedado indicado, muchas de ellas se han adherido a la red OTRI.

## Organismos Públicos de Investigación (OPI)

Se tratan de centros públicos de investigación no universitarios. Dentro de los mismos se han señalado nueve grandes OPI (GOPI) constituidos por los siguientes organismos, indicándose el Ministerio correspondiente de tutela:

- CSIC. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. MEC.
- CIEMAT. Centro de Investigaciones Energéticas, Tecnológicas y Medioambientales. MINER.
- ITGE. Instituto Tecnológico y Geominero de España. MIMAM.
- INTA. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. DEFENSA.
- IEO. Instituto Español de Oceanografía. MAPA.
- INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. MAPA.
- CEDEX. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. MIMAM.
- ISC III. Instituto de Salud Carlos III. MINECO.
- CEHIPAR. Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo. DEFENSA.

De ellos, se entresacan a continuación aquellas líneas de actividad y capacidades tecnológicas que parecen más relacionadas con las técnicas de reducción de emisiones de acuerdo con lo reseñado en reciente publicación<sup>56</sup> y alguna otra referencia.

Así, dentro del CSIC son tal tipo de líneas de actividad:

- Biotecnología microbiana. Por centros como:
  - CIB. Centro de Investigaciones Biológicas.
  - CID. Centro de Investigación y Desarrollo.
  - CNB. Centro Nacional de Biotecnología.

Capacidades tecnológicas que consideran pueden ofrecer: diseño de microorganismos para usos en biodegeneración y biorremediación. Preparación de biomateriales.

- Ensayos pilotos y prototipos para aglomeración acústica para refuerzo en la depuración de PS micrónicas. IA, Instituto de Acústica<sup>57</sup>.
- Materiales. Membranas y materiales porosos:
  - ICV. Instituto de Cerámica y Vidrio.
  - ICM. Instituto de Ciencias Materiales. Varios en Aragón, Barcelona, Madrid, Sevilla.
  - ICTP. Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros.

Con capacidades tecnológicas ofrecidas: preparación y caracterización de materiales cerámicos, poliméricos.

- Procesos y productos químicos (química ambiental, catálisis, ecología química, limpieza de gases):
  - CID. Centro de Investigación y Desarrollo.
  - ICB. Instituto de Carboquímica.
  - ICP. Instituto de Catálisis y Petroleoquímica.
  - IIQ. Instituto de Investigaciones Químicas.
  - INCAR. Instituto Nacional del Carbón.
  - IQFR. Instituto de Química Física «Rocasolano».
  - IQOG. Instituto de Química Orgánica General.
  - ITQ. Instituto de Tecnología Química.
  - LITEC. Laboratorio de Investigación en Tecnologías de la Combustión.

Capacidades tecnológicas ofrecidas (siempre las más relacionadas con el tema del presente documento): preparación y caracterización de materiales catalizadores; depuración de gases.

- Recursos naturales (Ciencias Ambientales). Existe el CCMA, Centro de Ciencias Medioambientales, que, según se indica, está más relacionado con los temas de



recursos naturales que con las tecnologías medioambientales de depuración de la contaminación.

De los otros grandes OPI con líneas de actividad más directamente relacionadas con las técnicas de reducción de emisiones según la referencia<sup>56</sup> anteriormente citada, están:

- CIEMAT. Medio Ambiente; Combustión y gasificación. Capacidades tecnológicas ofrecidas: instalación para ensayos de depuración de gases.
- INTA. Capacidad tecnológica en investigación de materiales protectivos y recubrimientos.
- INIA. Entre sus actividades: Contaminación agroindustrial, con capacidad tecnológica para la valoración ambiental de actividades agroindustriales.

Además de estos grandes, existen otros OPI, centros públicos de investigación no universitarios, con una distribución de su número según tipo de Administración a la que están asignados como sigue:

- Administración del Estado: 59; en total, incluidos los anteriores GOPI.
- Administraciones autonómicas: 110.
- Administración Local: 14.

### Agencias de fomento de la investigación

Creadas por la mayoría de los gobiernos autonómicos. Son algunos ejemplos: la SPRI vasca, el IMADE madrileño, el CIDEM catalán, el IMPIVA valenciano, la ADE en Castilla-León, el IGAPE gallego, el IFR asturiano, el INFO murciano y el IFA andaluz. En muchos casos el mundo empresarial las ve como los instrumentos más activos de las políticas autonómicas de innovación<sup>55</sup>. Desarrollan actividades de: difusión de la tecnología, subvención de actividades tecnológicas, información y asesoramiento.

En el ámbito nacional son de esta naturaleza el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).

## Centros de enlace de la innovación (CEI)

Se trata de una Red Europea (Innovation Relay Centers) promovida por la Dirección General XIII de la UE, dentro del Programa Innovación del IV Programa Marco de I+D. Son centros regionales con coordinadores nacionales y coordinación final por una Unidad Central que gestiona la Comisión UE. En España son tales centros de enlace (CEI):

- ENEMES. Centro de Enlace del Mediterráneo Español. Coordinado por la Universidad de Alicante. Organismos que lo forman: Universidades (OTRI de la Universidad de Alicante y otras), instituciones dependientes de los gobiernos regionales (Instituto de Fomento de la Región de Murcia, Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana).
- CENEO. Centro de Enlace del Norte y Centro Español. Coordinado por CETEMA, Centro Tecnológico de Madrid.
- CIDEM. Centre d'Informació i Desenvolupament Industrial. Cubre Cataluña.
- GALLAECIA. Abarca el Noroeste de la Península Ibérica. Lo integran varias fundaciones y el Parque Tecnológico de Castilla y León.
- CESEAND. Andalucía. Instituto de Fomento de Andalucía y otros.
- SPRI, Sociedad para la Promoción y Reconversión Industrial. País Vasco.

## Centros Tecnológicos (CT)

También conocidos como Centros de Investigación y Tecnología (CIT). Están definidos por el RD 2609/1996 que crea su registro oficial. También en 1996 se crea la Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología (FEDIT), aunque con criterios no coincidentes<sup>55</sup> con el Real Decreto anterior, con unos sesenta asociados, entre ellos los centros más activos de las antiguas

Asociaciones de Investigación creadas a partir de 1961 en virtud de un Decreto que se ha derogado en 1997.

Se han reseñado<sup>17</sup> como miembros de FEDIT en sectores que se entresacan aquí como más posiblemente relacionados con el tema de la reducción de emisiones:

- En Generación de Energía: AICIA, CEIT, INASMET, ICT, ITA, ITE, ITMA, TGI. ASINEL, que figuraba en esta relación ha pasado a AENOR.
- En Química/Petroquímica/Medio Ambiente: AICIA, AIMME, AZTI, CIDEMCO, GAIKER, INASMET, INESCOP, ITEB, LBEIN, LEIA, TGI.

Se consideran objetivos de este tipo de centros tecnológicos la realización de I+D bajo contrato, fundamentalmente; y otros como la transferencia y difusión de tecnología, información y asesoría (e incluso formación) en la gestión de la innovación.

### Parques Tecnológicos

Se trata de una moderna clasificación de suelo industrial siguiendo modelos del tipo de Silicon Valley, California. Sus objetivos se cifran como: estimular las inversiones en actividades de alta tecnología, fomentando la comunicación entre los sectores investigador e industrial.

La Asociación de Parques Tecnológicos de España (APTE) integra actualmente a quince de los mismos, repartidos en ocho CCAA (Asturias, Cataluña, País Vasco, Madrid, Andalucía, Galicia, Valencia, y Castilla y León).

La APTE forma parte de la IASP (*International Association of Science Parks*), cuya sede es el Parque Tecnológico de Andalucía, ubicado en Málaga.

Frecuentemente se engloban con esta misma denominación los parques científicos, aunque poseen características diferenciales entre sí. De este último tipo de parques constituyen ejemplos de reciente creación en España los de Universidad de Alcalá de Henares, Universidad de Oviedo y Parc BIT de Palma de Mallorca.

Laboratorios de ensayo y medida

Pueden realizar pruebas y ensayos sobre materiales o productos finales. La organización ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) se encarga de su homologación.

Observatorio de prospectiva tecnológica industrial (OPTI)

Este Observatorio se creó recientemente, a finales de 1997, por iniciativa del MINER. Su objetivo es analizar las tendencias de la tecnología y realizar un seguimiento de los acontecimientos tecnológicos relevantes que se producen<sup>58</sup>. Está coordinado por la Escuela de Organización Industrial (EOI) con los ocho centros de cabecera siguientes y sectores de especialización a que corresponden que se indican:

- AINIA. Instituto Tecnológico Agroalimentario. Sector agroalimentario.
- ASCAM. Centre Tecnologic. Sectores básicos y transformados.
- CIEMAT. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Sector: Energía.
- CITMA. Centro de Innovación Tecnológica del Medio Ambiente. Medio Ambiente Industrial.
- ICT. Fundación Instituto Catalán de Tecnología. Tecnologías de la Información y de la Comunicación.
- INASMET. Centro Tecnológico de Materiales. Transporte.
- INESCOP. Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas. Sectores tradicionales.
- IQS. Instituto Químico de Sarriá. Sector químico.

## 6.2. AYUDAS ECONÓMICAS

Según Recomendación del Consejo de la UE<sup>59</sup>, relativa a la implantación de costes e intervención de los poderes públicos en materia de medio ambiente, se debe asumir el principio: «quien contamina paga» (QCP), recogido ya en

Declaración del Consejo de 22 de noviembre de 1973, por lo que la protección del medio ambiente, en principio, no debe estar garantizada por políticas basadas en la concesión de ayudas y que impongan a la colectividad los gastos de la lucha contra la contaminación, considerándose principales instrumentos de los poderes públicos para la aplicación del principio QCP:

- Normas; de niveles de contaminación o perturbación.
- Cánones; para incitación de la adopción por propia iniciativa que conlleve un menor coste de las medidas necesarias (función de estímulo) o a la participación en medidas colectivas de depuración (función de redistribución). El canon se fijará en la forma que favorezca principalmente la función de estímulo.

El producto del canon podrá tener una aplicación finalista, en el sentido que puede utilizarse para financiar las medidas que adopten las administraciones públicas y para contribuir a la financiación o premiar a las instalaciones que reduzcan la contaminación por debajo del nivel establecido por las autoridades competentes.

En esta misma Recomendación se considera:

- Excepciones admisibles al principio QCP:
  - a) Para instalaciones existentes: plazos y ayudas limitadas temporalmente.
  - b) Ayudas destinadas a resolver determinados problemas estructurales (política regional, industrial, social, política agrícola, política de investigación y desarrollo).
- No contrarias al principio QCP:
  - a) Contribución financiera a comunidades locales para instalaciones medioambientales cuyos gastos no puedan ser cubiertos total o inmediatamente por los cánones.
  - b) Financiación de cargas especialmente onerosas para lograr nivel de calidad excepcional medioambiental.
  - c) Contribuciones de estímulo de la I+D a fin de aplicar técnicas, métodos de fabricación y productos menos contaminantes.

Se describen seguidamente de forma sucinta las caracterís-

ticas de las potenciales fuentes de financiación económica en el ámbito de la de UE, nacional e internacional, y desde el punto de vista de su aplicabilidad dentro del tema que nos ocupa.

### **6.2.1. Fuentes de financiación UE**

#### *Fondos estructurales*

Se han considerado la columna vertebral del sistema presupuestario de gastos de la UE<sup>60</sup>. Son Fondos Estructurales el Fondo Europeo de Orientación y Garantía Agrícola (FEOGA), Fondo Social Europeo (FSE) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

El FEDER puede contribuir a la financiación de proyectos piloto que favorezcan el intercambio de experiencias y acciones innovadoras dentro de la UE. Entre otros requisitos, deben tener un coste superior a 1.400 MPta., y se pueden solicitar por órganos de la Administración, centrales, autonómicos o locales, y por empresas públicas o asimilables a públicas. Destaca entre los Fondos Estructurales en lo relativo a desarrollo tecnológico y constituye organismo intermediario a nivel nacional el CDTI (Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial), que organiza la exposición TECNNOVA cada dos años y edita la publicación periódica Perspectiva CDTI.

El FSE persigue fines de promoción de posibilidades de empleo como las conseguibles a través de acciones de carácter innovador: validación de nuevos contenidos, metodología y organización profesional.

Los temas del FEOGA son de ámbito agrícola.

#### *Fondos de cohesión*

Se han articulado para favorecer el desarrollo de Estados Miembros considerados menos favorecidos en su momento (Grecia, Irlanda, Portugal y España).

El índice de intervención comunitaria puede llegar al 85-90%, y son subvencionables proyectos de medioambiente que contribuyen a la consecución de los objetivos comunitarios; estudios preparatorios, evaluaciones previas, análisis de costes y beneficios, y asistencia técnica.

Como Órgano gestor por la UE existe una Secretaría General de los Fondos. En el ámbito nacional se puede obtener información y direcciones de otras autoridades competentes en el Ministerio de Economía y Hacienda; también se puede recabar información en la Representación en España de la Comisión Europea, Paseo de la Castellana, 46, Madrid 28001; en el Centro de Documentación Europea (CEYDE) de la Universidad Politécnica de Madrid y otros centros similares repartidos por el territorio español.

### *Programas comunitarios de Investigación y Desarrollo (I+D)*

Dentro de estos Programas se incluyen los correspondientes medioambientales.

Son tipos de acciones dentro de esta clase de Programas:

- Acciones directas. Se llevan a cabo mediante Centros de Investigación propios (CCR).
- Acciones concertadas. La UE sólo se encarga de la coordinación. Los gastos de I+D corren a cargo de los Estados miembros participantes.
- Acciones a gastos compartidos. Representan la mayor parte, entre el 80-90%<sup>61</sup>; están abiertas a empresas, centros de investigación y universidades. Engloban proyectos de carácter precompetitivo en los que la subvención comunitaria a fondo perdido puede ser de hasta el 50% del presupuesto total del proyecto que ha de ser presentado por, al menos, dos socios independientes de sendos Estados miembros de los que, generalmente, uno ha de ser un socio industrial.

Constituye órgano gestor de estos programas el CDTI, encargándose también tanto de la información como de la

tramitación a nivel nacional: la Oficina de las Comunidades Europeas, el Ministerio de Medio Ambiente, la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y la Secretaría General del Plan Nacional de I+D.

### *Programa LIFE*

Se trata de instrumento principal de la financiación comunitaria en lo que atañe a medioambiente. Su objetivo es contribuir al desarrollo y aplicación de la política y legislación comunitaria en medioambiente. Todos los agentes económicos (empresas, colectividades locales, etc.) cuya actividad pueda tener consecuencias para el medioambiente pueden solicitar una ayuda financiera en el marco de LIFE. La ayuda se concede sólo para acciones de preparación, incitación, asistencia técnica, demostración y sensibilización.

El porcentaje de la ayuda financiera LIFE varía de acuerdo con las siguientes categorías:

- 30% del coste total si se trata de acciones que implican financiación de inversiones generadoras de ingresos (privados).
- 50% o más del coste si se trata de inversiones públicas, experiencias piloto o de demostración.
- 100% del coste en caso de las medidas destinadas a obtener la información necesaria para la ejecución de una acción, así como en el de las medidas de asistencia técnica aplicadas a iniciativa de la Comisión.

No pueden percibir la ayuda LIFE aquellas acciones que reciben otras ayudas provenientes de fondos estructurales o de cualquier otro instrumento presupuestario de la UE.

Cuando se trata de procedimientos sobre nuevas tecnologías limpias, LIFE publica una convocatoria de manifestaciones de interés en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE). En los demás casos, el procedimiento prevé que las solicitudes se presenten en el Estado miembro interesado (en España, en la Dirección General de Calidad



y Evaluación Ambiental del MIMAM) que ayuda a los agentes a formalizar los proyectos de modo que tengan mayores posibilidades de aceptación, emite un dictamen técnico y procede a una primera selección ante su sometimiento a un comité de expertos independientes nombrados por la Comisión UE.

### *Acciones presupuestarias*

Constituidas por aquellas ayudas financieras que, sin estar sujetas a las normas de las anteriores, quedan consignadas anualmente en los Presupuestos Generales de la UE.

Como tales acciones cabe citar:

- Fondo de Inversión para la mejora del medioambiente.
- Medidas en materia de protección del medioambiente.

Para la primera de las acciones citadas es objetivo cubrir los gastos de inversión en medioambiente que no cubran los Fondos de Compensación ni los Programas de Acción; y, para la segunda, realizar actuaciones generales de sensibilización y de información al público en general en materia de medioambiente.

Los beneficiarios pueden ser los Estados miembros o autoridades regionales responsables de medioambiente.

### *Préstamos y bonificaciones de intereses*

Los préstamos o bonificaciones de los intereses de los mismos se pueden conseguir a nivel de la UE a través de:

- Banco Europeo de Inversiones (BEI).
- Nuevo Instrumento Comunitario (NIC).
- Bonificaciones del Sistema Monetario Europeo (SME).

El BEI es el principal organismo de financiación de inversiones de la UE, constituyendo uno de sus objetivos la protección del medioambiente. Sus préstamos son de dos tipos:

- Préstamos directos o individuales. Vinculados a un proyecto determinado, con un montante superior a 3.500 MPta.

- Préstamos globales. Se conceden a una institución financiera, para repartir el importe entre proyectos de mediana y pequeña dimensión. Están especialmente dedicados a las PYMES.

El importe del préstamo puede alcanzar el 50% del coste del proyecto, e incluso superarlo en inversiones financiadas en el marco de la iniciativa europea por el crecimiento. Se ha indicado<sup>62</sup> que su valor puede llegar hasta el 75%.

Pueden ser beneficiarios de los préstamos BEI las empresas públicas y privadas, instituciones financieras; poderes y colectividades públicas.

NIC es la denominación de la actuación para contratar empréstitos en los mercados de capitales para promover proyectos de lucha contra el paro y de convergencia de políticas económicas de los Estados miembros. Su orientación es fundamentalmente hacia las PYMES en la industria y en los demás sectores productivos. La vía de acceso es como para el BEI, a través del Banco Europeo de Inversiones o del Instituto de Crédito Oficial (ICO). También se ocupa de la información y tramitación en Bruselas la Dirección General de Asuntos Económicos y Financieros, de la Comisión UE.

Por último, las Bonificaciones SME son una medida complementaria a las anteriores, como una bonificación del 3% sobre los préstamos BEI o NIC a los Estados Miembros menos prósperos con dificultades por la creación del Sistema Monetario Europeo (SME), siendo sus potenciales beneficiarios las empresas públicas o privadas y colectividades locales.

## **6.2.2. Fuentes de financiación nacionales**

### *Acciones presupuestarias*

Se refieren a las partidas del presupuesto que ordinariamente se asignen por la Administración central o autonómica.

## *Apoyo de MINER*

Las últimas ayudas de la Administración central se han concretado principalmente en instrumentos del MINER, siendo los básicos la iniciativa ATYCA, encontrándose en fase de diseño nuevo plan que la sustituya, y el apoyo financiero del CDTI.

ATYCA corresponde a Orden MINER de 25 de abril de 1997 (BOE de 6 de mayo de 1997), en la que se postula como iniciativa de apoyo a la tecnología, la seguridad y la calidad industrial, y se aprueban las bases reguladoras y la convocatoria de ayudas en el trienio 1997-1999, contando como potenciales beneficiarios a las empresas y entidades públicas o privadas, sus agrupaciones o asociaciones y las instituciones sin fines de lucro. Sus líneas de acción se han estructurado en el Programa de Fomento de la Tecnología Industrial (entre cuyas áreas de actuación figura la correspondiente a Tecnologías para el Medio Ambiente Industrial) y en el Programa de Calidad y Seguridad Ambiental. La última fecha de presentación de solicitudes fue la del 31 de enero de 1999.

Los proyectos financiados por el CDTI (créditos blandos o sin intereses, que son reembolsados en caso de éxito final de los proyectos) pueden ser:

- Proyectos Concertados y Cooperativos. Precompetitivos. En colaboración con Centros Públicos de Investigación (Concertados) o con Centros de Innovación Tecnológica (Cooperativos).
- Proyectos de Desarrollo y Proyectos de Innovación Tecnológica. Los realizan las Empresas en colaboración con centros tecnológicos o no.

El marco general nacional relativo a I+D se describe sintéticamente en el punto que seguirá a continuación.

La financiación directa del CDTI consiste, con carácter general, en créditos a tipo de interés cero, que cubren el 50% del presupuesto total del proyecto y se amortizan en cinco años. El CDTI sólo apoya proyectos viables técnica y

económicamente, pero en general no exige garantías reales a la empresa promotora. Los proyectos inscritos en programas de cooperación tecnológica internacional gestionados por el CDTI se benefician de créditos con un plazo de amortización de ocho años que cubren hasta el 60% del presupuesto total. Los proyectos de investigación precompetitiva desarrollados en colaboración con centros de investigación pueden alcanzar un plazo máximo de amortización de diez años.

Además de ofrecer financiación propia, el CDTI facilita el acceso a financiación bancaria preferencial mediante la Línea de Financiación para la Innovación Tecnológica, diseñada en colaboración con el Instituto de Crédito Oficial (ICO). A esta línea están suscritas la mayoría de las entidades financieras españolas.

### *Plan nacional de I+D*

El Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico es coordinado por la CICYT. El último realizado es el III Plan Nacional de I+D (1996-1999) con objetivo fundamental cifrado en la potenciación de la investigación básica, figurando en sus programas los temas medioambientales entre otros. Sus instrumentos son de las clases:

- ID. Proyectos de I+D. Dirigidos a Centros Públicos de Investigación.
- EPO. Proyectos I+D con EPO. Como ID con ente de seguimiento.
- PE. Proyectos PETRI (Proyectos de estímulo a la transferencia de resultados de la investigación). Dirigidos a Centros públicos de investigación y a Centros Tecnológicos.
- CN y CO. Proyectos concertados y cooperativos. Ya aludidos anteriormente como financiados por el CDTI, que como se ha indicado también financia proyectos de I+D empresariales para desarrollo tecnológico.

En el marco del Plan se ha estimado<sup>64</sup> que ha trabajado el 65% de los investigadores públicos.

De reciente aprobación es el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003. La novedad que se introducirá con este nuevo Plan es que por primera vez se incentivará el I+D que afecta al inmovilizado inmaterial, como es el caso del coste de patentes o licencias, así como al diseño de ingeniería de los productos, lo que constituye la razón por lo que en este Plan se incorpora ahora la palabra innovación.

### *Préstamos*

En el ámbito nacional, como Línea Verde de préstamos se destacaron en su día<sup>62</sup> los del Instituto de Crédito Oficial (ICO), compatibles con las ayudas MINER. El esquema de financiación de estos proyectos medioambientales del ICO se reseñó<sup>65</sup> como sigue: a) Financiación directa a empresas y entidades, públicas o privadas; b) Project finance, con base en la garantía del proyecto. Un ejemplo de Project finance fue el aplicado por el BCH en la creación de SOGAMA (Sociedad Gallega de Medio Ambiente) con el patrocinio de la Xunta de Galicia y Unión Fenosa<sup>66</sup>; c) Línea medioambiental del ICO, apoyada por los Ministerios de Industria y de Medio Ambiente.

En la actualidad, el ICO dispone de la Línea PYME 99, que financia los proyectos de inversión que realicen las pequeñas y medianas empresas en nuestro país, mediante préstamos a cinco o siete años y a un tipo de interés del Euribor más 0,25 puntos. En los últimos seis años, más de 79.000 empresas ya lo han conseguido.

### *Otras fuentes*

El sector privado puede ser una fuente de financiación. Por ejemplo, cuando la gestión de la explotación compensa la financiación previa.

También se puede intervenir como promotor o patrocinador, lo que podría ser de aplicación particular en el caso de fundaciones, especialmente las orientadas hacia vertientes medioambientales.

Otras fuentes de financiación pueden proceder de Empresas o asociaciones de las mismas que pueden gozar, por otra parte, de ayudas económicas como las anteriormente mencionadas.

### **6.3. OTRAS AYUDAS INTERNACIONALES**

Son de tales tipos las correspondientes a programas internacionales, como: EUREKA, CYTED y otros.

EUREKA contempla proyectos internacionales de cooperación tecnológica en el ámbito europeo. No contiene una financiación directa, sino que avala los proyectos proporcionando un «sello de calidad» (sello Eureka). La temática contemplada es libre, aunque con ciertas directrices a través de los denominados proyectos paraguas. En el último período, 1995-1998, dentro del número total de temas fueron los medioambientales los más numerosos<sup>54</sup>.

CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, promovido por el CDTI, traslada la fórmula Eureka, promoviendo los proyectos IBEROEKA de I+D, en una línea asimismo de cooperación internacional, ahora entre España e Iberoamérica.

Por otro lado, existe una serie de programas científicos como el COST (Programa de Cooperación Europea en el ámbito de la Investigación Científica y Técnica) y otros.



## **A MODO DE RESUMEN**

El presente documento ha perseguido el análisis de las necesidades tecnológicas en el ámbito nacional en la reducción de las emisiones atmosféricas industriales. Estas necesidades vienen determinadas por el marco legislativo aplicable, según la naturaleza del contaminante y según el sector industrial de que se trate, aunque en ocasiones es simplemente la presión social el agente motor de las actuaciones.

El marco legal aplicable ya excede el ámbito nacional, pues España debe cumplir sus compromisos y obligaciones internacionales, habiéndose destacado entre los mismos los correspondientes a las Directivas de la UE y los Protocolos de la ONU sobre contaminación atmosférica transfronteriza. Es un planteamiento fundamental legislativo de adopción no sólo para los Estados miembros de la UE, sino internacional en los países más desarrollados, la fijación de valores límite de emisión (VLE) basados en las prestaciones obtenibles con las mejores técnicas disponibles (MTD) ambientales. La reciente Directiva PCIC (Prevención y Control Integrados de la Contaminación) postula la fijación de estos VLE para las principales actividades industriales por la Comisión UE, proceso en que, por su relevante repercusión, conviene, expresándolo resumidamente, estar técnicamente presente.

Resulta una necesidad tecnológica fundamental, que tras-

ciende el ámbito medioambiental, no dejando el mismo de estar afectada por ella, superar lo que se ha dado en llamar la paradoja europea: cómo un riguroso conocimiento científico no se explota tecnológicamente, o cómo superar el hiato existente entre ciencia y aplicación tecnológica. Podría resumirse gráficamente haciendo ver que, para superar tales distancias, ambas posiciones, la más básica y la más aplicada, deben acercarse. Cabría estimar que el movimiento principal debería partir del empresario e industrial dadas las ventajas técnicas y económicas que se podrían deducir del mejor conocimiento de sus procesos y productos, de las mejores condiciones, y aquí sí entran ya específicamente los temas medioambientales, de la reducción de la posibilidad de efectos negativos en el entorno que frenasen la aceptación social de sus actividades. En este aspecto se han recogido referencias que abonan la tesis de que el mercado medioambiental industrial nacional genera un volumen de negocio todavía reducido, con una industria de bienes de equipo que aún no ha alcanzado el desarrollo de los principales países de la UE. En el documento se han reseñado algunos equipos y procesos que se consideran con mayor necesidad de desarrollo nacional, según contaminantes y sectores industriales.

Con el esquema de la fig. 7.1 se bosqueja un resumen de técnicas de reducción de emisiones según la naturaleza de diferentes contaminantes, señalando aquellas con una necesidad de desarrollo que pudiera estimarse más relevante; y con la tabla 7.1, el resumen correspondiente a tecnologías medioambientales (TMA) recomendables según sectores industriales.

Ante la reducción de emisiones atmosféricas se han diseñado programas sectoriales, corporativos por empresas o individualizados por instalaciones industriales, planes nacionales y programas internacionales, que se han esbozado según sus características que se han considerado más significativas para el tema en estudio. Dentro de los últimos



planes nacionales españoles se ha echado de menos algún referente a la contaminación atmosférica.

**Figura 7.1: Técnicas de reducción de emisiones atmosféricas industriales según tipo de contaminante señalando necesidades tecnológicas consideradas más relevantes (X)**

| NATURALEZA DEL CONTAMINANTE | TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES  |
|-----------------------------|---|
| PS                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colectores mecánicos secos</li> <li>• Lavadores (también absorben gases)</li> <li>• Filtros de tejido</li> <li>• Precipitadores electrostáticos (X)</li> </ul>                       |
| SO <sub>2</sub>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desulfuración de combustibles</li> <li>• Desulfuración de gases (DSG) (X)</li> <li>• Inyección de absorbente en el hogar (CP, LF)</li> <li>• Actuaciones sobre el proceso</li> </ul> |
| NO <sub>x</sub>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas primarias (QBN y otras)</li> <li>• Desnitrificación de gases (DNG) (X)</li> <li>• Lecho fluido</li> </ul>  |
| CO                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización de la combustión</li> <li>• Utilización, aprovechamiento</li> <li>• Calderas de CO</li> </ul>   |
| COV                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actuaciones sobre materias primas (TL)</li> <li>• Unidades de recuperación de vapores (X)</li> <li>• Destrucción (incineración, biofiltración) (X)</li> </ul>                        |

Notas de nomenclatura:

CP: Carbón pulverizado.

LF: Lecho fluido

QBN: Quemadores bajos en NO<sub>x</sub>

TL : Tecnologías limpias

NO<sub>x</sub>: Oxidos de nitrógeno

COV: Compuestos orgánicos volátiles

PS: Partículas

**Tabla 7.1: Resumen de TMA recomendables según sectores industriales**

| Equipo/<br>Sector                         | Energía | Siderurgia y<br>Metalurgia | Productos<br>minerales | Madera | Refinerías y<br>Petroquímica | Otras<br>industrias |
|---|---------|----------------------------|------------------------|--------|------------------------------|---------------------|
| <b>Colectores<br/>Mecánicos secos</b>     |         |                            | MC (*)                 |        |                              |                     |
| <b>Filtros<br/>de mangas</b>              | (*)     | X                          | X                      |        |                              |                     |
| <b>Precipitadores<br/>electrostáticos</b> | X       | X                          | X<br>PEH (*)           | X      |                              |                     |
| <b>Lavadores</b>                          |         | X                          | X                      | X      |                              | X                   |
| <b>Absorbedores</b>                       | X (DSG) |                            |                        |        | X                            | X                   |
| <b>Reducción<br/>catalítica</b>           | X (RCS) |                            |                        |        |                              | X                   |
| <b>Postcombustión</b>                     |         |                            |                        | X      | X                            | X                   |
| <b>Adsorción</b>                          |         |                            |                        |        |                              | X                   |
| <b>Condensación</b>                       |         |                            |                        | X      | X                            |                     |
| <b>Otras TMA</b>                          | TL      |                            | LG                     | TL, BR | TL, BR                       | TL, BR              |

Notas de nomenclatura:

TMA: Tecnologías medioambientales.

TL: Tecnologías limpias.

MC: Multiclones.

PEH: Precipitador electrostático húmedo.

DSG: Desulfuración de gases.

RCS: Reducción catalítica selectiva.

BR: Biorreactor.

LG: Lecho de grava (Filtro de).

Notas respecto a los símbolos:

X: TMA recomendable. (\*): TMA alternativa en ciertas condiciones.

Por último, y ante el desarrollo de actuaciones de reducción de las emisiones atmosféricas, se han descrito los tipos de ayudas que se podrían recibir para las mismas en su doble vertiente: técnica y económica. Las ayudas técnicas pueden provenir de las universidades, organismos públicos de investigación, centros tecnológicos y otros que funcionan como oficinas de transferencia de la información y agencias de coordinación para la realización de proyectos, además de la natural oferta privada de ingenierías y consultores. En cuanto a ayudas económicas, los proyectos, que deben pretender el éxito sin dejar de aceptar el riesgo, pueden gozar de fuentes de financiación internacional, especialmente de la UE, y en el ámbito nacional de la forma que brevemente se ha expuesto.

Queda sólo aceptar el reto y aprovechar las facilidades para la convergencia tecnológica de nuestra industria medioambiental con la más desarrollada de Europa, pensando en los razonables beneficios que se pueden generar.



### **ANEXO I: RELACIÓN DE CONTAMINANTES SEGÚN ACTIVIDADES INDUSTRIALES CONSIDERADOS EN EL DECRETO 833/1975**

Según sectores y actividades industriales son contaminantes a los que se aplica el Decreto nacional citado en el anterior encabezamiento (se indican los contaminantes entre paréntesis; partículas, PS y otros):

1. Centrales térmicas de potencia térmica inferior a 50 MW:
  - Centrales térmicas de carbón ( PS, opacidad, SO<sub>2</sub>).
  - Centrales térmicas de fueloil (PS, opacidad, SO<sub>2</sub>).
2. Otras instalaciones de combustión industrial, de potencia térmica inferior a 50 MW:
  - IC que utilicen carbón (PS, opacidad, SO<sub>2</sub>, CO).
  - IC que utilicen fueloil (PS, opacidad, SO<sub>2</sub>, CO).
3. Incineradores de residuos sólidos, en los casos que no les sean aplicables las Directivas comunitarias específicas para los mismos existentes.
4. Siderurgia:
  - Preparación y aglomeración de minerales (PS).
  - Baterías de coque e instalaciones de recuperación de subproductos (PS, opacidad, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S).
  - Fabricación de arrabio en horno alto (PS, SO<sub>2</sub>).
  - Fabricación de acero. Convertidores de oxígeno (PS).

- Acerías de hornos eléctricos de arco (PS).
  - Acerías Martin-Siemens (PS).
  - Fundiciones con cubilotes (PS).
  - Hornos de recalentamiento y tratamientos térmicos (PS).
  - General (SO<sub>2</sub>).
5. Metalurgia no férrea:
- Aluminio. Obtención por reducción de alúmina (PS, SO<sub>2</sub>, flúor y compuestos).
- Aluminio de segunda fusión (PS).
- Cobre. Fusión, refino, hidrometalurgia (PS, SO<sub>2</sub>, HCl).
  - Plomo. Hornos de cuba en refino y otros procesos (PS, plomo).
  - Cinc (PS).
6. Ferroaleaciones. Ferrosilicio y otras (PS).  
Ferromolibdeno (PS, HF).
7. Refinerías de petróleo:
- Calderas y hornos (PS, opacidad, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>).
  - Regeneración de catalizadores de cracking catalítico (PS, opacidad, CO).
  - Tanques de almacenamiento de productos orgánicos volátiles (COV). En lo que no afecte el RD 2102/1996 para almacenamiento de terminales de gasolina<sup>14</sup>.
  - Otras actividades (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S)
8. Fabricación de cal. Trituradores, molinos, desleidores de cal, transportadores, silos, carga y descarga, etc. (PS).
9. Cementos. Hornos de cemento, enfriadores de clinker, machacadoras, molinos, transportadores y ensacadores (PS, opacidad).
10. Cerámica (PS).
11. Vidrio y fibras minerales (PS).
12. Plantas de aglomerados asfálticos. Secadores rotativos, Elevadores de material caliente, cribas, tolvas mezcladoras (PS, opacidad).
13. Fabricación de ácido sulfúrico:
- Método de cámaras de plomo (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, nieblas de sulfúrico).
  - Método de contacto (SO<sub>2</sub>, nieblas de sulfúrico).

14. Fabricación de ácido nítrico (opacidad,  $\text{NO}_x$ ).
15. Fertilizantes:
  - Fertilizantes orgánicos. Incinerador de residuos (PS, opacidad).
  - Fertilizantes inorgánicos. Nitrogenados (PS); fosfatos (PS, flúor y compuestos).
16. Fabricación de carburo de calcio. Instalación de preparación; horno (PS).
17. Fabricación de negro de humo (PS).
18. Fabricación de alúmina (PS).
19. Fabricación de cloro (cloro).
20. Fabricación de carbonato de sosa. Sosa Solvay (cloro).
21. Fabricación de arsénico ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ).
22. Fabricación de antimonio ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ).
23. Fabricación de cadmio (Cd).
24. Fabricación de pasta de papel:
  - Al bisulfito. Combustión de leñías (PS,  $\text{SO}_2$ )
  - Al sulfato o kraft. Horno de recuperación de leñías (PS,  $\text{H}_2\text{S}$ ).
25. Fabricación de viscosa y otros procesos que emitan  $\text{H}_2\text{S}$  ( $\text{H}_2\text{S}$ ).
26. Incineración de lodos de aguas residuales, en la que no aplique legislación específica (PS, opacidad).
27. Otras actividades industriales no referidas anteriormente (PS, opacidad,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , CO, flúor total, cloro, ácido clorhídrico y ácido sulfhídrico).

Se observa que el contaminante más profusamente repetido son las partículas (PS), seguido a distancia por  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$ . Luego se indican una serie de contaminantes específicos, como el flúor y compuestos, de los que son portadores, en algunos casos, las mismas partículas. Al final se recoge una tabla con valores límite de emisión para distintos contaminantes y actividades industriales que no se hayan indicado previamente de manera específica, que a título indicativo se señalan a continuación:

- Partículas sólidas (PS):  $150 \text{ mg/m}^3\text{N}$
- $\text{SO}_2$ :  $4300 \text{ mg/m}^3\text{N}$

- NO<sub>x</sub> (medido como NO<sub>2</sub>): 300 ppm
- CO: 500 ppm
- F total. Según modificación posterior de BOE de 23 marzo 1979. Para zonas húmedas de pastizales: 40 mg/m<sup>3</sup>N; para otras zonas: 80 mg/m<sup>3</sup>N.
- Cloro: 230 mg/m<sup>3</sup>N
- HCl: 460 mg/m<sup>3</sup>N
- H<sub>2</sub>S: 10 mg/m<sup>3</sup>N

## **ANEXO II: ACTIVIDADES INDUSTRIALES CONTEMPLADAS EN LA DIRECTIVA DE PREVENCIÓN Y CONTROL INTEGRADOS DE LA CONTAMINACIÓN**

Son actividades industriales consideradas en esta Directiva (en forma abreviada):

### **1. Instalaciones de combustión**

- 1.1. Instalaciones de combustión de más de 50 MWt.
- 1.2. Refinerías de petróleo y de gas.
- 1.3. Coquerías.
- 1.4. Instalaciones de gasificación y de licuefacción.

### **2. Producción y transformación de metales**

- 2.1. Calcinación o sinterización de minerales metálicos.
- 2.2. Producción de fundición o acero bruto.
- 2.3. Transformación de metales férricos (laminado en caliente; forjado; aplicaciones de capa de metal fundido).
- 2.4. Fundiciones férricas.
- 2.5. Metales no férricos (producción y fusión).
- 2.6. Tratamientos superficiales (electrolítico; químico) de metales y materiales plásticos.

### **3. Industrias minerales**

- 3.1. Cemento clinker o cal.
- 3.2. Amianto y productos.



- 3.3. Vidrio y fibra de vidrio..
- 3.4. Fundición de materiales minerales, incluida fibra de vidrio.
- 3.5. Productos cerámicos.

#### **4. Industria química**

- 4.1. Productos químicos orgánicos de base (hidrocarburos y otros).
- 4.2. Productos químicos inorgánicos de base (gases, ácidos, bases).
- 4.3. Fertilizantes, simples y compuestos.
- 4.4. Productos fitofarmacéuticos y biocidas.
- 4.5. Medicamentos de base.
- 4.6. Explosivos.

#### **5. Gestión de residuos**

- 5.1. Residuos peligrosos.
- 5.2. Residuos municipales.
- 5.3. Residuos no peligrosos.
- 5.4. Vertederos de residuos no inertes.

#### **6. Otras actividades**

- 6.1. Pasta de papel, papel y cartón.
- 6.2. Tratamientos previos y tintes de materias textiles.
- 6.3. Curtido de cueros.
- 6.4. Mataderos, productos alimentarios.
- 6.5. Eliminación o aprovechamiento de desechos de animales.
- 6.6. Cría intensiva de aves de corral y de cerdos.
- 6.7. Recubrimientos superficiales de materiales con utilización de disolventes orgánicos (compuestos orgánicos volátiles).
- 6.8. Fabricación de carbono o electrografito.

## **ANEXO III: DIRECCIONES ELECTRÓNICAS DE INTERÉS**

### **CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial)**

- General: info@cdti.es
- Programas tecnológicos y de aplicaciones: jcd@cdti.es
- Programas UE: colm@cdti.es  
son@cdti.es
- Eureka: eureka@cdti.es
- Iberoeka: iberoeeka@cdti.es

### **Miembros numerarios de FEDIT**

Se reseña seguidamente: nombre del Centro Tecnológico (CT) de FEDIT correspondiente, localización, sectores/tecnologías relacionados con el tema de este documento, correos electrónicos.

- AICIA, Sevilla, Medioambiente:  
aicia@esi.us.es  
Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía «F. de Paula Rojas».
- AIMBE, Paterna (Valencia), Bienes de equipo:  
aimme@aimme.es  
Asociación de la Industria Metal-mecánica, Afines y Conexas.
- AIMPLAS, Paterna (Valencia), Transformados plásticos:  
info@aimplas.es  
Asociación de investigación de Materiales Plásticos.
- AIN, Cordovilla (Navarra), Medioambiente:  
ain@ain.es  
Asociación de la Industria Navarra.
- AINIA, Paterna (Valencia), Medioambiente:  
info@ainia.es  
Instituto Tecnológico Agroalimentario.

- AITEMIN, Madrid, Medioambiente:  
direccion@itemin.es  
Asociación para la Investigación y el Desarrollo de los Recursos Naturales.
- AITEX, Alcoy (Alicante), Textiles técnicos:  
info@aitex.es  
Asociación de Investigación de las industrias de textil-hogar, confección, géneros de punto y conexas.
- ALICER, Castellón, Diseño industrial cerámico:  
universal@alicer.es  
Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico.
- ASINTEC, Talavera de la Reina (Toledo), Textil:  
asintec@fedecon.es  
Asociación de Investigación de las Industrias de Confección.
- ATEC, Madrid, Fundición:  
fcotar@hardlogic.es  
Asociación Técnica Española de la Fundición.
- CEIT, San Sebastián, Medioambiente:  
misaac@ceit.es  
Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Guipúzcoa.
- CETEMA, Madrid, Metalmecánica y otros:  
informa@cetema.es  
Centro Tecnológico de Madrid.
- CETENASA, Noain (Navarra), Metalurgia y otros:  
info@cetenasa.es  
Centros Tecnológicos de Navarra.
- CIDEMCO, Azpeitia (Guipúzcoa), Medioambiente:  
cidemco@sarenet.es  
Centro de Investigación Tecnológica.
- CTB, Manresa (Barcelona), Sector industrial del Bagés:  
ctb@ctb.ictnet.es  
Consell Tecnologic del Bages.
- CTC, Molina del Segura (Murcia), Conservas:  
ctclaura@fcu.um.es  
Centro Tecnológico Nacional de la Conserva.

- CTNCV, San Adrián (Navarra), Sector agroalimentario:  
ctcnv@jef.es  
Centro Técnico Nacional de las Conservas Vegetales,  
Laboratorio del Ebro.
- FEUGA, Santiago de Compostela, Medioambiente:  
feuga@cesga.es  
Fundación Empresa-Universidad Gallega.
- FUNDECYT, Badajoz, I+D:  
fundecyt@unex.es  
Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología  
en Extremadura.
- GAIKER, Zamudio (Vizcaya), Medioambiente:  
mark@gaiker.es
- IAT, Sevilla, Multisectorial:  
buzon@iates.es  
Fundación Instituto Andaluz de Tecnología.
- ICT, Barcelona, Medioambiente::  
ict@ictnet.es  
Fundación Instituto Catalán de Tecnología.
- IKERLAN, Mondragón-Arrasate (Guipúzcoa), Bienes de  
equipo:  
petxabe@ikerlan.es  
Centro de Investigaciones Tecnológicas.
- INASMET, San Sebastián, Medioambiente:  
jgira@inasmets.es  
Centro Tecnológico de Materiales.
- INESCOP, Elda (Alicante), Medioambiente:  
inescop@inescop.es  
Instituto Español del Calzado y Conexas. Asociación de  
Investigación.
- IPE, Madrid, Papel:  
ipesecrt@sei.es  
Asociación Técnica de la Industria Papelera Española.  
Instituto Papelero Español.
- ITC-AICE, Castellón, Cerámica:  
itc@itc.uji.es  
Instituto de Tecnología Cerámica.

- ITC, Santa Cruz de Tenerife, Servicios tecnológicos:  
jocon@cistia.es  
Instituto Tecnológico de Canarias.
- ITMA, Llanera (Asturias), Metalurgia y otros:  
ecuesta@itma.es  
Asociación de Investigaciones sobre Materiales y Materias Primas.
- LABEIN, Bilbao, Medioambiente:  
labein@labein.es  
Laboratorio de Ensayos e Investigaciones Industriales «L. J. de Torrónategui».
- LEIA, Miñano (Álava), Tecnologías medioambientales:  
leia@sea.es  
Fundación LEIA Centro de Desarrollo Tecnológico.
- ROBOTIKER, Zamudio (Vizcaya), Bienes de equipo:  
marketing@robotiker.es  
Fundación Centro Tecnológico Robotiker.
- TEKNIKER, Eibar (Guipúzcoa), Tecnologías de fabricación:  
tekniker@tekniker.es  
Fundación Tekniker.

### **Centros adheridos a FEDIT**

- CETEMMSA, Mataró (Barcelona), Textil y otros:  
cetemmsa@cetemmsa.es  
Centro de Tecnología Empresarial Mataró-Maresme S.A.
- ITA, Zaragoza, Metal y otros:  
ita@ita.es  
Instituto Tecnológico de Aragón.
- ITE, Valencia, Electricidad:  
ite@upvnet.upv.es  
Instituto de Tecnología Eléctrica.
- TGI, Madrid, Medioambiente:  
bst@tgi.es  
Tecnología y Gestión de la Innovación, S. A.

## **Miembros colaboradores de FEDIT\***

- EITE, Zamudio (Vizcaya), Medioambiente:  
cnavarro@eite.es  
Asociación Vasca de Centros de Investigación Tecnológica.

## **APTE, Asociación de Parques Tecnológicos y Científicos de España**

(PT: Parque Tecnológico; PCT: Parque Científico-Tecnológico).  
Se indica seguidamente nombre del Parque, localización, servicio más relacionado con el tema del presente documento y correo electrónico:

- PT Alava, Miñano (Álava), Tecnologías medioambientales:  
ptalava@ptalava.es
- PCT Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, Químico y otros:  
imade@cipres.ups.es
- PT Andalucía, Campanillas (Málaga), Medioambiente:  
info@cst.pta.es
- PT Asturias, Llanera (Asturias), Tecnología medioambiental:  
pta@ifrasturias.com
- Parque Balear de Innovación Tecnológica (PARCBIT), Palma de Mallorca, Investigación industrial:  
parcbit@juniper.es

---

### \* NOTAS SOBRE TIPOS DE MIEMBROS DE FEDIT:

**NUMERARIOS:** Entidades de carácter privado (el capital participado por Administraciones o Entidades de Derecho Público, excluidos los Colegios Profesionales y las Cámaras Oficiales de Comercio, Industria y/o Navegación, no debe superar el 50%), sin fines lucrativos, con número de trabajadores en plantilla no inferior a 5, posibilitando la ejecución de trabajos de innovación tecnológica,

**ADHERIDOS:** Pueden prestar una aportación a la FEDIT.

**COLABORADORES:** Colaboran con FEDIT persiguiendo objetivos y estrategias coincidentes con los de esta Federación.

- PC Barcelona, Barcelona, Física de materiales y otros:  
administracio@pcb.ub.es
- PT Castilla y León, Boecillo (Valladolid), Química farmacéutica y otros:  
ptb@ptb.cict.jcyl.es
- PT Galicia, San Ciprián de Viñas (Ourense), Química y otros:  
ptg@ptg.es
- PCT Gijón, Gijón, Tecnología metalmeccánica y otros:  
pctg@netcom.es
- PC León, León, Medioambiente, tfno. 987 29 16 37.
- PC del Mediterráneo, Alicante, Medioambiente:  
medpark@ua.es
- PT de San Sebastián, San Sebastián, Medioambiente:  
miramon@miramon.es
- PCT Sevilla, Sevilla, Medioambiente:  
c93@cartuja93.es
- PT del Vallés, Cerdanyola (Barcelona), Química fina y otros:  
parc@ptv.es
- PT Vigo, Vigo, en proceso de construcción:  
eguizabal@zonafrancavigo.es
- PT Zamudio, Zamudio (Vizcaya), Biotecnología y otros:  
ptz@ptzamudio.es

## **ANEXO IV: INFORMACIÓN EN INTERNET**

- Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI):  
<http://www.cdti.es>
- Centros Europeos de Empresas e Innovación (CEEI):  
<http://www.ances.com>
- Centros de Innovación y Tecnología, CIT:  
<http://www.seui.mec.es>
- Centros Públicos de Investigación, CPI (Universidades y OPIs):  
<http://www.cicyt.es/ocyt/popis.htm>

- Centros Tecnológicos, CT:  
<http://www.fedit.es>
- EOI/OPTI:  
<http://www.opti.org>
- FEDIT:  
<http://www.fedit.es>
- Fundaciones Universidad-Empresa, FUE:  
<http://www.redfue.es>
- Laboratorios de ensayo y medida acreditados:  
<http://www.enac.es>
- Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM):  
<http://www.mma.es>
- Ministerio de Industria y Energía (MINER):  
<http://www.min.es>
- Oficina de Ciencia y Tecnología, OCYT:  
<http://www.cicyt.es>
- Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación, OTRI:  
<http://www.seui.mec.es>
- SERCOBE  
<http://www.sercobe.es>



## REFERENCIAS

<sup>1</sup> CONSEJO CEE, «Directiva 84/360/CEE, relativa a la lucha contra la contaminación atmosférica procedente de las instalaciones industriales», DOCE, 16 julio 1984.

<sup>2</sup> CONSEJO CEE, «Directiva 88/609/CEE, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión», DOCE, 7 diciembre 1988.

<sup>3</sup> CONSEJO CE, «Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y el control integrados de la contaminación», DOCE, 10 octubre 1996.

<sup>4</sup> JEFATURA DEL ESTADO, «Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico», BOE, 26 diciembre 1972.

<sup>5</sup> MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO, «Decreto 833/1975, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de Protección del Ambiente Atmosférico», BOE, 22 abril 1975.

<sup>6</sup> MINISTERIO DE RELACIONES CON LAS CORTES Y DE SECRETARÍA DEL GOBIERNO, «Real Decreto 646/1991, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de las emisiones a la atmósfera de grandes instalaciones de combustión», BOE, 25 abril 1991.

<sup>7</sup> JEFATURA DEL ESTADO, «Ley Orgánica 5/1998, de reforma de la Ley Orgánica 3/1983, de Estatuto de Autonomía de la Comunidad de Madrid», BOE, 8 julio 1998.

<sup>8</sup> JEFATURA DEL ESTADO, «Instrumento de Ratificación del Protocolo sobre contaminación atmosférica transfronteriza relativo a reducciones adicionales de las emisiones de azufre, hecho en Oslo el 14 de junio de 1994», BOE, 24 junio 1998.

<sup>9</sup> MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES, «Texto revisado del Anexo Técnico de Protocolo sobre contaminación atmosférica transfronteriza, relativo a la lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno, hecho en Sofía el 31 de octubre de 1988», BOE, 27 febrero 1996.

<sup>10</sup> MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES, «Modificaciones al Anexo Técnico al Protocolo sobre contaminación atmosférica transfronteriza, relativo a la lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno, hecho en Sofía el 31 de octubre de 1988», BOE, 23 septiembre 1995.

<sup>11</sup> JEFATURA DEL ESTADO, «Instrumento de ratificación del Protocolo al Convenio sobre contaminación atmosférica transfronteriza relativo a la lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno, hecho en Sofía el 31 de octubre de 1988», BOE, 13 marzo 1991.

<sup>12</sup> JEFATURA DEL ESTADO, «Instrumento de Ratificación del Protocolo sobre contaminación atmosférica transfronteriza relativo a la lucha contra las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, hecho en Ginebra el 18 de noviembre de 1991», BOE, 19 septiembre 1997.

<sup>13</sup> MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, «Real Decreto 1800/1995, por el que se modifica el Real Decreto 646/1991, por el que se establecen normas sobre limitación de emisiones de grandes instalaciones de combustión y se fijan límites de emisión de SO<sub>2</sub> en la actividad del refino de petróleo», BOE, 8 diciembre 1995.

<sup>14</sup> MINER, «Real Decreto 2102/1996 sobre el control de emisiones de COV resultantes del almacenamiento y distribución de gasolina desde las terminales a las estaciones de servicio», BOE, 26 octubre 1996.

<sup>15</sup> MINER, «Orden de 18 de octubre de 1976 sobre prevención y corrección de la contaminación atmosférica», BOE, 3 diciembre 1976.

<sup>16</sup> COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CATALUÑA «Ley 6/1996, de modificación de Ley 22/1983 de Protección del Ambiente Atmosférico», BOE, 7 agosto 1996.

<sup>17</sup> GIRAL, J. M., «Los centros tecnológicos y la empresa: el papel de la FEDIT», Perspectiva CDTI, n.º 3, invierno 1997.

<sup>18</sup> ANÓNIMO, «Entrevista con D. Manuel Zahera, Coordinador del Proyecto Eureka», Ingeniería Química, febrero 1986.

<sup>19</sup> PANIZO, F., «La industria ante el reto de las exigencias medioambientales», Economía Industrial, enero-febrero 1990.

<sup>20</sup> ANÓNIMO, «Política ambiental en España. Actuaciones administrativas y Planes Sectoriales finalizados sobre actividades industriales», Ingeniería Química, n.º 25, 1997.

<sup>21</sup> FEAL, A., «Declaraciones ambientales», Ingeniería Química, abril 1991.

<sup>22</sup> GONZÁLEZ LÓPEZ, A., «Un nuevo escenario», Revista SNE, noviembre 1988.

<sup>23</sup> ANÓNIMO, «Más de 30 millones de SAICA contra el sulfídrico este año», Prensa Local, 10 enero 1986.

<sup>24</sup> TELLO, J. M., «Estrategia tecnológica y planificación regional de I+D», Desarrollo Tecnológico, junio 1994.

<sup>25</sup> MIMAM, «Informe de la OCDE sobre el estado del medio ambiente en España», Información de Medio Ambiente, n.º 47, diciembre-enero 1997.

<sup>26</sup> ANÓNIMO, «El Rey presenta un plan de innovación tecnológica promovido por 45 empresas», El País, 14 de marzo de 1991.

<sup>27</sup> DE BUSTOS, C. I., «El Rey apoya la innovación como garantía de empleo», ABC, 9 de junio de 1999.

<sup>28</sup> EPI, «Preview: 17th Congress of the World Energy Council», Electric Power International, summer 1998.

<sup>29</sup> MONTES, E., «Tendencias en generación de energía eléctrica», Ingeniería Química, marzo 1998.

<sup>30</sup> ESTEBAN; F., «El sector eléctrico y el medio ambiente», Economía Industrial, enero-febrero 1990.

<sup>31</sup> ANÓNIMO; «Nuevas Plantas», Oilgas, marzo 1997.

<sup>32</sup> ANÓNIMO; «Plan de Medio Ambiente de ENDESA (Síntesis)», Tecnoambiente, sf.

<sup>33</sup> DURÁN, A., «Gestión Ambiental de ENDESA», Tecnoambiente, 1994.

<sup>34</sup> ANÓNIMO, «la combustión limpia de recursos geológicos del carbón efectuada en Andorra y Escatrón», El nuevo lunes, 29 de abril de 1991.

<sup>35</sup> NALES, T.; ABELLANAL, I., «Planta de filtración de gases a alta presión y temperatura», Ingeniería Química, marzo 1998.

<sup>36</sup> MONTEIRA, M., «Acuerdo hispano-sueco para invertir 14.000 millones en una planta térmica en Teruel», El País, 5 de noviembre de 1986.

<sup>37</sup> DÍAZ EXPÓSITO, E., «El IDAE y la cogeneración», Ingeniería Química, marzo 1998.

<sup>38</sup> ASCASIBAR, A., «Procesos físicos, químicos y mecánicos para el control de la contaminación atmosférica», Energía, noviembre 1984.

<sup>39</sup> GHESA, «Estudio de tecnologías recomendables para depuración de emisiones atmosféricas, vertidos líquidos y residuos de los diferentes sectores industriales», SERCOBE, diciembre 1992.

<sup>40</sup> PALLAS, L., «La industria petroquímica en España», Ingeniería Química, septiembre 1998.

<sup>41</sup> TENA, J., «España, en la vanguardia de la combustión limpia del carbón», Estratos, verano 1998.

<sup>42</sup> IQ, «El Compromiso de Progreso de la Industria Química», Ingeniería Química, septiembre 1998.

<sup>43</sup> MOODY-STUART, M., «Los suministros de energía en el siglo XXI», Ingeniería Química, Septiembre 1998.

<sup>44</sup> DÍAZ-GUARDAMINO, V.; CHAPELA, E., «Modelo integral de gestión ambiental», Química 2000, n.º 30.

<sup>45</sup> FERRON, E.; et al, «Actuación de la Agencia de Medio Ambiente contra la contaminación del aire», M. A. Retema, sf.

<sup>46</sup> GONZÁLES FLORES, J.; et al, «Contaminación atmosférica en el municipio de Erandio (Vizcaya) en el período 1970-1992», M. A. Retema, mayo-junio 1993.

<sup>47</sup> CARO GÓMEZ, E., «Plan Integral de Saneamiento de Huelva», M. A. Retema, sf.

<sup>48</sup> ANÓNIMO, «La Bahía de Algeciras reduce notablemente su contaminación hídrica y atmosférica», Medio Ambiente, AMA Andalucía, Mayo-Junio 1993.

<sup>49</sup> BOIX, Q.; et al, «Plan de actuación de lucha contra la contaminación atmosférica en el municipio de Montcada i Reixach (Barcelona)», M. A. Retema, sf.

<sup>50</sup> COMUNIDAD DE MADRID, «Acuerdo de 26 de noviembre de 1998 del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan de Saneamiento Atmosférico de la Comunidad de Madrid 1999-2002», BOCM, 11 de enero de 1999.

<sup>51</sup> FERNÁNDEZ RUBIO, R., «Ministerio de Medio Ambiente. Sueños que pueden ser realidad», *Tecnoambiente*, junio 1996.

<sup>52</sup> ÚBEDA, J., «Isabel Tocino, Ministra de Medio Ambiente. Solidaridad medioambiental», *Cauce*, noviembre-diciembre 1997.

<sup>53</sup> JIMÉNEZ BELTRÁN, D., «La investigación aplicada en el campo de la protección ambiental: análisis de avances y necesidades», *Estudio, Seminario CIFCA sobre medio ambiente*, sf.

<sup>54</sup> COTEC, «Informe Cotec 1999. Tecnología e innovación en España», *Fundación Cotec*, 1999.

<sup>55</sup> COTEC, «El sistema español de innovación. Diagnósticos y recomendaciones», *Fundación Cotec*, 1998.

<sup>56</sup> COTEC, «Relaciones de la Empresa con el sistema público de I+D», *Fundación Cotec*, 1999.

<sup>57</sup> GALLEGO, J.; et al, «Filtros acústicos para aglomeración de micropartículas en gases de combustión de carbón», *M. A. Retema*, julio-agosto 1996.

<sup>58</sup> EOI, «Programa de Actividades 1999-2000». *Escuela de Organización Industrial*, 1999.

<sup>59</sup> CONSEJO UE, «Recomendación del Consejo de 3 de marzo de 1974 relativa a la imputación de costes y a la información de los poderes públicos en materia de medio ambiente», *DOCE*, 25 de julio de 1975.

<sup>60</sup> SECRETARIA GENERAL DE MEDIO AMBIENTE, «Ayudas económicas de la CEE en materia de medio ambiente», *MOPU*, 1990.

<sup>61</sup> CDTI, «Programas Comunitarios de I+D», *Desarrollo Tecnológico*, n.º 1, 1992.

<sup>62</sup> NARBONA, C., «Estrategia nacional de medio ambiente. Líneas básicas», *Seminario de Política Medioambiental, Club Diálogos para la Democracia*, Madrid, octubre 1994.

<sup>63</sup> MEC, «Resolución de 21 de septiembre de 1995 de convocatoria de ayudas dentro del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico», *BOE*, 29 de septiembre de 1995.

<sup>64</sup> COTEC, «Informe Cotec 1996», *Fundación Cotec*, Madrid, 1996.

<sup>65</sup> DEL OLMO, R., «Esquema de la financiación de proyectos medioambientales del ICO», *Seminario de Política Medioambiental, Club Diálogos para la Democracia*, Madrid, octubre 1994.

<sup>66</sup> COLOMBÁS, J., «Aplicación de las técnicas de Project Finance a la financiación de infraestructuras medioambientales», *Seminario de Política Medioambiental, Club Diálogos para la Democracia*, Madrid, octubre 1994.





## **DOCUMENTOS COTEC sobre OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS**

### **Documentos editados**

- N<sup>o</sup> 1: Sensores.
- N<sup>o</sup> 2: Servicios de información técnica.
- N<sup>o</sup> 3: Simulación.
- N<sup>o</sup> 4: Propiedad industrial.
- N<sup>o</sup> 5: Soluciones microelectrónicas (ASICs) para todos los sectores industriales.
- N<sup>o</sup> 6: Tuberías de polietileno para conducción de agua potable.
- N<sup>o</sup> 7: Actividades turísticas.
- N<sup>o</sup> 8: Las PYMES y las telecomunicaciones.
- N<sup>o</sup> 9: Química verde.
- N<sup>o</sup> 10: Biotecnología.
- N<sup>o</sup> 11: Informática en la Pequeña y Mediana Empresa.
- N<sup>o</sup> 12: La telemática en el sector de transporte.
- N<sup>o</sup> 13: Redes neuronales.
- N<sup>o</sup> 14: Vigilancia tecnológica.
- N<sup>o</sup> 15: Materiales innovadores. Superconductores y materiales de recubrimiento.

## **DOCUMENTOS COTEC sobre NECESIDADES TECNOLÓGICAS**

### **Documentos editados:**

- N<sup>o</sup> 1: Sector lácteo.
- N<sup>o</sup> 2: Rocas ornamentales.
- N<sup>o</sup> 3: Materiales de automoción.
- N<sup>o</sup> 4: Subsector agroindustrial de origen vegetal.
- N<sup>o</sup> 5: Industria frigorífica y medio ambiente.
- N<sup>o</sup> 6: Nuevos productos cárnicos con bajo contenido en grasa.
- N<sup>o</sup> 7: Productos pesqueros reestructurados.
- N<sup>o</sup> 8: Sector de la construcción.
- N<sup>o</sup> 9: Sector de la rehabilitación.
- N<sup>o</sup> 10: Aguas residuales.
- N<sup>o</sup> 11: Acuicultura.
- N<sup>o</sup> 12: Reducción de emisiones atmosféricas industriales.

