

GRUPOS DE TRABAJO

INVENTARIOS DE EMISIONES

V SEMINARIO DE CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA

Santander, 16, 17 y 18 de Octubre de 2006

CAPÍTULO 0

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
3. Objetivo 1: Cuestiones horizontales.....	5
3.1. Principios	6
3.2. Contaminantes que se deben incluir en los IEA.....	6
3.3. Estructura del Inventario. Clasificación de las actividades.....	8
3.4. Criterios de aceptación de medidas puntuales como método de cálculo de las emisiones a la atmosfera.....	11
3.5. Registro EPER – IEA.....	12
4. Objetivo 2: Metodologías de cálculo de emisiones de sectores de actividad.	12
4.1. Capítulos del documento.....	13
4.2. Contenido y estructura	14

1. Introducción

A medida que la realización de Inventarios de Emisiones a la Atmósfera (en adelante IEA) se ha difundido, ha comenzado a verse la necesidad de orientación sobre la manera en que se deben elaborar y sobretodo sobre la forma en que se deben contabilizar e inventariar las emisiones. Los actuales enfoques varían entre los pocos programas gubernamentales obligatorios de notificación de emisiones a la atmósfera que existen. Las empresas se diferencian entre la forma en que voluntariamente notifican sus datos sobre emisiones. Esta variabilidad de enfoques se ha traducido en una falta de posibilidad de comparar las emisiones y resultados de los inventarios realizados por administraciones y/o instituciones diferentes.

Con la aprobación de la Directiva 96/61/CE del Consejo, de 24 de septiembre, relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación se establecen medidas para evitar, o al menos reducir, las emisiones de estas actividades en la atmósfera, el agua y el suelo, incluidos los residuos para alcanzar un nivel elevado de protección del medio ambiente considerado en su conjunto. La incorporación al ordenamiento interno español de la mencionada Directiva 96/61/CE se lleva a cabo, con carácter básico, en la ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

El Registro Europeo de Emisiones Contaminantes (en adelante Registro EPER, siglas en inglés de European Pollutant Emission Register) tiene como objetivo identificar e inventariar las emisiones procedentes de los complejos industriales afectados por la Directiva 96/61/CE (conocida como IPPC, del inglés Integrated Pollution Prevention and Control) y hacerlas públicas y accesibles. Este Registro EPER se ilustra como ejemplo de uno de los Inventarios de Emisiones que se realizan en España para cumplir con la legislación.

La verificación es una evaluación objetiva sobre la integridad y la exactitud de un inventario de emisiones, y sobre la forma en que este se adecua a los principios de contabilidad y notificación de emisiones preestablecidos. La verificación implica evaluar y probar las pruebas “de sustento” (siguiendo el modelo de una referencia de auditoría) de la compilación de un inventario de emisiones. La práctica de verificar los inventarios de emisiones a la atmósfera es aún incipiente, y la ausencia de normas de compatibilidad y notificación de emisiones a la atmósfera generalmente aceptadas significa que las normas de notificación contra las cuales se realizan las verificaciones varían según la empresa.

Las verificaciones de las emisiones notificadas por las empresas afectadas por IPPC para dicho Registro EPER las realizan las administraciones de cada una de las CC.AA de España. Sin embargo, tampoco está legislado como verificar, ni se dispone de unas *Normas* a nivel nacional para realizar la contabilidad y verificación de las emisiones. Por ello, cada CC.AA. sigue unos criterios de validación que no tienen porque ser compartidos por el resto de CC.AA. y emplea las metodologías de cálculo de las emisiones que considera más oportunas para efectuar las validaciones o verificaciones, que pueden diferir del modo de proceder del resto.

El presente documento se enmarca dentro del V Seminario de la Calidad del Aire en España y es el resultado del trabajo realizado por diferentes miembros del Grupo 4: Inventarios de Emisiones. Este grupo ha reconocido la necesidad de orientación con respecto a la metodología de elaboración de inventarios y contabilización de emisiones y se han aunado esfuerzos para ayudar a satisfacer esta necesidad y con el fin de generar una guía de referencia a nivel nacional en la que se sienten las *Directrices* para el desarrollo de los Inventario de Emisiones a la Atmósfera en España.

La coordinación del grupo la ha realizado la Comunidad Autónoma de Andalucía. Los participantes del mismo se exponen en la siguiente tabla:

TABLA 1. PARTICIPANTES DEL GRUPO INVENTARIO DEL V SEMINARIO DE CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA

Participante	Institución/ Comunidad Autónoma
Albert García Lus	Cataluña
Alicia Quintero Peralías	(Grupo de IEA) Egmasa
Amaia Uriarte	Labein (País Vasco)
Amalia Cerdá	TIRME
Andrés Alastuey	CSIC
Antonio Ferreiro	AED
Antonio Lozano García	Egmasa
Carmen Cebrián	Ayto. Zaragoza
Charo Giménez Lambán	Aragón
Eva Rodríguez Borrero	Egmasa
Fernando Follos	Castilla-La Mancha
Francisca Mas	Baleares
Fco. Javier González Vidal	Valencia
Fco. Javier Muñoz Aguilar	Egmasa
Inmaculada Linares Barrera	CEMEX/Baleares
Jesús Oiza Sagardoy	Navarra
Jose Luis Gayo	MMA
Jose M. Baldasano	Centro Nacional de Supercomputación
Lourdes M. Moreno Miranda	Egmasa
Mª José Cruz Gómez	Egmasa
Natalia Alonso Sopeña	MMA

2. Objetivos

Como se ha comentado en el apartado de Introducción, el presente documento se ha elaborado para atender a las necesidades de las administraciones e instituciones que realizan IEA sobre cualquier área geográfica de España y servir de guía de referencia a nivel nacional para la elaboración de los mismos. El objetivo último de estas *Directrices* es promover la concordancia

entre las administraciones e instituciones en la contabilidad e inventario de las emisiones a la atmósfera de los IEA realizados en nuestro país.

Para alcanzar este objetivo último se persiguen los siguientes:

1. Uniformizar las cuestiones horizontales de la realización de los IEA, minimizando o eliminando las diferencias metodológicas existentes entre las diferentes CC.AA. y el MMA. Entre los aspectos que se intentan consensuar para cumplir este objetivo destacan los siguientes:
 - 1.1. Establecer unos principios genéricos para la elaboración de los IEA en España.
 - 1.2. Definir los contaminantes que se deben incluir en los IEA de España
 - 1.3. Establecer la estructura y formato de reporte de las emisiones atendiendo a una misma clasificación de actividades con el fin de poder realizar comparaciones entre inventarios realizados sobre diferentes áreas geográficas de España.
 - 1.4. Establecer los criterios de aceptación de los diferentes métodos de cálculo de emisiones de los IEA de España (de forma general, independientemente del sector de actividad): A partir de medidas en continuo y puntuales, mediante aplicación de factores de emisión, a partir de balances de materia, mediante el uso de aplicaciones informáticas, etc.
 - 1.5. Minimizar asimismo las diferencias metodológicas entre la elaboración y procedimientos de verificación de los Registros EPER y los IEA realizados en España.
2. Establecer unos criterios y metodologías únicas de cálculo de las emisiones de todos y cada uno de los sectores de actividad. Entre los aspectos que se persiguen para lograr este objetivo destacan:
 - 2.1. Establecer unos criterios de clasificación como fuente de área o puntual de cada uno de los sectores de actividad.
 - 2.2. Seleccionar y definir una metodología de cálculo de emisiones en la que queden perfectamente definidos tanto unos factores de emisión únicos para cada uno de los procesos de un sector de actividad, como las variables de actividad a tener en cuenta y los criterios de selección de las fuentes para su consulta. Este objetivo requiere la revisión de todas las metodologías de cálculo de emisiones a la atmósfera disponibles para dicho sector.

En los apartados 3 y 4 se exponen las *Directrices* propuestas por el Grupo de Inventarios para alcanzar estos objetivos.

3. Objetivo 1: Cuestiones horizontales

Los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera en España deben desarrollarse según la metodología EMEP/CORINAIR-IPCC para satisfacer los requerimientos informativos en esta materia a los que está sujeta España y que se exponen a continuación:

- La Directiva 2001/80/CE, que actualiza a la Directiva 88/609/CEE, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión.
- La Directiva 96/61/CE (IPPC), relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.
- La Directiva 1999/13/CE, relativa a la limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones.
- La Directiva 2001/81/CE sobre Techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos.
- La Decisión 280/2004/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a un *mecanismo para el seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad y para la aplicación del Protocolo de Kioto*.
- el Convenio de Ginebra sobre Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia con sus respectivos protocolos referidos al azufre (Helsinki y Oslo), a los óxidos de nitrógeno (Sofía), a los compuestos orgánicos volátiles (Ginebra), a los metales pesados y compuestos orgánicos persistentes (Aarhus), y sobre acidificación, eutrofización y ozono troposférico (Gotemburgo).
- el Convenio Marco sobre el Cambio Climático, y el Protocolo de Kioto sobre limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

3.1. Principios

El proceso de elaboración del IEA debe ajustarse, en la medida de lo posible, al cumplimiento de las especificaciones de buenas prácticas en la elaboración de los inventarios de emisiones, que se especifican a continuación:

- ≠ **Fiabilidad:** precisión y exactitud derivadas del uso del mejor soporte del conocimiento científico-técnico de los procesos generadores de las emisiones.
- ≠ **Compleción:** máxima cobertura de estimaciones en los cruces significativos de actividades y contaminantes de las nomenclaturas SNAP (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution) e IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).
- ≠ **Coherencia:** ajuste del proceso de elaboración y presentación del Inventario a las definiciones y nomenclaturas relevantes de las metodologías EMEP/CORINAIR e IPCC.
- ≠ **Homogeneidad temporal:** series temporales uniformemente definidas y estimadas.
- ≠ **Transparencia:** posibilidad de reproducibilidad por analistas externos de las estimaciones del Inventario.
- ≠ **Comparabilidad:** posibilidad de establecer comparaciones entre países sobre la base de utilizar unas nomenclaturas y definiciones estandarizadas.

3.2. Contaminantes que se deben incluir en los IEA

Para cumplir el principio de completión, anteriormente expuesto y para dar cumplimiento a los requerimientos de cobertura informativa derivados de los distintos compromisos o foros en los que participa España, el Grupo de Inventarios del V Seminario de Calidad del Aire ha aprobado la lista de contaminantes que deberían incluirse en los IEA realizados en España expuesta en la Tabla2:

TABLA 2. CONTAMINANTES A INCLUIR EN LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA

CONTAMINANTES	UNIDAD
Acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero:	
Óxidos de azufre (SOX)	t
Óxidos de Nitrógeno (NOX)	t
Compuestos orgánicos volátiles no metánicos (NMVOC)	t
Metano (CH ₄)	t
Monóxido de Carbono (CO)	t
Dióxido de Carbono (CO ₂)	t
Dioxido de Nitrógeno (N ₂ O)	t
Amoníaco (NH ₃)	t
Cl y compuestos inorgánicos de Cl	t
F y compuestos inorgánicos de F	t
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	kg
Carburos Hidrofluorados (HFCs)	kg
Perfluorocarbonos (PFCs)	kg
Metales pesados y partículas	
As y sus compuestos	kg
Cd y sus compuestos	kg
Cr y sus compuestos	kg
Cu y sus compuestos	kg
Hg y sus compuestos	kg
Ni y sus compuestos	kg
Pb y sus compuestos	kg
Se y sus compuestos	kg
Zn y sus compuestos	kg
PM _{2,5}	t
PM ₁₀	t
PST	t
Contaminantes orgánicos persistentes:	
Benceno	t
Hexaclorociclohexano (HCH)	kg
Pentaclorofenol (PCP)	kg
Hexaclorobenceno (HCB)	kg
Tetraclorometano (TCM)	kg
Tricloroetileno (TRI)	kg
Tetracloroetileno (PER)	kg
Triclorobencenos (TCB)	kg

CONTAMINANTES	UNIDAD
1,1,1-Tricloroetano (TCE)	kg
PCDD+PCDF (Dioxinas y furanos)	g
Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) (4 protocolo)	kg
Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) (Bonneff)	kg
Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) (Todos)	kg
Triclorometano	kg
1,2-Dicloroetano (DCE)	kg
Diclorometano (DCM)	kg

3.3. Estructura del Inventario. Clasificación de las actividades

El proceso de elaboración del IEA bajo el enfoque EMEP/CORINAIR, se debe ajustar, en la medida de lo posible, al cumplimiento de las especificaciones de buenas prácticas en la elaboración de los IEA, en particular a las de compleción y coherencia.

Por tanto, es aconsejable que el IEA se elabore en la estructura más extensiva de cruce de actividades con contaminantes, de acuerdo con la nomenclatura SNAP de EMEP/CORINAIR, de forma que proyecciones de la misma permitan dar respuesta a los formatos de presentación requeridos para determinadas especificaciones de presentación de resultados. Además, estas especificaciones de formato pueden imponer, en su caso, determinados convenios sobre definiciones, formas de cómputo de las emisiones a los que se atiende de manera diferenciada desde la estructura base más general en que se elabora el IEA mediante la aplicación de los requerimientos de especificación propios de cada formato.

Otra razón por la que apuesta por la estructura de los IEA en base a la clasificación SNAP de actividades es que la nomenclatura SNAP representa, hasta la fecha, la clasificación más amplia de actividades potencialmente contaminantes a la atmósfera.

La última versión de la SNAP (SNAP-97) se estructura en tres niveles jerárquicos denominados: Grupo, Subgrupo, Actividad.

- El nivel superior, **Grupo**, consta de 11 divisiones que reflejan las grandes categorías de actividades antropogénicas y naturales.

- El nivel intermedio, **Subgrupo**, divide al anterior en 76 clases que reflejan la estructura de las actividades emisoras de acuerdo con sus especificaciones tecnológicas y socioeconómicas.
- El nivel más desagregado, **Actividad**, incluye las actividades elementales y las de algunos subgrupos (16) que no aparecen desagregados en actividades. En total, la SNAP-97 incorpora 414 actividades elementales que unidas a los 16 subgrupos que no tienen desglose ulterior por actividad contabilizan un total de 430 actividades/subgrupos emisores o captadores de gases atmosféricos.

La relación de grupos de la nomenclatura SNAP es la siguiente:

TABLA 3. GRUPOS DE LA NOMENCLATURA SNAP

Grupo	Descripción
01	Combustión en la producción y transformación de energía
02	Plantas de combustión no industrial
03	Plantas de combustión industrial
04	Procesos industriales sin combustión
05	Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica
06	Usos de disolventes y otros productos
07	Transporte por carretera
08	Otros modos de transporte y maquinaria móvil
09	Tratamiento y eliminación de residuos
10	Agricultura
11	Otras fuentes y sumideros (Naturaleza)

Debe advertirse que esta clasificación no sigue un criterio puramente económico ni tecnológico; es más bien el resultado de un criterio mixto de los dos anteriores.

Además la nomenclatura base SNAP de los inventarios se puede relacionar de forma unívoca con otras nomenclaturas que se utilizan con bastante frecuencia como son: el “Formulario Común para Informes” (CRF) de IPCC y la “Nomenclatura para Informes” (NFR).

El “Formulario Común para Informes” (CRF) es el adoptado para informar a las distintas instancias internacionales sobre las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre estas instancias se citan en particular la Comisión de la Unión Europea y la Secretaría General del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (SMCCC). Las especificaciones del formato CRF pueden consultarse en la URL de dicha secretaría: <http://unfccc.int/program/mis/ghg/index.html>. La versión 1.26 del software de CRF es la última disponible y conforme con las directrices para informar sobre las emisiones de gases de efecto invernadero adoptadas por la Decisión 18 de la 8ª Conferencia de las Partes de la Convención y plasmadas en el documento “FCCC/CP/2002/8” de la Secretaría de la Convención.

La “Nomenclatura para Informes” (NFR) es la adoptada para informar a las distintas instancias internacionales sobre las emisiones del Programa EMEP de la Convención de Ginebra de las Naciones Unidas sobre Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia. Entre estas instancias se citan el Programa EMEP, la Secretaría de la Convención, y la Comisión de la Unión Europea en lo referente al seguimiento de la Directiva 2001/81/CE, sobre techos nacionales de emisión. Las especificaciones del formato NFR pueden consultarse en la URL del Programa EMEP: <http://www.emep.int/emis2004/reportinginstructions.html>. La versión descargable del software de NFR es conforme con las directrices para informar sobre las emisiones del Programa EMEP plasmadas en el documento de la Secretaría “EB.AIR/GE.1/2002/7” y Corrigendum 1.

Además de estos formatos de reporte, (pero sin excluir estas clasificaciones de actividades) se pueden estructurar los Inventarios atendiendo a los sectores de actividad más relevantes del área geográfica que alcanza el IEA, para atender la demanda de información sectorial que requiera una determinada administración o institución.

Un IEA con presentaciones flexibles en diversos formatos, puede satisfacer los requerimientos de un conjunto muy amplio de posibles usuarios entre los que se encuentran:

- Instituciones de investigación y científicos que analizan los fenómenos de transporte, difusión, transformación, deposición y acumulación de contaminantes emitidos a la atmósfera.
- Organismos de la administración pública que intervienen en la formulación y seguimiento de la política ambiental sobre el medio atmosférico y su repercusión en otros medios.

- Agentes socioeconómicos y público en general interesados en la evaluación del impacto de las emisiones atmosféricas sobre la calidad del medio ambiente.

3.4. Criterios de aceptación de medidas puntuales como método de cálculo de las emisiones a la atmosfera

El grupo de Inventarios del V Seminario de Calidad al Aire en España considera que para que la medida puntual de un contaminante efectuada en un foco emisor de una instalación sea considerada aceptable para el cálculo de la emisión anual del foco, se deben reunir los siguientes requisitos:

1. Que la entidad colaboradora con la administración (ECCA) que realizó la medida esté acreditada por ENAC.
2. Que la medida se realice en condiciones normales de operación del proceso productivo para obtener datos representativos del mismo a lo largo de todo el año. La representatividad de la muestra es especialmente importante, ya que se toma como media de emisión del parámetro en cuestión durante todo el tiempo de funcionamiento del foco.
3. Que se dispongan como mínimo de los siguientes datos en el momento de la medición: concentraciones de los contaminantes, caudal medidos y horas de funcionamiento anuales.
4. Además de todos estos requisitos, en las reuniones del grupo de Inventarios del V Seminario de Calidad del Aire se comentó que sería recomendable corroborar la representatividad de la medida puntual, por lo tanto sería deseable que se dispusiese de la siguiente información complementaria en el momento de la medición: especificaciones de los combustibles quemados y flujo de alimentación de los mismos (cantidad/tiempo). Con estos datos complementarios se podría estimar el cómputo anual de combustible quemado en el foco y compararlo con los datos de consumo anual de este que facilita la instalación y de esta forma validar o no el empleo de la medida para el cálculo de la emisión anual.
5. Por otro lado, determinados miembros del Grupo de Inventarios consideran que la utilización de medidas puntuales como método de cálculo de emisiones está supeditada a la periodicidad (frecuencia) de las mediciones efectuadas y al resultado que la introducción de las mismas tenga sobre la variabilidad temporal del factor implícito derivado. Sin embargo, este último requisito no está ampliamente aceptado por todos los miembros del grupo y los detractores del mismo argumentan que una medida puntual que cumpla los

requisitos 1,2 y 3 son suficientes para considerar aceptable la medida puntual como método de cálculo de emisiones y que los resultados así obtenidos son mucho más representativos de la situación de la instalación que el empleo de factores de emisión.

Este tema seguirá siendo objeto de discusión en futuras reuniones del Grupo de Inventarios.

3.5. Registro EPER – IEA

Es del todo aconsejable que exista una estrecha colaboración entre los grupos de trabajo que realizan el Registro EPER y el IEA bajo el enfoque de EMEP-CORINAIR de una CC.A.A., de forma que se aunen esfuerzos y se coordinen los trabajos:

- Contrastando información de las instalaciones.
- Contrastando y unificando criterios y metodologías de cálculo de emisiones.
- Contrastando los resultados de las emisiones obtenidas.

4. Objetivo 2: Metodologías de cálculo de emisiones de sectores de actividad.

Los objetivos perseguidos son tremendamente ambiciosos y la disponibilidad de tiempo limitada, por lo que en la presente edición del Seminario de la Calidad del Aire en España, no ha sido posible abarcar todas las actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera. Se han estudiado tan solo unos pocos sectores de actividad, dejando el estudio del resto para futuras ediciones del Seminario de Calidad del Aire.

El documento se ha estructurado en una serie de capítulos que son en sí mismos “Guías de Estimación de Emisiones a la Atmósfera Sectoriales” y que contienen las *Directrices* para contabilizar e inventariar las emisiones de cada uno de los sectores de actividad analizados.

Estas guías han sido elaboradas por miembros del Grupo de Inventarios, expertos en la realización de inventarios de emisiones a la atmósfera, con experiencia a nivel institucional, tras realizar un exhaustivo estudio y profunda revisión de todas las metodologías de cálculo de emisiones del sector de actividad en cuestión disponibles en la bibliografía. No obstante, no están ampliamente consensuadas por todos los miembros del grupo dada la limitación de tiempo de la que se ha dispuesto, por lo que estas guías son, como se ha mencionado reiteradamente

Directrices e intentan ofrecer una orientación para realizar los IEA en España más que fijar *Normas*. (Y están sujetas a modificaciones en futuras ediciones del Seminario o reuniones del Grupo de Trabajo de Inventarios)

Aquellas guías que pertenecen a sectores más complejos y relevantes desde el punto de vista de la contaminación necesitarán más tiempo para que se estudien en profundidad por todos los miembros. Asimismo sería deseable conocer la opinión de empresas de estos sectores de actividad para implementar las recomendaciones incluidas en este documento y llegar finalmente a establecer unas guías más uniformes, confiables, y ampliamente aceptadas. No obstante, mientras que esto no sea una realidad y entre tanto se tengan que seguir realizando IEA, se proponen estas guías como **“Bases para la Realización de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera en España”**, de forma preferente a cualquier otra.

Se espera que en futuras ediciones del Seminario de Calidad del Aire haya un Grupo de Inventarios con mayor participación, cada vez, de expertos en la realización de inventarios de emisiones a la atmósfera, capaces de revisar estas guías y de producir estudios cada vez más coherentes, comparables y ampliamente aceptados.

4.1. Capítulos del documento

Los capítulos que se han desarrollado y los autores de los mismos se exponen a continuación:

TABLA 4. CAPÍTULO DEL DOCUMENTO Y AUTORES

CAPÍTULO	Guía de Estimación de Emisiones a la Atmósfera de:	AUTOR	INSTITUCIÓN
Capítulo 1	Instalaciones de combustión sin contacto en la industria	Lourdes M. Moreno Miranda	Egmasa
Capítulo 2	Manipulación, carga y descarga de material pulverulento en pilas de materiales	Albert García Lus	Dirección General de Calidad Ambiental Generalidad de Cataluña
Capítulo 3	Resuspensión del suelo por el tráfico de vehículos por viales y superficies pavimentadas		
Capítulo 4	Resuspensión del suelo por el tráfico de vehículos por viales y superficies no pavimentadas		
Capítulo 5	Fabricación de cemento	Antonio Ferreiro	Análisis Estadístico de Datos, S.L. (AED)
		Fco. Javier González Vidal	Conselleria de Territorio y Vivienda de la Generalitat de Valencia

CAPÍTULO	Guía de Estimación de Emisiones a la Atmosfera de:	AUTOR	INSTITUCIÓN
		Inmaculada Linares Barrera	CEMEX/Baleares
Capítulo 6	Refino de petróleo	Lourdes M. Moreno Miranda	Egmasa
Capítulo 7	Fabricación de cerámica no estructural	Alicia Quintero Peralias	Egmasa
Capítulo 8	Fabricación de cerámica estructural		
Capítulo 9	Fabricación de pasta y papel	Amaia Uriarte	Labein (País Vasco)
Capítulo 10	Sistemas de transporte	Jose M. Baldasano	Centro Nacional de Supercomputación
Capítulo 11	Transporte por carretera de la Comunidad Valenciana	Francisco Javier González Vidal y Miguel Poquet	Conselleria de Territori i Habitatge. Generalitat Valenciana

4.2. Contenido y estructura

El contenido y estructura de los capítulos, de forma general, salvo pequeñas variaciones, es el siguiente:

1. Descripción del sector. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.
2. Metodología de cálculo de las emisiones.
 - 2.1. Análisis de las diferentes metodologías.
 - 2.2. Metodología seleccionada.
 - 2.2.1. Descripción.
 - 2.2.2. Selección de factores de emisión.
 - 2.2.3. Incertidumbre.
 - 2.3. Comparación con la metodología del MMA.
3. Variables de actividad.
 - 3.1. Resumen de las variables de actividad a emplear (de acuerdo con la metodología seleccionada).
 - 3.2. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Prioridad de las fuentes.
 - 3.3. Incertidumbre.
4. Emisiones.

- 4.1. Resumen de los contaminantes a estimar (de acuerdo con la metodología seleccionada).
- 4.2. Incertidumbre.

CAPÍTULO 1

GUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE LAS INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA.

ÍNDICE

1. Descripción de la actividad.	1
1.1. Descripción del proceso de combustión	1
1.2. Descripción de las emisiones características de la actividad.	2
2. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.	3
3. Caracterización de los combustibles.....	4
3.1. Análisis de las características propuestas por diferentes fuentes.	5
3.1.1. Poder Calorífico Inferior de los combustibles	5
3.1.2. Contenido de carbono de los combustibles	12
3.1.3. Contenido de azufre de los combustibles	23
3.1.4. Densidad	34
3.2. Especificaciones por defecto seleccionadas para caracterizar los combustibles para la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España.	35
4. Metodología de cálculo de las emisiones en el caso de fuentes puntuales.....	46
4.1. Cálculo de las emisiones a partir de datos medidos.	47
4.1.1. Cálculo de emisiones a partir de balances de materia	48
4.2. Cálculo de las emisiones a partir del empleo de factores de emisión.	49
4.2.1. Análisis de las diferentes fuentes de Factores de emisión para fuentes puntuales.....	51
4.2.2. Factores de emisión seleccionados para estimar las emisiones de fuentes puntuales en los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España. Criterios de selección.....	97
5. Metodología de cálculo de las emisiones en el caso de las fuentes de área	117
5.1. Factores de emisión seleccionados para estimar las emisiones de las fuentes de área en los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España	117
6. Variables de actividad.....	118
6.1.1. Resumen de las variables de actividad a emplear.	118
6.1.1.1. Instalaciones de combustión consideradas como fuentes puntuales.....	118
6.1.1.2. Instalaciones de combustión consideradas como fuentes de área	118

6.1.2. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio.....	119
7. Incertidumbre	120
7.1. Metodología propuesta.....	121
8. Referencias Bibliográficas.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Contaminantes atmosféricos originados en la combustión.....	2
TABLA 2. Poderes caloríficos inferiores de los combustibles propuestos por diversas fuentes..	5
TABLA 3. Contenido de carbono y factor de emisión de CO_2 de los combustibles propuestos por diversas fuentes.....	14
TABLA 4. Eficiencia de las técnicas secundarias de reducción de los SO_x	24
TABLA 5. Contenido de azufre y factor de emisión de SO_2 de los combustibles propuestos por diversas fuentes.....	25
TABLA 6. Densidad de los combustibles propuestas por diversas fuentes	34
TABLA 7. Especificaciones de los combustibles seleccionadas para elaborar los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera en España	36
TABLA 8. F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales propuestos por todas las fuentes consultadas. para: antracita, lignitos, hulla y hulla coquizable.....	53
TABLA 9. F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales propuestos por todas las fuentes consultadas. para: coque, coque de petróleo, fuel oil, gasóleos y gas natural.....	66
TABLA 10. F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales propuestos por todas las fuentes consultadas. para: G.L.P., butano, propano, fuel gas y gas de coquería.....	81
TABLA 11. F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales propuestos por todas las fuentes consultadas. para: gas de horno alto, biogás, gas manufacturado y licor negro.....	87
TABLA 12. F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales propuestos por todas las fuentes consultadas. para: madera verde, madera seca, residuos de madera, orujillo y residuos agrícolas.....	91
TABLA 13. F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales seleccionados para elaborar los inventarios de EMISIONES a la atmósfera en España. para: antracita, lignitos, hulla y hulla coquizable	99
TABLA 14. F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales seleccionados para elaborar los inventarios de EMISIONES a la atmósfera en España. para: coque, coque de petróleo, fuel oil, gasóleos y gas natural	104
TABLA 15. F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales seleccionados para elaborar los inventarios de EMISIONES a la atmósfera en España. para: g.l.p., butano, propano, fuel gas, gas de coquería	109
TABLA 16. F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales seleccionados para elaborar los inventarios de EMISIONES a la atmósfera en España. para: gas de horno alto, biogás, gas manufacturado y licor negro	111

TABLA 17.	F.E. de instalaciones de combustión sin contacto en la industria de potencia nominal < 50 MW como fuentes puntuales seleccionados para elaborar los inventarios de EMISIONES a la atmósfera en España. para: madera verde, madera seca, residuos de madera, orujillo y residuos agrícolas	113
TABLA 18.	ÍNDICE de calidad y rango típico de error según CORINAIR al determinar el valor de las emisiones.	122
TABLA 19.	Intervalos de incertidumbre asociados a los índices de calidad según EPA. .	123
TABLA 20.	Incertidumbre asignada según el método empleado para la estimación de las emisiones.....	124
TABLA 21.	Referencias bibliográficas consultadas.....	125

1. Descripción de la actividad.

En este capítulo se recoge el conjunto de actividades relacionadas con la combustión industrial inespecífica, concretamente la combustión sin contacto realizada en calderas u hornos de potencia térmica nominal instalada inferior a 50MW, cuya finalidad es la producción de electricidad y/o la generación de calor (incluyendo la cogeneración) realizada de forma general en la industria. Estos procesos se clasifican en la nomenclatura SNAP-97 de actividades en los subgrupos siguientes:

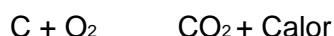
- 030103 : Combustión sin contacto en Calderas < 50MW
- 030205: Combustión sin contacto en Hornos <50MW.

Por combustión industrial no específica se entiende aquella que tiene lugar en los centros industriales pero que no es específica de ninguna rama industrial particular (generación de calor o electricidad por combustión en calderas), (SNAP 030103). Por combustión industrial en hornos sin contacto se entiende la combustión que se realiza en hornos industriales en los que ni las llamas ni los gases de combustión entran en contacto directo con las materias tratadas en el horno, (SNAP 030205), (como por ejemplo en hornos de panadería, de tueste de café y en general en la industria agroalimentaria).

A continuación se describe brevemente el proceso de combustión y los contaminantes asociados al mismo.

1.1. Descripción del proceso de combustión

Un proceso de combustión se puede definir como una combinación química rápida del oxígeno con los elementos del combustible. Los principales elementos químicos del combustible son el carbono, hidrógeno y azufre, siendo este último de menor importancia como fuente de calor. Cuando el carbono y el hidrógeno se queman completamente con oxígeno se transforman a CO₂ y H₂O según las siguientes reacciones:



El objetivo principal de la combustión es liberar el máximo calor posible, minimizando las pérdidas debidas a una combustión incompleta. Para que todos los elementos del combustible se oxiden completamente se requiere una temperatura suficientemente alta que permita la ignición de los constituyentes, mezcla o turbulencia y suficiente tiempo de residencia para completar la reacción. El calor generado en un proceso de combustión puede ser empleado para generar vapor, el cual se utiliza en multitud de aplicaciones industriales y para generar electricidad.

1.2. Descripción de las emisiones características de la actividad.

Los principales contaminantes emitidos a la atmósfera durante la combustión de combustibles fósiles son: SO_2 , NO_x , partículas y gases de efecto invernadero (CO_2 , CO , CH_4 , N_2O). Otras sustancias como metales pesados, HF, HCl, hidrocarburos aromáticos policíclicos y dioxinas y furanos se emiten en cantidades mucho menores, pero sus emisiones tienen una influencia importante en el ambiente debido a su toxicidad o persistencia.

Estas emisiones dependen fundamentalmente de la composición del combustible empleado (en especial en el caso de SO_2 , CO_2 y metales pesados), de la tecnología utilizada y de las condiciones de operación.

En la siguiente tabla se resumen los orígenes de los distintos contaminantes.

TABLA 1. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS ORIGINADOS EN LA COMBUSTIÓN

CONTAMINANTE ATMOSFÉRICO	CAUSAS DE SU FORMACIÓN
SO_2	Las emisiones de óxidos de azufre se deben a la presencia de azufre en el combustible.
NO_x	<p>Existen tres mecanismos de formación de óxidos de nitrógeno, caracterizados según el origen del nitrógeno y el lugar en el que se forman:</p> <ul style="list-style-type: none">• NO_x térmico, resultante de la reacción entre el oxígeno y el nitrógeno del aire.• NO_x del combustible, formados a partir del nitrógeno presente en el combustible.• NO_x súbito, formado por la conversión de nitrógeno molecular en el frente de llama en presencia de hidrocarburos intermedios.

TABLA 1. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS ORIGINADOS EN LA COMBUSTIÓN

CONTAMINANTE ATMOSFÉRICO	CAUSAS DE SU FORMACIÓN
Partículas	La emisión de partículas se debe principalmente a la fracción mineral del combustible. En la combustión de combustibles líquidos puede producirse hollín en condiciones de combustión deficientes.
Metales pesados	Las emisiones de metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, V) se deben a su presencia en los combustibles fósiles. Éstos se emiten generalmente a la atmósfera como compuestos (óxidos, cloruros etc.) asociados con partículas.
CO	El CO es un producto intermedio de la combustión. Se forma si la combustión no es completa. Depende de las condiciones de la ignición.
Gases invernadero	Los principales gases invernadero producidos por la combustión de combustibles fósiles son CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O. El CO ₂ es el principal producto de reacción de la combustión de combustibles fósiles. Las emisiones de CO ₂ están directamente relacionadas con el contenido de carbón del combustible. Las emisiones de CH ₄ se deben a combustiones incompletas de los hidrocarburos presentes en el combustible. El mecanismo de formación del N ₂ O está influenciado por compuestos intermedios de combustión y por la temperatura.
HCl y HF	Las emisiones de HCl y HF se deben a la presencia de cloro y flúor en pequeñas cantidades en los combustibles.
Hidrocarburos aromáticos policíclicos. Dioxinas y Furanos	Son compuestos orgánicos persistentes que pueden ser emitidos durante la combustión de combustibles fósiles.

2. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.

Las instalaciones de combustión sin contacto están ampliamente extendidas en la industria, encontrándose prácticamente en cualquier sector de actividad.. Por lo tanto, su número es elevado, aumentando este cuanto mayor es la amplitud geográfica del Inventario de Emisiones a la Atmósfera que se realice.

Siempre que el número de instalaciones existentes en el ámbito geográfico del inventario lo permita y se disponga de amplia información individual de un número de instalaciones suficiente como para que sus emisiones sean representativas de la actividad, se podría realizar un estudio detallado de cada una de las instalaciones inventariadas, considerando tipos de equipos, condiciones de la ignición, tecnologías de control de emisiones utilizadas, cantidades de

combustibles consumidas, mediciones de emisiones a la atmósfera, en continuo o puntuales, realizadas a los focos, etc. en cada una de las instalaciones, o lo que es lo mismo, se podría considerar a las mismas como fuentes puntuales. En este caso, la información necesaria para la estimación de las emisiones debería proceder de las propias instalaciones. Esto daría como resultado una estimación de las emisiones a la atmósfera mucho más precisa y exacta que la que se realizaría si el tratamiento de las mismas fuese a nivel de área, por lo que este tratamiento siempre es preferible al de área.

No obstante, si el ámbito geográfico del inventario es demasiado amplio (como es el caso de un Inventario Nacional de Emisiones), o no se dispone de información individual de un número de instalaciones suficiente como para que sus emisiones sean representativas de la actividad, se tendría que dar a estas instalaciones un tratamiento de fuente de área, estimándose sus emisiones a partir del empleo de factores de emisión y datos estadísticos de consumo de combustibles.

3. Caracterización de los combustibles

Uno de los objetivos del Grupo de Inventarios de Emisiones a la Atmósfera del V Seminario de la Calidad del Aire es definir y consensuar las metodologías de cálculo de las emisiones a la atmósfera de los diferentes sectores de actividad.

Para alcanzar dicho objetivo resulta imprescindible disponer de unos valores por defecto de los parámetros que caracterizan a los combustibles (en particular: contenido de azufre, contenido de carbón y poderes caloríficos inferiores y densidades de todos los combustibles empleados en las instalaciones de combustión de sin contacto en la industria de forma general), es decir, definir unas especificaciones de los combustibles que puedan ser empleadas para la elaboración de los Inventarios a la Atmósfera realizados en España.

Esta tarea es compleja ya que existen muchos combustibles cuyas características no están estandarizadas o normalizadas en España, en especial en el caso de carbones (cuyas propiedades dependen del tipo u origen del carbón) y de la mayor parte de los combustibles no fósiles. Hay mucha bibliografía relacionada con el tema: publicaciones de ERFO-CEN/TC 335, SODEAN, IDAE, Universidades, PHYLLIS Database, etc..., pero no hay univocidad en los valores propuestos por las diferentes fuentes.

Con el presente capítulo no se pretende, ni mucho menos, normalizar o estandarizar las especificaciones de los combustibles, pero sí ofrecer unos valores por defecto, para que, ante la ausencia de características de los combustibles oficiales o normalizados, se empleen de forma preferente en la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera en España (incluido EPER) realizados por cualquier organismo público o privado (Ministerio de Medio Ambiente, Comunidades Autónomas, Ayuntamientos, etc...).

3.1. Análisis de las características propuestas por diferentes fuentes.

Se ha realizado una exhaustiva búsqueda bibliográfica y se ha solicitado información a los organismos y fuentes más relevantes en esta materia, aunque no siempre con éxito. Las fuentes consultadas se especifican en el apartado de referencias bibliográficas al final de capítulo.

A continuación se exponen una serie de tablas con los valores de las características de una senda lista de combustibles que propone la bibliografía consultada.

3.1.1. Poder Calorífico Inferior de los combustibles

En la siguiente tabla se exponen los poderes caloríficos inferiores de un amplio grupo de combustibles propuestos por diversas fuentes y se marcan con la letra “s” los seleccionados para caracterizar a los combustibles en la realización de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera en España.

TABLA 2. PODERES CALORÍFICOS INFERIORES DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	Selecc.	Intervalo de los valores propuestos PCI (GJ/t)	Observaciones
Antracita	30,26	Ref.(1)	S	30,14-30,26	
Antracita	30,14	Ref.(4)			
Hulla	30,34	Ref.(2)	S	22,7-30,34	
Hulla	22,7	Ref.(4)			
Hulla importada	24,33	Ref.(7)			
Hulla Resto usos	25,53	Ref.(7)			

**TABLA 2. PODERES CALORÍFICOS INFERIORES DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS
POR DIVERSAS FUENTES**

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	Selecc.	Intervalo de los valores propuestos PCI (GJ/t)	Observaciones
Hulla + Antracita Generación eléctrica	20,81	Ref.(7)			
Hulla coquizable	30,44	Ref.(2)	S	28,96-30,44	
Hulla Coquerías	28,96	Ref.(7)			
Lignito negro	13,39	Ref.(2)	S	13,35-13,39	
Lignito negro	13,35	Ref.(7)			
Lignito pardo	8,19	Ref.(4)	S	7,38-8,19	
Lignito pardo	7,38	Ref.(7)			
Carbón	26-28,3	Ref.(9)			
Carbón coquizable	28,4	Ref.(1)	S		
Carbón de leña	27,17	Ref.(6)			
Carbón de madera	31,40	Ref.(14)			
Carbón de importación	25,53	Ref.(1)	S	24,9-30,1	
Carbón de importación	24,9	Ref.(3)			
Carbón de importación	30,10	Ref.(6)			
Carbón nacional	20,51	Ref.(1)	S	16,7-24,66	
Carbón nacional	16,7	Ref.(3)			
Carbón nacional	24,66	Ref.(6)			
Aglomerados de carbón	31,30	Ref.(14)			
Turba	20,9-21,3	Ref.(9)			
Turba	21,30	Ref.(14)	S	20,9-21,3	
Coque	30,3	Ref.(1)	S	28,42-30,3	
Coque	29,8	Ref.(2)			
Coque	28,42	Ref.(6)			
Coque de carbón residual	30,10	Ref.(6)			
Coque de petróleo	32,5	Ref.(1), (2), (4)	S	30-32,5	
Coque de petróleo	30	Ref.(3)			
Coque de petróleo	30,99	Ref.(7)			
Coque metalúrgico	29,53	Ref.(7)	S		
Petróleo crudo	41,80	Ref.(6)			
Petróleo crudo	42,68	Ref.(7)	S	41,8-42,68	
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	S	40,18-42,3	
Fuel oil	41	Ref.(3)			

**TABLA 2. PODERES CALORÍFICOS INFERIORES DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS
POR DIVERSAS FUENTES**

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	Selecc.	Intervalo de los valores propuestos PCI (GJ/t)	Observaciones
Fuel oil	42,30	Ref.(6)			
Fuel oil	40,20	Ref.(7)			
Fuel oil de refinería	40,18	Ref.(5)	S	40,18-40,2	
Fuel oil de refinería	40,20	Ref.(7)			
Gasóleo	42,4	Ref.(1), (2), (4)	S	42,4-43,35	
Gasóleo	43,1	Ref.(3)			
Gasóleo	42,64	Ref.(6)			
Gasóleo	43,35	Ref.(7)			
Gasolinas	44,81	Ref.(7)	S		
Queroseno	46,36	Ref.(2)	S	43,05-43,76	
Queroseno	43,05	Ref.(6)			
Queroseno agrícola y corriente	43,76	Ref.(7)			
Gas natural	48,41	Ref.(1)	S	43,37-49,36	
Gas natural	47,01-49,36	Ref.(2)			
Gas Natural	46,7	Ref.(3)			
Gas natural	48,34	Ref.(4)			Valor propuesto para el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 2003 (MMA)
Gas natural	43,37	Ref.(6)			
Condensados de gas natural	45,23	Ref.(7)			
G.L.P.	45,5	Ref.(1)	S	45,5-47,32	
G.L.P.	44,78	Ref.(2)			
G.L.P.	46,4	Ref.(3)			
G.L.P.	45,77	Ref.(6)			
G.L.P.	47,32	Ref.(7)			
Butano	44,78	Ref.(1), (4)	S	45,56-47,78	
Butano	45,56	Ref.(6)			
Propano	46,2	Ref.(1), (4)	S	45,98-46,2	
Propano	45,98	Ref.(6)			
Gas manufacturado	19,78	Ref.(2)	S		
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	S	39,48-48,3	
Gas de refinería	46	Ref.(3)			
Gas de refinería	48,3	Ref.(5)			
Gas de refinería	39,48	Ref.(6)			

**TABLA 2. PODERES CALORÍFICOS INFERIORES DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS
POR DIVERSAS FUENTES**

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	Selecc.	Intervalo de los valores propuestos PCI (GJ/t)	Observaciones
Gas de refinería	48,16	Ref.(7)			
Gas de coquería	41,35	Ref.(2)	S	35,83-41,35	
Gas de coquería	35,83	Ref.(6)			
Gas de horno alto	2,25	Ref.(2)	S		
Biogás	17,5	Ref.(3)			
Biogás	25,08	Ref.(2)	S	17,5-25,08	
Licor negro	14,65	Ref.(2)	S	14,65-15,05	
Licor negro	15,05	Ref.(6)			
Aceites usados	40,19	Ref.(1)	S		
Disolventes	33,27	Ref.(1)	S		
Etano	47,44	Ref.(6)	S		
Etanol	26,75	Ref.(6)	S		
Metanol	19,78	Ref.(6)	S		
Aeronaftas	43,47	Ref.(6)			
Naftas	43,26	Ref.(6)			
Naftas	45,02	Ref.(7)	S	43,26-45,02	
Neumáticos	31,39	Ref.(1)	S		
Alcohol de quemar	25,41	Ref.(6)	S		
Aceite de colza	36,9	Ref.(14)	S		
Papel	17,59	Ref.(8)	S		
Madera *	14,44	Ref.(2)	S		* Se tomará como madera húmeda o verde Similar 20% Hum Ref.(23)
Madera	20,00	Ref.(8)			
Madera seca	19,00	Ref.(14)	S		Similar Ref.(23)
Madera(sin corteza)	18,5-20	Ref.(9)			
Leña blanda	7,69	Ref.(6)			
Leña dura	9,61	Ref.(6)			
Leñas y ramas coníferas (20%H)	16,54	Ref.(11)			
Leñas y ramas coníferas (40%H)	10,68	Ref.(11)			
Leñas y ramas frondosas (20%H)	13,86	Ref.(11)			
Leñas y ramas frondosas (40%H)	9,80	Ref.(11)			
Leñas y ramas (0% H)	19,35	Ref.(23)			
Leñas y ramas (20% H)	15,01	Ref.(23)			
Leñas y ramas (40% H)	10,66	Ref.(23)			

**TABLA 2. PODERES CALORÍFICOS INFERIORES DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS
POR DIVERSAS FUENTES**

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	Selecc.	Intervalo de los valores propuestos PCI (GJ/t)	Observaciones
Chips de leña	19,23	Ref.(6)			
Residuos de madera	14,8	Ref.(2)	S		
Corteza Picea	20,36	Ref.(10)			
Corteza Pino	21,03	Ref.(10)			
Corteza Roble	19,49	Ref.(10)			
Corteza Secoya	19,45	Ref.(10)			
Cortezas	20,08	Ref.(9), (10)		18,5-23	Valor central de los propuestos por la Ref (10)
Cortezas	18,5-23	Ref.(9)			
Cortezas coníferas (20%H)	15,29	Ref.(11)			
Cortezas coníferas (40%H)	11,10	Ref.(11)			
Cortezas (Coníferas) (0% H)	19,44	Ref.(23)	S	18,5-23	
Cortezas (Coníferas) (20% H)	15,26	Ref.(23)	S		Similar Ref.(11)
Cortezas (Coníferas) (40% H)	11,08	Ref.(23)	S		Similar Ref.(11)
Cortezas frondosas (20%H)	14,12	Ref.(11)			
Cortezas frondosas (40%H)	9,97	Ref.(11)			
Cortezas (Frondosas) (0% H)	18,23	Ref.(23)	S	18,5-23	
Cortezas (Frondosas) (20% H)	14,09	Ref.(23)	S		Similar Ref.(11)
Cortezas (Frondosas) (40% H)	9,95	Ref.(23)	S		Similar Ref.(11)
Corteza escurrida	5,90	Ref.(14)			
Residuos forestales	18,5-20	Ref.(9)			
Poda de frutales (0% H)	17,89	Ref.(23)			
Poda de frutales (20% H)	13,84	Ref.(23)			
Poda de frutales (40% H)	9,78	Ref.(23)			
Serrín	7,52	Ref.(6)			
Serrín húmedo	8,40	Ref.(14)			
Serrines coníferas (15%H)	15,87	Ref.(11)			
Serrines coníferas (35%H)	11,56	Ref.(11)			
Serrines frondosas (15%H)	14,99	Ref.(11)			
Serrines frondosas (35%H)	10,89	Ref.(11)			
Viruta seca	13,40	Ref.(14)			
Serrines y virutas (0% H)	19,07	Ref.(23)	S		

**TABLA 2. PODERES CALORÍFICOS INFERIORES DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS
POR DIVERSAS FUENTES**

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	Selecc.	Intervalo de los valores propuestos PCI (GJ/t)	Observaciones
Serrines y virutas (15% H)	15,84	Ref.(23)	S		
Serrines y virutas (35% H)	11,54	Ref.(23)	S		
Astilla polvo	19,31	Ref.(10)	S		
Hueso de aceituna (15%H)	16,17	Ref.(11)			
Hueso de aceituna (35%H)	11,77	Ref.(11)			
Hueso de aceituna	18,85	Ref.(12)			
Hueso de aceituna	17,2	*	S	11,77-18,85	* Se ha seleccionado el mismo del orujillo. Dentro del rango propuesto para hueso
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	S	11,56-20,18	Selecciono este por ser los de Ref.(3) y (4), aunque se podría seleccionar los de Ref(23) por estar expresados en función del contenido de H y ser similar al de otras fuentes
Orujillo de aceituna	20,18	Ref.(10)			
Orujillo de aceituna (15%H)	15,83	Ref.(11)			
Orujillo de aceituna (35%H)	11,56	Ref.(11)			
Orujillo de aceituna	18,01	Ref.(12)			
Orujillo de oliva (0% H)	18,84	Ref.(23)			
Orujillo de oliva (15% H)	15,80	Ref.(23)			
Orujillo de oliva (35% H)	11,75	Ref.(23)			
Alperujo (PCS)	17,81	Ref.(13)			
Orujo de aceituna	17,77	Ref.(6)	S	17,77-17,8	Entran dentro de los intervalos propuestos por Ref.(9)
Orujo de aceituna	17,80	Ref.(12)			
Orujo de aceituna (PCS)	17,81	Ref.(13)			
Residuos aceituna	17,5-19	Ref.(9)			
Poda Olivar	18,01	Ref.(12)	S		
Ramón del olivar	18,00	Ref.(14)	S		
Orujo de uva (25%H)	13,57	Ref.(11)			
Orujo de uva (50%H)	8,21	Ref.(11)			
Orujo Uva (PCS)	18,08	Ref.(13)			
Orujo de uva (0% H)	18,89	Ref.(23)	S		
Orujo de uva (25% H)	13,54	Ref.(23)	S		
Orujo de uva (50% H)	8,19	Ref.(23)	S		

**TABLA 2. PODERES CALORÍFICOS INFERIORES DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS
POR DIVERSAS FUENTES**

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	Selecc.	Intervalo de los valores propuestos PCI (GJ/t)	Observaciones
Sarmiento de la vid	11,72	Ref.(14)			
Sarmiento de la vid (0% H)	17,77	Ref.(23)	S		
Sarmiento de la vid (20% H)	13,71	Ref.(23)	S		
Sarmiento de la vid (40% H)	9,66	Ref.(23)	S		
Vid (Ramilla de uva) (0% H)	17,26	Ref.(23)	S		
Vid (Ramilla de uva) (25% H)	12,33	Ref.(23)	S		
Vid (Ramilla de uva) (50% H)	7,40	Ref.(23)	S		
Bagazo	9,32	Ref.(10)	S	6,27-19,20	
Bagazo	6,27	Ref.(6)			
Bagazo húmedo	10,50	Ref.(14)			
Bagazo seco	19,20	Ref.(14)			
Residuos del tomate industrial	21,34	Ref.(14)	S	21,34-21,75	
Residuos Tomate (PCS)	21,75	Ref.(13)			
Algodón	18,00	Ref.(10)	S		
Paja	17,4	Ref.(9)			
Paja de cereales (10%H)	15,20	Ref.(11)		12,5-17,4	En consonancia con cuadro 1 Ref.(20)
Paja de cereales (20%H)	13,24	Ref.(11)			En consonancia con cuadro 1 Ref.(20)
Paja de cereales (0% H)	17,14	Ref.(23)	S	12,5-17,4	En consonancia con cuadro 1 Ref.(20)
Paja de cereales (10% H)	15,17	Ref.(23)	S		En consonancia con cuadro 1 Ref.(20)
Paja de cereales (20% H)	13,21	Ref.(23)	S		En consonancia con cuadro 1 Ref.(20)
Paja seca de cebada	13,40	Ref.(14)			
Paja seca de trigo	12,50	Ref.(14)			
Celulosa	16,50	Ref.(14)	S		
Cosetas de caña	4,60	Ref.(14)	S		
Marlo de maíz	9,61	Ref.(6)	S		
Zuro del maíz	16,24	Ref.(14)	S		
Cañote de maíz	15,28	Ref.(14)	S		
Cañote del girasol	14,02	Ref.(14)	S		
Cañote y cabezuela del maíz	12,14	Ref.(14)	S		
Cáscara de almendra	18,81	Ref.(6)			
Cáscara de almendra (10%H)	16,50	Ref.(11)		16,5-18,81	
Cáscara de almendra (15%H)	16,59	Ref.(11)			

**TABLA 2. PODERES CALORÍFICOS INFERIORES DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS
POR DIVERSAS FUENTES**

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	Selecc.	Intervalo de los valores propuestos PCI (GJ/t)	Observaciones
Cáscara de almendra (0% H)	18,56	Ref.(23)	S	16,5-18,81	
Cáscara de almendra (10% H)	16,47	Ref.(23)	S		Similar Ref.(11)
Cáscara de almendra (15% H)	15,42	Ref.(23)	S		Similar Ref.(11)
Cáscara de avellana (10%H)	15,54	Ref.(11)	S		
Cáscara de avellana (15%H)	14,53	Ref.(11)	S		
Cáscara de cacahuete	17,80	Ref.(14)	S		
Cáscara de piñón (10%H)	17,13	Ref.(11)	S		
Cáscara de piñón (15%H)	16,04	Ref.(11)	S		
Cáscara de arroz	9,61	Ref.(6)			
Cascarilla de arroz	13,80	Ref.(14)	S		
Residuos agrícolas	15,9	Ref.(2)			
Resto de biomasa	14,2	Ref.(3), (4)	S		

Los valores seleccionados son los que se emplearán para aplicar los balances de materia de la combustión para estimar los factores de emisión de CO₂ y SO₂ que se exponen a continuación.

3.1.2. Contenido de carbono de los combustibles

En la siguiente tabla se exponen los contenidos de carbono y los factores de emisión de CO₂ de un amplio rango de combustibles, propuestos por las diferentes fuentes consultadas y se marcan con la letra “s” los valores seleccionados para elaborar los Inventarios de emisiones a la Atmósfera en España.

Si el dato original es el % de carbono, entonces el factor de emisión de CO₂ se ha estimado aplicando la ecuación del balance de materia de la combustión del combustible. Si el dato original es el factor de emisión de CO₂, entonces el % de carbono se ha estimado de forma inversa a partir de la ecuación del balance de materia de la combustión del combustible. Como se ha mencionado con anterioridad, tanto en un caso, como en el otro, para aplicar la ecuación del balance de materia de la combustión se han empleado los PCI seleccionados en el apartado 4.1.1.2

La ecuación del balance de carbono de la combustión empleada es la siguiente:

$$FECO_2 = (44/12) \cdot [C_c/100] \cdot (1/H_u) \cdot 1000 \quad (\text{Fuente: Ref. (15)})$$

En la que:

F.E. CO ₂	Factor de emisión para CO ₂ expresado en kg/GJ.
C _c	Contenido de carbono en el combustible en kg/kg.
Hu	Poder calorífico inferior. (MJ/kg).

Para el cálculo de los factores de emisión de CO₂ se ha considerado la combustión completa del C del combustible.

TABLA 3. CONTENIDO DE CARBONO Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito ⁽¹⁾	FUENTE	i.i S
Antracita	30,26	Ref.(1)	79,5			96,3	Ref.(1)	S
Antracita	30,26	Ref.(1)	76,6			92,8	Ref.(15), Ref.(17)	
Antracita	30,26	Ref.(1)	77,8			94,2	Ref.(16), Ref.(17), Ref.(4) Anejo 1	C
Antracita	30,26	Ref.(1)	89,1			108	Ref.(4), Ref.(19)	
Antracita	30,26	Ref.(1)	77,3			93,7	Ref.(15), Ref.(4) Anejo 1	
Antracita	31,26	Ref.(1)	86-98	Ref.(25)	101-115			
Hulla	30,34	Ref.(2)	85	Ref.(2)	102,7			
Hulla	30,34	Ref.(2)	78,4			94,7	Ref.(15), B111, T.29, Ref.(4) Anejo 1	
Hulla	30,34	Ref.(2)	65,6			79,3	Ref.(16), Ref.(17), Ref.(4) Anejo 1	C
Hulla	30,34	Ref.(2)	92,7			112	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	C
Hulla	30,34	Ref.(2)	82,7			100	Ref.(4), Ref.(19)	S
Hulla	30,34	Ref.(2)	78,7			95,1	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	
Hulla	30,34	Ref.(2)	45-86	Ref.(25)	54-104			
Hulla coquizable	30,44	Ref.(2)	78,0			94	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	C S
Hulla coquizable	30,44	Ref.(2)	77,8			93,7	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	
Lignito negro	13,39	Ref.(2)	46,4	Ref.(2)	127,1			
Lignito	13,39	Ref.(2)	36,6			100,2	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996, Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4) Anejo 1	
Lignito	13,39	Ref.(2)	62,7			171,8	Ref.(16), Ref.(17), Ref.(4) Anejo 1	C
Lignito	13,39	Ref.(2)	43,5			119	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	C

TABLA 3. CONTENIDO DE CARBONO Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito ⁽¹⁾	FUENTE	i.i S
Lignito negro	13,39	Ref.(2)	40,9			112	Ref.(4), Ref.(19)	S
Lignito pardo	8,19	Ref.(4)	25-42	Ref.(25)	112-188			
Lignito pardo	8,19	Ref.(2)	25,0			112	Ref.(4), Ref.(19)	S
Carbón coquizable	28,4	Ref.(1)	71,1			91,8	Ref.(1)	S
Carbón de importación	25,53	Ref.(1)	68,9			99	Ref.(1)	S
Carbón nacional	20,51	Ref.(1)	62,6			112	Ref.(1)	S
Carbón	26-28,3	Ref.(9)	76-87	Ref.(9)	98-123			
Turba	21,30	Ref.(14)	60,9			104,9	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	S
Turba	21,30	Ref.(14)	< 25	Ref.(25)	< 43			
Turba	21,30	Ref.(14)	52-56	Ref.(9)	90-96			
Coque	30,3	Ref.(1)	87,2	Ref.(2)	105,5			
Coque	30,3	Ref.(1)	86,8			105	Ref.(1), Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	S
Coque	30,3	Ref.(1)	82,6			100	Ref.(17), Ref.(18)	
Coque de petróleo	32,5	Ref.(1), (2), (4)	88	Ref.(2)	99,3			
Coque de petróleo	32,5	Ref.(1), (2), (4)	87,1			98,3	Ref.(1), Ref.(2), Ref.(15) Ref.(4), Ref.(19)	S
Coque de petróleo	32,5	Ref.(1), (2), (4)	89,3			100,8	Ref.(15), Ref.(4) Anejo 1	
Coque metalúrgico	29,53	Ref.(7)						S
Petróleo crudo	42,68	Ref.(7)	84,8			72,9	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	S
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	85,6	Ref.(2)	78,1			
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	83,3			76	Ref.(1) Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10, Ref.(4), Ref.(19)	S

TABLA 3. CONTENIDO DE CARBONO Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito ⁽¹⁾	FUENTE	i.i S
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	85,8			78,3	Ref.(15), B111, T.29	
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	83,9			76,6	Ref.(15), Ref (16), Ref (17), Ref.(4) Anejo 1	B
Fuel oil de refinoría	40,18	Ref.(1), (2), (4)	85,6	Ref.(5)	78,1			
Fuel oil de refinoría	40,18	Ref.(1), (2), (4)	83,3			76	Igual que fuel oil genérico de Ref (1)	S
Gasóleo	42,4	Ref.(1), (2), (4)	84,4			73	Ref.(1) Ref (2), Ref.(15) B.112, T. 5-10, Ref.(4), Ref.(19)	S
Gasóleo	42,4	Ref.(1), (2), (4)	86,7	Ref.(2)	75,0			
Gasóleo	42,4	Ref.(1), (2), (4)	85,5			74	Ref.(15), B111, T.29, Ref.(4) Anejo 1	
Gasóleo	42,4	Ref.(1), (2), (4)	81,1			70,1	Ref.(16), Ref.(17), Ref.(4) Anejo 1	B
Gasolinas	44,81	Ref.(7)	84,3			69	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	S
Queroseno	46,36	Ref.(2)	86,2	Ref.(2)	68,2			S
Queroseno	46,36	Ref.(2)	90,4			71,5	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	
Gas natural	48,41	Ref.(1)	73,9			56	Ref.(1), Ref (2), Ref.(15) B.112, T. 5- 10, Ref.(4), Ref.(19)	S
Gas natural	48,41	Ref.(1)	72,4-75,2	Ref.(2)	55-57			
Gas natural	48,41	Ref.(1)	76,8			58,2	Ref.(15), B111, T.29	
Gas natural	48,41	Ref.(1)	65,5			49,6	Ref.(16), Ref.(17)	A
Gas natural	48,41	Ref.(1)	73,3			55,5	Ref.(15), Ref.(4) Anejo 1	
Gas natural	48,41	Ref.(1)	77,6			58,8	Ref.(16), Ref.(4) Anejo 1	A
G.L.P.	45,5	Ref.(1)	80,7			65	Ref.(1), Ref (2), Ref.(4), Ref.(19)	S
G.L.P.	45,5	Ref.(1)	81,7	Ref.(2)	65,8			

TABLA 3. CONTENIDO DE CARBONO Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito ⁽¹⁾	FUENTE	i.i S
Butano	44,78	Ref.(1), (4)	80,8			66,2	Ref.(1)	S
Butano	44,78	Ref.(1), (4)	70,3			57,5	Ref.(17), Ref.(18)	
Butano	44,78	Ref.(1), (4)	74,5			61	Ref.(15), Ref.(4) Anejo 1	
Propano	46,2	Ref.(1), (4)	80,1			63,6	Ref.(1), Ref.(4), Ref.(19)	S
Propano	46,2	Ref.(1), (4)	70,3			55,8	Ref.(17), Ref.(18)	
Propano	46,2	Ref.(1), (4)	76,9			61	Ref.(15), Ref.(4) Anejo 1	
Gas manufacturado	19,78	Ref.(2)	28,1			52	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	C S
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	71,3			54,1	Ref.(1)	S
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	79,0			60	Ref.(15), B111, T.29	
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	72,5			55	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	42,6 – 87,77	Ref.(5)	32-67			
Gas de coquería *	41,35	Ref.(2)	13,6	Ref.(2)	12,1			S
Gas de coquería *	41,35	Ref.(2)	50,7			45	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	C S
Gas de horno alto **	2,25	Ref.(2)	20,7	Ref.(2)	337,3			S
Gas de horno alto **	2,25	Ref.(2)	6,4			105	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	C S
Biogás	25,08	Ref.(2)						S
Licor negro	14,65	Ref.(2)	42,0			105	Ref.(15), Ref.(17)	S
Licor negro	14,65	Ref.(2)	73,5			184	Ref.(17), Ref.(18)	
Aceites usados	40,19	Ref.(1)	80,0			73	Ref.(1)	S
Aceites usados	40,19	Ref.(1)	68,5			62,47	Cáp.1.11 Ref.(16), Ref. (17)	
Disolventes	33,27	Ref.(1)	75,3			83	Ref.(1)	S

TABLA 3. CONTENIDO DE CARBONO Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.o.x. Implicito ⁽¹⁾	FUENTE	i.i S
Etano	47,44	Ref.(6)	79,3			61,3	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	S
Etanol	26,75	Ref.(6)						S
Metanol	19,78	Ref.(6)						S
Naftas	45,02	Ref.(7)	89,5			72,9	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	S
Neumáticos	31,39	Ref.(1)	70,2			82	Ref.(1)	S
Alcohol de quemar	25,41	Ref.(6)						S
Aceite de colza	36,9	Ref.(14)						S
Papel	17,59	Ref.(8)						S
Madera verde	14,44	Ref.(2)						S
Madera	14,44	Ref.(2)	27	Ref.(2)	68,6			S
Madera	14,44	Ref.(2)	37,8			96	Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	
Madera	14,44	Ref.(2)	41,4			105	Ref.(17), Ref.(18)	
Madera	14,44	Ref.(2)	38,4			97,5	Ref.(16), Ref.(4) Anejo 1	A
Madera(sin corteza)	18,5-20	Ref.(9)	48-52	Ref.(9)	88-103			
Residuos de madera	14,8	Ref.(2)	27	Ref.(2)	66,9			S
Residuos de madera	14,8	Ref.(2)	42,4			105,1	Ref.(17), Ref.(18)	
Residuos de madera	14,8	Ref.(2)	38,7			96	Ref.(4), Ref.(19)	
Residuos forestales	18,5-20	Ref.(9)	48-52	Ref.(9)	88-103			
Resto de biomasa	14,2	Ref.(3), (4)	37,2			96	Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Residuos agrícolas	15,9	Ref.(2)	22,6	Ref.(2)	52,1			S
Corteza Picea	20,36	Ref.(10)	51,8	Ref.(10)	93,3			

TABLA 3. CONTENIDO DE CARBONO Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.o.x. Implicito ⁽¹⁾	FUENTE	i.i S
Corteza Pino	21,03	Ref.(10)	53,4	Ref.(10)	93,1			
Corteza Roble	19,49	Ref.(10)	49,7	Ref.(10)	93,5			
Corteza Secoya	19,45	Ref.(10)	51,9	Ref.(10)	97,9			
Cortezas	20,08	Ref.(9), (10)	48-52	Ref.(9)	88-95			
Cortezas (Coníferas) (0% H)	19,44	Ref.(23)	51,7	V central Ref.(10)	97,5			S
Cortezas (Coníferas) (20% H)	15,26	Ref.(23)	51,7	V central Ref.(10)	124,2			S
Cortezas (Coníferas) (40% H)	11,08	Ref.(23)	51,7	V central Ref.(10)	171,1			S
Cortezas (Frondosas) (0% H)	18,23	Ref.(23)	27		54,3		%C igual que Residuos de Madera Ref.(4),(15)	S
Cortezas (Frondosas) (20% H)	14,09	Ref.(23)	27		70,3		%C igual que Residuos de Madera Ref.(4),(15)	S
Cortezas (Frondosas) (40% H)	9,95	Ref.(23)	27		99,5		%C igual que Residuos de Madera Ref.(4),(15)	S
Serrines y virutas (0% H)	19,07	Ref.(23)	27		51,9		%C igual que Residuos de Madera Ref.(4),(15)	S
Serrines y virutas (15% H)	15,84	Ref.(23)	27		62,5		%C igual que Residuos de Madera Ref.(4),(15)	S
Serrines y virutas (35% H)	11,54	Ref.(23)	27		85,8		%C igual que Residuos de Madera Ref.(4),(15)	S
Astilla polvo	19,31	Ref.(10)	49,52	Ref.(10)	94			S
Hueso de aceituna	17,2	Igual orujillo	50,79	Ref.(12)	108,3			S
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	50,4	Ref.(10)	107,4		%C similar a los de Ref.(12), (24) y (9)	S

TABLA 3. CONTENIDO DE CARBONO Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito ⁽¹⁾	FUENTE	i.i S
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	50,54	Ref.(12)	107,7			
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	48,0			102,3	Ref.(17), Ref.(18)	
Orujillo de aceituna ***	17,2	Ref.(3), (4)	45,0			96	Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	50	Ref.(24)	106,6			
Orujo Aceituna	17,77	Ref.(6)	47,03	Ref.(12)	97,1			S
Orujo Aceituna	17,77	Ref.(6)	51,65	Ref.(13)	106,6			
Alperujo	17,20	Igual orujillo	51,65	Ref.(13)	110,1			
Residuos aceituna	17,20	Igual orujillo	48-50	Ref.(9)	102-107			
Poda Olivar	18,01	Ref.(12)	49,52	Ref.(12), (24)	100,8			S
Ramón del olivar	18,00	Ref.(14)	49,52	Igual Poda Olivar	100,9			S
Orujo de uva (0% H)	18,89	Ref.(23)	47,22	Ref.(13)	91,6			S
Orujo de uva (25% H)	13,54	Ref.(23)	47,22	Ref.(13)	127,8			S
Orujo de uva (50% H)	8,19	Ref.(23)	47,22	Ref.(13)	211,3			S
Sarmiento de la vid (0% H)	17,77	Ref.(23)	37,2		76,7		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Sarmiento de la vid (20% H)	13,71	Ref.(23)	37,2		99,4		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Sarmiento de la vid (40% H)	9,66	Ref.(23)	37,2		141,2		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Vid (Ramilla de uva) (0% H)	17,26	Ref.(23)	37,2		79,0		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Vid (Ramilla de uva) (25% H)	12,33	Ref.(23)	37,2		110,6		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S

TABLA 3. CONTENIDO DE CARBONO Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito ⁽¹⁾	FUENTE	i.i S
Vid (Ramilla de uva) (50% H)	7,40	Ref.(23)	37,2		184,2		% C Ref.(4), Ref.(15)para biomasa	S
Bagazo	9,32	Ref.(10)	23,4	Ref.(10)	92,1			
Bagazo	9,32	Ref.(10)	21,3			83,7	T.1.8.1 C 1.8 Ref.(16)	A S
Residuos del tomate industrial	21,34	Ref.(14)						S
Algodón	18,00	Ref.(10)	47,03	Ref.(10)	95,8			S
Paja	17,4	Ref.(9)	45-47	Ref.(9)	95-99			
Paja de cereales (0% H)	17,14	Ref.(23)	46	V. Central Ref.(9)	98,4			S
Paja de cereales (10% H)	15,17	Ref.(23)	46	V. Central Ref.(9)	111,2			S
Paja de cereales (20% H)	13,21	Ref.(23)	46	V. Central Ref.(9)	127,7			S
Celulosa	16,50	Ref.(14)	37,2		82,6		% C Ref.(4), Ref.(15)para biomasa	S
Cosetas de caña	4,60	Ref.(14)	37,2		296,3		% C Ref.(4), Ref.(15)para biomasa	S
Marlo de maíz	9,61	Ref.(6)	37,2		141,8		% C Ref.(4), Ref.(15)para biomasa	S
Zuro del maíz	16,24	Ref.(14)	37,2		84,0		% C Ref.(4), Ref.(15)para biomasa	S
Cañote de maíz	15,28	Ref.(14)	37,2		89,2		% C Ref.(4), Ref.(15)para biomasa	S
Cañote del girasol	14,02	Ref.(14)	37,2		97,2		% C Ref.(4), Ref.(15)para biomasa	S
Cañote y cabezuela del maíz	12,14	Ref.(14)	37,2		112,3		% C Ref.(4), Ref.(15)para biomasa	S

TABLA 3. CONTENIDO DE CARBONO Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito ⁽¹⁾	FUENTE	i.i S
Cáscara de almendra (0% H)	18,56	Ref.(23)	37,2		73,5		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Cáscara de almendra (10% H)	16,47	Ref.(23)	37,2		82,8		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Cáscara de almendra (15% H)	15,42	Ref.(23)	37,2		88,4		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Cáscara de avellana (10% H)	15,54	Ref.(11)	37,2		87,7		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Cáscara de avellana (15% H)	14,53	Ref.(11)	37,2		93,8		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Cáscara de cacahuete	17,80	Ref.(14)	37,2		76,6		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Cáscara de piñón (10% H)	17,13	Ref.(11)	37,2		79,6		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Cáscara de piñón (15% H)	16,04	Ref.(11)	37,2		85,0		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Cascarilla de arroz	13,80	Ref.(14)	37,2		98,8		% C Ref.(4), Ref.(15) para biomasa	S
Restos vegetales de invernadero	15,9	Igual Residuos agrícolas	42,3	Ref. (24)	97,5			

⁽¹⁾ Se incluyen todos los factores comunicados por España en el Inventario más reciente presentado a la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Factor de oxidación implícito.

* Controversia entre valores de la misma fuente

** Controversia entre valores de la misma fuente

*** Este es el del EPER, es del Corinair, pero es para biomasa, no es específico para orujillo

3.1.3. Contenido de azufre de los combustibles

En la siguiente tabla se exponen los contenidos de azufre y los factores de emisión de SO₂ de un amplio rango de combustibles propuestos por las diferentes fuentes consultadas y se marcan con la letra “s” los valores seleccionados para elaborar los Inventarios de emisiones a la Atmósfera en España.

Si el dato original es el % de azufre, entonces el factor de emisión de SO₂ se ha estimado aplicando la ecuación del balance de materia de la combustión del combustible. Si el dato original es el factor de emisión de SO₂, entonces el % de azufre se ha estimado de forma inversa a partir de la ecuación del balance de materia de la combustión del combustible. Como se ha mencionado con anterioridad, tanto en un caso, como en el otro, para aplicar la ecuación del balance de materia de la combustión se han empleado los PCI seleccionados en el apartado 4.1.1.2

La ecuación del balance de azufre de la combustión empleada es la siguiente:

$$F.E.SO_2 = 2 \cdot C_s \cdot (1 - s) \cdot (1/Hu) \cdot 10^6 \cdot (1 - \text{sec}) \quad (\text{Fuente: Ref. (15)})$$

En la que:

F.E. SO ₂	Factor de emisión para SO ₂ expresado en g/GJ.
C _s	Contenido de azufre en el combustible en kg/kg.
s	Retención de azufre en las cenizas.
Hu	Poder calorífico inferior. (MJ/kg).
sec	Eficiencia de reducción de las medidas secundarias.
	Disponibilidad de medidas secundarias.

Para el cálculo de las emisiones asociadas a la combustión de combustibles distintos del carbón se puede despreciar la retención de azufre en las cenizas, pero es necesario considerar las medidas primarias. Las medidas primarias son aquellas tecnologías que disminuyen las emisiones mediante la modificación de la combustión y las medidas secundarias son las que implican el tratamiento de los gases de combustión.

TABLA 4. EFICIENCIA DE LAS TÉCNICAS SECUNDARIAS DE REDUCCIÓN DE LOS SO_x

Eficiencias técnicas secundarias de reducción SO _x (%)	
Técnica	Fuente: CORINAIR
WS: Lavador húmedo	90
SDA: Absorción por pulverización en seco	90
DSI: Inyección de sorbente seco	45
LIFAC: Tipo DSI	70
WL: Wellman Lord	97
WAP: Proceso Walter	88
AC: Carbón activo	95
DESONOX: Reducción simultánea de SO ₂ y NO _x por proceso catalítico	95

Para el cálculo de los factores de emisión de SO₂ se ha establecido un criterio conservador considerándose que no se produce retención de azufre en las cenizas y se ha considerado la combustión completa del S del combustible.

TABLA 5. CONTENIDO DE AZUFRE Y FACTOR DE EMISIÓN DE SO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% AZUFRE	FUENTE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) de bibliografía	FUENTE F.E. (SO ₂) de bibliografía	OBSERVACIONES	S
Antracita	30,26	Ref.(1)	0,4	Ref.(4)	264,4				S
Antracita	30,26	Ref.(1)	0,51			340	Ref.(4), (15)		
Antracita	30,26	Ref.(1)	0,39			258,8	Ref.(15), (17)		
Hulla	30,34	Ref.(2)	0,7	Ref.(2)	461,4				S
Hulla	30,34	Ref.(2)	0,6	Ref.(4)	395,5				
Hulla	30,34	Ref.(2)	1,45			954	Ref.(4), (15)		
Hulla	30,34	Ref.(2)	0,66			438	Ref.(15), (17)		
Hulla coquizable	30,44	Ref.(2)	1,1	Ref.(2)	722,7				S
Hulla coquizable	30,44	Ref.(2)	1,5			992	Ref.(2)		
Lignito negro	13,39	Ref.(2)	5,2	Ref.(2)	7767,0				S
Lignito negro	13,39	Ref.(2)	4,2			6214	Ref.(2)		
Lignito pardo	8,19	Ref.(4)	1,1	Ref.(4)	2686,2				S
Lignito pardo	8,19	Ref.(4)	1,1			2640	Ref.(4), (15)		
Carbón coquizable	28,4	Ref.(1)							
Carbón de importación	25,53	Ref.(1)	0,6	Ref.(3)	470,0				S
Carbón nacional	20,51	Ref.(1)	0,4	Ref.(3)	390,1				S
Turba	21,30	Ref.(14)	< 0,05-0,3	Ref.(9)	< 46,9- 281,7				S
Coque	30,3	Ref.(1)	0,55	Ref.(2)	363,0				S
Coque	30,3	Ref.(1)	0,70			462	Ref.(17), (18)		
Coque	30,3	Ref.(1)	0,53			351	Ref.(2)		
Coque de petróleo	32,5	Ref.(1), (2), (4)	4,4	Ref.(2)	2707,7				S
Coque de petróleo	32,5	Ref.(1), (2), (4)	5	Ref.(3)	3076,9				

TABLA 5. CONTENIDO DE AZUFRE Y FACTOR DE EMISIÓN DE SO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% AZUFRE	FUENTE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) de bibliografía	FUENTE F.E. (SO ₂) de bibliografía	OBSERVACIONES	S
Coque de petróleo	32,5	Ref.(1), (2), (4)	5			3050	Ref.(4), (15)		
Coque de petróleo	32,5	Ref.(1), (2), (4)	4,7			2911	Ref.(2)	No coincide con el resultado del balance con los %S y PCI de la misma fuente.	
Coque metalúrgico	29,53	Ref.(7)	1,1	Igual Hulla coquizable	745,1			Se produce a partir del carbón bituminoso, se le va a asignar el mismo %S que a la Hulla S coquizable	
Petróleo crudo	42,68	Ref.(7)							
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	2,7	Ref.(2)	1344,0				
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	1	Ref.(3), (4), (21), (22)	497,8				S
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	0,98			490	Ref.(4), (15)		
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	0,99			493	Ref.(4), (17)		
Fuel oil de refiniería	40,18	Ref.(5)	2,7	Ref.(5)	1344,0				S
Gasóleo	42,4	Ref.(1), (2), (4)	0,2	Ref.(2), (3), (4), (21), (22)	94,3				S
Gasóleo	42,4	Ref.(1), (2), (4)	0,1950			92	Ref.(4), (15)		
Gasóleo	42,4	Ref.(1), (2), (4)	0,1999			94,3	Ref.(2)		
Gasolinas	44,81	Ref.(7)	0,015	Ref.(21)	6,7			En vigor del 15 dic 2003 al 31 enero 2006	S
Gasolinas	44,81	Ref.(7)	0,005	Ref.(22)	2,2			En vigor a partir del 31 enero 2006	S
Queroseno	46,36	Ref.(2)	0,1	Ref.(2)	43,1				S
Gas Natural	48,41	Ref.(1)	0,01	Ref.(3), (4)	4,1				
Gas Natural	48,41	Ref.(1)	0	Ref.(2)	0				

TABLA 5. CONTENIDO DE AZUFRE Y FACTOR DE EMISIÓN DE SO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% AZUFRE	FUENTE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) de bibliografía	FUENTE F.E. (SO ₂) de bibliografía	OBSERVACIONES	S
Gas Natural	48,41	Ref.(1)	0,0009	T.23 - B111 Ref.(15)	0,372			El F.E.SO ₂ propuesto por Ref.(16), (17), (18), es menor que este y está más próximo al 0 de Ref.(2), sin embargo si consideramos como criterio seleccionar CORINAIR antes que EPA, debemos seleccionar este. Pero este valor está muy lejos del considerado por R.D. 503 de Fiscalidad Ambiental y EPER	
Gas Natural	48,41	Ref.(1)	0,0006	Ref.(16)	0,249	0,249	Ref.(16), (17), (18)		
G.L.P.	45,5	Ref.(1)	0	Ref.(2)	0,0				
G.L.P.	45,5	Ref.(1)	< 0,005	Ref.(3), (21), (22)	< 2,20			Tomamos este por evitar discrepancias con R.D. 503 Fiscalidad Ambiental y EPER	S
G.L.P.	45,5	Ref.(1)	0,00065			0,286	Ref.(17), (18)		
Butano	45,5	Ref.(1)	0	Ref.(2)	0,0				
Butano	44,78	Ref.(1), (4)	< 0,005	Ref.(21), (22)	< 2,23			Tomamos este por evitar discrepancias con Decreto 503 Fiscalidad Ambiental y EPER	S
Butano	44,78	Ref.(1), (4)	0,00065			0,290	Ref.(17), (18)		
Propano	45,5	Ref.(1)	0	Ref.(2)	0,0				
Propano	46,2	Ref.(1), (4)	< 0,005	Ref.(21), (22)	< 2,16			Tomamos este por evitar discrepancias con Decreto 503 Fiscalidad Ambiental y EPER	S
Propano	46,2	Ref.(1), (4)	0,00065			0,281	Ref.(17), (18)		
Gas manufacturado	19,78	Ref.(2)	0,01	Ref.(2)	10,1			No coinciden y proceden de la misma fuente: Ref.(2).	
Gas manufacturado			0			0	Ref.(2)		
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	0,4	Ref.(3)	165,6				

TABLA 5. CONTENIDO DE AZUFRE Y FACTOR DE EMISIÓN DE SO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% AZUFRE	FUENTE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) de bibliografía	FUENTE F.E. (SO ₂) de bibliografía	OBSERVACIONES	S
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	0,89	Ref.(5)	368,5				
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	1,7			718	Cáp. B136 de la Ref.(15), Ref. (17)		
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	0,7			296	Ref.(2)		S
Gas de coquería	41,35	Ref.(2)	0,3	Ref.(2)	145,1				S
Gas de horno alto	2,25	Ref.(2)	0	Ref.(2)	0,0				S
Biogás	25,08	Ref.(2)	1	Ref.(3)	797,4			Este valor parece altísimo, está en revisión.	
Licor negro	14,65	Ref.(2)	0,1392			190	Ref.(2)		S
Licor negro	14,65	Ref.(2)	0,1091			149	Ref.(17), (18)		
Aceites usados	40,19	Ref.(1)							S
Disolventes	33,27	Ref.(1)							S
Etano	47,44	Ref.(6)							S
Etanol	26,75	Ref.(6)							S
Metanol	19,78	Ref.(6)							S
Naftas	45,02	Ref.(7)							S
Neumáticos	31,39	Ref.(1)							S
Alcohol de quemar	25,41	Ref.(6)							S
Aceite de colza	36,9	Ref.(14)							S
Papel	17,59	Ref.(8)	0,2	Ref.(8)	227,5				S
Madera verde	14,44	Ref.(2)	0,05	Igual madera (seca)	69,3				S
Madera	19,00	Ref.(14)	0,05	Ref.(2), (8)	52,6				S
Madera(sin corteza)	19,00	Igual madera	< 0,05	Ref.(9)	< 52,6				

TABLA 5. CONTENIDO DE AZUFRE Y FACTOR DE EMISIÓN DE SO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% AZUFRE	FUENTE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) de bibliografía	FUENTE F.E. (SO ₂) de bibliografía	OBSERVACIONES	S
		seca							
Madera	19,00	Ref.(14)	0,0049			5,2	c B112 Ref.(15), Ref. (2)	Estos F.E.SO ₂ son un orden de magnitud inferior a los del resto de la bibliografía consultada. Y lo que es más, están en controversia con los %S propuestos por Ref.(2)	
Madera	19,00	Ref.(14)	0,0033			3,5	c B111 Ref.(15), Ref. (4)		
Residuos de madera	14,8	Ref.(2)	0,05	Ref.(2)	67,6				S
Residuos de madera	14,8	Ref.(2)	0,0037			5	c B112 Ref.(15), Ref. (2)	Estos F.E.SO ₂ son un orden de magnitud inferior a los del resto de la bibliografía consultada. Y lo que es más, están en controversia con los %S propuestos por Ref.(2)	
Residuos de madera	14,8	Ref.(2)	0,0026			3,5	c B111 Ref.(15), Ref. (4)		
Residuos forestales	14,8	Igual Res. Madera	< 0,05	Ref.(9)	< 67,6				
Resto de biomasa	14,2	Ref.(3), (4)	0,0025	Ref.(3), (4)	3,5			Este valor de %S es bastante más pequeño que los del resto de la bibliografía revisada para cualquier biomasa, por lo que aunque sea el de la Ref.(3) y (4) no parece que sea correcta su selección. Se seleccionará como valor 0,05 por ser del mismo orden que el propuesto por las referencias consultadas.	
Resto de biomasa	14,2	Ref.(3), (4)	0,05		70,4			Valor propuesto por defecto en consonancia con los ordenes de magnitud de la bibliografía analizada	S
Residuos agrícolas	15,90	Ref.(2)							
Cortezas	19,44	Ref.(9), (10)	< 0,05	Ref.(9)	< 51,4				
Cortezas (Coníferas) (0% H)	19,44	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	51,4				S
Cortezas (Coníferas) (20% H)	15,26	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	65,5				S
Cortezas (Coníferas) (40% H)	11,08	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	90,3				S

TABLA 5. CONTENIDO DE AZUFRE Y FACTOR DE EMISIÓN DE SO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% AZUFRE	FUENTE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) de bibliografía	FUENTE F.E. (SO ₂) de bibliografía	OBSERVACIONES	S
Cortezas (Coníferas) (0% H)	19,44	Ref. (23)	0,15	Valor central Ref.(10)	154,3				
Cortezas (Coníferas) (20% H)	15,26	Ref. (23)	0,15	Valor central Ref.(10)	196,6				
Cortezas (Coníferas) (40% H)	11,08	Ref. (23)	0,15	Valor central Ref.(10)	270,8				
Corteza Picea	19,44	Igual cortezas coníferas	0,2	Ref.(10)	205,8				
Corteza Pino	19,44	Igual cortezas coníferas	0,1	Ref.(10)	102,9				
Corteza Roble	19,44	Igual cortezas coníferas	0,2	Ref.(10)	205,8				
Corteza Secoya	19,44	Igual cortezas coníferas	0,1	Ref.(10)	102,9				
Cortezas (Frondosas) (0% H)	18,23	Ref. (23)	0,05	%S Resto Biomasa	54,9				S
Cortezas (Frondosas) (20% H)	14,09	Ref. (23)	0,05	%S Resto Biomasa	71,0				S
Cortezas (Frondosas) (40% H)	9,95	Ref. (23)	0,05	%S Resto Biomasa	100,5				S
Serrines y virutas (0% H)	19,07	Ref. (23)	0,05	Igual Res. Madera	52,4				S
Serrines y virutas (15% H)	15,84	Ref. (23)	0,05	Igual Res. Madera	63,1				S
Serrines y virutas (35% H)	11,54	Ref. (23)	0,05	Igual Res. Madera	86,7				S
Astilla polvo	19,31	Ref. (10)	< 0,05	Ref.(10)	< 51,8				S
Hueso de aceituna	17,2	Igual Orujillo aceituna	0,04	Ref.(12)	46,5				
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	0,085	Ref.(3), (4)	98,8			En principio ya que EPER Andalucía no hace distinciones entre hueso y orujillo, se le asignará este mismo valor a ambos combustibles. (Se podría tomar para hueso el valor de 0,04%S de la Ref.(12), si bien está fuera del rango propuesto para residuos de la aceituna del la Ref.(9))	S
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	0,07	Ref.(10)	81,4				

TABLA 5. CONTENIDO DE AZUFRE Y FACTOR DE EMISIÓN DE SO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% AZUFRE	FUENTE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) de bibliografía	FUENTE F.E. (SO ₂) de bibliografía	OBSERVACIONES	S
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	0,07	Ref.(12)	81,4				
Orujillo de oliva	17,2	Ref.(3), (4)	0,11	Ref. (24)	127,9				
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	0,0029			3,43	Ref.(17), (18)		
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	0,0030			3,5	Ref(15) para biomasa, Ref.4)		
Orujo Aceituna	17,77	Ref.(6)	0,09	Ref.(12), (13)	101,3				S
Alperujo			0,09	Ref.(13)					
Residuos aceituna	17,2	Igual Orujillo aceituna	0,07-0,17	Ref.(9)	81,4-197,7				
Poda Olivar	18,01	Ref.(12)	< 0,05	Ref.(12)	< 55,5				
Poda Olivar	18,01	Ref.(12)	0,05	Ref. (24)	55,5				S
Ramón del olivar	18,00	Ref.(14)	< 0,05	Igual Poda olivar	< 55,6				S
Orujo de uva (0% H)	18,89	Ref.(23)	0,14	Ref.(13)	148				S
Orujo de uva (25% H)	13,54	Ref.(23)	0,14	Ref.(13)	207				S
Orujo de uva (50% H)	8,19	Ref.(23)	0,14	Ref.(13)	342				S
Sarmiento de la vid (0% H)	17,77	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	56				S
Sarmiento de la vid (20% H)	13,71	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	73				S
Sarmiento de la vid (40% H)	9,66	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	104				S
Vid (Ramilla de uva) (0% H)	17,26	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	58				S
Vid (Ramilla de uva) (25% H)	12,33	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	81				S
Vid (Ramilla de uva) (50% H)	7,40	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	135				S
Bagazo	9,32	Ref.(10)	0,6	Ref.(10)	1288				S

TABLA 5. CONTENIDO DE AZUFRE Y FACTOR DE EMISIÓN DE SO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% AZUFRE	FUENTE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) de bibliografía	FUENTE F.E. (SO ₂) de bibliografía	OBSERVACIONES	S
Residuos del tomate industrial	21,34	Ref.(14)	0,05	%S Resto Biomasa	47				S
Algodón	18,00	Ref.(10)	0,13	Ref.(10)	144				S
Paja de cereales (0% H)	17,14	Ref.(23)	0,05-0,2	Ref.(9)					
Paja de cereales (10% H)	15,17	Ref.(23)	0,05-0,2	Ref.(9)					
Paja de cereales (20% H)	13,21	Ref.(23)	0,05-0,2	Ref.(9)					
Paja de cereales (0% H)	17,14	Ref.(23)	0,05	Intervalo inferior Ref.(9)	58,3				S
Paja de cereales (10% H)	15,17	Ref.(23)	0,05	Intervalo inferior Ref.(9)	65,9				S
Paja de cereales (20% H)	13,21	Ref.(23)	0,05	Intervalo inferior Ref.(9)	75,7				S
Celulosa	16,50	Ref.(14)	0,05	%S Resto Biomasa	60,6				S
Cosetas de caña	4,60	Ref.(14)	0,05	%S Resto Biomasa	217,4				S
Marlo de maíz	9,61	Ref.(6)	0,05	%S Resto Biomasa	104,0				S
Zuro del maíz	16,24	Ref.(14)	0,05	%S Resto Biomasa	61,6				S
Cañote de maíz	15,28	Ref.(14)	0,05	%S Resto Biomasa	65,5				S
Cañote del girasol	14,02	Ref.(14)	0,05	%S Resto Biomasa	71,3				S
Cañote y cabezuela del maíz	12,14	Ref.(14)	0,05	%S Resto Biomasa	82,4				S
Cáscara de almendra (0% H)	18,56	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	53,9				S
Cáscara de almendra (10% H)	16,47	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	60,7				S
Cáscara de almendra (15% H)	15,42	Ref.(23)	0,05	%S Resto Biomasa	64,8				S
Cáscara de avellana (10% H)	15,54	Ref.(11)	0,05	%S Resto Biomasa	64,4				S
Cáscara de avellana (15% H)	14,53	Ref.(11)	0,05	%S Resto Biomasa	68,8				S
Cáscara de cacahuete	17,80	Ref.(14)	0,05	%S Resto Biomasa	56,2				S
Cáscara de piñón (10% H)	17,13	Ref.(11)	0,05	%S Resto Biomasa	58,4				S

TABLA 5. CONTENIDO DE AZUFRE Y FACTOR DE EMISIÓN DE SO₂ DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% AZUFRE	FUENTE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) de bibliografía	FUENTE F.E. (SO ₂) de bibliografía	OBSERVACIONES	S
Cáscara de piñón (15% H)	16,04	Ref.(11)	0,05	%S Resto Biomasa	62,3				S
Cascarilla de arroz	13,80	Ref.(14)	0,05	%S Resto Biomasa	72,5				S
Restos vegetales de invernadero	14,2	Ref.(3), (4)	0,27	Ref. (24)	380,3				

3.1.4. Densidad

Sólo se han considerado las densidades de los combustibles expuestos en la siguiente tabla, por ser las que más contrastadas para proponerlas por defecto para los objetivos perseguidos por el grupo de Inventarios. Se marcan con la letra "s" los seleccionados.

TABLA 6. DENSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES PROPUESTAS POR DIVERSAS FUENTES

COMBUSTIBLE	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	Selecc.
Antracita	875	Ref.(14)	S
Antracita	801-929	Ref.(8)	
Hulla	1350	Ref.(14)	S
Hulla	673-913	Ref.(8)	
Hulla coquizable	1350	Ref.(14)	S
Lignito negro	1050	Ref.(14)	S
Lignito pardo	1050	Ref.(14)	S
Lignito	641-865	Ref.(8)	
Turba	360	Ref.(14)	S
Fuel oil	964	Ref.(4), (17)	S
Fuel oil de refinería	950	Ref.(5)	S
Gasóleo	900	Ref.(4), (17), (21)	S
Gasolinas	720-775 (a 15°C)	Ref. (21)	S
Gasolinas	720-775 (a 15°C)	Ref. (21)	S
Gasolinas	730 (a 20°C)	Ref.(14)	
Queroseno	780 (a 15°C)	Ref.(14)	S
Gas Natural	0,8	Ref.(4), (17)	S
Butano	579	Ref.(4)	S
Butano	> 560 (a 15°C)	Ref.(21)	
Butano	580 (a 20°C)	Ref.(14)	
Propano	494	Ref.(4), (17)	S
Propano	502-535 (a 15°C)	Ref.(21)	
Propano	506 (a 20°C)	Ref.(14)	
Gas manufacturado	0,65	Ref.(14)	S
Gas de refinería	0,9	Ref.(5)	S
Gas de coquería	0,56	Ref.(14)	S
Aceites usados	909	Ref.(17)	S
Etanol	790 (a 20°C)	Ref.(14)	S
Metanol	790 (a 20°C)	Ref.(14)	S
Hueso de aceituna	800-900	Ref.(26)	S
Orujillo de aceituna	650-750	Ref.(26)	S
Poda Olivar bruto	80-100	Ref.(26)	S

3.2. Especificaciones por defecto seleccionadas para caracterizar los combustibles para la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España.

Finalmente se exponen, conjuntamente en una sola tabla, los valores por defecto de todas las características analizadas, seleccionados para la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera que se realicen sobre cualquier área geográfica de España.

Estos valores de PCI y de densidades son los que se han empleado para realizar los cambios de unidades de los factores de emisión de las fuentes originales, expuestos en el apartado 5.2.1 del presente capítulo, y expresarlos en una única unidad (g/GJ) con el fin de compararlos.

Dichas especificaciones de los combustibles podrán ser revisadas y modificadas en futuras ediciones del Seminario de Calidad del Aire.

.

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Antracita	30,26	Ref.(1)	79,5			96,3	Ref.(1)	0,4	Ref.(4)	264,4	875	Ref.(14)	
Hulla	30,34	Ref.(2)	82,7			100	Ref.(4), Ref.(19)	0,7	Ref.(2)	461,4	1350	Ref.(14)	
Hulla coquizable	30,44	Ref.(2)	78,0			94	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	1,1	Ref.(2)	722,7	1350	Ref.(14)	
Lignito negro	13,39	Ref.(2)	40,9			112	Ref.(4), Ref.(19)	5,2	Ref.(2)	7767,0	1050	Ref.(14)	
Lignito pardo	8,19	Ref.(4)	25,0			112	Ref.(4), Ref.(19)	1,1	Ref.(4)	2686,2	1050	Ref.(14)	
Carbón coquizable	28,4	Ref.(1)	71,1			91,8	Ref.(1)						Se le podría asignar el mismo %S que a la hulla coquizable
Carbón de importación	25,53	Ref.(1)	68,9			99	Ref.(1)	0,6	Ref.(3)	470,0			
Carbón nacional	20,51	Ref.(1)	62,6			112	Ref.(1)	0,4	Ref.(3)	390,1			
Turba	21,30	Ref.(14)	60,9			104,9	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	< 0,05-0,3	Ref.(9)	< 46,9-281,7	360	Ref.(14)	
Coque	30,3	Ref.(1)	86,8			105	Ref.(1), Ref (2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	0,55	Ref.(2)	363,0			
Coque de petróleo	32,5	Ref.(1), (2), (4)	87,1			98,3	Ref.(1), Ref (2), Ref.(15) Ref.(4), Ref.(19)	4,4	Ref.(2)	2707,7			

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE % CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ)) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Coque metalúrgico	29,53	Ref.(7)						1,1	Igual Hulla coquizable	745,1			Se produce a partir del carbón bituminoso, se le va a asignar el mismo %S que a la Hulla coquizable
Petróleo crudo	42,68	Ref.(7)	84,8			72,9	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996						
Fuel oil	40,18	Ref.(1), (2), (4)	83,3			76	Ref.(1) Ref (2), Ref.(15) B.112, T. 5-10, Ref.(4), Ref.(19)	1	Ref.(3), (4), (21), (22)	497,8	964	Ref.(4), (17)	
Fuel oil de refinería	40,18	Ref.(5)	83,3			76	Igual que fuel oil genérico de Ref (1)	2,7	Ref.(5)	1344,0	950	Ref.(5)	
Gasóleo	42,4	Ref.(1), (2), (4)	84,4			73	Ref.(1) Ref (2), Ref.(15) B.112, T. 5-10, Ref.(4), Ref.(19)	0,2	Ref.(2), (3), (4), (21), (22)	94,3	900	Ref.(4), (17), (21)	
Gasolinas	44,81	Ref.(7)	84,3			69	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	0,015	Ref.(21)	6,7	720-775 (a 15°C)	Ref. (21)	% S En vigor del 15 dic 2003 al 31enero 2006
Gasolinas	44,81	Ref.(7)	84,3			69	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996	0,005	Ref.(22)	2,2	720-775 (a 15°C)	Ref. (21)	% S En vigor a partir del 31 enero 2006
Queroseno	46,36	Ref.(2)	86,2	Ref.(2)	68,2			0,1	Ref.(2)	43,1	780 (a 15°C)	Ref.(14)	

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE % CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Gas Natural	48,41	Ref.(1)	73,9			56	Ref.(1), Ref (2), Ref.(15) B.112, T. 5-10, Ref.(4), Ref.(19)	0,0009	T.23 - B111 Ref.(15)	0,372	0,8	Ref.(4), (17)	El F.E.SO ₂ propuesto por Ref.(16), (17), (18), es menor que este y está más próximo al 0 de Ref.(2), sin embargo si consideramos como criterio seleccionar CORINAIR antes que EPA, debemos seleccionar este. Pero este valor está muy lejos del considerado por R.D. 503 de Fiscalidad Ambiental y EPER
G.L.P.	45,5	Ref.(1)	80,7			65	Ref.(1), Ref (2), Ref.(4), Ref.(19)	< 0,005	Ref.(3), (21), (22)	< 2,20			Tomamos este % S por evitar discrepancias con R.D. 503 Fiscalidad Ambiental y EPER
Butano	44,78	Ref.(1), (4)	80,8			66,2	Ref.(1)	< 0,005	Ref.(21), (22)	< 2,23	579	Ref.(4)	Tomamos este % S por evitar discrepancias con Decreto 503 Fiscalidad Ambiental y EPER
Propano	46,2	Ref.(1), (4)	80,1			63,6	Ref.(1), Ref.(4), Ref.(19)	< 0,005	Ref.(21), (22)	< 2,16	494	Ref.(4), (17)	Tomamos este % S por evitar discrepancias con Decreto 503 Fiscalidad Ambiental y EPER
Gas manufacturado	19,78	Ref.(2)	28,1			52	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	0,01	Ref.(2)	10,1	0,65	Ref.(14)	Controversia entre valores relativos al azufre de la misma fuente
Gas manufacturado	19,78	Ref.(2)	28,1			52	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	0	Ref.(2)	0	0,65	Ref.(14)	
Gas de refinería	48,3	Ref.(1), (5)	71,3			54,1	Ref.(1)	0,7	Ref.(2)	296	0,9	Ref.(5)	El dato original es el F.E. SO ₂ de Ref.(2) y no el % S
Gas de coquería	41,35	Ref.(2)	13,6	Ref.(2)	12,1			0,3	Ref.(2)	145,1	0,56	Ref.(14)	Controversia entre valores relativos

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ)) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Gas de coquería	41,35	Ref.(2)	50,7			45	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	0,3	Ref.(2)	145,1			al carbono de la misma fuente
Gas de horno alto	2,25	Ref.(2)	20,7	Ref.(2)	337,3			0	Ref.(2)	0,0			Controversia entre valores relativos al carbono de la misma fuente
Gas de horno alto	2,25	Ref.(2)	6,4			105	Ref.(2), Ref.(15) B.112, T. 5-10	0	Ref.(2)	0,0			
Biogás	25,08	Ref.(2)						1	Ref.(3)	797,4			
Licor negro	14,65	Ref.(2)	42,0			105	Ref.(15), Ref.(17)	0,1392	Ref.(2)	190			El dato original es el F.E. SO ₂ de Ref.(2) y no el % S
Aceites usados	40,19	Ref.(1)	80,0			73	Ref.(1)				909	Ref.(17)	
Disolventes	33,27	Ref.(1)	75,3			83	Ref.(1)						
Etano	47,44	Ref.(6)	79,3			61,3	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996						
Etanol	26,75	Ref.(6)									790 (a 20°C)	Ref.(14)	
Metanol	19,78	Ref.(6)									790 (a 20°C)	Ref.(14)	
Naftas	45,02	Ref.(7)	89,5			72,9	Ref.(1) Nivel 1 IPPC 1996						
Neumáticos	31,39	Ref.(1)	70,2			82	Ref.(1)						
Alcohol de quemar	25,41	Ref.(6)											
Aceite de colza	36,9	Ref.(14)											
Papel	17,59	Ref.(8)						0,2	Ref.(8)	227,5			

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE % CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ)) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Madera verde	14,44	Ref.(2)	27	Ref.(2)	68,6			0,05	Igual madera (seca)	69,3			
Madera seca	19,00	Ref.(14)	27	Ref.(2)	52,1			0,05	Ref.(2), (8)	52,6			
Residuos de madera	14,8	Ref.(2)	27	Ref.(2)	66,9			0,05	Ref.(2)	67,6			
Resto de biomasa	14,2	Ref.(3), (4)	37,2			96	Igual biomasa	0,05		70,4			% S propuesto por defecto en consonancia con los ordenes de magnitud de la bibliografía analizada
Residuos agrícolas	15,9	Ref.(2)	22,6	Ref.(2)	52,1								
Cortezas (Coníferas) (0% H)	19,44	Ref.(23)	51,7	valor central Ref.(10) Cortezas	97,5			0,05	%S Resto Biomasa	51,4			
Cortezas (Coníferas) (20% H)	15,26	Ref.(23)	51,7	valor central Ref.(10) Cortezas	124,2			0,05	%S Resto Biomasa	65,5			
Cortezas (Coníferas) (40% H)	11,08	Ref.(23)	51,7	valor central Ref.(10) Cortezas	171,1			0,05	%S Resto Biomasa	90,3			
Cortezas (Frdosas) (0% H)	18,23	Ref.(23)	27	Igual Res. Madera	54,3			0,05	%S Resto Biomasa	54,9			

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE % CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ)) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Cortezas (Frondosas) (20% H)	14,09	Ref.(23)	27	Igual Res. Madera	70,3			0,05	%S Resto Biomasa	71,0			
Cortezas (Frondosas) (40% H)	9,95	Ref.(23)	27	Igual Res. Madera	99,5			0,05	%S Resto Biomasa	100,5			
Serrines y virutas (0% H)	19,07	Ref.(23)	27	Igual Res. Madera	51,9			0,05	Igual Res. Madera	52,4			
Serrines y virutas (15% H)	15,84	Ref.(23)	27	Igual Res. Madera	62,5			0,05	Igual Res. Madera	63,1			
Serrines y virutas (35% H)	11,54	Ref.(23)	27	Igual Res. Madera	85,8			0,05	Igual Res. Madera	86,7			
Astilla polvo	19,31	Ref.(10)	49,52	Ref.(10)	94			< 0,05	Ref.(10)	< 51,8			
Hueso de aceituna	17,2	Igual Orujillo aceituna	50,79	Ref.(12)	108,3			0,085	Igual Orujillo		800-900	Ref.(26)	En principio ya que EPER Andalucía no hace distinciones entre hueso y orujillo, se le asignarán los mismos valores de %S y PCl a ambos combustibles. (Se podría tomar para hueso el valor de 0,04%S de la Ref.(12), si bien está fuera del rango propuesto para residuos de la aceituna del la Ref.(9))
Orujillo de aceituna	17,2	Ref.(3), (4)	50,4	Ref.(10), sim ilar a los de Ref.(12), (24) y (9)	107,4			0,085	Ref.(3), (4)	98,8	650-750	Ref.(26)	
Orujo Aceituna	17,77	Ref.(6)	47,03	Ref.(12)	97,1			0,09	Ref.(12), (13)	101,3			

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE % CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ)) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Poda Olivar	18,01	Ref.(12)	49,52	Ref.(12), (24)	100,8			0,05	Ref. (24)	55,5	80-100	Ref.(26)	
Ramón del olivar	18,00	Ref.(14)	49,52	Igual Poda Olivar	100,9			< 0,05	Igual Poda olivar	< 55,6			
Orujo de uva (0% H)	18,89	Ref.(23)	47,22	Ref.(13)	91,6			0,14	Ref.(13)	148			
Orujo de uva (25% H)	13,54	Ref.(23)	47,22	Ref.(13)	127,8			0,14	Ref.(13)	207			
Orujo de uva (50% H)	8,19	Ref.(23)	47,22	Ref.(13)	211,3			0,14	Ref.(13)	342			
Sarmiento de la vid (0% H)	17,77	Ref.(23)	37,2	Igual biomasa	76,7			0,05	%S Resto Biomasa	56			
Sarmiento de la vid (20% H)	13,71	Ref.(23)	37,2	Igual biomasa	99,4			0,05	%S Resto Biomasa	73			
Sarmiento de la vid (40% H)	9,66	Ref.(23)	37,2	Igual biomasa	141,2			0,05	%S Resto Biomasa	104			
Vid (Ramilla de uva) (0% H)	17,26	Ref.(23)	37,2	Igual biomasa	79,0			0,05	%S Resto Biomasa	58			
Vid (Ramilla de uva) (25% H)	12,33	Ref.(23)	37,2	Igual biomasa	110,6			0,05	%S Resto Biomasa	81			

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE % CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ)) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Vid (Ramilla de uva) (50% H)	7,40	Ref.(23)	37,2	Igual biomasa	184,2			0,05	%S Resto Biomasa	135			
Bagazo	9,32	Ref.(10)	21,3			83,7	T.1.8.1 C 1.8 Ref.(16)	0,6	Ref.(10)	1288			
Residuos del tomate industrial	21,34	Ref.(14)						0,05	%S Resto Biomasa	47			
Algodón	18,00	Ref.(10)	47,03	Ref.(10)	95,8			0,13	Ref.(10)	144			
Paja de cereales (0% H)	17,14	Ref.(23)	46	v. central Ref.(9) Paja	98,4			0,05	valor inferior intervalo Ref.(9)	58,3			
Paja de cereales (10% H)	15,17	Ref.(23)	46	v. central Ref.(9) Paja	111,2			0,05	valor inferior intervalo Ref.(9)	65,9			
Paja de cereales (20% H)	13,21	Ref.(23)	46	v. central Ref.(9) Paja	127,7			0,05	valor inferior intervalo Ref.(9)	75,7			
Celulosa	16,50	Ref.(14)	37,2	Igual biomasa	83			0,05	%S Resto Biomasa	60,6			
Cosetas de caña	4,60	Ref.(14)	37,2	Igual biomasa	296			0,05	%S Resto Biomasa	217,4			
Marlo de maíz	9,61	Ref.(6)	37,2	Igual biomasa	142			0,05	%S Resto Biomasa	104,0			
Zuro del maíz	16,24	Ref.(14)	37,2	Igual biomasa	84			0,05	%S Resto Biomasa	61,6			

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE % CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ)) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Cañote de maíz	15,28	Ref.(14)	37,2	Igual biomasa	89			0,05	%S Resto Biomasa	65,5			
Cañote del girasol	14,02	Ref.(14)	37,2	Igual biomasa	97			0,05	%S Resto Biomasa	71,3			
Cañote y cabezuela del maíz	12,14	Ref.(14)	37,2	Igual biomasa	112			0,05	%S Resto Biomasa	82,4			
Cáscara de almendra (0% H)	18,56	Ref.(23)	37,2	Igual biomasa	73			0,05	%S Resto Biomasa	53,9			
Cáscara de almendra (10% H)	16,47	Ref.(23)	37,2	Igual biomasa	83			0,05	%S Resto Biomasa	60,7			
Cáscara de almendra (15% H)	15,42	Ref.(23)	37,2	Igual biomasa	88			0,05	%S Resto Biomasa	64,8			
Cáscara de avellana (10% H)	15,54	Ref.(11)	37,2	Igual biomasa	88			0,05	%S Resto Biomasa	64,4			
Cáscara de avellana (15% H)	14,53	Ref.(11)	37,2	Igual biomasa	94			0,05	%S Resto Biomasa	68,8			
Cáscara de cacahuete	17,80	Ref.(14)	37,2	Igual biomasa	77			0,05	%S Resto Biomasa	56,2			
Cáscara de piñón (10% H)	17,13	Ref.(11)	37,2	Igual biomasa	80			0,05	%S Resto Biomasa	58,4			
Cáscara de piñón (15% H)	16,04	Ref.(11)	37,2	Igual biomasa	85			0,05	%S Resto Biomasa	62,3			

TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES SELECCIONADAS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	FUENTE	% CARBONO	FUENTE % CARBONO	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) por Balance	F.E.CO ₂ (kgCO ₂ /GJ) f.ox. Implicito	FUENTE F.E.CO ₂	% AZUFRE	FUENTE % AZUFRE	F.E.SO ₂ (gSO ₂ /GJ) por Balance	Densidad (kg/m ³)	FUENTE Densidad	OBSERVACIONES
Cascarilla de arroz	13,80	Ref.(14)	37,2	Igual biomasa	99			0,05	%S Resto Biomasa	72,5			

4. Metodología de cálculo de las emisiones en el caso de fuentes puntuales.

Como se mencionó en el apartado 2, siempre que el número de instalaciones de combustión sin contacto existentes en el ámbito geográfico del inventario lo permita y se disponga de amplia información individual de un número de instalaciones suficiente como para que sus emisiones sean representativas de la actividad, se podría considerar a las mismas como fuentes puntuales.

Bajo esta premisa se realizaría un estudio detallado de cada una de las instalaciones inventariadas y la información necesaria para la estimación de las emisiones (tipos de equipos instalados, condiciones de la ignición, tecnologías de control de emisiones utilizadas, cantidades de combustibles consumidas, mediciones de emisiones a la atmósfera, en continuo o puntuales, realizadas a los focos, etc.) debería proceder de las propias instalaciones.

Como se nombró en el apartado 2, este tratamiento de fuente puntual daría como resultado una estimación de las emisiones a la atmósfera mucho más precisa y exacta que la que se realizaría si el tratamiento de las mismas fuese a nivel de área.

Los valores de las emisiones que se inventarién en cada una de las instalaciones pueden ser:

- Datos Medidos: Los datos proceden de mediciones realizadas utilizando métodos normalizados o aceptados.
- Datos Calculados: el cálculo de las emisiones de los contaminantes se lleva a cabo mediante el empleo de métodos de estimación aceptados internacionalmente (balances de masa y energía, por poner un ejemplo) o de factores de emisión representativos de los sectores industriales.
- Datos Estimados: Los datos proceden de estimaciones no normalizadas fundamentadas en hipótesis óptimas o en las previsiones de expertos. (Este caso no es frecuente en el capítulo que nos ocupa, ya que las instalaciones de combustión sin contacto están sendamente estudiadas y existen suficientes factores de emisión en la bibliografía como para tener que plantearse esta posibilidad. Por tanto no se desarrollará.)

A continuación se describe la casuística asociada a cada una de las posibilidades citadas.

4.1. Cálculo de las emisiones a partir de datos medidos.

En este caso, las emisiones de una instalación se determinan a partir de datos obtenidos por observación directa de los procesos que se llevan a cabo en dicha instalación, en función de mediciones reales de las concentraciones de contaminantes en el foco emisor. Los datos pueden proceder de mediciones continuas o mediciones discontinuas y de corta duración.

Por tanto, se consideran como medidos aquellos datos que han sido determinados a partir de los resultados de la toma de muestras y análisis en los focos emisores mediante métodos normalizados y realizadas en condiciones normales de operación del proceso productivo para obtener datos representativos del mismo. Si se dispone de varias mediciones puntuales realizadas en un mismo foco durante el alcance temporal del Inventario, es conveniente utilizar el valor medio de los resultados para obtener un resultado más representativo de las emisiones de la instalación. La representatividad de la muestra es especialmente importante, ya que se toma como media de emisión del parámetro en cuestión durante todo el tiempo de funcionamiento del foco.

Para una instalación concreta los datos pueden proceder de:

- Monitorización de los focos emisores.
- Medidas de autocontroles internos realizados por la propia instalación con el objeto de controlar el proceso productivo.
- Resultados de controles en los focos emisores llevados a cabo por exigencias de la legislación vigente (Inspecciones llevadas a cabo por la Administración, Informes elaborados por Entidades Colaboradoras de la Consejería de Medio Ambiente, ...).

Si se considera aceptable una determinada medida (en continuo o periódica) para calcular las emisiones a la atmósfera de un contaminante, este método de cálculo se seleccionará preferentemente al de aplicación de factores de emisión.

Generalmente, en este tipo de instalaciones se realizan mediciones periódicas de NO_x, SO₂ y CO de los focos y en menor medida de partículas, CO₂ y metales pesados. Las calderas de potencia

nominal instalada inferior a 50MW y los pequeños hornos industriales a los que este capítulo hace referencia rara vez tienen monitorizados en continuo las emisiones de sus focos.

Los resultados de las medidas realizadas son concentraciones de contaminantes que han de ser convertidas a t/año (g/año, kg/año o kt/año, según el contaminante de que se trate) antes de ser inventariadas. Para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$E[t/a] = Q[m^3/h] \cdot H[h] \cdot C[mg/m^3] \cdot 10^{-9}$$

donde Q es el caudal medio anual de los gases del foco, H son las horas de funcionamiento anuales de los equipos asociados al foco medido, (el producto Q· H representa el volumen total anual de gases emitidos por la chimenea), C es el promedio anual de la concentración del contaminante considerado (considerando las técnicas de reducción instaladas), y 10^{-9} es un factor de conversión de unidades (modificable en caso de que no sea t/año la unidad en que se inventaría el contaminante en cuestión).

Hay que señalar que cuando se realicen mediciones de partículas totales en focos de combustión sin contacto (chimeneas de hornos y/o calderas), para calcular las emisiones de PM10 se afectarán las partículas medidas por los siguientes ratios PM10/PM en función del combustible empleado:

Ratio para fuel oil = 7,4/12 EPA SCC 30600103

Ratio para el fuel gas = 1 EPA SCC 30600106

4.1.1. Cálculo de emisiones a partir de balances de materia

Es el método de cálculo preferente para la estimación de las emisiones de SO₂ y del CO₂ de los procesos de combustión sin contacto. Para aplicarlo es necesario conocer información, lo más detallada posible, de los combustibles empleados en la instalación.

Si sólo se dispone de información sobre las cantidades consumidas de los mismos y no se dispone de datos de % S, % C y/o PCI de estos, entonces para estimar las emisiones se emplearán los factores de emisión propuestos en los subapartados 3.1.2 y 3.13, estimados a partir de las especificaciones por defecto de los combustibles seleccionadas anteriormente y de las ecuaciones de los balances de materia expuestas en el apartado 3.1.

Si se conociesen datos concretos sobre las especificaciones de las partidas de combustibles consumidas a lo largo del alcance temporal del Inventario en la instalación, para calcular las emisiones se emplearán, preferentemente, las ecuaciones de los balances de masa de las combustiones, expuestas en dichos subapartados 3.1.2 y 3.1.3 y se estimaran los factores de emisión de SO₂ y CO₂ para, posteriormente, calcular las emisiones.

4.2. Cálculo de las emisiones a partir del empleo de factores de emisión.

Cuando no sea posible la utilización de medidas continuas o puntuales para la estimación de las emisiones, bien porque no se hayan realizado o porque las realizadas no cumplan los criterios de aceptación para considerarlas representativas de las condiciones de operación y emisiones del foco a lo largo de todo el año, para aquellos contaminantes distintos al CO₂ o al SO₂, la opción recomendada para el cálculo de las emisiones es la utilización de factores de emisión.

Existen diversas fuentes de reconocido prestigio, disponibles a nivel internacional, que proponen factores de emisión para la estimación de las emisiones de instalaciones de combustión sin contacto inespecífica. Para elaborar el presente documento se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica consultándose la bibliografía más relevante en esta materia. A continuación se relacionan las fuentes consideradas:

- “Chapter B111. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Point Sources” - EEA (2005) EMEP/CORINAIR. Atmospheric Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE–Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency - Ref.(15)
- “Chapter B112. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Area Sources”. - EEA (2005) EMEP/CORINAIR. Atmospheric Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE–Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency - Ref.(15)
- ““Chapter 1. External Combustion Sources. Section 1.1 Bituminous and Subbituminous Coal Combustion. Section 1.3 Fuel Oil Combustion. Section 1.4 Natural Gas Combustion. Section 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion. Section 1.6 Wood Residue Combustion

- in Boilers“. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA) - Ref.(16)
- Libro de Trabajo para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero. (Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero) - Ref.(19)
 - "Emission Estimation Technique Manual for Combustion in Boilers. Version 1.1, 25 September 2001" National Pollutant Inventory de Australia (NPI - Australia) - Ref. (27).
 - Capítulo 3 - Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 2001 y 2002. Volumen 2: Análisis por Actividades SNAP.- Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Ministerio de Medio Ambiente. - Ref. (2).
 - "Guía de Notificación de las Emisiones de las Instalaciones de Combustión". Servicio de Actuaciones Integradas. Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. - Ref.(4)
 - "Decisión 2004/156/CE, de 29 de enero de 2004, por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo".
 - "Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales". BOJA núm. 204, de 19 de Octubre de 2004. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. - Ref. (3)
 - "Inventario de emisiones a la atmósfera en Andalucía del Año 2002". Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía - Ref.(17)
 - Guía Metodológica de Elaboración de Inventarios de Emisiones a la Atmósfera. Elaborada por INERCO para la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. - Ref.(18)
 - Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance (CEPMEIP) - Ref. (28)
 - Base Fuel Combustion Module - UKs National Atmospheric Emissions Inventory (NAEI) - Ref. (29).
 - Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) (France) - Ref. (30)
 - "Guía Técnica par la Medición, Estimación y Cálculo de Emisiones al Aire para Instalaciones de Combustión." IHOBE–Sociedad Pública Gestión Ambiental. Gobierno Vasco. Departamento de Ordenación de Territorio y Medio Ambiente.

Se ha de mencionar que de todas las fuentes consultadas, las originales y más prestigiosas en la materia son las referencias 15 y 16 (CORINAIR Y EPA, respectivamente). Muchas de las otras referencias bibliográficas analizadas se han elaborado posteriormente a estas, tomándolas como referencia y fuente de la mayor parte de los factores de emisión que proponen.

Se ha de destacar asimismo, que el tratamiento de la información de las instalaciones de combustión sin contacto en la referencia 2 (Inventario Nacional) se ha realizado preferentemente como fuente de área, por lo que los factores de emisión predominantes en esta fuente proceden del capítulo B112 y no del B111 (para fuentes puntuales), de la Ref.15 (CORINAIR), por lo que no son adecuados para el apartado de fuentes puntuales que nos ocupa.

4.2.1. Análisis de las diferentes fuentes de Factores de emisión para fuentes puntuales.

A partir de la revisión bibliográfica efectuada, se han elaborado unas tablas que recogen todos los factores de emisión propuestos por las diferentes fuentes para el cálculo de las emisiones atmosféricas de los contaminantes susceptibles de ser emitidos por las instalaciones de combustión sin contacto. Se han considerado a tal fin un amplio rango de combustibles, concretamente todos aquellos que disponían de factores en la bibliografía analizada.

En cada una de dichas tablas, junto al valor de cada uno de los factores de emisión se indica la unidad, la fuente de procedencia, el índice de incertidumbre asociado en la fuente original y su equivalente en g/GJ (con objeto de poder comparar factores de emisión de distintas fuentes). Se somborean en azul los seleccionados para la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera en España.

Como se ha comentado anteriormente, los cambios de unidades a g/GJ de los factores de emisión se han realizado empleando los poderes caloríficos inferiores y las densidades seleccionadas en el apartado 3.2 para cada uno de los combustibles analizados.

En el caso que nos ocupa en este apartado, fuentes puntuales, se ha de mencionar que todos los factores de emisión de la Ref.(15): "EEA (2005) EMEP/CORINAIR. Atmospheric Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE–Convention on Long-range Transboundary

Air Pollution & European Environmental Agency” se han extraído del capítulo de fuentes puntuales: “Chapter B111. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Point Sources”, a menos que se indique específicamente en la celdas “Fuente” de las Tablas 8-17, que se exponen a continuación, que proceden del capítulo de fuentes de área: “Chapter B112. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Area Sources”.

En el caso de factores de emisión procedentes de la Ref.(16), (EPA), se ha de destacar que sólo se han considerado los de las calderas de cenicero seco (DBB), ya que son las más ampliamente extendidas en la industria española.

Los factores de emisión de PST y PM₁₀ extraídos de la Ref.(16), (EPA), corresponden a PM y PM₁₀ filtrables.

Los factores de emisión de metales pesados considerados son los mismos que se emplean en el caso de instalaciones de combustión sin contacto de potencia térmica nominal instalada de 50-300 MW_t y superiores a 300MW_t.

Las medidas primarias de reducción de NO_x a las que se hace referencia en las siguientes tablas son:

- LNB: Quemadores de bajo NO_x.
- SAS: Alimentación de aire por etapas.
- OFA: Graduación del aire a través del aire de sobrecalentamiento.
- FGR: Recirculación de los gases de combustión.

A continuación se presentan las tablas mencionadas.

**TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES
PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE**

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
SO ₂	264,4	g/GJ		Ref.(15) por balance	264,4	7767,0	g/GJ		Ref.(15) por balance	7767,0	2686,2	g/GJ		Ref.(15) por balance	2686,2	461,4	g/GJ		Ref.(15) por balance	461,4	722,7	g/GJ		Ref.(15) por balance	722,7
SO ₂	39S	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(17)	259	30S	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(17)	5825	30S	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(17)	1232	38S	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	438,3	992	g/GJ	C	(B.112, T. 5-10), Ref.(2)	992
SO ₂	0,34	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	340	6.214	g/GJ	C	(B.112, T. 5-10), Ref.(2)	6.214	6.214	g/GJ	C	(B.112, T. 5-10), Ref.(2)	6.214	991	g/GJ	C	(B.112, T. 5-10), Ref.(2)	991					
SO ₂	7,6	kg/t		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	251	2,64	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	2640	2,64	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	2640	0,954	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	954					
SO ₂						16,5	kg/t		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	1232	16,5	kg/t		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	2015	10,5	kg/t		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	346					
NO _x	205	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	205	205	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	205	205	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	205	205	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	205					
NO _x	18	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(17)	297	13	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(17)	485	13	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(17)	794	12	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	198					
NO _x	9	kg/t		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	297	155	g/GJ	C	(B.112, T. 5-10), Ref.(2)	155	155	g/GJ	C	(B.112, T. 5-10), Ref.(2)	155	155	g/GJ	C	(B.112, T. 5-10), Ref.(2)	155	155	g/GJ	C	(B.112, T. 5-10), Ref.(2)	155

TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
NO _x						3,15	kg/t		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	235	3,15	kg/t		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	385	6	kg/t		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	198					
NO _x (Sin control)	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Igual hulla	203
NO _x (LNB)	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Igual hulla	203
COVNM	600	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	600	600	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	600	600	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	600	600	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	600	600	g/GJ	nd	Igual hulla	600
COVNM	0,3	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	4,96	0,04	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(17)	1,49	0,04	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(17)	2,44	0,06	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(17)	0,99				Igual hulla	
COVNM							g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	27	27	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	27	27	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	27	27	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	27
CH ₄	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4
CH ₄	ND			Ref.(16), Ref.(17)		3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	3	3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	3	0,04	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(17)	0,66	3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	3
CH ₄																3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	3					

**TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES
PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE**

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
CO	11,35	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	11,35	14,5	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	14,5	14,5	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	14,5	11,35	g/GJ	nd	Ref.(15),, Ref.(4), Ref.(17)	11,35	73	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	73
CO	0,6	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(17)	9,91	0,25	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	9,3	0,25	lb/ton	C	Ref.(16),, Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	15,3	0,5	lb/ton	A	Ref.(16),, Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	8,24	11,35	g/GJ	nd	Igual hulla	11,35
CO	0,25	kg/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	8,3	73	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	73	73	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	73	73	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	73					
CO						11,35	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	11,35	11,35	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	11,35										
CO ₂	96,3	kg/GJ		Ref.(15) por balance	96300	112	kg/GJ		Ref.(15) por balance), Ref.(19), Ref.(4)	112000	112	kg/GJ		Ref.(15) por balance), Ref.(19), Ref.(4)	112000	100	kg/GJ		Ref.(15) por balance), Ref.(19), Ref.(4)	100000	94	kg/GJ		Ref.(15) por balance), Ref.(2)	94000
CO ₂	92,8	kg/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	92800	100,2	kg/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	100200	100,2	kg/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	100200	94,7	kg/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	94700					
CO ₂	5680	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	93853	4600	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	171770	4600	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	280830	4810	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	79268					

**TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES
PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE**

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
CO ₂	108	kg/GJ		Ref.(19), Ref.(4)	108000	119	kg/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	119000	119	kg/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	119000	112	kg/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	112000					
CO ₂	93,7	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4) (no selec)	93700																				
N ₂ O	0,8	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,8	0,8	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,8	0,8	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,8	0,8	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,8	14	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14
N ₂ O	0,045	lb/ton	D	Ref.(16), Ref.(17)	0,74	ND	lb/ton		Ref.(16), Ref.(17)		ND	lb/ton		Ref.(16), Ref.(17)		0,045	lb/ton	D	Ref.(16), Ref.(17)	0,742					
N ₂ O						14	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14	14	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14	14	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14					
N ₂ O																0,015	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	0,494	0,015	kg/t	B	Igual hulla	0,493
Cloro y compuestos de cloro	0,61	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	20,16	1,2	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(17)	44,8	1,2	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(17)	73,3	1,2	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(17)	19,8					
Cloro y compuestos de cloro						0,61	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	45,6	0,61	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	74,5	0,61	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	20,11	0,61	kg/t	B	Igual hulla	20,04
Fluor y compuestos de fluor	0,075	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	2,48	0,15	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	5,60	0,15	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	9,2	0,15	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	2,47	0,15	lb/ton	B	Igual hulla	2,46

**TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES
PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE**

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Benceno	0,0013	lb/ton	A	Igual lignito	0,0215	0,0013	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0485	0,0013	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0794	0,0013	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0214	0,0013	lb/ton	A	Igual hulla	0,0214
PCDD_PCDF																1,76E-09	lb/ton	D	Ref.(16), Ref.(17)	2,9E-08					
PCDD_PCDF	47,46	ng/GJ	D	Igual hulla	4,75E-08	88,11	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	8,81E-08	88,11	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	8,81E-08	47,46	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	4,75E-08	32,85	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	3,29E-08
PCDD_PCDF	3,1E-11	kg/t carbón seco		Ref.(29), Ref.(4)	1,02E-09	3,1E-11	kg/t carbón seco		Ref.(29), Ref.(4)	2,32E-09	3,1E-11	kg/t carbón seco		Ref.(29), Ref.(4)	3,79E-09	3,1E-11	kg/t carbón seco		Ref.(29), Ref.(4)	1,02E-09					
HAP TOTAL	1,12E-03	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	1,85E-02	2,08E-05	lb/ton	D	Ref.(16), Ref.(17)	7,8E-04	2,08E-05	lb/ton	D	Ref.(16), Ref.(17)	1,3E-03	2,07E-05	lb/ton	D	Ref.(16), Ref.(17)	3,4E-04					
HAP BORNEFF	0,00047	g/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	1,55E-05	0,00047	g/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	3,51E-05	0,00047	g/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	5,74E-05	0,00047	g/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	1,55E-05					
HAP 4PTRC	1441,5	mg/t	E	Ref.(15) B PAH	4,76E-02	1441,5	mg/t	E	Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	1,08E-01	1441,5	mg/t	E	Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	1,76E-01	1441,5	mg/t	E	Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	4,75E-02	1441,5	mg/t	E	Igual hulla	4,74E-02
HAP 4PTRC						127	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 41), Ref.(2)	0,0127	127	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 41), Ref.(2)	0,0127	68,41	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 41), Ref.(2)	0,0684	47,36	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 41), Ref.(2)	4,74E-02

**TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES
PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE**

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
As	1,90E-04	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0031	1390	lb/1012Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,5977	1390	lb/1012Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,5977	4,10E-04	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0068					
As						3,2	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 31), Ref.(2)	0,0032	3,2	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 31), Ref.(2)	0,0032	3,2	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 31), Ref.(2)	0,0032					
As (Sin control)	0,294	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,294	0,625	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,6250	0,625	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,6250	0,294	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,294	0,294	g/GJ	E	Igual hulla	0,294
As (con control)	0,165	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0055	0,035	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0026	0,035	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0043	0,165	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0054	0,165	g/t		Igual hulla	0,0054
As (Con control y desulfuración)	0,055	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0018	0,009	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0007	0,009	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0011	0,055	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0018	0,055	g/t		Igual hulla	0,0018
As (con control)	0,205	g/t	A	Ref.(4) (no selec)	0,0068	0,205	g/t	A	Ref.(4) (no selec)	0,0153	0,205	g/t	A	Ref.(4) (no selec)	0,0250	0,205	g/t	A	Ref.(4) (no selec)	0,0068					
Cd																0,01	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0003					
Cd	0,01	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0003											5,10E-04	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0084					

**TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES
PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE**

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Cd	7,10E-05	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0012	0,1	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 32), Ref.(2)	0,0001	0,1	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 32), Ref.(2)	1,00E-04	0,1	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 32), Ref.(2)	0,0001	0,1	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 32), Ref.(2)	0,0001
	0,019	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,019	49	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,021	49	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,021	0,019	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,019	0,019	g/GJ	E	Igual hulla	0,019
Cd (con control)	0,0065	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0002	0,003	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0002	0,003	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0004	0,0065	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0002	0,0065	g/t	Igual hulla	0,0002	
Cd (Con control y desulfuración)	0,002	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0001	0,0009	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0001	0,0009	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0001	0,002	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0001	0,002	g/t	Igual hulla	0,0001	
Cd (con control)	0,205	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0068	0,205	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0153	0,205	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0250	0,205	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0068					
Cr																2,60E-04	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0043					
Cr	2,80E-02	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,4627	2,3	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 33), Ref.(2)	0,0023	2,3	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 33), Ref.(2)	0,0023	2,3	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 33), Ref.(2)	0,0023	2,3	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 33), Ref.(2)	0,0023
Cr (Sin control)	0,606	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,606	1690	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,727	1690	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,727	0,606	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,606	0,606	g/GJ	E	Igual hulla	0,606

**TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES
PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE**

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Cr (con control)	0,12	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0040	0,036	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0027	0,037	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0045	0,12	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0040	0,12	g/t		Igual hulla	0,0039
Cr (Con control y desulfuración)	0,04	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0013	0,015	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0011	0,015	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0018	0,04	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0013	0,04	g/t		Igual hulla	0,0013
Cr (con control)	0,13	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0043	0,13	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0097	0,13	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0159	0,13	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0043					
Cu (sin control)	0,004	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0001	0,010	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0008	0,010	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0012	0,004	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0001	0,004	g/t	nd	Igual hulla	0,0001
Cu						3,1	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 34), Ref.(2)	0,0031	3,1	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 34), Ref.(2)	0,0031	3,1	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 34), Ref.(2)	0,0031	3,1	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 34), Ref.(2)	3,10E- 03
Hg (sin control)	0,125	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0041	0,125	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0093	0,125	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0153	0,125	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0041	0,125	g/t	nd	Igual hulla	0,0041
Hg	1,30E-04	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0021	21	lb/1012B tu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,009	21	lb/10 ¹² Btu E	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,009	8,30E- 05	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0014					
Hg						1,7	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 35), Ref.(2)	0,0017	1,7	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 35), Ref.(2)	0,0017	1,7	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 35), Ref.(2)	0,0017	1,7	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 35, Ref.(2)	0,0017

TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Ni	2,60E-02	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,4296																				
Ni						4,4	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 36), Ref.(2)	0,0044	4,4	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 36), Ref.(2)	0,0044	4,4	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 36), Ref.(2)	0,0044	4,4	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 36), Ref.(2)	4,40E-03
Ni (Sin control)	0,498	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,4980	1044	lb/1012Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,449	1044	lb/1012Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,449	0,498	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,498	0,498	g/GJ	E	Igual hulla	0,498
Ni (con control)	0,215	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0071	0,03	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0022	0,03	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0037	0,215	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0071	0,215	g/t		Igual hulla	0,0071
Ni (Con control y desulfuración)	0,255	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0084	0,01	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0007	0,01	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0012	0,255	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0084	0,255	g/t		Igual hulla	0,0084
Ni (con control)	0,14	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0046	0,14	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0105	0,14	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0171	2,80E-04	lb/ton	A	Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	0,0046					
Pb	8,90E-03	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,1471																				

**TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES
PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE**

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Pb						6	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 37), Ref.(2)	0,0060	6	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 37), Ref.(2)	0,0060	6	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 37), Ref.(2)	0,0060	6	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 37), Ref.(2)	6,00E- 03
Pb (Sin control)	0,218	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,218											0,218	g/GJ	E	Igual hulla	0,218	g/GJ	E		Igual hulla	0,218
Pb (con control)	0,56	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0185	0,031	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0023	0,031	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0038	0,56	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0185	0,56	g/t		Igual hulla	0,0184
Pb (Con control y desulfuración)	0,253	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0084	0,01	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0007	0,01	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0012	0,253	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0083	0,253	g/t		Igual hulla	0,0083
Pb (con control)	0,21	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0069	0,21	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0157	0,21	g/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,0256	4,20E- 04	lb/ton	A	Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	0,0069					
Se (sin control)	1,30E-03	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0215	1,30E-03	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0485	1,30E-03	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0794	1,30E- 03	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0214	1,30E-03	lb/ton	A	Igual hulla	0,0214
Se (con control)	0,02	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0007	0,02	g/t	nd	Igual antracita	0,0015	0,02	g/t	nd	Igual antracita	0,0024	0,02	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0007	0,02	g/t	nd	Igual hulla	0,0007
Se						0,5	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 38), Ref.(2)	0,0005	0,5	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 38), Ref.(2)	0,0005	0,5	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 38), Ref.(2)	0,0005	0,5	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 38), Ref.(2)	0,0005

**TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES
PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE**

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Zn (sin control)	0,66	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0218	0,105	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0078	0,105	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0128	0,66	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0218	0,66	g/t	nd	Igual hulla	0,0217
Zn				Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 39), Ref.(2)		10,5	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 39), Ref.(2)	0,0105	10,5	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 39), Ref.(2)	0,0105	10,5	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 39), Ref.(2)	0,0105	10,5	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 02 39), Ref.(2)	1,05E- 02
PM	0,8A	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(17)	13,3 * A	5,1A	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	190,4* A	5,1A	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	190,4* A	10A	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	164,8* A					
PM (Sin control)	3,7	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	122,3	3,7	kg/t	D	Igual Antracita	276,3	3,7	kg/t	D	Igual Antracita	451,8	3,7	kg/t	C	Ref.(16), Ref.(4)	122	3,7	kg/t	C	Igual hulla	122
PM (Ciclones múltiples)	0,74	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	24,455	0,74	kg/t	D	Igual Antracita	55,265	0,74	kg/t	D	Igual Antracita	90,354	0,74	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	24	0,74	kg/t	E	Igual hulla	24
PM (Scrubber)	ND			Ref.(16), Ref.(4)		ND			Igual Antracita		ND			Igual Antracita		0,222	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	7,317	0,222	kg/t	D	Igual hulla	7,293
PM (Precipitador Electrostático)	ND			Ref.(16), Ref.(4)		ND			Igual Antracita		ND			Igual Antracita		0,0296	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	0,976	0,0296	kg/t	D	Igual hulla	0,972
PM (Filtros de Mangas)	0,0074	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	0,245	0,0074	kg/t	D	Igual Antracita	0,553	0,0074	kg/t	D	Igual Antracita	0,904	0,0074	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,244	0,0074	kg/t	E	Igual hulla	0,243
PM10	ND			Ref.(16), Ref.(4)		2,3A	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	85,9* A	2,3A	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	85,9* A	2,3A	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	37,9* A					
PM10 (Sin control)	1,11	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	36,68	1,11	kg/t	D	Igual Antracita	82,90	1,11	kg/t	D	Igual Antracita	135,53	1,323	kg/t	C	Ref.(16), Ref.(4)	43,59	1,323	kg/t	C	Igual hulla	43,45
PM10 (Ciclones múltiples)	0,407	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	13,45	0,407	kg/t	D	Igual Antracita	30,40	0,407	kg/t	D	Igual Antracita	49,69	0,334	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	10,99	0,334	kg/t	E	Igual hulla	10,96

TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PM10 (Scrubber)	ND			Ref.(16), Ref.(4)		ND			Igual Antracita		ND			Igual Antracita		0,242	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	7,960	0,242	kg/t	D	Igual hulla	7,934
PM10 (Precipitador Electrostático)	ND			Ref.(16), Ref.(4)		ND			Igual Antracita		ND			Igual Antracita		0,031	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	1,023	0,031	kg/t	D	Igual hulla	1,020
PM10 (Filtros de Mangas)	0,00481	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	0,159	0,00481	kg/t	D	Igual Antracita	0,359	0,00481	kg/t	D	Igual Antracita	0,587	0,012	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,379	0,012	kg/t	E	Igual hulla	0,378
SECTOR: Química y Petroq.																									
PST						100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100					
PM10						60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60	60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60	60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60					
PM2,5						35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35					
SECTOR: Metales no féreos																									
PST																100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100					
PM10																60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60					
PM2,5																35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35					
SECTOR Autoprod. Eléctrica																									
PST																	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)						

TABLA 8. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquiz.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	
PM10																	25	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	25					
PM2,5																	12	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	12					
SECTOR: Papel, pasta.																										
PST						100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	100				Ref.(28), Ref.(2)	100					
PM10						60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60	60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60	60				Ref.(28), Ref.(2)	60					
PM2,5						35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35				Ref.(28), Ref.(2)	35					
SECTOR: Resto de industrias																										
PST						400	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	400	400	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	400	400				Ref.(28), Ref.(2)	400	400	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	400
PM10						100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	100				Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100
PM2,5						35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35				Ref.(28), Ref.(2)	35	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35
SECTOR: Minerales no metálic.																										
PST																100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100						
PM10																60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60						
PM2,5																35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35						

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
SO ₂	363,0	g/GJ		Ref.(15) por balance	363	2707,7	g/GJ		Ref.(15) por balance	2707,7	497,8	g/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(27), Ref.(17)	497,8	94,3	g/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2)	94,3	0,372	g/GJ		Ref.(15) por balance	0,372
SO ₂	14	kg/t		Ref.(18), Ref.(17)	462	2,911	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	2,911	493	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	493	93 / 23,19	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	93 / 23,19	0,249	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	0,249
SO ₂	351	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	351	3,05	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	3050	157S	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(17)	493,6	142S	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(17)	89,3	0,6	lb/10 ⁶ scf	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,248
SO ₂											1323	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	1323	0,092	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	92	0	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	0
SO ₂											0,49	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	490	3,76	kg/m ³		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	98,53	0,0041	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	4,1
NO _x	4470	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	148						160	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	160	90	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	90	208,8	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	208,8

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
NO _x											55	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(17), Ref.(4) (no selec), Ref.(27)	170,4	20	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(17)	62,9	100	lb/10 ⁶ scf	A	Ref.(16), Ref.(17)	41,31
NO _x	155	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(15), Ref.(2)	155	300	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(15), Ref.(4)	300	165	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	165	70	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	70	62	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	62
NO _x						7	kg/t	U	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	215				Ref.(16), Ref.(4) (no selec)		2,4	kg/m ³	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	62,89	44	g/GJ		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	44
NO _x (Sin control)											159	g/GJ		Ref.(3), Ref.(4)	159	89	g/GJ		Ref.(3), Ref.(4)	89	100	g/GJ		Ref.(3), Ref.(4)	100
NO _x (LNB)											4,8	kg/m ³	B	Ref.(16), Ref.(4)	123,92						22	g/GJ	B	Ref.(16), Ref.(4)	22
NO _x (TB)											3,84	kg/m ³	A	Ref.(16), Ref.(4)	99,14										
NO _x (LNB y TB)											3,12	kg/m ³	E	Ref.(16), Ref.(4)	80,55										

**TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO
FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL
OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL**

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
COVNM	45	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	1,49	2,7	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	3	24,55	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	24,55	15	g/GJ		Ref.(15), Ref.(2), Ref.(17)	15	3	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	3
COVNM	12	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	12						0,28	lb/103 gal	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,87	0,34	lb/103 gal	A	Ref.(16), Ref.(17)	1,07	5,5	lb/106scf	C	Ref.(16), Ref.(17)	2,27
COVNM											10	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	10						5	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	5
CH ₄	45	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	1,49	0,3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	0,3	2,9	g/GJ	nd	Ref.(2), Ref.(4), Ref.(15), Ref.(17)	2,9	4,05	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	4,05	1,4	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2), Ref.(4), Ref.(17)	1,4
CH ₄	1,3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	1,3	1,5	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	1,5	0,475	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(17)	1,5	0,216	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,68	2,3	lb/10 ⁶ scf	B	Ref.(16), Ref.(17)	0,95
CH ₄																1,7	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	1,7					

**TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO
FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL
OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL**

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
CH ₄																0,6	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	0,6					Ref.(15), Ref.(4)
CO	3270	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	107,9	15	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(4)	15	15	g/GJ	nd	Ref.(4), Ref.(15), Ref.(17)	15	12	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	12	15	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	15
CO	73	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	73	0,3	kg/t	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	9	5	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(17), Ref.(4) (no selec)	15,5	5	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	15,7	84	lb/10 ⁶ scf	A	Ref.(16), Ref.(17)	34,7
CO											10	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	10	10	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	10	10	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	10
CO																					17	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	17
CO																					37	g/GJ	B	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	37

**TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO
FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL
OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL**

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
CO ₂	105	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2) Ref.(2)	105000	98,3	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	98300	76	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	76000	73	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	73000	56	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	56000
CO ₂	2980	kg/t		Ref.(18), Ref.(17)	98350	100,8	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4) (no selec)	100800	78,32	kg/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	78320	73,9	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	73900	58,15	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	58150
CO ₂										24400		lb/10 ³ gal	B	Ref.(16), Ref.(17)	75593	22300	lb/10 ³ gal	B	Ref.(16), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	70126	120000	lb/10 ⁶ scf	A	Ref.(16), Ref.(17)	49577
CO ₂										76,6		kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4) (no selec)	76600	74	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4) (no selec)	74000	55,5	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4) (no selec)	55500
CO ₂										2964		kg/m ³	B	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	76523						58,8	kg/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	58800
N ₂ O	417	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	13,76	10	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5- 10)Ref.(2)	10	46,5	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	46,5	15,7	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	15,7	2,4	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	2,4

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
N ₂ O	14	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14						0,11	lb/10 ³ gal	B	Ref.(16), Ref.(17)	0,341	0,11	lb/10 ³ gal	B	Ref.(16), Ref.(17)	0,35	2,2	lb/10 ⁶ scf	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,9
N ₂ O											14	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14	14	g/GJ	(B.112, T. 5-10)Ref.(2)	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14	1	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	1
N ₂ O											0,06	kg/m ³	E	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	1,55	0,03	kg/m ³	E	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	0,79	3	g/GJ	(B.112, T. 5-10)Ref.(2)	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	3
Cloro ycompuestos de cloro											3,47E-01	lb/10 ³ gal	D	Ref.(16), Ref.(17), Ref.(27)	1,08										
Cloro ycompuestos de cloro											41,6	g/m ³	C	Ref.(16), Ref.(4)	1,07										
Fluor y compuestos de fluor											3,73E-02	lb/10 ³ gal	D	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17), Ref.(27)	0,116										
Benceno											2,14E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(17)	0,00066						2,10E-03	lb/10 ⁶ scf	B	Ref.(16), Ref.(17)	8,7E-04

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PCDD_PCDF	5,59	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	5,59E-09	3,36	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	3,36E-09	2,49	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	2,49E-09	0,47	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	4,70E-10					
PCDD_PCDF											5,20E-11	kg/t		Ref.(29), Ref.(4)	1,29E-09						0			Ref.(29), Ref.(4)	
HAP TOTAL											1,42E-03	lb/10 ³ gal	E	Ref.(16), Ref.(17)	4,4E-03						1,06E-05	lb/10 ⁶ scf	E	Ref.(16), Ref.(17)	4,4E-06
HAP TOTAL											1,40E-04	kg/m ³	nd	Ref.(27), Ref.(17)	3,6E-03						1,10E-02	kg/10 ⁶ m ³	nd	Ref.(27), Ref.(17)	2,84E-04
HAP BORNEFF											0,00128	g/m ³	C	Ref.(16), Ref.(4)	3,3E-05						0,0000047	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	4,7E-06
As																					2,00E-04	lb/10 ⁶ scf	E	Ref.(16), Ref.(17)	8,3E-05
As											12,44	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 31), Ref.(2)	0,0124										
As (Sin control)											0,5	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0124	4	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0017					

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
As (con control)											1,32E-03	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0041										
Cd											12,44	mg/GJ D	(B. C112, T. 12 y C111, T 32), Ref.(2)	Ref.(15)	0,0124						1,10E-03	lb/10 ⁶ scf D	Ref.(16), Ref.(17)	4,54E-04	
Cd (Sin control)											1	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0249	3	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0013					
Cd (con control)											3,98E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(27), Ref.(17)	0,0012										
Cr											7,00E-05	kg/m ³ nd		Ref.(27), Ref.(17)	0,0018						1,40E-03	lb/10 ⁶ scf D	Ref.(16), Ref.(17)	0,0006	
Cr											24,89	mg/GJ D	(B. C112, T. 12 y C111, T 33), Ref.(2)	Ref.(15)	0,0249										

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Cr (Sin control)											2,5	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0622	3	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0013					
Cr (con control)											8,45E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0026										
Cu (sin control)											1	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0249	6	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0026	8,50E-04	lb/10 ⁶ scf	C	Ref.(16), Ref.(17)	3,5E-04
Cu (con control)											1,76E-03	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(17)	0,0055										
Cu											12,44	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 34), Ref.(2)	0,0124										
Hg (sin control)											1	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0249	3	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0013	2,60E-04	lb/10 ⁶ scf	D	Ref.(16), Ref.(17)	0,0001
Hg (con control)											1,13E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(17)	0,0004										
Hg																					4,37	g/t		Ref.(15), Ref.(17)	0,0903

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Hg						4,23	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 35, Ref.(2)	4,23E-03						0,1	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 35, Ref.(2)	1,00E-04
Ni						1,00E-02	kg/m ³	nd	Ref.(27), Ref.(17)	0,2582						2,10E-03	lb/10 ⁶ scf	C	Ref.(16), Ref.(17)	8,7E-04
Ni						622,2	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 36), Ref.(2)	0,6222										
Ni (Sin control)						35	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,8711	3	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0013					
Ni (con control)						8,45E-02	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,2618										
Pb																5,00E-04	lb/10 ⁶ scf	D	Ref.(16), Ref.(17)	2,1E-04

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Pb											24,89	mg/GJ	D	(B. C112, T. 12 y C111, T 37), Ref.(2)	0,0249										
Pb (Sin control)											1,3	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0324	9	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0039					
Pb (con control)											1,51E-03	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(4), Ref.(17)	0,0047										
Se (sin control)											6,83E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(17)	0,0021	15	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0065	2,40E-05	lb/10 ⁶ scf	E	Ref.(16), Ref.(17)	9,9E-06
Se											12,44	mg/GJ	D	(B. C112, T. 12 y C111, T 38), Ref.(2)	0,0124										
Zn (sin control)											1	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0249	4	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0017	2,90E-02	lb/10 ⁶ scf	E	Ref.(16), Ref.(17)	1,2E-02
Zn (con control)											2,91E-02	lb/10 ³ gal	D	Ref.(16), Ref.(17)	0,0902										

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Zn											2,49	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 39), Ref.(2)	0,0025										
PM																					7,6	lb/10 ⁶ scf	D	Ref.(16), Ref.(17)	3,140
PM	33000	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	1089,1																				
PM (Sin control)	3,7	kg/t	D	Igual carbones	122,1						10	lb/103 gal	B	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	30,98	2	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	6,29	1,9	lb/10 ⁶ scf	B	Ref.(16), Ref.(4)	0,78
PM (Ciclones múltiples)											0,24	kg/m3	E	Ref.(16), Ref.(4)	6,20										
PM (Scrubber)											0,072	kg/m3	D	Ref.(16), Ref.(4)	1,859										
PM (Precipitador Electrostatico)											0,006	kg/m3	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,155										
PM10											5,17A	lb/103 gal	C	Ref.(16), Ref.(17)	16,3*A	1,08	lb/10 ³ gal	E	Ref.(16), Ref.(17)	3,40					
PM10											0,86A	kg/m3	nd	Ref.(27), Ref.(17)	22,5A						1,20E+02	kg/10 ⁶ m ³	nd	Ref.(27), Ref.(17)	3,1
PM10 (Sin control)	1,323	kg/t	C	Igual carbones	43,65						1,03	kg/m3	D	Ref.(16), Ref.(4)	26,59	0,12	kg/m3	E	Ref.(16), Ref.(4)	3,14	1,9	lb/106scf	B	Ref.(16), Ref.(4)	0,78

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PM10 (Ciclones múltiples)											0,23	kg/m3	E	Ref.(16), Ref.(4)	5,94										
PM10 (Scrubber)											0,072	kg/m3	D	Ref.(16), Ref.(4)	1,886										
PM10 (Precipitador Electrostático)											0,006	kg/m3	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,157										
SECTOR: Hierro y acero																									
PST											50	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	50										
PM10											40	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	40										
PM2,5											35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35										
SECTOR: Química y Petroq.																									
PST	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	50	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	50	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2
PM10	60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60	60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60	40	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	40	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2
PM2,5	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2
SECTOR: Metales no férricos																									
PST	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100						50	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	50	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2

TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	
PM10	60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60	40	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	40	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2
	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2
SECTOR: Autoproduc. eléctrica																					
PST						20	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	20	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2
PM10						15	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	15	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2
PM2,5						9	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	9	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2
SECTOR: Pasta y papel.																					
PST						50	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	50	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2
PM10						40	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	40	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2
PM2,5						35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2
SECTOR: Resto de Industrias																					
PST	400	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	400	400	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	400	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2
PM10	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2

**TABLA 9. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO
FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL
OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL**

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PM2,5	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35	40	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	40	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2
SECTOR: Minerales no metálic..																									
PST						100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100		g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)		5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2
PM10						60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60		g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)		5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2
PM2,5						35	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	35		g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)		5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2

TABLA 10. F.E.. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: G.L.P., BUTANO, PROPANO, FUEL GAS Y GAS DE COQUERÍA

CONTAMINANTE	G.L.P.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	BUTANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	PROPANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel Gas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas de coquería	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
SO ₂	< 2,20	g/GJ		Ref.(15) por balance	< 2,20	< 2,23	g/GJ		Ref.(15) por balance	< 2,23	< 2,16	g/GJ		Ref.(15) por balance	< 2,16	296,0	g/GJ		Ref.(15) por balance Ref.(2)	296	145,1	g/GJ		Ref.(15) por balance	145,1
SO ₂	0	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	0	13	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	0,290	13	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	0,281						215	g/GJ	C	(B.112, T. 5-10), Ref.(2)	215
NO _x						4558	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	101,8	4542	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	98,3										
NO _x	62	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	62											140	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(17)	140	90	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	90
NO _x (Sin control)	184 Central Term/ 94 Calderas Ind				184 Central Term/ 94 Calderas Ind																				
COVNM	2,1	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	2,1	65	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	1,45	64	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	1,39	6,05	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	6,05	2,5	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	2,5

TABLA 10. F.E.. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: G.L.P., BUTANO, PROPANO, FUEL GAS Y GAS DE COQUERÍA

CONTAMINANTE	G.L.P.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	BUTANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	PROPANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel Gas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas de coquería	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
COVNM																2,5	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	2,5					
CH ₄	0,9	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	0,9	60	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	1,34	60	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	1,30	1,3	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	1,3	2,5	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	2,5
CH ₄	1	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	1											2,5	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	2,5					
CO	10	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	10	761	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	16,99	755	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	16,34	8,5	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	8,5	15	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	15
CO	11,5	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	11,5	11,5	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	11,5	11,5	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	11,5	10	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	10					
CO						0,74	g/kg	E	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	16,53	0,757	g/kg	E	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	16,39										

TABLA 10. F.E.. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: G.L.P., BUTANO, PROPANO, FUEL GAS Y GAS DE COQUERÍA

CONTAMINANTE	G.L.P.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	BUTANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	PROPANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel Gas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas de coquería	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
CO ₂	65	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	65000	66,2	kg/GJ		Ref.(15) por balance	66200	63,6	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(19), Ref.(4)	63600	54,1	kg/GJ		Ref.(15) por balance	54100	45	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2)	45000
CO ₂						2577	kg/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	57548	2577	kg/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	55779	60	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	60000					
CO ₂						61	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4) (no selec)	61000	61	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4) (no selec)	61000	55	kg/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	55000					
N ₂ O	3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(4)	3	140	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	3,13	140	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	3	2,4	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	2,4	3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	3
N ₂ O																1,5	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	1,5					
PM						135	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	3,015	134	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	2,900										

TABLA 10. F.E.. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: G.L.P., BUTANO, PROPANO, FUEL GAS Y GAS DE COQUERÍA

CONTAMINANTE	G.L.P.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	BUTANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	PROPANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel Gas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas de coquería	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PM (Sin control)	0,124	kg/t	E	Igual Propano y Butano	2,73	0,124	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	2,77	0,146	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	3,16	3	lb/10 ⁶ scf B		Ref.(16), Ref.(17)	1,10					
PM10 (Sin control)	0,146	kg/t	E	Igual Propano y Butano	3,21	0,146	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	3,26	0,124	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	2,68	3	lb/10 ⁶ scf B		Ref.(16), Ref.(17)	1,10					
SECTOR: Hierro y acero																									
PST																					5	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	5
PM10																					5	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	5
PM2,5																					5	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	5
SECTOR: Química y petroquím.																									
PST	0,2	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	0,2																5	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	5
PM10	0,2	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	0,2																5	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	5
PM2,5	0,2	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	0,2																5	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	5
SECTOR: Metales no férricos																									
PST	0,2	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
PM10	0,2	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				

TABLA 10. F.E.. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: G.L.P., BUTANO, PROPANO, FUEL GAS Y GAS DE COQUERÍA

CONTAMINANTE	G.L.P.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	BUTANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	PROPANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel Gas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas de coquería	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PM2,5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
SECTOR: Autoprod. De elect.																									
PST													D	Ref.(28), Ref.(2)	5	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5
PM10													D	Ref.(28), Ref.(2)	5	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5
PM2,5													D	Ref.(28), Ref.(2)	5	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5
SECTOR: Papel y pasta																									
PST	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
PM10	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
PM2,5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
SECTOR: Resto de industrias																									
PST	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
PM10	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
PM2,5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
SECTOR: Minerales no metálic.																									

**TABLA 10. F.E.. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO
FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: G.L.P., BUTANO, PROPANO, FUEL GAS
Y GAS DE COQUERÍA**

CONTAMINANTE	G.L.P.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	BUTANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	PROPANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel Gas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas de coquería	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PST	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
PM10	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				
PM2,5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2																				

TABLA 11. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: GAS DE HORNO ALTO, BIOGÁS, GAS MANUFACTURADO Y LICOR NEGRO

CONTAMINANTE	Gas de horno alto	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Biogás	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas manufacturado	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Licor negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
SO ₂	0,0	g/GJ		Ref.(15), Ref.(2)	0,0	797,4	g/GJ		Ref.(15) por balance	797,4	10,1	g/GJ		Ref.(15) por balance , Ref.(2)	10,1	190,0	g/GJ		Ref.(15) (por balance), ref.(2)	190
SO ₂						0	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	0	0	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	0	2183	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	149,01
NO _x																1242	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	84,8
NO _x	55	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	55	60	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	60	62	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	62	160	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	160
COVNM	0	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	0	2,5	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	2,5	5	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	5	44	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	3
COVNM																65	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	65
CH ₄	0	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	0	2,5	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	2,5	1,4	g/GJ	C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	Ref.(15) C (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2)	1,4	15	g/t		Ref.(15) (B.112, T. 5- 10) , Ref.(2), Ref.(18), Ref.(17)	1

TABLA 11. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: GAS DE HORNO ALTO, BIOGÁS, GAS

MANUFACTURADO Y LICOR NEGRO

CONTAMINANTE	Gas de horno alto	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Biogás	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas manufacturado	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Licor negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
CO	15	g/GJ	C (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	Ref.(15)	15	13	g/GJ	C (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	Ref.(15)	13	10	g/GJ	C (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	Ref.(15)	10	5294	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	361,4
CO														Ref.(15)		15	g/GJ	C (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)		15
CO ₂	105	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2)	105000	0	kg/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	0	52	kg/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	52000	105	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(17)	105000
CO ₂																2694	kg/t		Ref.(18), Ref.(17)	2694000
CO ₂																0	kg/GJ	C (B.112, T. 5-10)Ref.(2)		0
N ₂ O	3	g/GJ	C (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	Ref.(15)	3	1,8	g/GJ	C (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	Ref.(15)	1,8	3	g/GJ	C (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	Ref.(15)	3	12,2	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	0,83
N ₂ O																4	g/GJ	C (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	Ref.(15)	4
PM																6221	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	424,64
SECTOR: Hierro y acero																				

TABLA 11. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: GAS DE HORNO ALTO, BIOGÁS, GAS MANUFACTURADO Y LICOR NEGRO

CONTAMINANTE	Gas de horno alto	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Biogás	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas manufacturado	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Licor negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PST	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5															
PM10	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5															
PM2,5	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5															
SECTOR: Química y petroquím.																				
PST	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5															
PM10	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5															
PM2,5	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5															
SECTOR: autoprod. de elect.																				
PST				Ref.(28), Ref.(2)	0,2	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2						160	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	160
PM10				Ref.(28), Ref.(2)	0,2	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2						150	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	150
PM2,5				Ref.(28), Ref.(2)	0,2	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2						150	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	150
SECTOR: Papel y pasta																				
PST																160	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	160

TABLA 11. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: GAS DE HORNO ALTO, BIOGÁS, GAS MANUFACTURADO Y LICOR NEGRO

CONTAMINANTE	Gas de horno alto	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Biogás	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas manufacturado	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Licor negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PM10																150	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	150
PM2,5																150	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	150
SECTOR: Resto de industrias																				
PST						0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2		0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2				
PM10						0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2		0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2				
PM2,5						0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2		0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2				

TABLA 12. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANTE	Madera verde	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos de madera	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	ORUJILLO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos agrícolas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	
SO ₂	69,3	g/GJ		Ref.(15) por balance	69,3	52,6	g/GJ		Ref.(15) por balance	52,6	67,6	g/GJ		Ref.(15) por balance	67,6	0.0986	kg/GJ		Ref.(15), por balance, Ref.(4)	98,6					Ref.(15), por balance, Ref.(4)	98,6
SO ₂	50	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	3,46	50	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	2,63	52	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	3,51	59	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	3,430	0	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	0	
SO ₂	5,2	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	5,2	5,2	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	5,2	5	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	5											
SO ₂	0,0035	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	3,5	0,0035	kg/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	3,5																
NO _x	1035	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	71,68	1035	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	54,47	1060	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	71,62	1200	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	69,77					Ref.(18), Ref.(17)	69,77
NO _x	206	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	206	206	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	206	155	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	155				Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)		84	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	84	
NO _x	99 (>20%H), 220 (<20%H)	g/GJ		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	99 (>20%H), 220 (<20%H)	99 (>20%H), 220 (<20%H)	g/GJ		Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	99 (>20%H), 220 (<20%H)																

TABLA 12. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANTE	Madera verde	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos de madera	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	ORUJILLO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos agrícolas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
NO _x (Sin control)	101 (>20%H), 220 (<20%H)	g/GJ	A, C	Ref.(16), Ref.(4)	101 (>20%H), 220 (<20%H)	101 (>20%H), 220 (<20%H)	A, C	Ref.(16), Ref.(4)	101 (>20%H), 220 (<20%H)																
COVNM	76	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	5,26	76	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	4,00	78	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	5,27	88	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	5,116	50	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)					50
COVNM	150	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	150	150	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	150	48	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	48												
CH ₄	76	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	5,26	76	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	4,00	78	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	5,27	88	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	5,12	30	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)					30
CH ₄	16,7	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	16,7	16,7	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	16,7	32	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	32												
CH ₄	15	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	15	15	g/GJ	Ref.(15), Ref.(4)	15	15	g/GJ	Ref.(15), Ref.(4)	15												
CO	9384	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	649,9	9384	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	493,9	9615	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	649,7	10879	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	632,5	1706	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)					1.706

TABLA 12. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANTE	Madera verde	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos de madera	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	ORUJILLO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos agrícolas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
CO	627	g/GJ		Ref.(15) C (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	627	627	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	627	627	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	627										
CO	1504	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	1504	1504	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	1504	1504	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	1504										
CO ₂	68,6	kg/GJ		Ref.(15) por balance	68600	52,1	kg/GJ		Ref.(15) por balance	52100	66,9	kg/GJ		Ref.(15) por balance	66900	107,4	kg/GJ		Ref.(15) por balance	107400	52,1	kg/GJ		Ref.(15) por balance	52100
CO ₂	1518	kg/t		Ref.(18), Ref.(17)	105125	1518	kg/t		Ref.(18), Ref.(17)	79895	1555	kg/t		Ref.(18), Ref.(17)	105068	1760	kg/t		Ref.(18), Ref.(17)	102326	0	kg/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	0
CO ₂	0	kg/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	0	0	kg/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	0	0	kg/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	0										
CO ₂	97,5	kg/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	97500	97,5	kg/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	97500	96	kg/GJ		Ref.(19), Ref.(4)	96000										
N ₂ O	62	g/t		Ref.(18), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	4,29	62	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	3,26	64	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	4,32	72	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	4,19	4	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	4

TABLA 12. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANTE	Madera verde	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos de madera	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	ORUJILLO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos agrícolas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
N ₂ O	4	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	4	4	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	4	4	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	4										
N ₂ O	0,0065	kg/GJ	D	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	6,5	0,0065	kg/GJ	D	Ref.(16), Ref.(4) (no selec)	6,5															
N ₂ O						4,3	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	4,3															
PCDD_PCDF	69,25	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	6,93E-08	69,25	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	6,93E-08	67,57	ng/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	6,76E-08										
HAP BORNEFF	0,002	g/GJ	B	Ref.(16), Ref.(4)	0,002	0,002	g/GJ	B	Ref.(16), Ref.(4)	0,002															
HAP 4PTRC	1775	mg/t	E	Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	0,123	1775	mg/t	E	Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	0,093	1775	mg/t	E	Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	0,120										
HAP 4PTRC	121,54	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 41), Ref.(2)	1,22E-01	121,54	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 41), Ref.(2)	1,22E-01	118,58	mg/GJ	D	Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 41), Ref.(2)	1,19E-01										

TABLA 12. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANTE	Madera verde	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos de madera	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	ORUJILLO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos agrícolas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
As (Sin control)	0,0099	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,0099	0,0099	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,0099															
Cd (Sin control)	0,0018	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,0018	0,0018	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,0018															
Cr (Sin control)	0,0094	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,0094	0,0094	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,0094															
Ni (Sin control)	0,014	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,014	0,014	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,014															
Pb (Sin control)	0,021	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,021	0,021	g/GJ	A	Ref.(16), Ref.(4)	0,021															
PM	8,8	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(17)	304,7	8,8	lb/ton	C	Ref.(16), Ref.(17)	231,6	8,8	lb/ton	C	Igual Madera	297,3	420,34	33000	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	1919					
PM	6071	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	420,43	6071	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	319,53	6221	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	420,34	33000	g/t	Ref.(18), Ref.(17)	1919						
PM10	6,16	lb/ton	C	Estimación propia (70% PST)	213,3	6,16	lb/ton	C	Estimación propia (70% PST)	162,1	6,16	lb/ton	C	Igual Madera	208,1	23100	g/t	Estimación propia (70% PST)	1343						
SECTOR: Química y petroquím.																									
PST																					100	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	100
PM10																					70	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	70

TABLA 12. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTALES PROPUESTOS POR TODAS LAS FUENTES CONSULTADAS. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANTE	Madera verde	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos de madera	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Residuos agrícolas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PM2,5																	55	g/GJ D	Ref.(28), Ref.(2)	55
SECTOR: Autoprod. de elect.																				
PST											100	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	100					
PM10											70	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	70					
PM2,5											55	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	55					
SECTOR: Papel y pasta.																				
PST											100	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	100					
PM10											70	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	70					
PM2,5											55	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	55					
SECTOR: Resto de industrias																				
PST	100	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	100	100	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	100
PM10	70	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	70	70	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	70	70	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	70	70	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	70
PM2,5	55	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	55	55	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	55	55	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	55	55	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	55

4.2.2. Factores de emisión seleccionados para estimar las emisiones de fuentes puntuales en los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España. Criterios de selección

El propósito de este documento es unificar los criterios y la metodología de cálculo de las emisiones de las instalaciones de combustión sin contacto para la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera realizados sobre cualquier área geográfica de España. Para alcanzar este fin, resulta imprescindible seleccionar unos factores de emisión únicos por contaminante y proceso que se utilicen de forma preferente en el cálculo de las emisiones de dichos Inventarios, en ausencia de datos aceptables sobre mediciones de contaminantes.

En las tablas del apartado anterior se presentaron los factores de emisión propuestos por toda la bibliografía consultada y se sombrearon en azul los factores de emisión seleccionados para estimar las emisiones de fuentes puntuales en los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España, con idea de ofrecer una amplia visión del estudio realizado. En el presente apartado se hace una recopilación del apartado anterior presentándose únicamente los factores seleccionados y los criterios de selección de los mismos.

Como se ha podido observar en las tablas anteriores, para la combustión de un determinado combustible puede haber más de un factor de emisión para un mismo contaminante. En estos casos la selección del factor de emisión no resulta sencilla.

Criterios de selección de los factores de emisión:

- Cuando en la fuente original se proponen rangos de valores y no factores de emisión concretos, se han seleccionado los valores centrales de los intervalos propuestos.
- Se ha considerado como premisa para la elección de factores de emisión, utilizar, siempre que fuese posible, los factores de emisión del capítulo B111 de la referencia 15 (CORINAIR) antes que los de la referencia 16 (EPA), o cualquier otra fuente, ya que los del CORINAIR son los establecidos a nivel europeo.
- Se han seleccionado los factores de emisión del capítulo B111 de forma preferente a los del capítulo B112 del CORINAIR (Ref.(15)), ya que los primeros son para fuentes puntuales y los segundos para fuentes de área.

- Cuando el capítulo B111 de la referencia 15 (CORINAIR) no ofrecía factor de emisión de un determinado contaminante, se ha seleccionado este de forma preferente de la referencia 16 (EPA), antes que de cualquier otra fuente, por considerar que esta última referencia está ampliamente reconocida a nivel mundial.
- En la medida de lo posible, sin contradecir las premisas anteriores, se han seleccionado los factores de emisión propuestos por la referencia (4) (EPER-Andalucía).
- Como se mencionó con anterioridad, el tratamiento que se da a las instalaciones de combustión sin contacto en la referencia 2 (Inventario Nacional) es principalmente de fuente de área, por lo que los factores de emisión predominantes en esta fuente proceden del capítulo B112 y no del B111 de la Ref.15 (CORINAIR), por lo que no son los más adecuados para el apartado de fuentes puntuales que nos ocupa.

Los factores de emisión seleccionados en el caso de fuentes puntuales se presentan en la tabla siguiente:

TABLA 13. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquizable	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
SO ₂	264,4	g/GJ		Ref.(15) por balance	264,4	7767,0	g/GJ		Ref.(15) por balance	7767,0	2686,2	g/GJ		Ref.(15) por balance	2686,2	461,4	g/GJ		Ref.(15) por balance	461,4	722,7	g/GJ		Ref.(15) por balance	722,7
NO _x (Sin control)	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Igual hulla	203
NO _x (LNB)	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	203	203	g/GJ		Igual hulla	203
COVNM	600	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	600	600	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	600	600	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	600	600	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	600	600	g/GJ	nd	Igual hulla	600
CH ₄	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4	2,4	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17), Ref.(4)	2,4
CO	11,35	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	11,35	11,35	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	11,35	11,35	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	11,35	11,35	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	11,35	11,35	g/GJ	nd	Igual hulla	11,35
CO ₂	96,3	kg/GJ		Ref.(15) por balance	96300	112	kg/GJ		Ref.(15) por balance), Ref.(19), Ref.(4)	112000	112	kg/GJ		Ref.(15) por balance), Ref.(19), Ref.(4)	112000	100	kg/GJ		Ref.(15) por balance), Ref.(19), Ref.(4)	100000	94	kg/GJ		Ref.(15) por balance), Ref.(2)	94000
N ₂ O	0,8	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,8	0,8	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,8	0,8	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,8	0,015	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	0,494	0,015	kg/t	B	Igual hulla	0,493

TABLA 13. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquizable	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Cloro ycompuestos de cloro	0,61	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	20,16	0,61	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	45,6	0,61	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	74,5	0,61	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	20,11	0,61	kg/t	B	Igual hulla	20,04
Fluor y compuestos de fluor	0,075	kg/t	B	Ref.(16), Ref.(4)	2,48	0,15	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(4)	5,60	0,15	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(4)	9,2	0,15	lb/ton	B	Ref.(16), Ref.(4)	2,47	0,15	lb/ton	B	Igual hulla	2,46
Benceno	0,0013	lb/ton	A	Igual lignito	0,0215	0,0013	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0485	0,0013	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0794	0,0013	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0214	0,0013	lb/ton	A	Igual hulla	0,0214
PCDD_PCDF	47,46	ng/GJ	D	Igual hulla	4,75E-08	88,11	ng/GJ	D	Ref.(15) (B, C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	8,81E-08	88,11	ng/GJ	D	Ref.(15) (B, C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	8,81E-08	47,46	ng/GJ	D	Ref.(15) (B, C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	4,75E-08	32,85	ng/GJ	D	Ref.(15) (B, C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	3,29E-08
HAP 4PTRC	1441,5	mg/t	E	Ref.(15) B PAH	4,76E-02	1441,5	mg/t	E	Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	1,08E-01	1441,5	mg/t	E	Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	1,76E-01	1441,5	mg/t	E	Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	4,75E-02	1441,5	mg/t	E	Igual hulla	4,74E-02
As (Sin control)	0,294	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,294	0,625	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,6250	0,625	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,6250	0,294	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,294	0,294	g/GJ	E	Igual hulla	0,294
As (con control)	0,165	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0055	0,035	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0026	0,035	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0043	0,165	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0054	0,165	g/t	Igual hulla	0,0054	
As (Con control y desulfuración)	0,055	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0018	0,009	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0007	0,009	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0011	0,055	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0018	0,055	g/t	Igual hulla	0,0018	
Cd (Sin control)	0,019	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,019	49	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,021	49	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,021	0,019	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,019	0,019	g/GJ	E	Igual hulla	0,019

TABLA 13. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón -Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquizable	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Cd (con control)	0,0065	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0002	0,003	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0002	0,003	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0004	0,0065	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0002	0,0065	g/t		Igual hulla	0,0002
Cd (Con control y desulfuración)	0,002	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0001	0,0009	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0001	0,0009	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0001	0,002	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0001	0,002	g/t		Igual hulla	0,0001
Cr (Sin control)	0,606	g/GJ E		Ref.(16), Ref.(4)	0,606	1690	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,727	1690	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,727	0,606	g/GJ E		Ref.(16), Ref.(4)	0,606	0,606	g/GJ E		Igual hulla	0,606
Cr (con control)	0,12	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0040	0,036	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0027	0,037	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0045	0,12	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0040	0,12	g/t		Igual hulla	0,0039
Cr (Con control y desulfuración)	0,04	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0013	0,015	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0011	0,015	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0018	0,04	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0013	0,04	g/t		Igual hulla	0,0013
Cu (sin control)	0,004	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0001	0,010	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0008	0,010	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0012	0,004	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0001	0,004	g/t	nd	Igual hulla	0,0001
Hg (sin control)	0,125	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0041	0,125	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0093	0,125	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0153	0,125	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0041	0,125	g/t	nd	Igual hulla	0,0041
Ni (Sin control)	0,498	g/GJ E		Ref.(16), Ref.(4)	0,4980	1044	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,449	1044	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,449	0,498	g/GJ E		Ref.(16), Ref.(4)	0,498	0,498	g/GJ E		Igual hulla	0,498
Ni (con control)	0,215	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0071	0,03	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0022	0,03	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0037	0,215	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0071	0,215	g/t		Igual hulla	0,0071
Ni (Con control y desulfuración)	0,255	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0084	0,01	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0007	0,01	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0012	0,255	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0084	0,255	g/t		Igual hulla	0,0084

TABLA 13. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón - Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquizable	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Pb (Sin control)	0,218	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,218											0,218	g/GJ	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,218	0,218	g/GJ	E	Igual hulla	0,218
Pb (con control)	0,56	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0185	0,031	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0023	0,031	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0038	0,56	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0185	0,56	g/t		Igual hulla	0,0184
Pb (Con control y desulfuración)	0,253	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0084	0,01	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0007	0,01	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0012	0,253	g/t		Ref.(15), Ref.(4)	0,0083	0,253	g/t		Igual hulla	0,0083
Se (sin control)	1,30E-03	lb/ton	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0215	1,30E-03	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0485	1,30E-03	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0794	1,30E-03	lb/ton	A	Ref.(16), Ref.(17)	0,0214	1,30E-03	lb/ton	A	Igual hulla	0,0214
Se (con control)	0,02	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0007	0,02	g/t	nd	Igual antracita	0,0015	0,02	g/t	nd	Igual antracita	0,0024	0,02	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0007	0,02	g/t	nd	Igual hulla	0,0007
Zn (sin control)	0,66	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0218	0,105	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0078	0,105	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0128	0,66	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0218	0,66	g/t	nd	Igual hulla	0,0217
Zn (con control)																									
PM (Sin control)	3,7	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	122,3	3,7	kg/t	D	Igual Antracita	276,3	3,7	kg/t	D	Igual Antracita	451,8	3,7	kg/t	C	Ref.(16), Ref.(4)	122	3,7	kg/t	C	Igual hulla	122
PM (Ciclones múltiples)	0,74	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	24,455	0,74	kg/t	D	Igual Antracita	55,265	0,74	kg/t	D	Igual Antracita	90,354	0,74	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	24	0,74	kg/t	E	Igual hulla	24
PM (Scrubber)	ND			Ref.(16), Ref.(4)		ND			Igual Antracita		ND			Igual Antracita		0,222	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	7,317	0,222	kg/t	D	Igual hulla	7,293
PM (Precipitador Electrostático)	ND			Ref.(16), Ref.(4)		ND			Igual Antracita		ND			Igual Antracita		0,0296	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	0,976	0,0296	kg/t	D	Igual hulla	0,972
PM (Filtros de Mangas)	0,0074	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	0,245	0,0074	kg/t	D	Igual Antracita	0,553	0,0074	kg/t	D	Igual Antracita	0,904	0,0074	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,244	0,0074	kg/t	E	Igual hulla	0,243

TABLA 13. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: ANTRACITA, LIGNITOS, HULLA Y HULLA COQUIZABLE

CONTAMINANTE	Carbón - Antracita	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Lignito pardo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Carbón -Hulla	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Hulla coquizable	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PM10 (Sin control)	1,11	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	36,68	1,11	kg/t	D	Igual Antracita	82,90	1,11	kg/t	D	Igual Antracita	135,53	1,323	kg/t	C	Ref.(16), Ref.(4)	43,59	1,323	kg/t	C	Igual hulla	43,45
PM10 (Ciclones múltiples)	0,407	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	13,45	0,407	kg/t	D	Igual Antracita	30,40	0,407	kg/t	D	Igual Antracita	49,69	0,334	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	10,99	0,334	kg/t	E	Igual hulla	10,96
PM10 (Scrubber)	ND			Ref.(16), Ref.(4)		ND			Igual Antracita		ND			Igual Antracita		0,242	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	7,960	0,242	kg/t	D	Igual hulla	7,934
PM10 (Precipitador Electrostático)	ND			Ref.(16), Ref.(4)		ND			Igual Antracita		ND			Igual Antracita		0,031	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	1,023	0,031	kg/t	D	Igual hulla	1,020
PM10 (Filtros de Mangas)	0,00481	kg/t	D	Ref.(16), Ref.(4)	0,159	0,00481	kg/t	D	Igual Antracita	0,359	0,00481	kg/t	D	Igual Antracita	0,587	0,012	kg/t	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,379	0,012	kg/t	E	Igual hulla	0,378

TABLA 14. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
SO ₂	363.0	g/GJ		Ref.(15) por balance	363	2707,7	g/GJ		Ref.(15) por balance	2707,7	497,8	g/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(27), Ref.(17)	497,8	94,3	g/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2)	94,3	0,372	g/GJ		Ref.(15) por balance	0,372
NO _x (Sin control)	155	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	155	300	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(15), Ref.(4)	300	159	g/GJ		Ref.(3), Ref.(4)	159	89	g/GJ		Ref.(3), Ref.(4)	89	100	g/GJ		Ref.(3), Ref.(4)	100
NO _x (LNB)											4,8	kg/m ³	B	Ref.(16), Ref.(4)	123,92		g/GJ	B	Ref.(16), Ref.(4)		22	g/GJ		Ref.(16), Ref.(4)	22
NO _x (TB)											3,84	kg/m ³	A	Ref.(16), Ref.(4)	99,14										
NO _x (LNB y TB)											3,12	kg/m ³	E	Ref.(16), Ref.(4)	80,55										
COVNM	12	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	12	2,7	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	3	24,55	g/GJ	nd	Ref.(15), Ref.(17)	24,55	15	g/GJ		Ref.(15), Ref.(2), Ref.(17)	15	3	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	3

TABLA 14. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
CH ₄	45	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	1,49	1,5	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	1,5	2,9	g/GJ	nd	Ref.(2), Ref.(4), Ref.(15), Ref.(17)	2,9	0,6	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	0,6	1,4	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(4), Ref.(17)	1,4
CO	3270	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	107,9	15	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(4)	15	15	g/GJ	nd	Ref.(4), Ref.(15), Ref.(17)	15	12	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	12	17	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	17
CO ₂	105	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2)	105000	98,3	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	98300	76	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	76000	73	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	73000	56	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	56000
N ₂ O	14	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14	10	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	10	14	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14	14	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	14	2,4	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	2,4
Cloro y compuestos de cloro									Ref.(16), Ref.(4)		41,6	g/m ³	C	Ref.(16), Ref.(4)	1,07										

TABLA 14. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	
Fluor y compuestos de fluor											3,73E-02	lb/10 ³ gal	D	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17), Ref.(27)	0,116											
Benceno											2,14E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(17)	0,00066						2,10E-03	lb/10 ⁶ scf B		Ref.(16), Ref.(17)	8,7E-04	
PCDD_PCDF	5.59	ng/GJ	D	Ref.(15) (B), C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	5.59E-09	3.36	ng/GJ	D	Ref.(15) (B), C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	3.36E-09	2.49	ng/GJ	D	C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	2.49E-09	0.47	ng/GJ	D	Ref.(15) (B), C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	4.70E-10						
HAP BORNEFF											0,00128	g/m ³	C	Ref.(16), Ref.(4)	3,3E-05						0,0000047	g/GJ	E		Ref.(16), Ref.(4)	4,7E-06
As (Sin control)											0,5	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0124	4	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0017						
As (con control)											1,32E-03	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0041											
Cd (Sin control)											1	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0249	3	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0013						
Cd (con control)											3,98E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(27), Ref.(17)	0,0012											

TABLA 14. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Cr (Sin control)											2,5	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0622	3	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0013					
Cr (con control)											8,45E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0026										
Cu (sin control)											1	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0249	6	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0026					
Cu (con control)											1,76E-03	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(17)	0,0055										
Hg (sin control)											1	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0249	3	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0013	2,60E-04	lb/10 ⁶ scf D		Ref.(16), Ref.(17)	0,0001
Hg (con control)											1,13E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(17)	0,0004										
Ni (Sin control)											35	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,8711	3	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0013					
Ni (con control)											8,45E-02	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,2618										
Pb (Sin control)											1,3	g/t		Ref.(15), Ref.(4), Ref.(17)	0,0324	9	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	0,0039					

TABLA 14. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
Pb (con control)											1,51E-03	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(4), Ref.(17)	0,0047										
Se (sin control)											6,83E-04	lb/10 ³ gal	C	Ref.(16), Ref.(27), Ref.(17)	0,0021	15	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0065					
Zn (sin control)											1	g/t	nd	Ref.(15), Ref.(17)	0,0249	4	lb/10 ¹² Btu	E	Ref.(16), Ref.(17)	0,0017					
Zn (con control)											2,91E-02	lb/10 ³ gal	D	Ref.(16), Ref.(17)	0,0902										
PM (Sin control)	3,7	kg/t	D	Igual carbonos	122,1	100	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	100	10	lb/10 ³ gal	B	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	30,98	2	lb/10 ³ gal	A	Ref.(16), Ref.(4), Ref.(17)	6,29	0,03	g/m ³	B	Ref.(16), Ref.(4)	0,77
PM (Ciclones múltiples)											0,24	kg/m3	E	Ref.(16), Ref.(4)	6,20										
PM (Scrubber)											0,072	kg/m3	D	Ref.(16), Ref.(4)	1,859										
PM (Precipitador Electrostático)											0,006	kg/m3	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,155										
PM10 (Sin control)	1,323	kg/t	C	Igual carbonos	43,65	60	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	60	1,03	kg/m3	D	Ref.(16), Ref.(4)	26,59	0,12	kg/m3	E	Ref.(16), Ref.(4)	3,14	0,03	g/m3	B	Ref.(16), Ref.(4)	0,77
PM10 (Ciclones múltiples)											0,23	kg/m3	E	Ref.(16), Ref.(4)	5,94										
PM10 (Scrubber)											0,072	kg/m3	D	Ref.(16), Ref.(4)	1,886										

TABLA 14. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: COQUE, COQUE DE PETRÓLEO, FUEL OIL, GASÓLEOS Y GAS NATURAL

CONTAMINANTE	Coque	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Coque de petróleo	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel oil	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gasóleos	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas Natural	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
PM ₁₀ (Precipitador Electrostático)											0,006	kg/m ³	E	Ref.(16), Ref.(4)	0,157										

TABLA 15. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: G.L.P., BUTANO, PROPANO, FUEL GAS, GAS DE COQUERÍA

CONTAMINANTE	G.L.P.	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	BUTANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	PROPANO	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Fuel Gas	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas de coquería	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
SO ₂	< 2,20	g/GJ		Ref.(15) por balance	< 2,20	< 2,23	g/GJ		Ref.(15) por balance	< 2,23	< 2,16	g/GJ		Ref.(15) por balance	< 2,16	296,0	g/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2)	296	145,1	g/GJ		Ref.(15) por balance	145,1
NO _x (Sin control)	184 Central Term/ 94 Calderas Ind	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	184 Central Term/ 94 Calderas Ind	4558	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	101,8	4542	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	98,3	140	g/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(17)	140	90	g/GJ	C (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	90
COVNM	2,1	g/GJ		Ref.(15)	2,1	65	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	1,45	64	g/t	nd	Ref.(18), Ref.(17)	1,39	6,05	g/GJ		Ref.(15), Ref.(17)	6,05	2,5	g/GJ	C (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	2,5

TABLA 15. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.
PARA: G.L.P., BUTANO, PROPANO, FUEL GAS, GAS DE COQUERÍA

CONTAMINANTE	G.L.P.	Ud. i.i	FUENTE	g/GJ	BUTANO	Ud. i.i	FUENTE	g/GJ	PROPANO	Ud. i.i	FUENTE	g/GJ	FUEL GAS	Ud. i.i	FUENTE	g/GJ	Gas de coquería	Ud. i.i	FUENTE	g/GJ
CH ₄	1	g/GJ	Ref.(15), Ref.(4)	1	60	g/t nd	Ref.(18), Ref.(17)	1,34	60	g/t nd	Ref.(18), Ref.(17)	1,30	1,3	g/GJ	Ref.(15), Ref.(17)	1,3	2,5	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	2,5
CO	11,5	g/GJ	Ref.(15), Ref.(4)	11,5	11,5	g/GJ	Ref.(15), Ref.(4)	11,5	11,5	g/GJ	Ref.(15), Ref.(4)	11,5	8,5	g/GJ	Ref.(15), Ref.(17)	8,5	15	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	15
CO ₂	65	kg/GJ	Ref.(15) (por balance), Ref.(2), Ref.(19), Ref.(4)	65000	66,2	kg/GJ	Ref.(15) por balance	66200	63,6	kg/GJ	Ref.(15) (por balance), Ref.(19), Ref.(4)	63600	54,1	kg/GJ	Ref.(15) por balance	54100	45	kg/GJ	Ref.(15) (por balance), Ref.(2)	45000
N ₂ O	3	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2), Ref.(4)	3	140	g/t nd	Ref.(18), Ref.(17)	3,13	140	g/t nd	Ref.(18), Ref.(17)	3	2,4	g/GJ	Ref.(15), Ref.(17)	2,4	3	g/GJ C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	3
PM (Sin control)	0,124	kg/t E	Igual Propano y Butano	2,73	0,124	kg/t E	Ref.(16), Ref.(4)	2,77	0,146	kg/t E	Ref.(16), Ref.(4)	3,16	3	lb/10 ³ scf B	Ref.(16), Ref.(17)	1,10	5	g/GJ D	Ref.(28), Ref.(2)	5
PM10 (Sin control)	0,146	kg/t E	Igual Propano y Butano	3,21	0,146	kg/t E	Ref.(16), Ref.(4)	3,26	0,124	kg/t E	Ref.(16), Ref.(4)	2,68	3	lb/10 ³ scf B	Ref.(16), Ref.(17)	1,10	5	g/GJ D	Ref.(28), Ref.(2)	5

TABLA 16. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: GAS DE HORNO ALTO, BIOGÁS, GAS MANUFACTURADO Y LICOR NEGRO

CONTAMINANTE	Gas de horno alto	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Biogás	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas manufacturado	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Licor negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
SO ₂	0,0	g/GJ		Ref.(15), Ref.(2)	0,0	0	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	0	10,1	g/GJ		Ref.(15) por balance , Ref.(2)	10,1	190,0	g/GJ		Ref.(15) (por balance), ref.(2)	190
NO _x (Sin control)	55	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	55	60	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	60	62	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	62	1242	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	84,8
COVNM	0	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	0	2,5	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	2,5	5	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	5	44	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	3

TABLA 16. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA.

PARA: GAS DE HORNO ALTO, BIOGÁS, GAS MANUFACTURADO Y LICOR NEGRO

CONTAMINANTE	Gas de horno alto	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Biogás	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Gas manufacturado	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ	Licor negro	Ud.	i.i	FUENTE	g/GJ
CH ₄	0	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	0	2.5	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	2,5	1,4	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	1,4	15	g/t		Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2), Ref.(18), Ref.(17)	1
CO	15	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	15	13	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	13	10	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10) , Ref.(2)	10	5294	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	361,4
CO ₂	105	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(2)	105000	0	kg/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	0	52	kg/GJ		Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	52000	105	kg/GJ		Ref.(15) (por balance), Ref.(17)	105000
N ₂ O	3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	3	1,8	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	1,8	3	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	3	4	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10)Ref.(2)	4
PM (Sin control)	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2	160	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	160
PM10 (Sin control)	5	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	5	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2	0,2	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	0,2	150	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	150

TABLA 17. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANTE	Madera verde	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Residuos de madera	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	ORUJILLO	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Residuos agrícolas	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ
SO ₂	69,3	g/GJ		Ref.(15) por balance	69,3	52,6	g/GJ		Ref.(15) por balance	52,6	67,6	g/GJ		Ref.(15) por balance	67,6	0,0986	kg/GJ		Ref.(15) por balance, Ref.(4)	98,6					
NO _x (Sin control)	101 (>20%H), 220 (<20%H)	g/GJ	A C	Ref.(16), Ref.(4)	101 (>20%H), 220 (<20%H)	101 (>20%H), 220 (<20%H)	g/GJ	A C	Ref.(16), Ref.(4)	101 (>20%H), 220 (<20%H)	1060	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	71,62	1200	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	69,77	84	g/GJ	C	Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	84

TABLA 17. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANT E	Madera verde	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Residuo s de madera	Ud.	i. i	FUENT E	g/GJ	ORUJILL O	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Residuo s agricola s	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	
COVNM	76	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	5,26	76	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	4,00	78	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	5,27	88	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	5,116	50	g/GJ			Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	50
CH ₄	15	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	15	15	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	15	15	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	15	88	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	5,12	30	g/GJ			Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	30
CO	1504	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	1504	1504	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	1504	1504	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	1504	10879	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	632,5	1706	g/GJ			Ref.(15) (B.112, T. 5-10), Ref.(2)	1.706
CO ₂	68,6	kg/GJ		Ref.(15) por balance	68600	52,1	kg/GJ		Ref.(15) por balance	52100	66,9	kg/GJ		Ref.(15) por balance	66900	107,4	kg/GJ		Ref.(15) por balance	107400	52,1	kg/GJ			Ref.(15) por balance	52100
N ₂ O	62	g/t		Ref.(18), Ref.(4) (no selec), Ref.(17)	4,29	4,3	g/GJ		Ref.(15), Ref.(4)	4,3	64	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	4,32	72	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	4,19	4	g/GJ			Ref.(15) (B.112, T. 5-10) Ref.(2)	4

TABLA 17. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANTE	Madera verde	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Residuo s de madera	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	ORUJILLO	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Residuo s agrícola s	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ
PCDD_PCDF	69,25	ng/GJ D		Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	6,93E-08	69,25	ng/GJ J		Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	6,93E-08	67,57	ng/GJ J		Ref.(15) (B. C112, T. 12 y C111, T 40), Ref.(2)	6,76E-08										
HAP 4PTRC	1775	mg/t E		Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	0,123	1775	mg/t E		Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	0,093	1775	mg/t E		Ref.(15) B PAH, Ref.(17)	0,120										
As (Sin control)	0,0099	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,0099	0,0099	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,0099															
Cd (Sin control)	0,0018	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,0018	0,0018	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,0018															
Cr (Sin control)	0,0094	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,0094	0,0094	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,0094															
Ni (Sin control)	0,014	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,014	0,014	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,014															
Pb (Sin control)	0,021	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,021	0,021	g/GJ A		Ref.(16), Ref.(4)	0,021															
PM (Sin control)	8,8	lb/ton C		Ref.(16), Ref.(17)	304,7	8,8	lb/ton C		Ref.(16), Ref.(17)	231,6	8,8	lb/ton C		Igual Madera	297,3	33000	g/t		Ref.(18), Ref.(17)	1919	100	g/GJ D		Ref.(28), Ref.(2)	100

TABLA 17. F.E. DE INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN SIN CONTACTO EN LA INDUSTRIA DE POTENCIA NOMINAL < 50 MW COMO FUENTES PUNTUALES SELECCIONADOS PARA ELABORAR LOS INVENTARIOS DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ESPAÑA. PARA: MADERA VERDE, MADERA SECA, RESIDUOS DE MADERA, ORUJILLO Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

CONTAMINANTE	Madera verde	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Madera seca	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Residuos de madera	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	ORUJILLO	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ	Residuos agrícolas	Ud.	i. i	FUENTE	g/GJ
PM10 (Sin control)	6,16	lb/ton	C	Estimación propia (70% PST)	213,3	6,16	lb/ton	C	Estimación propia (70% PST)	162,1	6,16	lb/ton	C	Igual Madera	208,1	23100	g/t		Estimación propia (70% PST)	1343	70	g/GJ	D	Ref.(28), Ref.(2)	70

5. Metodología de cálculo de las emisiones en el caso de las fuentes de área

En aquellos casos en que exista una gran dificultad para obtener los datos individualizados correspondientes a estas actividades de combustión si el número de instalaciones existentes en el ámbito geográfico del inventario no lo permite, o no se pueda tener un conocimiento directo de las características de los procesos concretos de combustión de un número suficiente de instalaciones como para que sea considerado representativo del sector, el tratamiento que se puede dar a este sector es de fuente de área, como se vio en el apartado 2.

En este caso el único método recomendado para estimar las emisiones a la atmósfera de estas instalaciones es la aplicación de factores de emisión.

5.1. Factores de emisión seleccionados para estimar las emisiones de las fuentes de área en los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España

Los factores de emisión seleccionados para estimar las emisiones de las instalaciones de combustión sin contacto de potencia térmica nominal instalada inferior a 50MW consideradas como fuentes de área para realizar los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España son los propuestos por la última edición de los “Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera” de la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente.

Se han seleccionado dichos factores de emisión por estar en consonancia con los criterios de aceptación de factores de emisión de los miembros del grupo de Inventarios del Seminario de Calidad del Aire y proceder en su mayor parte del capítulo B112 de la referencia 15 (CORINAIR)

No obstante, ante la ausencia de factores de emisión para un determinado contaminante y combustible en la fuente mencionada se recomienda seleccionar los mismos que se proponen en este documento para el caso de las fuentes puntuales.

Dichos factores se pueden consultar en la fuente original por lo que no se van a exponer en el presente capítulo.

6. Variables de actividad.

6.1.1. Resumen de las variables de actividad a emplear.

6.1.1.1. Instalaciones de combustión consideradas como fuentes puntuales

Las variables de actividad a considerar en este caso, referidas al espacio temporal al que hace alusión el Inventario, son :

- Número de focos y equipos asociados a los mismos,
- Equipos (tecnología y potencia nominal instalada),
- Condiciones de la ignición,
- Tecnologías de control de emisiones instaladas en los focos,
- Datos de mediciones de emisiones a la atmósfera (en continuo o puntuales) aceptables, realizadas a los focos. (Se necesitan conocer como mínimo los siguientes parámetros: concentraciones de los contaminantes y caudales de gases medidos y las horas de funcionamiento de los equipos asociados al foco en el espacio temporal al que hace alusión el inventario),
- Combustibles utilizados: tipo y cantidades consumidas en la instalación y especificaciones de los mismos.

6.1.1.2. Instalaciones de combustión consideradas como fuentes de área

En este caso las emisiones sólo se estiman aplicando factores de emisión que dependen del tipo y cantidad de combustibles empleados, por lo que la única variable de actividad que se considera en este caso es el combustible: tipo y cantidad consumidos por las instalaciones de combustión sin contacto, agregados de forma estadística, en el área geográfica al que hace alusión el Inventario y en el alcance temporal del mismo.

6.1.2.Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio.

Como se ha repetido en numerosas ocasiones, en el caso de fuentes puntuales la información necesaria debe proceder directamente de las propias instalaciones inventariadas.

En el caso de fuentes de área, el dato socioeconómico básico, el consumo (Gigajulios) de combustibles, es uno de los más laboriosos de obtener, no tanto por la ausencia de información sino más bien por las discrepancias existentes entre los datos procedentes de diferentes fuentes estadísticas, discrepancias que pueden ser de mayor notoriedad cuando se conocen datos directos de las propias plantas.

A título de ejemplo, para estimar las emisiones a la atmósfera de este sector para la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones del año 2002 (Ref.2) se consultaron las siguientes fuentes:

Como fuente de información básica se ha utilizado las publicaciones “Energy Balance Sheets” de Eurostat y “Energy Statistics of OECD Countries” de la Agencia Internacional de la Energía, en las cuales se da un balance energético de combustibles al nivel nacional, desglosado de acuerdo con ciertas actividades o sectores de tipo económico. Estas fuentes se han utilizado siempre que no se disponía de un conocimiento más directo de consumos de combustibles en los sectores considerados, bien sea mediante información directa de las propias plantas (cuestionarios donde se dan datos de consumos de combustibles y, ocasionalmente, emisiones unidad a unidad) o mediante estadísticas sectoriales. En algunos casos, la información de los balances nacionales ha servido como complemento para realizar el balance energético, descontando lo ya conocido procedente de las citadas fuentes de información. Adicionalmente, para el sector de autoproducción de electricidad, se ha utilizado el Anexo IV/V de la Estadística de la Energía Eléctrica.

Por otro lado, y dado que en las estadísticas nacionales no existen datos referentes a los consumos de combustibles biomasa, se ha utilizado la información que figura en el estudio “Identificación del Consumo de Biomasa en España (1995)” del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Debe mencionarse que en dicho estudio tan sólo se presentan datos correspondientes a los años 1991 y 1995, habiéndose obtenido los datos correspondientes al resto de años del periodo inventariado mediante procedimientos de interpolación y extrapolación lineal.

El tratamiento de la información se ha realizado tanto al nivel de área como puntual. Al nivel puntual, los datos corresponden a las actividades realizadas en las instalaciones de los Grandes Focos Puntuales (GFP), y en ellos se facilita información sobre consumos de combustibles, características de las instalaciones, emisiones de contaminantes y tecnologías de reducción de las mismas (donde existen y se conocen).

Al nivel de área, la elaboración ha resultado más difícil, debido, principalmente, a la distribución que se ha tenido que realizar entre las distintas actividades de combustión en los sectores socioeconómicos citados.

Los balances energéticos sólo dan datos al nivel nacional. Para desagregar la información a los distintos niveles de la clasificación NUTS se han utilizado diversas fuentes de información. La fuente utilizada para el sector de autoproducción suministra la información con desglose provincial. Para el resto de sectores, y ante la ausencia de una mejor información, se ha utilizado la publicación “Renta Nacional de España y su Desglose Provincial” de la Fundación BBVA, distribuyendo por sector y provincia de acuerdo con el valor añadido bruto del correspondiente sector productivo.

7. Incertidumbre

El análisis de la incertidumbre asociada a la determinación de emisiones puede realizarse por los siguientes métodos:

- Análisis cualitativo.
- Análisis semi-cuantitativo.
- Análisis cuantitativo.

Las características de cada uno de estos métodos se establecen conforme a las pautas determinadas por el EIIP (Emission Inventory Improvement Program – EPA).

Sin embargo, en este documento se propone la metodología seguida por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, para la asignación de la incertidumbre asociada a las emisiones estimadas, bien sea partir de mediciones o de factores de emisión, ya que se trata de una metodología:

- simple, que permite procesar un gran número de datos por unidad de tiempo,
- homogénea, para cualquier actividad, y
- basada en buenas prácticas establecidas por organismos de reconocido prestigio.

7.1. Metodología propuesta.

Dado que la incertidumbre asociada al valor estimado de una emisión depende tanto de la incertidumbre asociada a la variable de actividad como de la asociada al método de cálculo, habrá que analizar necesariamente ambos tipos de incertidumbre.

Incetidumbre asociada a las variables de actividad

Las variables de actividad proceden de las propias instalaciones o de asociaciones sectoriales, según se haya tratado la información a nivel puntual o de área.

En el caso de que la información sea suministrada por asociaciones, éstas podrían aportar el valor de la incertidumbre asociada, aunque actualmente no lo hacen.

Sin embargo, cuando la actividad se trata de forma puntual, los datos son específicos de cada instalación y se corresponden con una declaración formal de la misma. Por lo que las incertidumbres asociadas a los datos de la actividad no son fácilmente determinables. Siendo sólo posible verificar si el valor es del mismo orden que el notificado en periodos anteriores y en el caso de que la diferencia sea significativa determinar la causa.

Incetidumbre asociada al método de estimación.

Quando no se cuenta con datos específicos de mediciones continuas o periódicas de los contaminantes emitidos por los procesos de una actividad, una buena práctica es llevar a cabo estimaciones de las emisiones usando factores de emisión extraídos de referencias coherentes y de reconocido prestigio.

Estos factores, se determinan en circunstancias particulares que se consideran típicas. Habrá por lo tanto una incertidumbre asociada a la aplicación de los factores en circunstancias distintas a las originales en la que se desarrollaron los mismos.

Aunque los factores de emisión llevan asociado un índice de calidad del factor, no es posible determinar la incertidumbre asociada a la aplicación del factor en un país distinto al que lo ha desarrollado. En este sentido, no existen factores de emisión específicos en España.

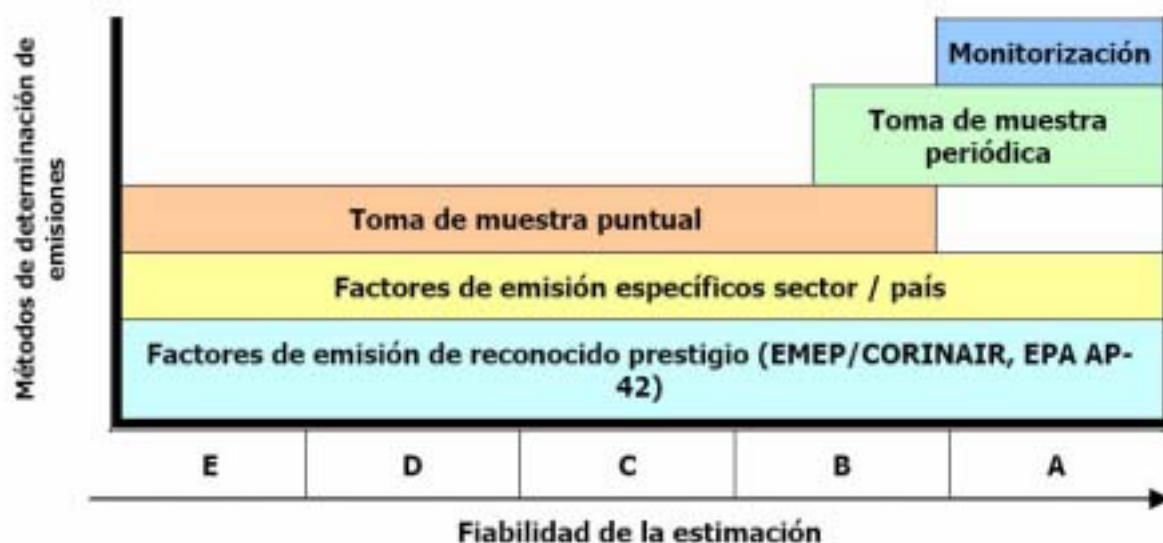
Si no se tuviera en cuenta la incertidumbre asociada al empleo de factores de emisión en un país diferente al que se ha desarrollado el factor. Se podría acudir al rango de incertidumbre asociado a la calidad del factor. Dicho índice de calidad “Data quality rating” se refiere a la capacidad que posee el factor de emisión para representar la tasa media de emisión de una determinada fuente. Se pueden distinguir 5 tipos de índices de calidad cuya definición y rango típico de error al determinar el valor de las emisiones (en las condiciones representativas de la actividad en la que se realizó la estimación del dato), según las referencias del CORINAIR se indican en la tabla adjunta:

TABLA 18. ÍNDICE DE CALIDAD Y RANGO TÍPICO DE ERROR SEGÚN CORINAIR AL DETERMINAR EL VALOR DE LAS EMISIONES.

Rating	Definición	Rango típico de error
A	Estimación basada en un gran número de medidas hechas en instalaciones que representan totalmente el sector	10 a 30 %
B	Estimación basada en un gran número de medidas hechas en instalaciones que representan gran parte del sector	20 a 60 %
C	Estimación basada en una serie de medidas en un número pequeño de instalaciones representativas del sector, o basadas en juicios técnicos en función de datos relevantes	50 a 150 %
D	Estimación basada en medidas individuales o cálculos ingenieriles derivados de un número relevante de datos	100 a 300 %
E	Estimación basada en cálculos derivados de la consideración de hipótesis	Orden de magnitud

Fuente: Good Practice Guidance for CLRTAPEmisión Inventories, CORINAIR, Noviembre 2.001.

Sin embargo, en el documento “Procedures for Preparing Emission Factor”, EPA-454/R-95-015, se establece una relación entre los métodos empleados para la determinación de emisiones y el grado de fiabilidad en la estimación realizada por los mismos.



Siendo el intervalo de incertidumbre asociado a cada índice de calidad el siguiente:

TABLA 19. INTERVALOS DE INCERTIDUMBRE ASOCIADOS A LOS ÍNDICES DE CALIDAD SEGÚN EPA.

Rating	Rango típico de error
A	10 a 30 %
B	20 a 60 %
C	50 a 150 %
D	100 a 300 %
E	Orden de magnitud

Respecto a la gráfica anterior cabe establecer las siguientes conclusiones:

- Puede establecerse una relación entre la fiabilidad de la estimación realizada con un determinado método y el índice de calidad de un factor de emisión. Así, por ejemplo:
 - š En el caso de que existieran factores de emisión desarrollados específicamente para una determinada región y sector, el orden de fiabilidad de la estimación de la emisión obtenida utilizando datos de monitorización sería equivalente al mejor Índice de Calidad del factor de emisión.
 - š El empleo de datos procedentes de autocontroles permite determinar emisiones con fiabilidad del orden de las calculadas a partir de

monitorización. Esta aproximación es mejor cuanto mayor sea el número de autocontroles anuales, considerando la menor incertidumbre dentro del intervalo correspondiente al índice del factor cuando la frecuencia del autocontrol sea superior a una vez al mes.

- § Las determinaciones a partir de datos de mediciones puntuales, siempre y cuando sean representativas, tendrían una fiabilidad del orden de las realizadas mediante el empleo de factores de emisión.
- Los Índices de Calidad indicados se corresponden con los establecidos por la EPA, el uso de los mismos para la determinación de emisiones en un país distinto (con sus propias aplicaciones tecnológicas, materia primas específicas, etc.) lleva intrínsecamente asociada una incertidumbre adicional al Índice de Calidad propio del factor.

Partiendo de estas premisas, la incertidumbre asignada según la forma en que se haya determinado la estimación de la emisión será:

**TABLA 20. INCERTIDUMBRE ASIGNADA SEGÚN EL MÉTODO
EMPLEADO PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES**

Tipo de determinación del dato de emisión (kg/año)	Incertidumbre	
Monitorización	10%	
LVCC / Autocontroles mensuales	20%	
Mediciones en condiciones representativas	30%	
Factores de emisión	Índice de calidad A	30%
	Índice de calidad B	60%
	Índices de calidad superiores	100%

Cabe indicar que cuando se lleve a cabo la determinación de un dato de emisión total de una instalación correspondiente a la suma de sus distintos focos y en cada uno de ellos exista un criterio de prevalencia distinto, la incertidumbre será la correspondiente al método que contribuya en mayor medida a las emisiones totales.

8. Referencias Bibliográficas

Como se ha mencionado anteriormente se ha realizado una exhaustiva búsqueda bibliográfica para seleccionar las especificaciones de los combustibles empleados en las instalaciones de combustión sin contacto de forma general en toda la industria española y de los factores de emisión de los diferentes contaminantes expuestos en el presente capítulo.

Las referencias bibliográficas consultadas se exponen en la siguiente tabla:

TABLA 21. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS.

REFERENCIAS	FUENTES
Ref.(1)	Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España Años 1990-2004. Anexo 8: Referencia del Inventario para la Aplicación de la Directiva de Comercio de Emisiones. - Secretaría General para la prevención de la Contaminación y del Cambio Climático -Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental - Ministerio de Medio Ambiente
Ref.(2)	Capítulo 3 - Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 2001 y 2002. Volumen 2: Análisis por Actividades SNAP. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental - Ministerio de Medio Ambiente
Ref.(3)	Tablas 2.1, 2.2 y 2.3 - DECRETO 503/2004, de 13 de octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales. BOJA núm. 204, de 19 de Octubre de 2004. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía.
Ref.(4)	Guía de Notificación de las Emisiones de Instalaciones de Combustión - Servicio de Actuaciones Integradas - Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental - Consejería de Medio Ambiente -Junta de Andalucía
Ref.(5)	Apartado 2.3 Industria Petroquímica, subapartado 2.3.1 Refino de Petróleo - Inventario de Emisiones a la Atmósfera de Andalucía 2002- Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental - Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía
Ref.(6)	"Tabla de propiedades de combustibles" elaborada por INERCO (Ingeniería Energética y de la Contaminación, S.A.)
Ref.(7)	Tabla de Coeficientes de paso a Toneladas Equivalentes de Petróleo (tep). - Dirección General de Política Energética y Minas
Ref.(8)	Tabla 9-8, Pág. 9-9 - Perry. Manual del Ingeniero Químico
Ref.(9)	Tabla "Avance Informe grupo de trabajo CEN 335 - Solid Biofuels, Fuel specifications and classes. Marzo 2003" Pág. 3 del Capítulo 1 "Introducción a la Biomasa como Fuente de Energía" Curso " Biomasa Usos Energéticos" SODEAN
Ref.(10)	Tabla "Características de biocombustibles", Pág. 5 del Capítulo 1 "Introducción a la Biomasa como Fuente de Energía" Curso " Biomasa Usos Energéticos" SODEAN

TABLA 21. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS.

REFERENCIAS	FUENTES
Ref.(11)	Tabla "Poder calorífico de algunos biocombustibles", Pág. 5 del Capítulo 1 "Introducción a la Biomasa como Fuente de Energía" Curso " Biomasa Usos Energéticos" SODEAN
Ref.(12)	Tabla "Características físico-químicas de los subproductos obtenidos" del documento "Potencial y Aprovechamiento Energético de la Biomasa del Olivar en Andalucía". SODEAN
Ref.(13)	Capítulo "Utilización de Orujos y Alperujos como Biocombustibles" Ponencia" Biomasa: estado actual y perspectiva inmediata" Awf Al-Kassir Abdulla. Universidad Extremadura
Ref.(14)	Tablas tema 3: Combustibles - Apuntes de Termodinámica y Termotecnia. Departamento de Física. Escuela de Ingenierías Agrarias. (Elaborados por los Drs. Ángel Mulero e Isidro Cachadiña). Universidad de Extremadura.
Ref.(15)	"Chapter B111. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Point Sources" - EEA (2005) EMEP/CORINAIR. Atmospheric Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE-Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency. "Chapter B112. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Area Sources". - EEA (2005) EMEP/CORINAIR. Atmospheric Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE-Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency.
Ref.(16)	"Chapter 1. External Combustion Sources. Section 1.1 Bituminous and Subbituminous Coal Combustion. Section 1.3 Fuel Oil Combustion. Section 1.4 Natural Gas Combustion. Section 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion. Section 1.6 Wood Residue Combustion in Boilers". AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA) (2000)
Ref.(17)	Inventario de Emisiones a la Atmósfera de Andalucía del Año 2002. - Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental - Consejería de Medio Ambiente - Junta de Andalucía
Ref.(18)	Guía Metodológica de Elaboración de Inventarios de Emisiones a la Atmósfera. Elaborada por INERCO para la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental - Consejería de Medio Ambiente -Junta de Andalucía
Ref.(19)	Libro de Trabajo para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero. (Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero).
Ref.(20)	Artículo "Biomasa Potencial para la Producción de Energía Eléctrica en Navarra" - J. DOMÍNGUEZ ⁽¹⁾ , D. SÁNCHEZ ⁽²⁾ P. LASRY ⁽³⁾ , M.P.CIRIA ⁽⁴⁾ , L.ESTEBAN ⁽⁴⁾ - ⁽¹⁾ . DER-CIEMAT ⁽²⁾ Fundación CENER-CIEMAT ⁽³⁾ . UPM ⁽⁴⁾ . CIEMAT-CEDER
Ref.(21)	REAL DECRETO 1700/2003, de 15 de diciembre, por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, y el uso de biocarburantes.
Ref.(22)	REAL DECRETO 61/2006, de 31 de enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.

TABLA 21. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS.

REFERENCIAS	FUENTES
Ref.(23)	Tabla 1. Contenido energético de algunos recursos englobados bajo el término biomasa residual seca. Artículo "Análisis Empresarial y Viabilidad Económica del Uso de la Biomasa como Energía Renovable" Jesús Cabrera Amián - Consultores Agroindustriales, S.L.
Ref.(24)	Tabla 3. Elementos químicos más significativos de distintos tipos de biomasa utilizados como combustible. Artículo "Análisis Empresarial y Viabilidad Económica del Uso de la Biomasa como Energía Renovable" Jesús Cabrera Amián - Consultores Agroindustriales, S.L.
Ref.(25)	Artículo "El Carbón Mineral" - J. Angel Menéndez Díaz. Científico titular, Instituto Nacional del Carbón, INCAR (CSIC)
Ref.(26)	Tabla "Densidad", Pág. 8 del Capítulo 1 "Introducción a la Biomasa como Fuente de Energía" Curso "Biomasa Usos Energéticos" SODEAN
Ref. (27)	"Emission Estimation Technique Manual for Combustion in Boilers. Version 1.1, 25 September 2001" National Pollutant Inventory de Australia (NPI - Australia)
Ref. (28)	Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance (CEPMEIP)
Ref. (29)	Base Fuel Combustion Module - UKs National Atmospheric Emissions Inventory (NAEI).
Ref. (30)	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) (France)

CAPÍTULO 2

GUÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE MANIPULACIÓN, CARGA Y DESCARGA DE MATERIAL PULVERULENTO EN PILAS DE MATERIALES

ÍNDICE

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.	1
2. Descripción de la actividad (ámbito de aplicación)	1
3. Descripción de las emisiones características de la actividad.	2
4. Metodología de cálculo de las emisiones	2
4.1. Análisis de las diferentes metodologías. Factores de emisión propuestos por las bibliografías más relevantes del sector	2
4.2. Metodología seleccionada.	3
4.2.1. Descripción.	3
4.2.2. Cálculo de Emisiones y selección de factores de emisión.	4
4.2.2.1. Datos de partida y definiciones:	4
4.2.2.2. Fórmula de cálculo del factor de emisión:	5
4.2.2.3. Fórmula de cálculo de las emisiones totales de partículas:	5
4.2.2.4. Medidas Correctoras:	5
4.2.3. Comparación con la metodología del MMA.	6
5. Variables de actividad.	7
5.1. Resumen de las variables de actividad a emplear (de acuerdo con la metodología seleccionada).	7
5.2. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Criterios de selección de las fuentes de datos.	7
6. Incertidumbre.	7
7. Bibliografía	9

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Eficacia de las Medidas Correctoras	6
TABLA 2. Rango de aplicación de la metodología propuesta para calcular los factores de emisiones fugitivas de partículas	7
TABLA 3. Margen de error típico de los factores de emisión.....	8

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.

AREA: se trata de operaciones de transferencia de materiales sólidos pulverulentos desde cintas transportadoras, palas, camiones, volquetes rascadores o similares que se producen en pilas de estos materiales. Las emisiones fugitivas de partículas se pueden producir por toda la superficie de la pila.

2. Descripción de la actividad (ámbito de aplicación)

Se trata de operaciones de transferencia de materiales sólidos pulverulentos producidas en la carga, en la descarga o bien en la manipulación de los mismos cuando hay pilas de materiales involucradas.

Estas operaciones de transferencia pueden producirse en continuo o en discontinuo. El volcado de camiones en pilas o la carga de materiales desde pilas a camiones con una pala excavadora son ejemplos de operaciones de transferencia en discontinuo. Añadir material a una pila desde una cinta transportadora es un ejemplo de operación de transferencia en continuo.

La metodología de cálculo propuesta sirve para las dos modalidades de transferencia de materiales (continua y discontinua) y resulta aplicable a cualquier industria o actividad que requiera manipulación de materiales sólidos pulverulentos, como por ejemplo:

- Actividades de almacenamiento, manipulación y expedición de productos pulverulentos (cemento, carbón, sales minerales...)
- Actividades extractivas de productos minerales.
- Actividades de construcción y demolición; obras públicas.
- Fábricas de cemento.
- Acerías.
- Fundiciones.
- Plantas de preparación de hormigón.
- Plantas asfálticas.
- Fabricas de Cerámica.

- Fabricas de Vidrio.
- Gestores de escombros.

Y en general es aplicable a cualquier operación de carga, descarga, manipulación o transferencia de materiales sólidos pulverulentos en pilas de materiales sea cual sea su ubicación.

3. Descripción de las emisiones características de la actividad.

Esta actividad genera emisiones fugitivas de partículas. Las partículas emitidas presentan diversos tamaños; se consideran las PST, PM₁₀ y PM_{2,5}

4. Metodología de cálculo de las emisiones

Se considerarán todos los contaminantes susceptibles de ser emitidos en la actividad incluidos en la lista de contaminantes aprobada por el grupo de trabajo de Inventarios del V Seminario de Calidad del Aire para la realización de Inventarios de emisiones a la atmósfera.

4.1. Análisis de las diferentes metodologías. Factores de emisión propuestos por las bibliografías más relevantes del sector

- La principal metodología de cálculo existente para estimar las emisiones fugitivas de partículas por manipulación, carga y descarga de material pulverulento en pilas de materiales es la propuesta en el capítulo 13.2.4 de la U.S.EPA AP-42 5ª Edición, la cual se encuentra actualmente en fase de revisión en lo que respecta los factores de emisión de las PM_{2,5} tal y como se explica en el nuevo borrador de revisión de la misma de 22/3/2006 (los links están disponibles al final del anexo 1 de este documento).
- En la metodología EMEP/CORINAIR “Emission Inventory Guidebook”, 3ª Edición, del 31 de diciembre de 2005, no se considera esta fuente de emisión.

4.2. Metodología seleccionada.

4.2.1. Descripción.

El objetivo principal es cuantificar las emisiones fugitivas de partículas producidas por la transferencia de materiales sólidos pulverulentos producidas ya sea en las operaciones de carga, de descarga o de manipulación de los mismos en pilas de estos materiales que generalmente están ubicadas en el exterior/ al aire libre/a la intemperie y sin cubrir.

Para ello se propone utilizar la metodología expuesta en el **capítulo 13.2.4 de la U.S.EPA AP-42 5ª edición ya corregida con los nuevos factores de emisión para PM_{2,5} propuestos** por la misma EPA **en el borrador de revisión de 22/3/06**. (*aunque habrá que esperar a que finalice período de comentarios el 16/6/06 y se disponga de la versión final del documento para confirmarlos*). La metodología de cálculo propuesta sirve tanto para la transferencia de materiales en continuo como en discontinuo.

Para establecer la eficacia de algunas medidas correctoras no incluidas en el documento final de la EPA se han tenido en cuenta las eficacias propuestas en el libro *“Fugitive dust control technology”, J.A. Orlemann, T.J. Kalman... Ohio Environmental Protection Agency Office of Air Pollution Control Columbus Ohio*. Noyes Data Corporation. 1983 y las propuestas en el *“Australia. NPI. Emisión Estimate Technique manual for Mining and processing of non metallic minerals”. Version 2.0, de 22 de agosto de 2000*.

Las emisiones fugitivas de partículas producidas por el tráfico de vehículos y maquinaria asociados a la manipulación de estos productos sólidos pulverulentos (camiones, volquetes, palas excavadoras,...) se han de calcular por separado, bien con la metodología expuesta en el capítulo 5.1.3 (resuspensión del suelo debido a tráfico de vehículos por superficies y viales no pavimentados), o bien con la del capítulo 5.1.4 (resuspensión del suelo debido a tráfico de vehículos por superficies y viales pavimentados) de esta guía de base para la realización de inventarios en España, según el caso.

Las emisiones fugitivas de partículas producidas por la acción de las ráfagas intensas de viento sobre las pilas de materiales, no están incluidas pero se pueden calcular utilizando la metodología expuesta en el Capítulo 13.2.5 de la EPA AP-42 disponible en:

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s02-5.pdf>. (que también se encuentra actualmente en fase de revisión respecto de los factores de emisión para PM_{2,5} según el borrador de 22/3/06)

4.2.2. Cálculo de Emisiones y selección de factores de emisión.

El objetivo de este documento es facilitar el cálculo, en kilogramos o toneladas anuales, de las emisiones fugitivas de partículas a la atmósfera tanto para el caso de las PST como para las PM₁₀ y las PM_{2,5} debidas a la manipulación, carga y descarga del material pulverulento en pilas de materiales. A continuación se expone la metodología propuesta.

4.2.2.1. Datos de partida y definiciones:

- € **t/año:** toneladas de material manipuladas anualmente
 - € **U:** velocidad media anual del viento en (m/s)
 - € **M:** humedad del material (%)
- La primera opción (preferible) es disponer de datos reales (se pueden utilizar los métodos expuestos en los anexos C.1 y C.2 disponibles en las direcciones electrónicas siguientes:
 - o <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c1.pdf> (muestreo)
 - o <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c2.pdf> (análisis)
 - Como segunda opción, se pueden utilizar los valores de humedad propuestos por defecto de la tabla 13.2.4.1 disponibles en el documento: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s02-4.pdf>) (aunque hay que ser conscientes que utilizar esta opción aumenta la imprecisión del resultado en 1 letra o grado según se expone en el apartado 6 de incertidumbre de este documento.)

4.2.2.2. Fórmula de cálculo del factor de emisión:

$$\text{FACTOR DE EMISIÓN (kg/t)} = k \cdot (0,0016) \cdot \frac{(U / 2,2)^{1,3}}{(M / 2)^{1,4}}$$

en que:

	PM _{2,5} ⁽¹⁾	PM ₁₀	PST
k	0,053	0,35	0,74

⁽¹⁾ Parámetros propuestos en el documento borrador de revisión de 22/3/06 de la EPA.

4.2.2.3. Fórmula de cálculo de las emisiones totales de partículas:

$$\text{EMISIONES TOTALES (kg/año)} = (\text{FACTOR EMISIÓN}) \cdot (t / \text{año})$$

4.2.2.4. Medidas Correctoras:

$$(\text{EMISIONES TOTALES})_{\text{correctadas}} = (\text{EMISIONES TOTALES}) \cdot (1 - \text{eficacia} / 100) ^{(n)}$$

⁽ⁿ⁾ La ecuación se aplicará tantas veces como medidas correctoras distintas haya.

En que:

: es la eficacia de la medida correctora.

TABLA 1. EFICACIA DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS

Medida correctora	
Rociado con agua ⁽¹⁾	50 - 75
Tratamiento en continuo del material con agentes químicos (tensioactivos, aglomerantes, surfactantes ...) Según EPA 13.2.4 y Según referencia ⁽¹⁾	m90 80 - 90
Pantallas paraviento ⁽¹⁾	30 - 50
Cerramiento parcial (2 o 3 paredes)	50 - 90
Cerramiento total (Silo) ⁽¹⁾	95 - 99
Apantallamiento vegetal ⁽¹⁾	30
Campanas o bocas de aspiración a ciclones	65
Campanas o bocas de aspiración a "scrubbers"	75
Campanas o bocas de aspiración a filtros de mangas	83
Minimización altura de la pila ⁽¹⁾	25 - 30
Rascadores o sistemas de carga subterráneos ⁽¹⁾	80 - 85
Sistemas de descarga canalizados (entubados) ⁽¹⁾	75

⁽¹⁾ Datos extraídos de "Fugitive dust control technology", J.A. Orlemann, T.J. Kalman... Ohio Environmental Protection Agency Office of Air Pollution Control Columbus Ohio. Noyes Data Corporation.1983 (El resto de datos son del "Australia. NPI. Emisión Estimate Technique manual for Mining and processing of non metallic minerals". Version 2.0, de 22 de agosto de 2000.)

Si se quiere ampliar la información, [al final del documento](#) hay la referencia de las páginas web de la EPA de donde se han extraído las metodologías de cálculo propuestas. También se incluyen las páginas web con los métodos propuestos para el muestreo y análisis del contenido de finos y humedad en pilas de materiales.

4.2.3.Comparación con la metodología del MMA.

No se tiene constancia de que haya metodología propuesta al respecto

5. Variables de actividad.

5.1. Resumen de las variables de actividad a emplear (de acuerdo con la metodología seleccionada).

- **t/año:** toneladas de material manipuladas anualmente
- **U:** velocidad media anual del viento en (m/s)
- **M:** humedad del material (%)

5.2. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Criterios de selección de las fuentes de datos.

- Datos obtenidos de las empresas o actividades: cantidades de productos transferidos o manipulados, consumos de materias primas en función de la producción de la empresa.
- Estadísticas oficiales, de agrupaciones empresariales, de gremios, ...

6. Incertidumbre.

En la tabla siguiente se expone el rango de aplicación de la metodología propuesta para calcular los factores de emisión fugitiva de partículas:

TABLA 2. RANGO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA CALCULAR LOS FACTORES DE EMISIONES FUGITIVAS DE PARTÍCULAS

Factor de emisión de actividad	Contenido finos del material (%) (*)	Contenido humedad del material (%)	Velocidad del viento (m/s)
Manipulación de materiales	0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7

(*)Nótese que el contenido de finos del material también se incluye aquí aunque no figura como parámetro significativo en la ecuación empírica de cálculo del factor de emisión, ya que no se ha podido establecer una correlación significativa entre las 2 variables durante las pruebas). Por contenido de finos se entiende aquella fracción de material de tamaño inferior a 75 μm en diámetro. Se puede determinar con los mismos métodos de muestreo y análisis que los propuestos para la humedad (M) en el apartado 4 de este documento.

Si los parámetros de nuestro caso se encuentran dentro del rango contemplado en la tabla anterior (extraída de la pagina 13.2.4-3 de la EPA;), entonces los factores de emisión para las PST, PM₁₀ y PM_{2,5} tienen un nivel de calidad A.

Si el contenido de finos se encuentra fuera del rango de aplicación entonces la calidad de los factores de emisión pasan a tener un nivel de calidad B.

Lo mas recomendable es utilizar los valores de humedad (M) y de contenido de finos específicos del material en cuestión, pero en caso de que no se puedan obtener también se pueden utilizar los valores de humedad (M) y de contenido de finos por defecto propuestos en la tabla 13.2.4-1 del documento final de la EPA aunque en este caso hay que tener en cuenta que aumenta la incertidumbre de los factores de emisión en 1 letra o grado y pasan a tener un nivel de calidad B.

No se tiene constancia de que la EPA asigne algún margen de error a sus factores de emisión. A falta de mas datos y teniendo en cuenta que se da una cierta similitud entre los criterios utilizados por la EPA i por el Corinair para definir las calidades de los factores de emisión A B C..., se propone como alternativa utilizar los márgenes de error propuestos por el Corinair para disponer de una primera aproximación muy simple a un cierto margen de error para los factores de emisión que pueda servir de orientación. En este caso Los márgenes de error típicos para los factores de emisión de la metodología Corinair según consta en la página GPG-29 del documento “*Good Practice for CLRTAP Emisión Inventories. Emission Inventory Guidebook, de 24 de junio de 2004*”, son los siguientes:

TABLA 3. MARGEN DE ERROR TÍPICO DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Calidad del factor de emisión	Margen de error típico
A	10 a 30 %
B	20 a 60 %
C	50 a 150 %
D	100 a 300 %
E	Orden de magnitud

7. Bibliografía

Para más información al respecto, se pueden consultar las direcciones siguientes:

€ **Manipulación de materiales pulverulentos en acopios (carga, descarga, etc.)** (capítulo 13.2.4)

- Documento final

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s02-4.pdf>

- Borrador de revisión del documento final de 22/3/06

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/draft/d13s0204.pdf>

€ **Métodos de muestreo de campo y de análisis de laboratorio para calcular el contenido de finos (s) y la humedad (M)**

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c1.pdf> (apéndice C.1: muestreo)

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c2.pdf> (apéndice C.2: análisis)

CAPÍTULO 3

GUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA DEBIDAS A LA RESUSPENSIÓN DEL SUELO POR EL TRÁFICO DE VEHÍCULOS POR VIALES Y SUPERFICIES PAVIMENTADAS

ÍNDICE

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.	1
2. Descripción de la actividad (ámbito de aplicación)	1
3. Descripción de las emisiones características de la actividad.	3
4. Metodología de cálculo de las emisiones	3
4.1. Análisis de las diferentes metodologías. Factores de emisión propuestos por las bibliografías más relevantes del sector	3
4.2. Metodología seleccionada	5
4.2.1. Descripción.	5
4.2.2. Cálculo de emisiones y selección de factores de emisión.	6
4.2.2.1. Datos de partida:	7
4.2.2.2. Fórmula de cálculo del factor de emisión del tramo:	8
4.2.2.3. Fórmulas de cálculo de las emisiones totales de partículas:	9
4.2.3. Cálculo de emisiones fugitivas de partículas por desgaste de frenos, desgaste de neumáticos y erosión del pavimento a causa del tráfico de vehículos por viales y superficies pavimentadas.....	12
4.3. Comparación con la metodología del MMA.....	14
5. Variables de actividad.	14
5.1. Resumen de las variables de actividad a emplear (de acuerdo con la metodología seleccionada).	14
5.2. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Criterios de selección de las fuentes de datos.	14
6. Incertidumbre.	15
7. Bibliografía	16

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Eficacia de las medidas correctoras	10
TABLA 2. Fracción transportable de partículas	11
TABLA 3. Rango de aplicación de la metodología propuesta para calcular los factores de emisión fugitiva de partículas	15
TABLA 4. Margen de error típico de los factores de emisión.....	16

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.

AREA (o LINEAL): se trata de viales o superficies pavimentadas por donde circulan vehículos, camiones o maquinaria. Las emisiones fugitivas de partículas se producen a lo largo de todo el vial o la superficie.

2. Descripción de la actividad (ámbito de aplicación)

Esta actividad genera emisiones fugitivas de partículas por resuspensión del material sólido depositado en el suelo a causa de la circulación de vehículos, camiones o maquinaria por viales o superficies pavimentadas (p.e. áreas de aparcamiento).

En un sentido amplio la circulación de vehículos por viales o superficies pavimentadas produce emisiones de partículas por diversas causas: además de la resuspensión del material sólido pulverulento depositado en la superficie del vial pavimentado, también se producen emisiones por el desgaste de los frenos y por el desgaste de los neumáticos, sin olvidar las emisiones directas que se producen a través de tubos de escape de los vehículos.

En este capítulo nos centraremos básicamente en las emisiones generadas por resuspensión del material depositado en el suelo o superficie del vial (y en menor medida en las producidas por el desgaste de los frenos y de los neumáticos de los vehículos así como la fracción debida a la erosión del pavimento).

Varios trabajos de campo realizados sobre esta actividad muestran que las calles, carreteras, autopistas así como los viales de polígonos industriales y fábricas pueden ser fuentes de emisión de partículas muy importantes en su entorno, especialmente si reciben aportaciones de materiales sólidos, polvo o barro desde actividades de construcción próximas al vial en cuestión o si se produce deposición de polvo procedente de la acción erosiva del viento o del agua en zonas sin estabilizar próximas al vial (o no tan próximas) o por derrame de materiales sólidos transportados por vehículos o camiones o por arrastre de sólidos por los mismos vehículos desde viales o superficies no pavimentados o bien si se añaden sales para prevenir la formación de hielo en invierno.

La metodología de cálculo propuesta es aplicable a cualquier vial o superficie pavimentada de cualquier actividad industrial o asimilable, especialmente aquellas que presentan un elevado movimiento de vehículos y camiones, como por ejemplo:

- Actividades de almacenamiento, manipulación y expedición de productos pulverulentos (cemento, carbón, sales minerales...)
- Actividades extractivas de productos minerales.
- Fábricas de cemento.
- Acerías.
- Fundiciones.
- Plantas de preparación de hormigón.
- Plantas asfálticas.
- Fabricas de Cerámica.
- Fabricas de Vidrio.
- Entornos de actividades de construcción y demolición: viales de obras públicas o privadas.
- Calles y viales pavimentados de polígonos industriales.
- Calles y viales pavimentados de circulación en áreas urbanas, suburbanas o rurales.
- Zonas de aparcamiento de vehículos y camiones.
- Y en general también es aplicable a cualquier vial o superficie pavimentada, sea cual sea su ubicación, que esté sometido a tráfico de vehículos y que se deba tener en consideración.

3. Descripción de las emisiones características de la actividad.

Esta actividad genera emisiones fugitivas de partículas. Las partículas emitidas presentan diversos tamaños; se consideran las PST, PM₁₀ y PM_{2,5}

4. Metodología de cálculo de las emisiones

4.1. Análisis de las diferentes metodologías. Factores de emisión propuestos por las bibliografías más relevantes del sector

La principal metodología de cálculo existente para estimar las emisiones fugitivas de partículas por resuspensión de los materiales sólidos depositados en el suelo es la propuesta en el capítulo 13.2.1 de la U.S. EPA AP-42 5ª Edición, la cual se encuentra actualmente en fase de revisión en lo que respecta los factores de emisión de las PM_{2,5} tal y como se explica en el borrador de revisión de la misma de 22/3/2006 (*los links están disponibles en el apartado de bibliografía*).

En la metodología EMEP/CORINAIR "Emission Inventory Guidebook", 3ª Edición, del 31 de diciembre de 2005, no se considera esta fuente de emisión.

Vale la pena detenerse a considerar las críticas que últimamente se han realizado a este método de cálculo de la AP-42 de la EPA de emisiones fugitivas: Según se expone en el apartado 5.2 de conclusiones del antes mencionado documento *"Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research"*. May, 2000 prepared by John G. Watson and Judith C. Chow. Desert Research Institute" y en *"Reconciling Fugitive Dust Emission Inventories with Ambient Measurements"*. Richard Countess. Countess Environmental" que recoge los avances realizados desde que varios autores presentaron una serie de recomendaciones en la 10ª Conferencia anual de la USEPA sobre inventarios de emisiones en Mayo de 2001, para reconciliar las discrepancias detectadas entre los inventarios de emisiones y los niveles de inmisión en la atmósfera.

Los estudios antes mencionados muestran que los inventarios de emisiones tienden a sobreestimar las emisiones fugitivas de partículas, especialmente si se correlacionan con la fracción geológica detectada en los niveles de inmisión de PM₁₀ y PM_{2,5} de influencia. *Por ejemplo*

se han dado casos en que mientras los estudios de caracterización de origen indicaban que las emisiones de partículas fugitivas de origen geológico representan en un 50% de las PM_{10} , los inventarios de emisiones les atribuían hasta un 90% del total de las emisiones primarias de partículas PM_{10} y para las $PM_{2,5}$ se daban casos en que mientras en los inventarios las emisiones fugitivas de partículas contribuían en un 70% o mas de las emisiones primarias de partículas $PM_{2,5}$, en cambio en los modelos de receptor se constataba una contribución notablemente inferior de la fracción geológica: entre el 2 y el 25% según la zona, lo cual indica claramente que había una discrepancia notable entre los inventarios y los niveles de inmisión. Se ha sugerido que las emisiones fugitivas “reales” de partículas son entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{3}$ (o mas) mas bajas que las estimadas con la AP-42 de la EPA.

Uno de los principales motivos que explican este desfase se debe al hecho de que no todas las partículas inicialmente emitidas (resuspendidas) desde la fuente, son partículas que acaban siendo realmente transportadas por la atmósfera hacia las zonas vecinas, ya que un porcentaje muy elevado (entre el 60 y el 90%) de las partículas fugitivas inicialmente emitidas por estas fuentes permanecen confinadas en una zona bastante reducida que está comprendida entre 1 y 2 metros por encima del nivel del suelo. Estas partículas acaban depositándose en el suelo bien por sedimentación a causa de la gravedad o bien por impacto con estructuras verticales próximas (edificios, contenedores, vegetación, muros,...) en un intervalo de tiempo corto de unos pocos minutos desde su resuspensión.

Tradicionalmente se había abordado este problema dividiendo arbitrariamente por 4 las emisiones fugitivas de partículas y sin embargo en ocasiones esta corrección aun resultaba insuficiente. Recientemente han aparecido nuevos estudios sobre este tema, en los que se introduce el concepto de la fracción transportable de partículas. La fracción transportable se define como la porción de las partículas emitidas inicialmente (las calculadas con el método AP-42 EPA) que escaparía de las proximidades de la fuente de emisión (vial o superficie no pavimentado) y permanecería en suspensión en el aire el tiempo suficiente como para poder ser transportada y incidir en los niveles de inmisión de las zonas vecinas.

La fracción transportable varía en función de la altura a la que se produce la emisión de las partículas y del entorno de la misma (tipo de vegetación, grado de urbanización,...) ya que ambos influyen en la eficacia de los mecanismos de eliminación o deposición de partículas (impacto con estructuras verticales, sedimentación por gravedad).

En los estudios “Reconciling Fugitive Dust Emission Inventories with Ambient Measurements”. Richard Countess. Countess Environmental y “*Evaluating the Contribution of PM_{2,5} Precursor Gases and Re-entrained Road Emissions to Mobile Source PM_{2,5} Particulate Matter Emissions*” prepared by MACTEC Under Contract to the Federal Highway Administration. W.H.Hodan and W.R.Barnard. MACTEC Federal Programs. Research Triangle Park., se propone una serie de valores para la fracción transportable diferenciados en función del tipo entorno de la fuente de emisión (urbano, agrícola, forestal, descampados,...). Son precisamente estos valores los que se han introducido en el apartado 4.2.2 de este documento.

Así pues, por todos los motivos anteriormente expuestos, se recomienda encarecidamente aplicar la corrección de los valores de emisiones de partículas fugitivas obtenidos con la AP-42 mediante estos valores individualizados de la fracción transportable, para obtener estimaciones de emisiones fugitivas de partículas que se puedan ajustar lo mejor posible a la incidencia real de estas fuentes de emisión sobre los niveles de inmisión de su entorno.

4.2. Metodología seleccionada.

4.2.1.Descripción.

El objetivo principal es cuantificar las emisiones fugitivas de partículas producidas por la por resuspensión del material sólido depositado en el suelo a causa del tráfico rodado por viales o superficies pavimentadas. Para ello se propone utilizar la metodología expuesta en el capítulo 13.2.1 de la U.S. EPA AP-42 5ª edición ya corregida con los nuevos factores de emisión para PM_{2,5} propuestos por la misma EPA en el borrador de revisión de 22/3/06. (*aunque habrá que esperar a que finalice período de comentarios el 16/6/06 y se disponga de la versión final del documento para confirmarlos*).

También se propone una alternativa para obtener el factor de emisión para las PM_{2,5} a partir del factor de emisión de las PM₁₀ basada en las conclusiones del estudio “Examination of the multiplier used to estimate fugitive dust emissions from PM₁₀. Thompson G.Pace, U.S, EPA”.

El método propuesto está pensado inicialmente para vehículos que circulan a velocidad constante y no contempla el tráfico con arrancadas y paradas de vehículos pero si se aplica a estos casos

entonces aumenta la incertidumbre del resultado según se expone en el apartado 6 de este documento.

En la metodología seleccionada no se incluyen las partículas emitidas por el tubo de escape de los vehículos ni tampoco las producidas por el desgaste de los frenos o los neumáticos. Como complemento, en el Apartado 4.2.3 de este documento se ofrece la posibilidad de hacer una cálculo aproximado del orden de magnitud de las emisiones generadas por el desgaste de los frenos, por el desgaste de los neumáticos y también de determinar la contribución debida a la erosión del mismo pavimento respecto del total de las emisiones de partículas debidas a la resuspensión del material sólido depositado en el suelo. Las emisiones de los vehículos producidas por los tubos de escape es objeto de otro estudio.

Para establecer la eficacia de algunas medidas correctoras no incluidas en el documento final de la EPA se han tenido en cuenta las eficacias propuestas en el libro *“Fugitive dust control technology, J.A. Orlemann, T.J. Kalman... Ohio Environmental Protection Agency Office of Air Pollution Control Columbus Ohio”*. Noyes Data Corporation. 1983 y también en *“Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research”*. May, 2000 prepared by John G. Watson and Judith C. Chow. Desert Research Institute”

Tal y como se ha expuesto ene. apartado 4.1 anterior se recomienda encarecidamente aplicar la corrección de los valores de emisiones de partículas fugitivas obtenidos con el método de la AP-42 con los valores de la fracción transportable expuestos en el apartado 4.2.2 de este documento, de manera que se puedan obtener estimaciones de emisiones fugitivas de partículas que se ajusten lo mejor posible a la incidencia real de estas fuentes de emisión sobre los niveles de inmisión de su entorno.

4.2.2. Cálculo de emisiones y selección de factores de emisión.

A continuación se expone la metodología seleccionada para el cálculo de emisiones fugitivas de partículas por resuspensión del suelo por el tráfico de vehículos por viales y superficies pavimentadas

El objetivo de este documento es facilitar el cálculo, en toneladas anuales, de las emisiones fugitivas de partículas a la atmósfera tanto para el caso de las PST como para las PM₁₀ y las PM_{2,5}

Consideraciones previas:

- El conjunto de todos los viales y superficies pavimentadas de una actividad se puede dividir en uno o más tramos las emisiones fugitivas de partículas de los cuales se calcularan por separado.
- Se entiende por tramo cada uno de los subconjuntos de viales o superficies pavimentados que presente un factor de emisión propio o una intensidad de circulación de vehículos propia.

4.2.2.1. Datos de partida:

- **Longitud del tramo:** la longitud de cada uno de los diferentes trayectos recorridos por los vehículos por viales y superficies pavimentados: (km)
- **Número de vehículos:** que circulan por el tramo: (vehículos/año)
- **W :** peso promedio de todos los vehículos que circulan por el tramo: (toneladas). Es importante resaltar que se trata del peso promedio de TODOS los vehículos que circulan por el vial. Por ejemplo si el 99% del tráfico corresponde a vehículos de 2 t y el 1% restante a camiones de 20 t, entonces $W = 2,2$ t. Es decir la ecuación propuesta no está pensada para obtener un factor de emisión diferenciado para cada tipo de vehículos sino que está pensada para obtener un único factor de emisión que represente a toda la flota promedio que circula por el vial.
- **P :** número de días con un mínimo de 0,254 mm. de precipitación de lluvia al año.
- **sL:** contenido de finos (material $\varnothing < 75 \mu m$) en la superficie del tramo: (gr/m²). Puede presentar variaciones estacionales como por ejemplo en el caso de añadirse sales a la carretera para prevenir la formación de hielo en invierno.
 - La mejor opción es usar datos reales del vial en cuestión (por ejemplo, para determinarlos se pueden usar los métodos expuestos en los anexos C.1 y C.2 disponibles en las direcciones electrónicas siguientes:
 - o <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c1.pdf> (muestreo)
 - o <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c2.pdf> (análisis)

- Como segunda opción, se pueden utilizar las humedades (M) propuestas por defecto de la tabla 13.2.4.1 del documento <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s02-4.pdf>) y/o los contenidos de finos (s) por defecto de la tabla 13.2.2-1 disponibles en el documento <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/> (Hay que ser conscientes que utilizar esta opción aumenta la incertidumbre del método tal y como se expone en el apartado 6)

4.2.2.2. Fórmula de cálculo del factor de emisión del tramo:

Las emisiones de cada tramo se calculan mediante el producto de tres factores: el factor de emisión de cada tramo, el número de vehículos que circula anualmente por dicho tramo y la longitud de cada tramo, de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\text{EMISIONES tramo} = (\text{FACTOR EMISIÓN tramo}) \cdot (\text{VEHÍCULOS / AÑO})_{\text{tramo}} \cdot (\text{LONGITUD})_{\text{tramo}}$$

a) Método EPA AP-42

$$(\text{FACTOR EMISIÓN tramo}) (\text{g / vehículo y km}) = k \cdot (sL / 2)^{0,65} \cdot (W / 3)^{1,5} - C$$

en que los parámetros k y C varían en función del tamaño de partícula según la tabla siguiente:

	PM _{2,5} ⁽²⁾	PM ₁₀	PST
k	0,66	4,6	24
C ⁽¹⁾	0,1005	0,1317	0,1317

⁽¹⁾ Factor corrector que contiene las emisiones de partículas debidas al tubo de escape y al desgaste de los frenos y de los neumáticos de los vehículos.

⁽²⁾ Parámetros propuestos en el documento borrador de revisión de 22/3/06 de la EPA.

Nota: Podría darse el caso de que con contenidos de finos (s) muy bajos y/o con pesos promedios de la flota de vehículos (W) reducidos, los factores de emisión sean negativos, en ese caso se asimilan a 0.

b) Alternativa para el factor de emisión de las $PM_{2,5}$

Otra opción para obtener el factor de emisión de las $PM_{2,5}$ consiste en calcular primero el factor de emisión para las PM_{10} mediante la ecuación anterior y a continuación utilizar la siguiente expresión para obtener el factor para las $PM_{2,5}$:

$$FE (PM_{2,5}) = 0,09 * FE (PM_{10})$$

de acuerdo con las conclusiones del documento "Examination of the multiplier used to estimate fugitive dust emissions from PM10. Thompson G.Pace, U.S, EPA".

4.2.2.3. Fórmulas de cálculo de las emisiones totales de partículas:

Las emisiones totales de partículas se calcularán sumando las emisiones de partículas obtenidas en cada tramo, de acuerdo con la expresión siguiente:

$$EMISIONES\ TOTALES\ (g/año) = \sum_{i=1}^n (EMISIONES\ tramo)_i$$

en que:

- i : cada uno de los tramos de viales o superficies pavimentados
- n : el número total de tramos de viales o superficies pavimentados.

I) CORRECCIÓN por EFECTO de la PRECIPITACIÓN ¹

$$(\text{EMISIONES TOTALES})_{\text{corregidas lluvia}} = (\text{EMISIONES TOTALES}) \cdot (1 - P / 1.460)$$

Esta ecuación contempla la base anual. Para emplearla en base horaria o mensual, consultar el documento de la EPA según la referencia del final.

II) OTRAS MEDIDAS CORRECTORAS ⁽¹⁾

$$(\text{EMISIONES TOTALES})_{\text{corregidas}} = (\text{EMISIONES TOTALES}^*) \cdot (1 - E / 100)$$

* También se puede aplicar a las emisiones totales corregidas por la precipitación.

En que

: la eficacia de la medida correctora.

TABLA 1. EFICACIA DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS

Medida correctora ⁽¹⁾	
Barrer o aspirar	30 – 75
Rociar con agua	30 - 80
Barrer o aspirar + rociar con agua	50 - 95

⁽¹⁾ Datos extraídos de “Fugitive dust control technology, J.A. Orlemann, T.J. Kalman... Ohio Environmental Protection Agency Office of Air Pollution Control Columbus Ohio. Noyes Data Corporation.1983 y de “Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research”. May, 2000 prepared by John G. Watson and Judith C. Chow. Desert Research Institute” .

III) FACTOR CORRECTOR POR DEPOSICIÓN (FRACCIÓN TRANSPORTABLE)⁽²⁾

$$(\text{EMISIONES TOTALES})_{\text{corregidas}} = (\text{EMISIONES TOTALES}) \cdot$$

En que:

: la fracción transportable de partículas. Este parámetro corrige el efecto de la deposición (por sedimentación o por impacto) de las partículas emitidas. Es decir refleja el porcentaje de las partículas fugitivas emitidas inicialmente desde el vial que no se depositan de nuevo en las inmediaciones del vial y que por tanto se transfieren al medio atmosférico.

TABLA 2. FRACCIÓN TRANSPORTABLE DE PARTÍCULAS

Tipo de Entorno			
	PM _{2,5} ⁽¹⁾	PM ₁₀ ⁽¹⁾	PST ⁽²⁾
Urbano	0,30 - 0,40	0,30 - 0,40	0,20 - 0,25
Cultivos agrícolas	0,85	0,85	0,55
Zonas áridas, improductivas, baldías, eriales o Zonas acuáticas	0,97	0,97	0,60
Césped, hierba o pastos	0,70	0,70	0,45
Matorrales, chaparros y vegetación poco densa.	0,30 – 0,60	0,30 – 0,60	0,20 – 0,40
Zona Forestal	0,05	0,05	0,03

⁽¹⁾ Datos extraídos de los estudios: “Reconciling Fugitive Dust Emission Inventories with Ambient Measurements”. Richard Countess. Countess Environmental”, y “Evaluating the Contribution of PM_{2,5} Precursor Gases and Re-entrained Road Emissions to Mobile Source PM_{2,5} Particulate Matter Emissions” prepared by MACTEC Under Contract to the Federal Highway Administration. W.H.Hodan and W.R.Barnard. MACTEC Federal Programs. Research Triangle Park.

⁽²⁾ Los estudios se refieren a las PM₁₀ y a las PM_{2,5}. A modo simplemente orientativo y a falta de otros datos se propone esta extrapolación para las TSP.

Si se quiere ampliar la información, en el apartado de bibliografía [al final del documento](#) se exponen las páginas web de la EPA de donde se han extraído las metodologías de cálculo propuestas. También se incluyen las páginas web con los métodos propuestos para el muestreo y análisis del contenido de finos y humedad en viales.

4.2.3. Cálculo de emisiones fugitivas de partículas por desgaste de frenos, desgaste de neumáticos y erosión del pavimento a causa del tráfico de vehículos por viales y superficies pavimentadas

Este apartado se incluye únicamente como complemento del apartado anterior por si fuese interesante obtener una primera aproximación a las contribuciones de las otras fuentes de emisiones fugitivas de partículas relacionadas con la circulación de vehículos por viales o superficies pavimentadas distintas de las producidas a la resuspensión del material sólido depositado el suelo tal y como se menciona en el apartado 2 de este documento; es decir las emisiones fugitivas de partículas producidas por el desgaste de los frenos y por el desgaste de los neumáticos, así como también se ofrece la posibilidad de determinar la contribución debida al desgaste o erosión del mismo pavimento. (Como también se ha comentado en el apartado 4.2.1 de este documento, las emisiones de los vehículos producidas por los tubos de escape son objeto de otro estudio.)

Los datos de partida y la metodología de cálculo son exactamente iguales que los expuestos en el Apartado 4.2.2 de este documento y también se pueden aplicar las mismas correcciones expuestas en su apartado 4.2.2.3.

La única diferencia estriba en los factores de emisión a aplicar. En lugar de utilizar los expuestos en el subapartado 4.2.2.2 del documento (*para resuspensión del material sólido depositado en el suelo*), hay que utilizar los aquí expuestos para desgaste de frenos y desgaste de neumáticos, sirviendo las mismas ecuaciones generales de cálculo.

Opcionalmente también se pueden utilizar los factores de emisión propuestos para la erosión del pavimento abajo expuestos, para determinar la contribución de esta causa respecto del total del material sólido resuspendido que ha sido calculado según los factores de emisión del apartado

4.2.2 anterior, ya que se supone que la erosión del pavimento está también incluida en dichos resultados.

Se desconoce el nivel de calidad de los factores de emisión propuestos, así como el tipo de pavimento considerado para establecer los factores de emisión para la erosión del pavimento. Por este motivo se propone utilizar estos factores de emisión únicamente a nivel orientativo, como modo de obtener una primera aproximación y para obtener una idea del orden de magnitud de estas fuentes de emisión y por lo tanto se han de utilizar con la debida cautela. Se desconoce si han aparecido estudios posteriores mas precisos que los aquí expuestos, en ese caso siempre es mas recomendable utilizar los factores de emisión mas representativos de nuestro caso.

Así pues como primera aproximación al problema, se propone utilizar los siguientes **factores de emisión** extraídos del **CEPMEIP** Coordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories Projections and Guidance, november 2003 disponible en: [TNO Web - CEPMEIP Database](#)

Tipo de vehículo	Desgaste de Neumáticos (mg/VKT) ⁽¹⁾			Desgaste de Frenos (mg/VKT) ⁽¹⁾	Erosión del pavimento (mg/VKT) ⁽¹⁾		
	PM _{2,5}	PM ₁₀	TSP	PM _{2,5} = PM ₁₀ = TSP	PM _{2,5}	PM ₁₀	TSP
Turismos	0	3,45	69	6	0	7,25	145
Camiones ligeros(< 3,5 t)	0	4,5	90	7,5	0	9,5	190
Camiones pesados (> 3,5 t)	0	18,6	371,25	32,25	0	26,9	738

⁽¹⁾ (mg/VKT): mg de partículas emitidas por cada vehículo que circula y por cada kilómetro recorrido por dicho vehículo.

Tal como se ha dicho anteriormente la metodología de cálculo es idéntica a la propuesta en el apartado 4.2.2, a continuación únicamente se transcribe la ecuación principal:

$$\text{EMISIONES tramo} = (\text{FACTOR EMISIÓN tramo}) \cdot (\text{VEHÍCULOS/AÑO})_{\text{tramo}} \cdot (\text{LONGITUD})_{\text{tramo}}$$

4.3. Comparación con la metodología del MMA.

No se tiene constancia de que haya metodología propuesta al respecto

5. Variables de actividad.

5.1. Resumen de las variables de actividad a emplear (de acuerdo con la metodología seleccionada).

La cantidad de polvo (partículas) emitido por un segmento dado de un vial no pavimentado varía linealmente con el volumen de tráfico que soporta y con la longitud del mismo.

- **Número de vehículos** que circulan por el vial no pavimentado al año (*en vehículos / año*).
- **Longitud del vial pavimentado** (o la trayectoria de los vehículos en el caso de superficies) (*en km*).
- **W**: peso medio de todos los vehículos que circulan por el vial (*en t*).
- **sL**: contenido de finos (materiales de $\varnothing < 75 \mu\text{m}$) en la superficie del tramo (*en gr/m²*)
- **P**: número de días al año con un mínimo de 0,254 mm. de precipitación de lluvia.

5.2. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Criterios de selección de las fuentes de datos.

- Datos obtenidos de las empresas o actividades: contajes de vehículos, estimaciones de volumen de vehículos en función de la producción o consumo de materias primas de la empresa, etc. peso promedio vehículos en función de la tipología, tara y carga de los camiones o vehículos implicados...
- Datos de campo obtenidos por contaje directo de vehículos
- Estadísticas oficiales, de agrupaciones industriales, gremios,...
- Estudios de movilidad: IMD,...

6. Incertidumbre.

En la tabla siguiente se expone el rango de aplicación de la metodología propuesta para calcular los factores de emisión fugitiva de partículas:

TABLA 3. RANGO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA CALCULAR LOS FACTORES DE EMISIÓN FUGITIVA DE PARTÍCULAS

Factor de emisión para	(sL) Contenido de finos (g/m ²)	(W) Peso medio vehículos (t)	(V) Velocidad media vehículos (Km/h)
Viales pavimentados	0,03 – 400	1,3 - 38	16 - 88

Si los parámetros reales de nuestro caso se encuentran dentro del rango contemplado en la tabla anterior (extraída de la pagina 13.2.1-5 de la EPA) entonces los factores de emisión para las PST, PM₁₀ tienen un nivel de calidad A y un nivel de calidad B para las PM_{2,5}

Para mantener el nivel de calidad de los factores de emisión antes expuestos, se recomienda encarecidamente determinar los valores de sL específicos del vial en estudio con los métodos de muestreo y análisis propuestos al final del apartado 4.2.2. Si se utilizan los valores de sL por defecto propuestos en la tabla 13.2.1-3 de la EPA o similares entonces se han de reducir los niveles de calidad de los factores de emisión en 2 letras o grados.

La aplicación del método a viales o superficies pavimentadas con parámetros fuera del rango aumenta el nivel de incertidumbre igual que si se aplica a viales con velocidades medias de vehículos inferiores a 16 km/h o bien a viales en que los vehículos que no circulen a velocidad constante es decir aquellos que presentan un tráfico que implica paradas y arranques.

Igualmente si se utiliza la corrección por efecto de la lluvia propuesta en el apartado 4.2.2.3 de este documento los niveles de calidad se han de rebajar 1 grado (1 letra) respecto de los niveles de las ecuaciones de los factores de emisión expuestos anteriormente.

No se tiene constancia de que la EPA asigne algún margen de error a sus factores de emisión. A falta de mas datos y teniendo en cuenta que se da una cierta similitud entre los criterios utilizados por la EPA i el Corinair para definir las calidades de los factores de emisión A B C..., se propone como alternativa utilizar los márgenes de error propuestos por el Corinair para disponer de una primera aproximación muy simple a un cierto margen de error para los factores de emisión que pueda servir de orientación. En este caso Los márgenes de error típicos para los factores de emisión de la metodología Corinair según consta en la página GPG-29 del documento “*Good Practice for CLRTAP Emisión Inventories. Emission Inventory Guidebook, de 24 de junio de 2004*”, son los siguientes:

TABLA 4. MARGEN DE ERROR TÍPICO DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Calidad del factor de emisión	Margen de error típico
A	10 a 30 %
B	20 a 60 %
C	50 a 150 %
D	100 a 300 %
E	Orden de magnitud

7. Bibliografía

Para más información al respecto, se pueden consultar las direcciones siguientes:

≠ **Tráfico rodado de vehículos y maquinaria por caminos pavimentados** (capítulo 13.2.1)

- Documento final:

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0201.pdf>

- Borrador de revisión del documento final de 22/3/06:

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/draft/d13s0201.pdf>

≠ **Métodos de muestreo de campo y de análisis de laboratorio para calcular el contenido de finos (sL) y la humedad (M)**

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c1.pdf> (apéndice C.1: muestreo)

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c2.pdf> (apéndice C.2: análisis)

CAPÍTULO 4

GUÍA DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA DEBIDAS A LA RESUSPENSIÓN DEL SUELO POR EL TRÁFICO DE VEHÍCULOS POR VIALES Y SUPERFICIES NO PAVIMENTADAS

ÍNDICE

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.	1
2. Descripción de la actividad (ámbito de aplicación)	1
3. Descripción de las emisiones características de la actividad.	2
4. Metodología de cálculo de las emisiones	2
4.1. Análisis de las diferentes metodologías. Factores de emisión propuestos por las bibliografías más relevantes del sector	2
4.2. Metodología seleccionada.	5
4.2.1. Descripción.	5
4.2.2. Cálculo de las emisiones y selección de factores de emisión.	6
5. Bibliografía	16

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Rango de aplicación de la metodología propuesta para calcular los factores de emisión fugitiva de partículas	14
TABLA 2. Margen de error típico de los factores de emisión.....	15
TABLA 3. Eficacia de las medidas correctoras	11
TABLA 4. Fracción transportable de partículas	12

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.

AREA (o LINEAL): se trata de viales o superficies no pavimentadas por donde circulan vehículos, camiones o maquinaria. Las emisiones fugitivas de partículas se producen a lo largo de todo el vial o carretera.

2. Descripción de la actividad (ámbito de aplicación)

Esta actividad genera emisiones fugitivas de partículas por resuspensión del suelo a causa de la circulación de vehículos, camiones o maquinaria por viales o superficies no pavimentadas.

Cuando un vehículo circula por un vial no pavimentado, la acción de las ruedas sobre la superficie del vial produce la pulverización del material de la superficie. Las partículas allí presentes se elevan y caen por acción del giro de las ruedas y además la superficie del vial se ve expuesta a turbulencias debidas a las fuertes corrientes de aire que se generan por la circulación de los vehículos, la estela turbulenta de las cuales sigue actuando sobre la superficie del vial durante cierto tiempo después de que el vehículo haya pasado.

La metodología de cálculo propuesta es aplicable a cualquier vial o superficie no pavimentada de cualquier actividad industrial o asimilable, especialmente aquellas que presentan un elevado movimiento de vehículos o camiones, como por ejemplo:

- Actividades de almacenamiento, manipulación y expedición de productos pulverulentos (cemento, carbón, sales minerales...)
- Actividades extractivas de productos minerales.
- Fábricas de cemento.
- Acerías.
- Fundiciones.
- Plantas de preparación de hormigón.
- Plantas asfálticas.

- Fabricas de Cerámica.
- Fabricas de Vidrio.
- Entornos de actividades de construcción y demolición: viales no pavimentados de obras públicas o privadas.
- Calles y viales no pavimentados de polígonos industriales.
- Calles y viales no pavimentados de circulación en áreas urbanas, suburbanas o rurales.
- Descampados y zonas de aparcamiento de vehículos y camiones.
- Y en general, es aplicable a cualquier vial o superficie no pavimentada, sea cual sea su ubicación, que esté sometido a tráfico de vehículos y que se deba tener en consideración.

3. Descripción de las emisiones características de la actividad.

Esta actividad genera emisiones fugitivas de partículas. Las partículas emitidas presentan diversos tamaños; se consideran las PST, PM₁₀ y PM_{2,5}

4. Metodología de cálculo de las emisiones

Se consieran todos los contaminantes susceptibles de ser emitidos en la actividad incluidos en la lista de contaminantes aprobada por el grupo de Inventarios del V Seminario de Calidad del Aire para la realización de Inventarios de emisiones a la atmósfera.

4.1. Análisis de las diferentes metodologías. Factores de emisión propuestos por las bibliografías más relevantes del sector

La principal metodología de cálculo existente para estimar las emisiones fugitivas de partículas por resuspensión de los materiales sólidos depositados en el suelo es la propuesta en el capítulo 13.2.2 de la U.S. EPA AP-42 5ª Edición, la cual se encuentra actualmente en fase de revisión en lo que respecta los factores de emisión de las PM_{2,5} tal y como se explica en el borrador de revisión de la misma de 22/3/2006 (los links están disponibles en el apartado de bibliografía al final del documento).

En la metodología EMEP/CORINAIR “Emission Inventory Guidebook”, 3ª Edición, del 31 de diciembre de 2005, no se considera esta fuente de emisión.

Vale la pena detenerse a considerar las críticas que últimamente se han realizado a este método de cálculo de la AP-42 de la EPA de emisiones fugitivas: Según se expone en el apartado 5.2 de conclusiones del antes mencionado documento *“Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research”*. May, 2000 prepared by John G. Watson and Judith C. Chow. Desert Research Institute” y en *“Reconciling Fugitive Dust Emission Inventories with Ambient Measurements”*. Richard Countess. Countess Environmental” que recoge los avances realizados desde que varios autores presentaron una serie de recomendaciones en la 10ª Conferencia anual de la USEPA sobre inventarios de emisiones en Mayo de 2001, para reconciliar las discrepancias detectadas entre los inventarios de emisiones y los niveles de inmisión en la atmósfera.

Los estudios antes mencionados muestran que los inventarios de emisiones tienden a sobreestimar las emisiones fugitivas de partículas, especialmente si se correlacionan con la fracción geológica detectada en los niveles de inmisión de PM_{10} y $PM_{2,5}$ de influencia. *Por ejemplo se han dado casos en que mientras los estudios de caracterización de origen indicaban que las emisiones de partículas fugitivas de origen geológico representan en un 50% de las PM_{10} , los inventarios de emisiones les atribuían hasta un 90% del total de las emisiones primarias de partículas PM_{10} y para las $PM_{2,5}$ se daban casos en que mientras en los inventarios las emisiones fugitivas de partículas contribuían en un 70% o mas de las emisiones primarias de partículas $PM_{2,5}$, en cambio en los modelos de receptor se constataba una contribución notablemente inferior de la fracción geológica: entre el 2 y el 25% según la zona, lo cual indica claramente que había una discrepancia notable entre los inventarios y los niveles de inmisión. Se ha sugerido que las emisiones fugitivas “reales” de partículas son entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{3}$ (o mas) mas bajas que las estimadas con la AP-42 de la EPA.*

Uno de los principales motivos que explican este desfase se debe al hecho de que no todas las partículas inicialmente emitidas (resuspendidas) desde la fuente, son partículas que acaban siendo realmente transportadas por la atmósfera hacia las zonas vecinas, ya que un porcentaje muy elevado (entre el 60 y el 90%) de las partículas fugitivas inicialmente emitidas por estas fuentes permanecen confinadas en una zona bastante reducida que está comprendida entre 1 y 2 metros por encima del nivel del suelo. Estas partículas acaban depositándose en el suelo bien por sedimentación a causa de la gravedad o bien por impacto con estructuras verticales próximas

(edificios, contenedores, vegetación, muros,...) en un intervalo de tiempo corto de unos pocos minutos desde su resuspensión.

Tradicionalmente se había abordado este problema dividiendo arbitrariamente por 4 las emisiones fugitivas de partículas y sin embargo en ocasiones esta corrección aun resultaba insuficiente. Recientemente han aparecido nuevos estudios sobre este tema, en los que se introduce el concepto de la fracción transportable de partículas. La fracción transportable se define como la porción de las partículas emitidas inicialmente (las calculadas con el método AP-42 EPA) que escaparía de las proximidades de la fuente de emisión (vial o superficie no pavimentado) y permanecería en suspensión en el aire el tiempo suficiente como para poder ser transportada y incidir en los niveles de inmisión de las zonas vecinas.

La fracción transportable varía en función de la altura a la que se produce la emisión de las partículas y del entorno de la misma (tipo de vegetación, grado de urbanización,...) ya que ambos influyen en la eficacia de los mecanismos de eliminación o deposición de partículas (impacto con estructuras verticales, sedimentación por gravedad).

En los estudios "Reconciling Fugitive Dust Emission Inventories with Ambient Measurements". Richard Countess. Countess Environmental y *"Evaluating the Contribution of PM_{2,5} Precursor Gases and Re-entrained Road Emissions to Mobile Source PM_{2,5} Particulate Matter Emissions"* prepared by MACTEC Under Contract to the Federal Highway Administration. W.H.Hodan and W.R.Barnard. MACTEC Federal Programs. Research Triangle Park., se propone una serie de valores para la fracción transportable diferenciados en función del tipo entorno de la fuente de emisión (urbano, agrícola, forestal, descampados,...). Son precisamente estos valores los que se han introducido en el punto IV del subapartado 4.2.2.3 de este documento.

Así pues, por todos los motivos anteriormente expuestos, se recomienda encarecidamente aplicar la corrección de los valores de emisiones de partículas fugitivas obtenidos con la AP-42 mediante estos valores individualizados de la fracción transportable, para obtener estimaciones de emisiones fugitivas de partículas que se puedan ajustar lo mejor posible a la incidencia real de estas fuentes de emisión sobre los niveles de inmisión de su entorno.

4.2. Metodología seleccionada.

4.2.1. Descripción.

El objetivo principal es cuantificar las emisiones fugitivas de partículas producidas por la por resuspensión del material sólido depositado en el suelo a causa del tráfico rodado por viales o superficies pavimentadas. Para ello se propone utilizar la metodología expuesta en el **capítulo 13.2.2 de la U.S. EPA AP-42 5ª edición ya corregida con los nuevos factores de emisión para PM_{2,5} propuestos** por la misma EPA **en el borrador de revisión de 22/3/06.** *(aunque habrá que esperar a que finalice período de comentarios el 16/6/06 y se disponga de la versión final del documento para confirmarlos).*

También se propone una alternativa para obtener el factor de emisión para las PM_{2,5} a partir del factor de emisión de las PM₁₀ basada en las conclusiones del estudio “Examination of the multiplier used to estimate fugitive dust emissions from PM10. Thompson G.Pace, U.S, EPA”.

La metodología de cálculo del factor de emisión propuesta a continuación contempla dos variantes según el tipo de vial o superficie no pavimentada, así se distingue entre viales y superficies no pavimentadas de actividades o zonas industriales, es decir con predominio del tráfico rodado de vehículos pesados (> 3,5 t) (ver el punto a1 del subapartado 4.2.2.2 del documento) y los viales y superficies no pavimentadas con predominio del tráfico rodado de turismos y camiones ligeros (< 3,5 t) (ver el punto a2 del subapartado 4.2.2.2 del documento), para el cálculo de este caso se requiere una variable mas que en el de zonas industriales, como es la velocidad promedio de los vehículos.

Para establecer la eficacia de algunas medidas correctoras no incluidas en el documento final de la EPA se han tenido en cuenta las eficacias propuestas en el libro “*Fugitive dust control technology*, J.A. Orlemann, T.J. Kalman... Ohio Environmental Protection Agency Office of Air Pollution Control Columbus Ohio”. Noyes Data Corporation. 1983 y también en “*Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research*”. May, 2000 prepared by John G. Watson and Judith C. Chow. Desert Research Institute”

Tal y como se ha expuesto en el apartado 4.1 anterior se recomienda encarecidamente aplicar la corrección de los valores de emisiones de partículas fugitivas obtenidos con el método de la AP-

42 con los valores de la fracción transportable expuestos en el punto IV del subapartado 4.2.2.3 de este documento, de manera que se puedan obtener estimaciones de emisiones fugitivas de partículas que se ajusten lo mejor posible a la incidencia real de estas fuentes de emisión sobre los niveles de inmisión de su entorno.

Las emisiones fugitivas de partículas producidas por la acción de las ráfagas intensas de viento sobre las superficies y viales no pavimentados cuando no hay circulación de vehículos, no están incluidas pero se pueden calcular utilizando la metodología expuesta en el Capítulo 13.2.5 de la EPA AP-42 disponible en: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s02-5.pdf>. (que también se encuentra actualmente en fase de revisión respecto de los factores de emisión para PM_{2,5} según el borrador de 22/3/06).

4.2.2. Cálculo de las emisiones y selección de factores de emisión.

A continuación se expone la metodología seleccionada para calcular de emisiones fugitivas de partículas por resuspensión del suelo por el tráfico de vehículos por viales y superficies no pavimentadas.

El objetivo de este documento es facilitar el cálculo, en toneladas anuales, de las emisiones fugitivas de partículas a la atmósfera tanto para el caso de las PST como para las PM₁₀ y las PM_{2,5}

Consideraciones previas:

- ≠ El conjunto de todos los viales y superficies no pavimentadas de una actividad se puede dividir en uno o más tramos.
- ≠ Se entiende por tramo cada uno de los subconjuntos de los viales o superficies no pavimentadas de la actividad que requiera un factor de emisión propio, o bien presente una intensidad de circulación de vehículos propia.

4.2.2.1. Datos de partida:

- **Longitud del tramo:** la longitud de cada uno de los distintos trayectos recorridos por los vehículos por viales y superficies no pavimentados: (km)

- **Número de vehículos:** que circulan por el tramo: (vehículos/año)
- **W:** peso medio de todos los vehículos que circulan por el tramo: (toneladas) Es importante resaltar que se trata del peso promedio de TODOS los vehículos que circulan por el vial. Por ejemplo si el 98% del tráfico corresponde a vehículos de 2 t y el 2% restante a camiones de 20 t, entonces $W = 2,4$ t. Es decir la ecuación propuesta no está pensada para obtener un factor de emisión diferenciado para cada tipo de vehículos sino que está pensada para obtener un único factor de emisión que represente a toda la flota promedio que circula por el vial.
- **P:** número de días con un mínimo de 0,254 mm.de precipitación de lluvia al año.
- **s:** contenido de finos (materiales de $\varnothing < 75 \mu\text{m}$) en la superficie del tramo: (%).
- **M:** contenido de humedad en la superficie del tramo: (%) *(sólo se utilizará en el caso de aplicar el riego como medida correctora)*
- **RM: Relación de humidificación.** Se calcula dividiendo el contenido de humedad de la superficie del vial regado por el contenido de humedad de la superficie sin regar *(al igual que M, sólo se utilizará en el caso de aplicar el riego como medida correctora)*.
- **V:** velocidad promedio de los turismos y camiones ligeros (en km/h). Esta variable sólo es necesaria en el caso de viales o superficies con predominio de turismos y camiones ligeros ($< 3,5$ t). No es necesaria en zonas industriales con predominio de camiones pesados ($> 3,5$ t)

En cuanto a los valores de s y M:

- La mejor opción es usar datos reales del vial en cuestión (por ejemplo, para determinarlos se pueden usar los métodos expuestos en los anexos C.1 y C.2 disponibles en las direcciones electrónicas siguientes:
 - o <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c1.pdf> (muestreo)
 - o <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c2.pdf> (análisis)
- Como segunda opción, se pueden utilizar las humedades (M) propuestas por defecto de la tabla 13.2.4.1 del documento <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s02-4.pdf>)

y/o los contenidos de finos (s) por defecto de la tabla 13.2.2-1 disponibles en el documento <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0202.pdf>. (Hay que ser conscientes que utilizar esta opción aumenta la incertidumbre del método tal y como se expone en el apartado 6)

4.2.2.2. Fórmula de cálculo del factor de emisión del tramo:

Las emisiones de cada tramo se calculan mediante el producto de tres factores: el factor de emisión de cada tramo, el número de vehículos que circula anualmente por dicho tramo y la longitud de cada tramo, de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\text{EMISIONES tramo} = (\text{FACTOR EMISIÓN tramo}) \cdot (\text{VEHÍCULOS / AÑO})_{\text{tramo}} \cdot (\text{LONGITUD})_{\text{tramo}}$$

a) Método EPA AP-42

a1) Viales y superficies no pavimentadas de zonas industriales (con predominio de vehículos pesados):

$$\text{FACTOR EMISIÓN tramo (g/vehículo} \cdot \text{km)} = k \cdot (s/12)^a \cdot (W/3)^b \quad (1)$$

en que los parámetros k, a y b varían en función del tamaño de partícula según la siguiente tabla:

	PM _{2,5} ⁽²⁾	PM ₁₀	PST
k	42,29	422,85	1381,31
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

⁽²⁾ Parámetros propuestos en el documento borrador de revisión de 22/3/06 de la EPA.

a2) Viales y superficies no pavimentadas con predominio de turismos y camiones ligeros (<3,5 t):

$$\text{FACTOR EMISIÓN tramo (g/vehículo \cdot km)} = k \cdot \frac{(s/12)^a \cdot (V/48)^d}{(M/0,5)^c} \cdot C^{(1)}$$

en que los parámetros $C^{(1)}$, k , a , c y d varían en función del tamaño de partícula según la siguiente tabla:

	$PM_{2,5}^{(2)}$	PM_{10}	PST
k	50,74	507,42	1691,4
a	1	1	1
c	0,2	0,2	0,3
d	0,5	0,5	0,3
$C^{(1)}$	0,10148	0,13249	0,13249

⁽¹⁾ Factor corrector que contiene las emisiones de partículas debidas al tubo de escape y al desgaste de los frenos y de los neumáticos de los vehículos.

⁽²⁾ Parámetros propuestos en el documento borrador de revisión de 22/3/06 de la EPA.

b) Alternativa para el factor de emisión de las $PM_{2,5}$

Otra opción para obtener el factor de emisión de las $PM_{2,5}$ consiste en calcular primero el factor de emisión para las PM_{10} mediante la ecuación anterior y a continuación utilizar la siguiente expresión para obtener el factor para las $PM_{2,5}$:

$$FE (PM_{2,5}) = 0,09 \cdot FE (PM_{10})$$

de acuerdo con las conclusiones del documento "Examination of the multiplier used to estimate fugitive dust emissions from PM10. Thompson G.Pace, U.S, EPA"

4.2.2.3. Fórmulas de cálculo de las emisiones totales de partículas:

Las emisiones totales de partículas se calcularán sumando las emisiones de partículas obtenidas en cada tramo, de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\text{EMISIONES TOTALES} = \sum_{i=1}^n (\text{EMISIONES tramo})_i$$

en que:

$\left\{ \begin{array}{l} i: \text{ cada uno de los tramos de viales o superficies no pavimentadas} \\ n: \text{ el número total de tramos de viales o superficies no pavimentadas.} \end{array} \right.$

I) CORRECCIÓN por EFECTO de la PRECIPITACIÓN

$$(\text{EMISIONES TOTALES})_{\text{corregidas precipitación}} = (\text{EMISIONES TOTALES}) \cdot (1 - P / 365)$$

II) CORRECCIÓN por EFECTO del RIEGO con AGUA

$$(\text{EMISIONES TOTALES})_{\text{corregidas riego}} = (\text{EMISIONES TOTALES} *) \cdot (1 - \text{RM} / 100)$$

* También se puede aplicar a las emisiones totales corregidas por la precipitación.

en que:

RM : es el factor corrector de la eficacia del riego. Se calcula en función de la **Relación de humidificación (RM)**, según los valores de la tabla siguiente:

Si : RM m1	= 0
Si : 1 < RM m2	= 75 • RM - 75
Si : RM > 2	= 61,67 + 6,67 • RM

III) OTRAS MEDIDAS CORRECTORAS DISTINTAS del RIEGO con AGUA (1)

$$(\text{EMISIONES TOTALES})_{\text{corregidas}} = (\text{EMISIONES TOTALES}) \cdot (1 - \text{eficacia}) / 100$$

En que:

: **eficacia de la medida correctora**

TABLA 1. EFICACIA DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS

Medida correctora	
Pavimentar	90
Pavimentar + barrer o aspirar	93 - 97,5
Pavimentar + barrer o aspirar + salpicar con agua	95 - 99,5
Agreggate (compactar??)	30
Reducir la velocidad de 65 km/h a a	
50 kmh	25
35 kmh	65
25 kmh	80

⁽¹⁾ Datos extraídos de "Fugitive dust control technology, J.A. Orlemann, T.J. Kalman... Ohio Environmental Protection Agency Office of Air Pollution Control Columbus Ohio. Noyes Data Corporation.1983 y de "Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research". May, 2000 prepared by John G. Watson and Judith C. Chow. Desert Research Institute"

IV) FACTOR CORRECTOR POR DEPOSICIÓN (FRACCIÓN TRANSPORTABLE) (2)

$$(\text{EMISIONES TOTALES})_{\text{corregidas}} = (\text{EMISIONES TOTALES}) \cdot$$

En que:

: **la fracción transportable de partículas.** Este parámetro corrige el efecto de la deposición (por sedimentación o por impacto) de las partículas emitidas. Es decir refleja el porcentaje de las partículas fugitivas emitidas inicialmente desde el vial que no se depositan de nuevo en las inmediaciones del vial y que por tanto se transfieren al medio atmosférico.

TABLA 2. FRACCIÓN TRANSPORTABLE DE PARTÍCULAS

Tipo de Entorno			
	PM _{2,5} ⁽¹⁾	PM ₁₀ ⁽¹⁾	PST ⁽²⁾
Urbano	0,30 - 0,40	0,30 - 0,40	0,20 - 0,25
Cultivos agrícolas	0,85	0,85	0,55
Zonas áridas, improductivas, baldías, eriales o Zonas acuáticas	0,97	0,97	0,60
Césped, hierba o pastos	0,70	0,70	0,45
Matorrales, chaparros y vegetación poco densa.	0,30 – 0,60	0,30 – 0,60	0,20 – 0,40
Zona Forestal	0,05	0,05	0,03

⁽¹⁾ Datos extraídos de los estudios: “Reconciling Fugitive Dust Emission Inventories with Ambient Measurements”. Richard Countess. Countess Environmental”, y “Evaluating the Contribution of PM_{2,5} Precursor Gases and Re-entrained Road Emissions to Mobile Source PM_{2,5} Particulate Matter Emissions” prepared by MACTEC Ander Contract to the Federal Highway Administration. W.H.Hodan and W.R.Barnard. MACTEC Federal Programs. Research Triangle Park.

⁽²⁾ Los estudios se refieren a las PM₁₀ y a las PM_{2,5}. A modo simplemente orientativo y a falta de otros datos se propone esta extrapolación para las TSP.

Si se quiere ampliar la información, en el apartado de referencia [al final del documento](#) se exponen las páginas web de la EPA de donde se han extraído las metodologías de cálculo propuestas. También se incluyen las páginas web con los métodos propuestos para el muestreo y análisis del contenido de finos y humedad en viales.

4.3. Comparación con la metodología del MMA.

No se tiene constancia de que haya metodología propuesta al respecto.

5. Variables de actividad.

5.1. Resumen de las variables de actividad a emplear (de acuerdo con la metodología seleccionada).

La cantidad de polvo (partículas) emitido por un segmento dado de un vial no pavimentado varía linealmente con el volumen de tráfico que soporta y con la longitud del mismo.

- **Número de vehículos** que circulan por el vial no pavimentado al año (en vehículos/año).
- **Longitud del vial** no pavimentado (o la trayectoria de los vehículos en el caso de superficies) (en km).
- **W**: peso medio de todos los vehículos que circulan por el vial (en t).
- **s**: contenido de finos (materiales de $\varnothing < 75 \mu\text{m}$) en la superficie del tramo (en %).
- **P**: número de días al año con un mínimo de 0,254 mm. de lluvia.
- **M**: contenido de humedad en la superficie del tramo (en %) y **RM**: Relación de humidificación entre el contenido de humedad de la superficie del vial regado y sin regar (estos 2 datos sólo son necesarios en caso de que se aplique el riego como medida correctora).
- **V**: velocidad promedio de los turismos y camiones ligeros (en km/h.) esta variable solo se necesita en el caso de viales o superficies con predominio de turismos y camiones ligeros (< 3,5 t). No es necesario en zonas industriales con predominio de camiones pesados (> 3,5 t).

5.2. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Criterios de selección de las fuentes de datos.

- Datos obtenidos de las empresas o actividades: contajes de vehículos, estimaciones de volumen de vehículos en función de la producción o consumo de materias primas de la empresa, etc. peso promedio vehículos en función de la tipología, tara y carga de los camiones o vehículos implicados...
- Datos de campo obtenidos por contaje directo de vehículos
- Estadísticas oficiales, de agrupaciones industriales, gremios,...
- Estudios de movilidad: IMD,...

6. Incertidumbre.

En la tabla siguiente se expone el rango de aplicación de la metodología propuesta para calcular los factores de emisión fugitiva de partículas:

TABLA 3. RANGO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA CALCULAR LOS FACTORES DE EMISIÓN FUGITIVA DE PARTÍCULAS

Factor de emisión para	(s) Contenido de finos (%)	(W) Peso medio vehículos (t)	(V) Velocidad media vehículos (Km/h)	Número promedio de ruedas vehículos	Humedad de la superficie (%)
Viales de Zonas Industriales (con predominio de vehículos pesados)	1,8 – 25,2	1,8 – 260	8 - 69	4 - 17	0,03 - 13
Viales con predominio de turismos y camiones ligeros (< 3,5 t)	1,8 – 35	1,4 – 2,7	16 - 88	4 – 4,8	0,03 - 13

Si los parámetros reales de nuestro caso se encuentran dentro del rango contemplado en la tabla anterior (extraída de la pagina 13.2.2-3 de la EPA), entonces los factores de emisión para las PST, PM₁₀ y PM_{2,5} tienen un nivel de calidad B.

Para mantener el nivel de calidad de los factores de emisión antes expuestos, se recomienda encarecidamente determinar los valores de s específicos del vial en estudio con los métodos de muestreo y análisis propuestos. Si se utilizan los valores de s_L por defecto propuestos en la tabla 13.2.2-1 de la EPA o similares entonces se han de reducir los niveles de calidad de los factores de emisión en 2 letras o grados.

Igualmente si se utiliza la corrección por efecto de la lluvia propuesta en el punto IV del subapartado 4.2.2.3 de este documento, los niveles de calidad se han de rebajar 1 grado (1 letra) respecto de los niveles de las ecuaciones de los factores de emisión expuestos anteriormente.

No se tiene constancia de que la EPA asigne algún margen de error a sus factores de emisión. A falta de mas datos y teniendo en cuenta que se da una cierta similitud entre los criterios utilizados por la EPA i el Corinair para definir las calidades de los factores de emisión A B C..., se propone como alternativa utilizar los márgenes de error propuestos por el Corinair para disponer de una primera aproximación muy simple a un cierto margen de error para los factores de emisión que pueda servir de orientación. En este caso Los márgenes de error típicos para los factores de emisión de la metodología Corinair según consta en la página GPG-29 del documento *“Good Practice for CLRTAP Emisión Inventories. Emission Inventory Guidebook, de 24 de junio de 2004”*, son los siguientes:

TABLA 4. MARGEN DE ERROR TÍPICO DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Calidad del factor de emisión	Margen de error típico
A	10 a 30 %
B	20 a 60 %
C	50 a 150 %
D	100 a 300 %
E	Orden de magnitud

7. Bibliografía

Para más información al respecto, se pueden consultar las direcciones siguientes:

≠ **Tráfico de vehículos y maquinaria por caminos no pavimentados** (capítulo 13.2.2 EPA)

- Documento final:

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0202.pdf>

- Borrador de revisión del documento final de 22/3/06:

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/draft/d13s0202.pdf>

≠ **Métodos de muestreo de campo y de análisis de laboratorio para calcular el contenido de finos (s en %) y la humedad (M en %)**

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c1.pdf> (apéndice C.1: muestreo)

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c2.pdf> (apéndice C.2: análisis)

CAPÍTULO 5

METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES EN LA FABRICACIÓN DE CEMENTO

ÍNDICE

1. Cobertura de la actividad y clasificación como fuente puntual o de área.	1
1.1. Cobertura de la actividad.....	1
1.2. Clasificación como fuente puntual o de área.....	2
2. Descripción de la actividad, procesos y técnicas.....	4
2.1. Obtención de las materias primas.	6
2.2. Recepción, almacenamiento y preparación de las materias primas y de los combustibles.....	6
2.3. Obtención del clínquer por procesamiento térmico de las materias primas.....	8
2.4. Obtención del cemento por mezcla y molturación de clínquer y materiales adicionales.....	12
2.5. Almacenamiento, empaquetado y despacho del cemento.....	13
3. Descripción de las emisiones características de la actividad.	13
3.1. Partículas.....	14
3.2. Óxidos de Nitrógeno (NO _x).	15
3.3. Óxidos de Azufre (SO _x).	16
3.4. Óxidos de carbono (CO, CO ₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV).	18
3.5. Metales y sus compuestos.	19
3.6. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF).	22
3.7. Dibenzodioxinas policloradas (PCDDs) y dibenzofuranos (PCDFs).	22
3.8. Otros contaminantes: benceno (Bz) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).	23
4. Metodologías de estimación de emisiones y elección de método.	23
4.1. Clasificación general de los métodos de estimación de emisiones.....	24
4.2. Disposiciones y acuerdos sobre mediciones y cálculos para estimación de emisiones en el sector del cemento.	31
4.3. Esquema de decisión para la elección de método de estimación.....	32
4.3.1. Elección del método preferente basado en mediciones.	36
4.3.2. Elección entre métodos preferentes: medido vs. calculado.....	37
5. Tabla general de factores de emisión y selección de factores.	38

5.1. Tabla general de factores de emisión.	38
5.2. Selección de factores de emisión.	54
5.2.1. Partículas.	54
5.2.2. NO _x	58
5.2.3. SO _x	60
5.2.4. COV, CO y CO ₂	62
5.2.5. Metales pesados.	64
5.2.6. HCl y HF.	66
5.2.7. Dioxinas y furanos.	67
5.2.8. Otros contaminantes: Bz y HAP.	68
6. Variables de actividad.	69
7. Comparación con la metodología del MMA.	71

1. Cobertura de la actividad y clasificación como fuente puntual o de área.

1.1. Cobertura de la actividad.

El objetivo de este documento es el análisis de las emisiones originadas en la producción de cemento en general, prestando especial atención, dada su gran relevancia, a las del cemento sin pulverizar (clínquer).

Atendiendo a las distintas nomenclaturas de clasificación de actividades para los inventarios de emisiones las correspondientes a la producción de cemento se encuadran según aquellas nomenclaturas de la siguiente forma:

- Procesos de combustión en hornos con contacto

Nomenclatura SNAP: 03.03.11

Nomenclatura NOSE: 104.11.02

Nomenclaturas CRF y NFR: 1A2f

- Procesos de descarbonatación

Nomenclatura SNAP: 04.06.12

Nomenclatura NOSE: 105.11.21

Nomenclaturas CRF y NFR: 2A1

Dado que no existen en las nomenclaturas citadas otras actividades específicas asignadas para recoger las emisiones de las fábricas de cemento se propone: i) incluir las emisiones de partículas derivadas de procesos mecánicos, exceptuados los relacionados con la combustión, en la actividad que recoge las emisiones de los procesos de descarbonatación, es decir, sobre la nomenclatura SNAP en la actividad 04.02.06 “Descarbonatación de cemento”, dado que se trata de una actividad no relacionada con el procesamiento de los combustibles; y ii) incorporar para las emisiones de combustión no relacionadas con los hornos, p. ej. hogares auxiliares para el secado de materias y combustibles, en la actividad SNAP 03.01.06 “Otros equipos estacionarios (de combustión)”.

Seguidamente, y como introducción a la actividad de fabricación de cemento y su cobertura en el inventario, se realiza una breve descripción del producto de la misma.

El cemento es un material pulverulento, de fina granulometría, de color grisáceo o blanco¹, constituido por compuestos inorgánicos no metálicos que, al mezclarse con agua y áridos, forma una pasta que fragua y endurece² (morteros y hormigones) para uso en actividades de construcción.

Los cementos hidráulicos comunes tipo Portland están formados básicamente por una mezcla de:

- Clínquer, formado a su vez mediante un tratamiento térmico especial sobre una mezcla previamente molturada de materias primas propias del clínquer Portland estándar, y otras materias cementicias adicionadas³, que en conjunto vienen a representar una proporción normalmente superior al 95% sobre el cemento, y de
- Yeso o anhidrita en el porcentaje restante.

El clínquer confiere al cemento sus propiedades de ligante hidráulico, mientras el yeso se utiliza para controlar las condiciones de su fraguado. Las propiedades del cemento provienen fundamentalmente de la presencia en el mismo de cristales compuestos por enlaces de óxidos de calcio, silicio, hierro y aluminio, en diferentes proporciones. Para que los enlaces entre los distintos óxidos se formen convenientemente se requiere la semifusión de los materiales que intervienen y ello se consigue alcanzando temperaturas muy altas, en torno a 1.450 °C para los materiales y 2.000 °C para los gases de combustión. Una vez que se alcanzan estas condiciones, se producen las distintas reacciones entre los óxidos presentes y se forman las moléculas complejas que confieren al cemento sus cualidades de ligante hidráulico.

1.2. Clasificación como fuente puntual o de área.

Los criterios de clasificación como fuente puntual o de área para las plantas de fabricación de clínquer y/o cemento dependen de los objetivos de los distintos inventarios y, por supuesto, de los recursos disponibles en la elaboración.

Entre los foros a los que se presenta los inventarios y las instituciones responsables de la redacción de las guías metodológicas y de las guías para informes de los inventarios cabe destacar los siguientes:

¹ La coloración del cemento es reflejo de su composición, y la diferenciación entre el gris y el blanco viene motivada por el menor contenido de hierro y manganeso en el cemento blanco. Tanto el cemento gris como el blanco son usados en aplicaciones, estructurales o no, de la construcción, si bien el cemento blanco es utilizado especialmente en aquellas aplicaciones con especiales propósitos decorativos.

² Esta propiedad da nombre a la clase de los denominados cementos hidráulicos, es decir, los que fraguan y se endurecen al mezclarse con agua.

³ Entre estos materiales adicionados, que en conjunto pueden llegar a representar hasta un 40% en el cemento, se incluyen materias tales como escorias de altos hornos, cenizas volantes de centrales térmicas o puzolanas.

- Convenio de Ginebra y Libro Guía EMEP/CORINAIR

En la guía para informes del Convenio de Ginebra sobre contaminación transfronteriza a larga distancia (documento ECE/EB.AIR/80⁴) se identifican como fuentes puntuales las plantas de producción de cemento sin pulverizar (clínquer) por la relevancia de sus emisiones de NO_x, SO_x, metales pesados y partículas en suspensión (véase tabla 1A de dicho documento).

Por su parte, el Libro Guía EMEP/CORINAIR, si bien no cita explícitamente en su parte metodológica general el sector de fabricación de cemento (clínquer), sí incluye entre las plantas a ser consideradas como fuentes puntuales aquéllas que tengan una emisión anual superior a 1.000 toneladas de cualquiera de las tres sustancias siguientes: SO_x, NO_x y compuestos orgánicos volátiles, o a 300.000 toneladas de CO₂; y además el propio Libro Guía EMEP/CORINAIR recomienda el tratamiento de las plantas de cemento (clínquer) como fuentes puntuales siempre que se disponga al respecto de información individualizada por planta.

- Comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

En la directiva 2003/87/CE, el Real Decreto Ley 5/2004 y la Ley 1/2005, que regulan el régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (con especial referencia a las emisiones de CO₂), se establece que las instalaciones de fabricación de cemento sin pulverizar (clínquer) en hornos rotatorios con una producción superior a 500 toneladas diarias serán objeto de seguimiento para la notificación de emisiones a nivel individualizado de planta (véase epígrafe 6 del Anexo I de la citada Ley)

- Prevención y control integrados de la contaminación.

En la Directiva 96/61/CE y la Ley 16/2002 se establece que las instalaciones de fabricación de cemento sin pulverizar (clínquer) en hornos rotatorios con una producción superior a 500 toneladas diarias serán objeto de seguimiento para la notificación de emisiones a nivel individualizado de planta (véase epígrafe 3.1 del Anexo I de la citada Ley).

Toda esta normativa y guías de referencia coinciden en el criterio de considerar las plantas de cemento sin pulverizar (clínquer) como fuentes puntuales. Por otra parte, a nivel local es de especial interés el seguimiento a nivel de planta de las emisiones originadas en este tipo de actividad.

En conclusión, dada la relevancia que las emisiones de las plantas de fabricación de cemento sin pulverizar (clínquer) tienen en los inventarios objeto de seguimiento por los distintos foros de interés más arriba mencionados, se considera que las citadas plantas deben tratarse como fuentes puntuales siempre que se disponga al efecto de la información correspondiente y se

⁴ Documento preparado por el grupo de trabajo sobre inventarios de emisiones y proyecciones y por la Secretaría del Convenio de Ginebra y publicado por la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas como Air Pollution Studies nº 15 "Guidelines for Estimating and Reporting Emission Data under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution".

cuenta con los recursos suficientes para realizar la estimación de emisiones que exige este planteamiento.

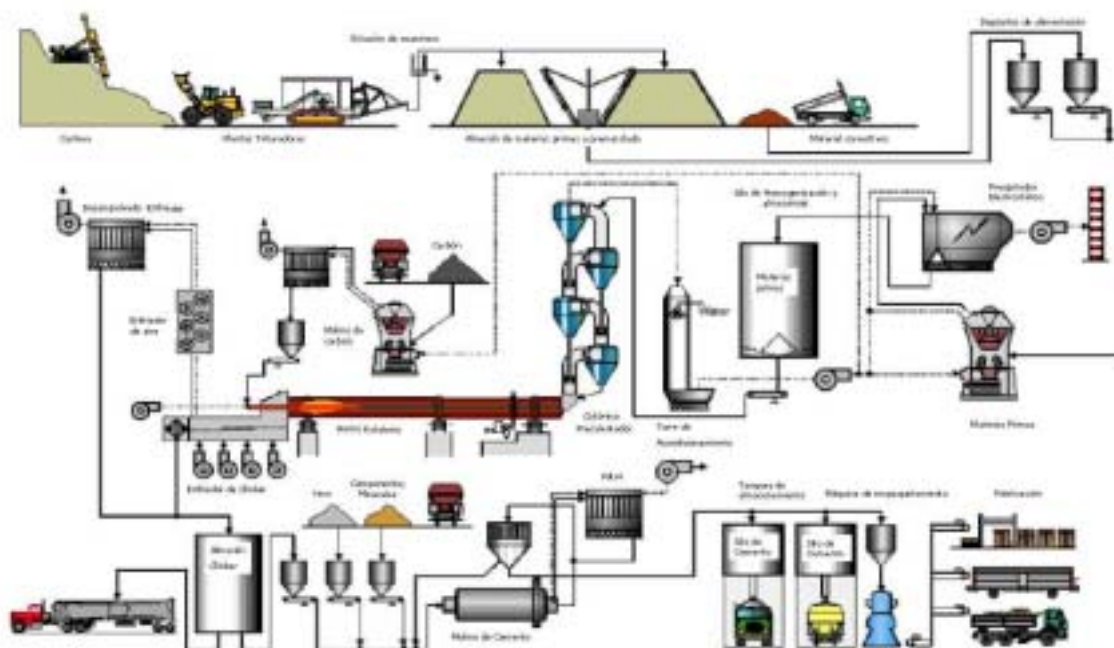
2. Descripción de la actividad, procesos y técnicas.

La fabricación del cemento es una actividad industrial de procesamiento de minerales no metálicos. En el proceso productivo integral del cemento, es decir, en el que se incluye la preparación del clínquer, y no sólo la obtención del producto final mediante mezcla de clínquer, recibido de otros centros productivos, con otros materiales adicionados, se pueden distinguir las siguientes etapas:

- 2.1 Obtención de las materias primas
- 2.2 Recepción, almacenamiento y preparación de las materias primas y combustibles
- 2.3 Obtención del clínquer por procesamiento térmico de las materias primas
- 2.4 Obtención del cemento por mezcla y molturación de clínquer y materiales adicionados
- 2.5 Almacenamiento, empaquetado y despacho del cemento

En la figura 1 se presenta el diagrama del proceso productivo, que sirve para ilustrar la secuencia arriba indicada y que serán descritas más abajo en subepígrafes específicos.

FIGURA 1. DIAGRAMA DEL PROCESO PRODUCTIVO

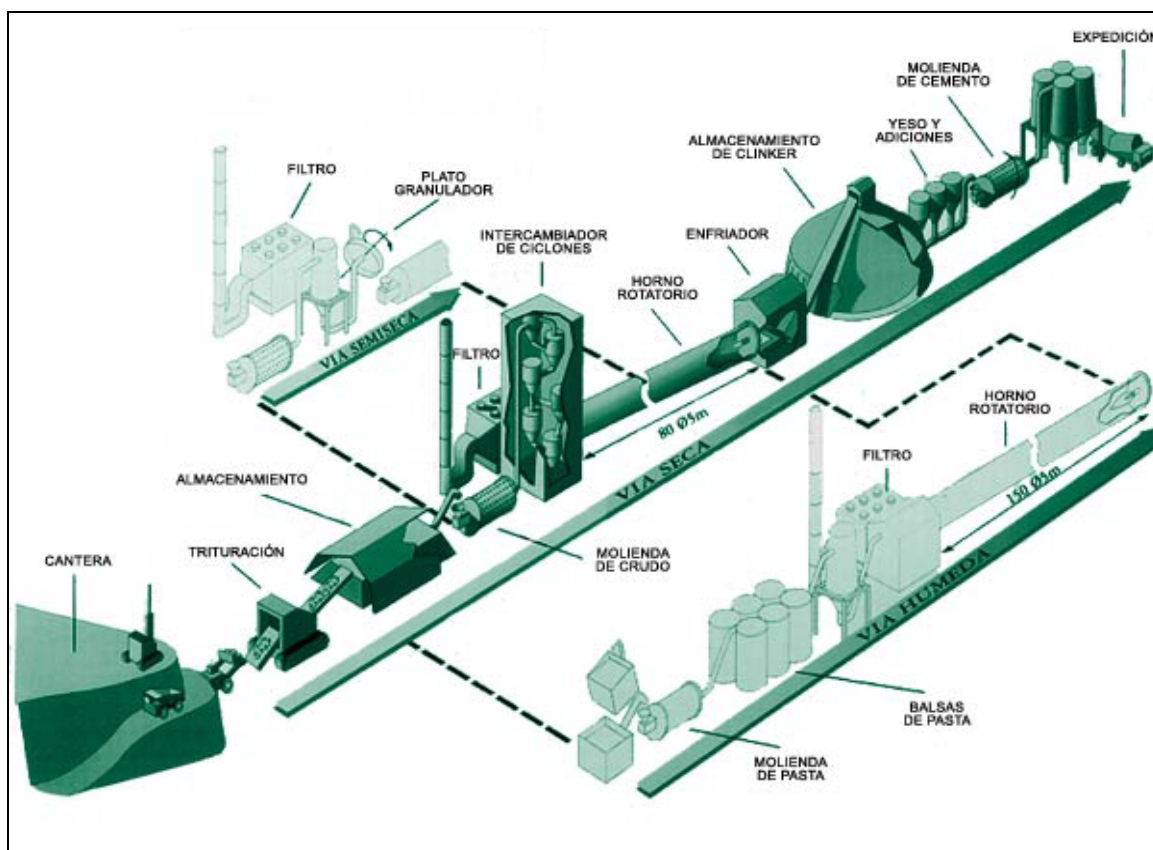


Fuente: BAT 1999.

El tratamiento previo de las materias primas, en función del grado de humedad requerido, constituye un elemento diferenciador esencial en la caracterización del proceso productivo ya que, además de condicionar, en su caso, actividades específicas de preparación de las materias antes

de su molturación, determina el tipo de horno y la eficiencia energética global del procedimiento de fabricación. La clasificación de los procesos basada en este criterio distingue 4 rutas o **vías**: i) proceso seco; ii) proceso semi-seco; iii) proceso semi-húmedo y iv) proceso húmedo⁵. En los **procesos secos** o **semi-secos** los materiales son molturados y secados, dando lugar a un material pulverulento denominado crudo o harina; posteriormente, en el proceso semi-seco, el crudo obtenido se peletiza con agua para formar, en los discos nodulares, los denominados nódulos. En los **procesos húmedo** y **semi-húmedo**, en los que se emplean materias primas con una alta concentración de agua, la molturación de la materia prima se realiza en húmedo, logrando una pasta bombeable que, en el caso del proceso semi-húmedo, pasa a tener una estructura de pellets mediante la sucesión de un proceso de decantación en filtros y de extrusión, mientras en el húmedo todo el proceso de secado y tratamiento posterior se realiza en el propio sistema del horno. En la figura 2 se muestra un diagrama ilustrativo de los tipos/vías de proceso, habiendo diferenciado la vía seca, la vía húmeda y la semiseca.

FIGURA 2. DIAGRAMA ILUSTRATIVO DE LOS TIPOS/VÍAS DE PROCESO



Fuente: Caillon Rouge / Roger Rivet, extraído de la página web de OFICEMEN.

⁵ Desde un punto de vista operativo la diferenciación entre el proceso semi-seco y el proceso semi-húmedo no tiene en general consecuencias relevantes sobre la determinación de los procedimientos de estimación de las emisiones, por lo que ambas vías podrían subsumirse en una categoría única denominada semi-seca/húmeda.

A continuación, se describe cada una de las etapas arriba enumeradas del proceso productivo, identificando las principales unidades y tratamientos desarrollados en las mismas con el objetivo de caracterizar los procesos de generación de las emisiones.

2.1. Obtención de las materias primas.

Las materias primas de base más relevantes son calizas, margas, arcillas, pizarras..., que, en conjunto, aportan los siguientes compuestos: carbonato cálcico (CaCO_3), óxido de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de hierro (Fe_2O_3). Estos materiales se extraen de canteras o minas⁶, en las que, además de las actividades propias de la extracción, tiene lugar una trituración y/o criba primaria de la materia. Cabe mencionar que, si bien estas actividades específicas de la obtención de los minerales y su tratamiento *in situ* son generadoras de materia particulada y constituyen parte del proceso integral de fabricación de cemento, se han deslindado en el tratamiento de este informe del proceso productivo específico del cemento para evitar la discriminación que supondría el considerarlas o no según estuvieran situadas o no dentro del recinto de producción de cemento.

Otros posibles constituyentes de la materia prima, como la bauxita, mineral de hierro suplementario o escorias de alto horno y ceniza volantes de centrales térmicas, se reciben en la planta provenientes de otros centros extractivos mineros o como desechos de otras actividades productivas.

2.2. Recepción, almacenamiento y preparación de las materias primas y de los combustibles.

a) Materias primas:

La materia prima ya recepcionada en la planta cementera, y tras un eventual proceso de trituración (secundaria), cuando las características de la misma así lo requieran, se dispone de la manera más propicia para facilitar un posterior acopio físico-químicamente homogéneo⁷. El tipo de almacenamiento y, en concreto, el confinamiento en instalaciones cubiertas dependerán de las condiciones climatológicas, de las características de los materiales, como su granulometría y composición⁸, y de las cantidades almacenadas. Así, por ejemplo, en caso de materiales cuyo consumo en el proceso es limitado, los sistemas habituales de almacenamiento son los silos o

⁶ Estas canteras o minas están situadas generalmente en las cercanías de la planta propiamente dicha de fabricación de cemento y, en algunos casos, pueden formar parte del propio recinto productivo.

⁷ Para asegurar una óptima condición de operación del horno y la calidad del producto es importante controlar la composición física y química de la materia prima que se incorpora al horno, factor que determina tanto la disposición en la instalación de almacenamiento como la actividad posterior de medición y distribución por granulometría de la materia prima antes de su suministro al molino.

⁸ En la composición se tiene en cuenta la eventual presencia de elementos nocivos, que pueden encontrarse por ejemplo en las cenizas volantes y otros materiales de desecho de otras actividades productivas o de consumo.

tanques, mientras los acopios masivos para consumo no inmediato pueden permanecer almacenados en espacios abiertos⁹.

La siguiente fase de este proceso comprende la homogeneización de la materia, incluyendo la reducción de la granulometría de las materias gruesas, en las instalaciones de molturación. Como ya se ha señalado más arriba, la preparación de la materia prima y obtención de una materia uniforme puede llevarse a cabo a partir de cuatro vías (proceso seco, semiseco, semihúmedo o húmedo), según la cantidad de agua presente en el material procesado, controlada mediante la adición de agua y/o el secado de la materia prima. En los procesos secos o semisecos, la molturación de los componentes se acompaña del secado de las materias primas, utilizando el calor de los gases de salida del horno, del aire de salida del enfriador del clínquer¹⁰ y/o de los gases de combustión procedentes de unidades auxiliares (hogares auxiliares)¹¹, obteniendo como resultado un material pulverulento denominado crudo o harina; la salida del crudo se realiza mediante separadores que clasifican el producto en función de su granulometría. Por otra parte, en los procesos húmedo y semihúmedo, las materias trituradas y una cantidad de agua suficiente se agregan a las materias de mayor ductilidad, previamente incorporadas y molturadas, dando lugar, por efecto del movimiento de rastrillos rotatorios, a una pasta fluida¹² que es bombeada al exterior. Tras un proceso de mezcla y homogeneización del crudo o de la pasta, estos materiales se almacenan, ya sea en silos, caso del crudo, ya sea en tanques/búnqueres, caso de la pasta.¹³

b) Combustibles:

En cuanto a los combustibles, las categorías estándar principales las constituyen el carbón (hulla/antracita), el coque de petróleo, que se utilizan normalmente de forma pulverizada, el fuelóleo y el gas natural. A estos combustibles se vienen añadiendo, más recientemente, otros combustibles alternativos derivados de residuos, entre los que destacan los aceites usados, los neumáticos y diversos tipos de biomasa (madera, residuos de madera, lodos, harinas cárnicas, cáscara de arroz y almendras, orujo, etc.). La calidad del producto y el modo de combustión en el horno hacen relevantes la selección de combustibles con una composición estable de cenizas, dado que parte de sus compuestos formarán parte del clínquer, y una disposición y mezcla uniforme de los mismos en el horno, para facilitar una temperatura óptima de la llama y una

⁹ Estos almacenes en espacios abiertos pueden estar dotados de pantallas protectoras (formaciones vegetales o estructuras).

¹⁰ Unidad de proceso situada a la salida del horno para realizar una reducción brusca de la temperatura del clínquer.

¹¹ Estos hogares auxiliares se emplean para facilitar las operaciones de arranque y como fuente de calor para el secado de materias primas con un alto contenido de humedad.

¹² Contenido de agua entre 32% y 40%.

¹³ El nivel de humedad en la materia molturada de los procesos semihúmedo y semiseco es posteriormente controlado mediante mecanismos físicos tales como la decantación por filtros y la extrusión, caso de la pasta en el proceso semihúmedo, y la peletización del crudo con agua, en el proceso semiseco. En ocasiones, los procesos húmedo y semihúmedo completan la preparación de la materia prima del horno empleando instalaciones de secado.

combustión completa¹⁴. En concreto, a los combustibles sólidos, carbón y coque de petróleo, se les confieren las cualidades y granulometría requeridas mediante actividades previas de trituración, molturación y secado, proceso este último realizado en la instalación de molturación utilizando aire caliente proveniente ya sea del horno, del enfriador de clínquer y/o de hogares auxiliares.¹⁵

Los distintos tipos de instalaciones empleadas para el almacenamiento de combustibles son, i) para los combustibles sólidos en bruto, las pilas de material compactado al descubierto (existencias para consumo a largo plazo) o los depósitos cubiertos para el carbón o el coque de petróleo en bruto; ii) los silos para el combustible pulverizado ya preparado; y iii) los tanques para el fuelóleo.

2.3. Obtención del clínquer por procesamiento térmico de las materias primas.

En el sistema del horno la materia prima se transforma en un producto intermedio o clínquer por una sucesión de reacciones químicas y procesos físicos, los cuales se pueden resumir, en función de su localización dentro del sistema del horno y las temperaturas asociadas, en las siguientes etapas:

- evaporación de la humedad contenida en el flujo de entrada y deshidratación de los componentes arcillosos a temperaturas comprendidas entre 100°C y 500°C (**fase de secado**);
- cocción de la caliza y descomposición de los productos arcillosos a temperaturas comprendidas en el rango 500°C-1100°C, proceso que se traduce en una disociación de los carbonatos y silicatos y en la generación consiguiente de óxidos metálicos, y en particular óxido de calcio, y de dióxido de carbono a partir de los carbonatos, especialmente cálcico (**fase de calcinación**);
- reacción de los óxidos que induce la formación de los silicatos y aluminatos de calcio, la sucesión de una fase líquida (semifusión) y posterior formación del clínquer a temperaturas que alcanzan los 1400°C -1500°C¹⁶ (**fase de clínquerización**¹⁷);
- enfriamiento brusco del clínquer desde aproximadamente los 1000°C que tiene la materia de la salida del horno hasta aproximadamente 100°C, para asegurar la estabilidad en el producto de los efectos anteriores (**fase de enfriamiento**).

¹⁴ Mayoritariamente, el combustible incorporado al horno debe estar en estado gaseoso o líquido, o presentar una estructura pulverizado y uniforme.

¹⁵ Otras actividades orientadas a la preparación de los combustibles son, en el caso de algunos combustibles líquidos como los fuelóleos, la reducción de la viscosidad por efecto del calentamiento del combustible, así como el incremento de la presión.

¹⁶ La temperatura en la llama principal del quemador principal puede superar los 2000°C.

¹⁷ Sinterización del producto (clínquer) salido del horno.

El sistema del horno comprende tres instalaciones principales, citadas en el orden secuencial del flujo de la materia prima: la unidad de alimentación de la materia, en contacto con el extremo superior del horno; el horno propiamente dicho; y por último, el enfriador de clínquer¹⁸. A continuación se describen con más detalle, dada la relevancia de sus especificidades en el proceso generador de las emisiones, estas dos últimas unidades de proceso, el horno y el enfriador de clínquer:

Horno del clínquer:

El horno del clínquer es un horno con contacto directo entre la materia prima y los gases de la combustión. Existen dos tipos fundamentales: el horno vertical (*vertical shaft kiln*)¹⁹ y el horno rotatorio (*rotary kiln*), siendo este último el de mayor implantación actual en el sector de cemento y, por tanto, sobre el que se centrará la exposición siguiente.

El **horno rotatorio** consiste en un tubo de acero con una ligera pendiente y movimiento rotatorio sobre su eje, cualidades que favorecen la circulación descendente de la materia prima. El horno se encuentra revestido de material refractario y equipado en la zona de alimentación usualmente de elementos, como cadenas o volteadores, que mejoran la transferencia de calor a la materia prima. En este tipo de hornos el material se mueve a contracorriente de los gases calientes de combustión (desplazamiento del gas en sentido ascendente)²⁰. Las clases de hornos rotatorios, enumeradas de menor a mayor eficiencia energética, son: i) horno rotatorio largo; ii) horno rotatorio con precalentador; iii) horno rotatorio con precalentador y precalcinador.

El **horno rotatorio largo** es apropiado para todos los tipos de procesos o vías, destacando dos categorías: el horno rotatorio largo seco y el húmedo. A lo largo del mismo tienen lugar todas las fases de obtención del clínquer, a excepción del enfriado, es decir: el secado, la calcinación y la clinquerización. En el caso del horno rotatorio húmedo gran parte del calor obtenido de la combustión se emplea en la zona de secado de carga de material..

El **horno rotatorio con precalentador** incorpora el precalentador, una instalación auxiliar previa al horno, donde se realizan las etapas de secado, precalentamiento e, inclusive, una calcinación parcial de la carga²¹. La inclusión de esta instalación mejora la eficiencia energética del sistema, posibilita la disminución en las dimensiones del horno e incrementa la capacidad de producción

¹⁸ En esta zona tiene lugar la última de las fases comentadas.

¹⁹ El horno vertical es un horno de eje vertical, revestido de refractarios, en el cual tanto la materia prima como el combustible se cargan por su parte superior, que corresponde a la zona de clinquerización, mientras que el clínquer, ya enfriado por el gas de salida de la combustión en la zona más baja del horno, sale por la parte inferior del mismo. La eficiencia energética de este tipo de hornos es muy baja.

²⁰ Este flujo en contracorriente influye en la emisión de determinados contaminantes (en especial los de carácter ácido, tales como SO₂, NH₃, HCl o HF), disminuyéndola, puesto que actúa como un lecho fluido circulante: muchos compuestos resultantes de la combustión o de la transformación de las materias primas en clínquer permanecen en la corriente de gases hasta que son absorbidos, condensados o retenidos por el flujo en contracorriente de materias primas.

del clínquer. En el diseño de los precalentadores cabe diferenciar dos tipos: i) el precalentador de parrilla, túnel cerrado constituido por dos cámaras, la primera de secado y la segunda de calentamiento, por el cual los nódulos de materia prima (proceso semi-seco) o los pellets (proceso semi-húmedo) se desplazan por medio de una parrilla deslizante a contracorriente del gas de salida del horno; ii) el precalentador de suspensión, generalmente diseñado con cuatro o seis etapas de ciclones en forma de torre, conduce el gas de salida del horno en sentido ascendente mientras la materia prima de los procesos secos o semi-húmedos, incorporada por la parte superior, entra en contacto con el gas en las zonas intermedias de ciclones y se separa del gas mientras permanece en los mismos.

El **horno rotatorio con precalentador y precalcinador** incluye, además de un precalentador, principalmente de ciclones, una cámara adicional de combustión localizada entre el precalentador y el horno rotatorio. Con este sistema de combustión auxiliar, cuyo consumo puede suponer hasta el 60% del combustible total, se aporta calor añadido a los gases de salida del enfriador²², elevando la temperatura de la harina lo suficiente para presentar a la entrada del horno un grado de calcinación entre 75% y 95%. Este tipo de horno, a igualdad de condiciones técnicas, aumenta la capacidad de producción de clínquer.

En relación al modo de combustión, los hornos presentan condiciones oxidantes en la zona de clinquerización para favorecer una combustión completa.²³ El combustible es suministrado a partir del quemador principal, situado en el extremo inferior del horno rotatorio, y, potencialmente, en otras zonas secundarias de combustión ; i) quemadores secundarios, en el conducto de entrada del horno o en el precalcinador; ii) tolvas de alimentación que conducen a una cámara intermedia situada en la zona de entrada del horno o al precalcinador (para combustible no pulverizado); iii) válvula de alimentación secundaria en la parte media del horno (para hornos rotatorios largos húmedos y secos con combustible no pulverizado).

Las características específicas del clínquer blanco establecen variaciones en las condiciones estándares de operación arriba mencionadas, como son elevar las temperaturas en la fase de clinquerización a 1600°C y en las llamas principales por encima de 2000°C, por carecer la materia prima de fundentes, o llegar en determinadas situaciones a trabajar en condiciones reductoras, lo que incrementa el consumo energético.

²¹ Con el precalentador de ciclones en 4 etapas (tipo predominante de precalentador de suspensión), el grado de calcinación en esta instalación puede alcanzar el 30%.

²² Los gases de combustión del horno y/o la corriente de aire del enfriador se conducen a la cámara de precalcinación. El aire del enfriador, parcialmente calentado por el clínquer, no alcanza la temperatura suficiente para la calcinación de la materia prima, precisando un aportación adicional de calor.

²³ El aire primario es aquel que se introduce por el quemador principal, situado en la zona de salida del horno (suele ser entre 10 - 15 % del aire de combustión)

Enfriador de clínquer:

Esta zona del sistema del horno tiene la función doble de reducir rápidamente la temperatura del clínquer, para posibilitar la manipulación del clínquer y consolidar su composición química, y, por otra parte, transferir parte del calor presente en el clínquer, hasta el 30% del calor aportado al sistema, al aire que se empleará posteriormente en la combustión primaria (aire secundario²⁴) y/o secundaria (aire terciario²⁵ para el calcinador).

Los tipos más comunes de enfriadores son: i) el enfriador rotatorio de tubo, tubo rotatorio donde el clínquer, tras salir del horno, es dispersado dentro del flujo de aire frío; ii) el enfriador rotatorio planetario o de satélite, con un principio de enfriado semejante al anterior, en este caso compuesto por múltiples tubos que rodean el horno en la zona de descarga; iii) los enfriadores de parrilla de vaivén, donde el clínquer se desliza, por efecto del empuje de placas sobre el lecho del clínquer, a través de una parrilla permeable al aire; iv) el enfriador vertical, dispuesto a continuación de los enfriadores planetarios o de parrilla corta (mejora del enfriador convencional de parrilla), donde el intercambio térmico no precisa del contacto entre el clínquer y el flujo de aire, sino que el primero se desliza por encima de los tubos por donde circula el aire frío.

Aplicabilidad de distintos sistemas de hornos por tipo de vía de proceso:

Tal y como se ha citado en la introducción del epígrafe 3, la adopción de un tipo de vía de proceso influye en la elección del sistema de horno, horno y enfriador de clínquer, operativo. En la tabla siguiente se muestran las relaciones más habituales de caracterización de sistema de horno por tipo de vía.

TABLA 1. SISTEMA DE HORNOS SEGÚN VÍA DE PROCESO

Vía de proceso	Tipo de horno
Seca	Largo con enfriador parrilla
	Precalentador con enfriador parrilla o satélites
	Precalentador + precalcinador con enfriador parrilla
Semiseca	Precalentador con enfriador parrilla
Semihúmeda	Precalentador con enfriador parrilla
Húmeda	Largo con enfriador parrilla

Fuente: Elaboración propia

Gases efluentes: aprovechamiento energético y salida a la atmósfera:

La alta temperatura de los gases de combustión salidos del horno o de la corriente del aire utilizado en el sistema del enfriamiento del clínquer motiva el interés de poder utilizarlos mediante sistemas de intercambio de calor, ya sea para calentar el aire de entrada al horno o para el secado y precalentamiento de la materia prima y del combustible sólido en las instalaciones

²⁴ El aire secundario es aquel aire, procedente del sistema de enfriamiento del clínquer, que es usado en la combustión en la zona de salida del horno. En los sistemas sin precalcinador, el aire del enfriador que no se usa como aire secundario, se puede reutilizar para algún proceso de secado de materiales o bien debe ser desempolvado previo a su vertido a la atmósfera.

respectivas de molturación²⁶. Las corrientes de los gases de salida del horno y del aire del enfriador destinadas a este objeto se conducen directamente hasta las unidades de proceso correspondientes para optimizar el calor transferido de los gases.²⁷

La emisión a la atmósfera del gas de salida del horno o del aire del enfriador excedente o previamente canalizado a las unidades de molturación²⁸ se lleva a cabo tras un proceso previo de desempolvamiento mediante técnicas de filtros de mangas o de precipitadores electrostáticos²⁹. Para la aplicación de ambos mecanismos de depuración se establece como requisito un control de la temperatura de los gases efluentes, lo cual se consigue mediante un acondicionamiento de la corriente efluente en instalaciones previas a la técnica de control. Para el caso del precipitador electrostático, que exige adicionalmente unas condiciones de temperaturas y humedad en los gases, la reducción de la temperatura se lleva a cabo en las denominadas **torres de acondicionamiento** mediante la inyección de agua a la corriente efluente; mientras que la depuración en filtros de mangas, técnica de control de mayor implantación en las plantas modernas, se realiza tras el paso del gas por **torres de enfriamiento** con aire³⁰. La reducción de temperatura del gas efluente implica la reducción significativa en los niveles de concentraciones de partículas al favorecer la deposición de la materia particulada en las torres de acondicionamiento/ enfriamiento por efecto de la condensación.

2.4. Obtención del cemento por mezcla y molturación de clínquer y materiales adicionales.

El clínquer y demás compuestos del cemento se almacenan generalmente en silos o compartimentos cerrados. En el caso del clínquer, las instalaciones más comunes son las plantas de almacenamiento, longitudinales o circulares, con descarga gravitatoria, los silos o los domos. Tal y como se ha expuesto en el epígrafe 1.1, el cemento se forma como resultado de amalgamar el clínquer con materias sulfatadas como el yeso o la anhidrita para el control del fraguado y, en ocasiones, con compuestos minerales adicionales (como escoria de alto horno, cenizas volantes

²⁵ El aire terciario es el aire procedente del sistema de enfriamiento del clínquer que es usado en la combustión en la zona del precalcinador.

²⁶ En el caso del cemento blanco, las cualidades del mismo determinan la aplicación de hogares auxiliares en los molinos de materia prima, en lugar de los propios gases del horno y/o aire del enfriador, para evitar la incorporación de impurezas en el material.

²⁷ La corriente de estos gases no está sometida a ninguna técnica de control de materia particulada para evitar las pérdidas de calor exigidas para la operatividad de dichas medidas de abatimiento.

²⁸ Generalmente las chimeneas asociadas a los molinos de materias primas canalizan tanto los gases de salida de estas instalaciones como la fracción de la corriente efluente del horno que, por condiciones de operación, no fuera utilizado; por otra parte, las unidades de molturación de combustibles sólidos habitualmente disponen de chimeneas propias para la canalización de sus emisiones.

²⁹ Eventualmente, los enfriadores pudieran disponer de filtros de lecho de grava como medida de control (técnica obsoleta).

³⁰ Por requerimientos técnicos, la temperatura de entrada de los gases en las técnicas de filtros de mangas es inferior a la alcanzada por la corriente de gases sometida a un filtro de depuración.

de centrales, caliza o puzolana, caso de los cementos mezcla). En función de ciertos condicionantes como las características del producto final, la homogeneidad granulométrica del clínquer y de los materiales adicionados o el contenido de humedad en los mismos, la molturación y secado de los materiales adicionados puede realizarse separada o conjuntamente con el resto de agregados del cemento: el clínquer y el yeso o la anhidrita.

El proceso de molturación y mezcla de los componentes del cemento, incorporados por un sistema de alimentación por gravedad, tiene lugar usualmente en circuitos cerrados, en los cuales se controla la granulometría del producto con separadores que discriminan la materia ya molturada de la materia aún en proceso, retornando esta última al proceso. Los tipos de instalaciones más comunes son los molinos de rodillos, verticales u horizontales, los molinos de bolas y las prensas de rodillos.

2.5. Almacenamiento, empaquetado y despacho del cemento.

El producto final se almacena en silos, ya sea tipo domo o silos de mono o multi-compartimento, hasta su posterior transporte, a granel o previamente empaquetado en instalaciones de envasado.

3. Descripción de las emisiones características de la actividad.

Las emisiones se generan tanto en unidades de proceso abiertas y, por tanto, no canalizables a chimeneas, como en unidades de proceso cerradas o confinadas, cuyas emisiones pueden o no ser efectivamente canalizadas a chimeneas. Las emisiones no canalizadas a chimenea dan lugar a emisiones fugitivas.

En cuanto a las sustancias emitidas, cabe diferenciar entre las formas particulada y gaseosa de las sustancias emitidas. En general, para una sustancia en particular deben computarse en la estimación de sus emisiones la suma de las fases gaseosa y particulada. En lo que concierne específicamente a las partículas, se distingue, según granulometría, la materia total suspendible (PST) y las fracciones PM_{10} y $PM_{2,5}$, con diámetros aerodinámicos inferiores respectivamente a 10 y 2,5 micras. Las sustancias no emitidas en formas gaseosas, como los metales, forman parte del cómputo de la masa de las partículas, pero dada su especial relevancia ambiental se computan de forma diferenciada por tipo de metal (suma de las fases gaseosa más particulada).

Las fuentes puntuales más importantes de emisión de contaminantes a la atmósfera (partículas y gases) son los hornos y enfriadores de clínquer.

En lo que concierne a las partículas, es también importante la contribución de las trituradoras de materias primas, los molinos de materias primas y combustibles sólidos, los molinos de cemento, ensacadoras y carga de cemento a granel, que en general darán lugar a emisiones canalizadas. Adicionalmente, otros procesos implicados en las emisiones de materia particulada, como son las operaciones de transporte, descarga, manipulación y transferencia, carga, almacenamiento y

transferencia de materias primas y producto elaborado, pueden dar lugar a emisiones fugitivas y/o canalizadas dependiendo de la existencia o no de instalaciones de control implantadas.

Respecto a los gases, las emisiones se generan en las unidades de combustión asociadas al tratamiento térmico principal del sistema del horno y a los sistemas auxiliares de secado.

Los contaminantes considerados, que se describen secuencialmente a continuación en este capítulo, son los siguientes: partículas (PST y PM_{10}), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de carbono (CO , CO_2), compuestos orgánicos volátiles (COV), metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn), cloruro y fluoruro de hidrógeno (HCl, HF), dioxinas (DIOX), benceno (Bz) y hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

La amplitud de los rangos de emisión de los contaminantes considerados se explica por: i) el efecto de las materias primas y, en menor medida, de los combustibles; ii) la edad y del diseño de la planta; iii) las técnicas y condiciones de operación empleadas en las unidades de proceso y en las unidades de control de las emisiones. En lo que sigue de este capítulo se trata de identificar para cada sustancia considerada los elementos determinantes de sus emisiones para disponer así de un criterio cualitativo que permita posteriormente evaluar los factores de emisión, valores centrales y rangos, que se presentan en el epígrafe 4.

3.1. Partículas.

Las emisiones de materia particulada provenientes de unidades de proceso confinadas tienen como fuente principal el sistema del horno de fabricación de clínquer (unidades de alimentación de materia prima al horno, horno propiamente dicho y enfriador del clínquer), donde grandes volúmenes de aire se desplazan a través de la materia pulverizada; y, en posición ya más secundaria, de las trituradoras, de los molinos y las ensacadoras.

Las emisiones de los hornos, molinos y ensacadoras se canalizan al exterior, previo paso, normalmente, por unidades de control, como precipitadores electrostáticos³¹ y/o filtros de mangas, y, eventualmente, de filtros de lecho de grava³².

Otras unidades de proceso, como las de trituración (unidades trituradoras/machacadoras), manipulación, transporte y transferencia de material pulverulento, pueden dar lugar a emisiones confinadas o difusas. Cuando las emisiones de estas unidades se canalizan, mediante la interposición de un sistema de aspiración previo, es habitual la aplicación de unidades de reducción del tipo filtros de mangas previa a su salida al exterior.

³¹ La combustión subestequiométrica, al ocasionar altas concentraciones puntuales de CO (picos de concentraciones superiores al 0,5% en volumen de los gases de salida), provoca reducciones significativas en la eficiencia del filtro electrostático, ya que obligan a su desconexión por riesgo de explosión, y, por consiguiente, generan emisiones puntuales significativas de partículas.

³² Técnica de control obsoleta, cuya actual instalación se encuentra limitada a determinados enfriadores de clínquer.

En general, el polvo capturado por las unidades citadas de reducción de partículas es nuevamente incorporado al proceso de fabricación cuando las condiciones de alcalinidad del cemento lo permitan.

La fracción PM₁₀ sobre el conjunto de PST es dependiente de la unidad de proceso y, en general, deben distinguirse valores diferenciados para hornos, trituración de materia, molturación de materia prima, molturación de cemento y ensacado de cemento. Información para esta diferenciación se encuentra muy parcialmente disponible en la tabla general sobre factores de emisión del epígrafe 4, pudiendo recurrirse en caso de no disponer de información más específica a un factor de fraccionamiento genérico de la actividad productiva, que también se indica en dicho epígrafe.

3.2. Óxidos de Nitrógeno (NO_x).

Las emisiones de NO_x (NO + NO₂ expresadas en masa de NO₂), originadas principalmente en forma de NO, se generan durante la combustión en el sistema del horno de clínquer, tanto en la zona de clinquerización del horno como en las zonas de combustión secundarias, o en hogares auxiliares por dos mecanismos:

- NO_x del combustible: por oxidación del nitrógeno orgánico ligado químicamente al combustible. El nivel de emisiones generadas por este mecanismo es función del contenido y reactividad de este tipo de nitrógeno en el combustible y del requerimiento energético del proceso. El NO_x del combustible tiene una contribución significativa a las emisiones totales de NO_x en los sistemas de horno con precalcinador y en aquellos que utilizan zonas de combustión secundarias en la parte superior del horno, en el precalentador del horno o en la cámara de calcinación del precalentador, o emplean hogares auxiliares. Esta importancia relativa del NO_x del combustible respecto al NO_x potencial de origen térmico, que se comenta más abajo, es debida a que en las condiciones más arriba descritas no se alcanza la temperatura necesaria para la generación significativa de emisiones de NO_x de origen térmico.
- NO_x térmico: por fijación térmica del nitrógeno contenido en el aire de combustión. La reacción se favorece a una temperatura de combustión superior a 1.200°C, umbral que es superado en la zona de clinquerización del horno, donde se alcanzan temperaturas de llama cercanas a los 2.000°C, no así en el precalcinador, con una temperatura usualmente comprendida en el rango 850-950°C. La temperatura de llama, junto con el contenido de oxígeno (factor de exceso de aire), contribuyen positivamente a un incremento en la formación de NO_x térmico. El tipo de horno interviene en los niveles de emisiones de NO_x térmico, siendo estos niveles, a igualdad de tipo y cantidad de combustible consumido, inferiores en los hornos con precalcinador que en aquellos con consumo íntegro en el quemador principal, como ya se ha comentado más arriba al hablar del NO_x del combustible. Por lo que respecta al tipo de clínquer, la fabricación del clínquer blanco genera niveles de NO_x térmico superiores al clínquer gris dado que requiere mayor

temperatura en la zona de clinquerización, como consecuencia de las estructuras cristalográficas y la pobreza de minerales fundentes (hierro, aluminio) de su crudo.

Para la reducción de las emisiones de NO_x es importante tener en cuenta las posibilidades de aplicación tanto de técnicas primarias como secundarias. Las técnicas primarias se materializan sobre el diseño y condiciones de operación del horno y su proceso de combustión, y los combustibles elegidos. La utilización de combustibles con bajo contenido de nitrógeno orgánico químicamente ligado al combustible reduce las emisiones de NO_x del combustible. El diseño del sistema del horno y las características de operación y de la materia tratada y en concreto, la instalación de quemadores de bajo NO_x , la reducción de la temperatura de la llama, la combustión por etapas, la combustión en la zona media del horno o la inclusión de mineralizadores, posibilitan la reducción de las emisiones de NO_x térmico.

Entre las técnicas secundarias, cabe destacar la reducción selectiva no catalítica (SNCR), en la que NO_x presente en la corriente de gas efluente se somete a una reacción selectiva inyectando amoníaco o urea para dar origen a nitrógeno y agua, y la reducción selectiva catalítica (SCR)³³, proceso análogo al anterior pero realizado en presencia de un catalizador para aumentar la eficacia de reducción.

3.3. Óxidos de Azufre (SO_x).

Las emisiones de SO_x ($\text{SO}_2 + \text{SO}_3$ expresadas en masa de SO_2)³⁴, se generan en el sistema del horno a partir del azufre contenido en las materias primas y en el combustible. Cuando se emplean materias primas con contenidos elevados de compuestos orgánicos de azufre y/o de sulfuros, principalmente piritas (FeS), las emisiones de SO_x pueden ser elevadas; mientras, en el resto de casos, las emisiones suelen ser bajas con concentraciones, incluso, inferiores a los límites de detección de las técnicas analíticas, ya que la naturaleza alcalina de las materias tratadas en el horno favorece la absorción de gran parte (70-95%) de los óxidos de azufre generados en el proceso, incluidos los óxidos del combustible. Un factor determinante del nivel de las emisiones de SO_x es la volatilidad de los compuestos de azufre contenidos en las materias primas puesto que los niveles térmicos que se alcanzan en las partes superiores del horno generan cantidades ya muy importantes de SO_x que, si no son neutralizadas mediante absorción posterior por la materia prima alcalina o por algún sistema de reducción secundaria, serían emitidas a la atmósfera.

El proceso de formación de SO_x tiene lugar desde las primeras fases del precalentamiento del crudo, al evaporarse los sulfuros y compuestos orgánicos de azufre presentes en la materia prima.

³³ Esta técnica de control (SCR) no ha tenido hasta el momento aplicación práctica en el sector.

³⁴ El dióxido de azufre (SO_2) es el principal compuesto de azufre emitido (99%), aunque también se emiten pequeñas cantidades de SO_3 y en condiciones reductoras, puede generarse sulfuro de hidrógeno (H_2S).

La capacidad de absorción del material en proceso varía con su estado físico y químico. Este, a su vez, depende de la zona del horno en la que se encuentre; así, el material que sale de la etapa de calcinación (descarbonatación), al tener un nivel alto de alcalinidad debido a su elevado contenido en óxido de calcio, posee una alta capacidad de absorción (neutralización) de ácidos. Debido al movimiento a contracorriente de los gases de combustión con respecto a los materiales y, tal y como ya se ha indicado, la naturaleza alcalina en la zona de clínquerización, calcinación y en la zona inferior del precalentador, la mayoría del SO_x es absorbido, en forma de sulfatos, en el material calcinado y, por otra parte, el azufre procedente del combustible, convertido rápidamente a SO_x por efecto de la atmósfera oxidante en la zona de clínquerización, no resulta un componente significativo en las emisiones de SO_x si, tal como ocurre en el horno con precalentamiento, existe un buen contacto entre los gases y el material alcalino. En los hornos largos rotatorios, al no cumplirse esta condición, la contribución del azufre del combustible pudiera resultar relevante.

Otros aspectos del proceso productivo y modo de combustión a tener en cuenta son la posible conducción de los gases de salida del horno a los molinos de materias primas, en cuyo caso un elevado porcentaje de SO_2 , entre el 20-70%, puede ser capturado por los materiales finamente molidos, y la concentración de oxígeno en el aire de combustión, cuyo aumento favorece la formación de SO_3 (en contraposición a SO_2), óxido con mayor potencial de captación por parte de la materia alcalina.

En el caso de la fabricación de cementos con clínquer blanco, se dan una serie de circunstancias especiales que pueden producir condiciones más elevadas de SO_x que en el caso de cementos producidos con clínquer gris, pues las condiciones para la fijación/ absorción en el clínquer resultan comparativamente atenuadas. Entre estos factores cabe destacar: i) mayor dificultad para la cocción por la cristalografía y mineralogía del crudo; ii) ausencia de fundentes en las materias primas para preservar el color; iii) ausencia de álcalis debido a la pureza de las materias primas.

Para reducir las emisiones de SO_x , y según se ha comentado ya más arriba, las técnicas primarias más relevantes apuntan al empleo de una atmósfera de trabajo oxidante³⁵, la reducción del contenido de azufre, especialmente de los compuestos más volátiles, en las materias primas y en el combustible, y, por otro lado, en el favorecimiento del contacto de la corriente efluente rica en SO_x con el flujo de materia prima en la zona del sistema del horno en que esta tiene alta alcalinidad. Eventualmente, si tras la aplicación de las técnicas primarias anteriores quedaran todavía altas concentraciones de SO_x en la corriente efluente, podría recurrirse a algunas de la técnicas siguientes: i) adición de absorbentes, tales como, hidróxido de calcio, óxido de calcio o

³⁵ Que favorece el aumento del ratio SO_3/SO_2 y, por tanto, la mayor fijación en forma de sulfatos en la materia en proceso propiciada por el aumento de la concentración de SO_3 .

cenizas volantes activadas con alto contenido de calcio; ii) lavador seco, en que se usa una columna Venturi para producir un lecho fluidificado con una mezcla de hidróxido cálcico y materia prima; iii) lavador húmedo, en el que se utiliza como absorbente carbonato cálcico, hidróxido de calcio u óxido de calcio; y iv) carbono activo³⁶, dispuesto en un dispositivo compartimentado y que tiene como efecto la adsorción del SO_x (y otros gases tales como NH₃, HCl, HF y, eventualmente, NO_x) .

3.4. Óxidos de carbono (CO, CO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

Las emisiones de CO y COV están relacionadas, por un lado, con condiciones de combustión incompleta, en donde no se realiza la oxidación total del carbono a CO₂, y, por otro, con el contenido de materia orgánica en las materias primas y con las condiciones del proceso de producción, especialmente en el sistema del horno.

Dependiendo de la composición de la materia prima básica para la fabricación de clínquer, pueden estimarse contenidos entre 1,5 y 6 g de carbono orgánico en la materia prima por kg de clínquer. En las primeras fases del proceso térmico (precalentamiento, precalcinación), a medida que el crudo se calienta y la temperatura se sitúa entre 400 y 600 °C, la materia orgánica se volatiliza. En ensayos realizados se ha podido estimar que, en presencia de un 3% de oxígeno en el gas efluente, se produce una oxidación completa a CO₂ para un alto porcentaje, en el rango del 85% al 95%, de los compuestos orgánicos presentes en la materia prima; mientras que un porcentaje minoritario, comprendido entre el 5% y el 15%, de dichos compuestos orgánicos se oxida parcialmente a CO. En estas condiciones la materia orgánica emitida como COV no suele alcanzar el 1%.

Si bien, en condiciones normales de operación, el largo tiempo de residencia de los gases en el horno, la elevada temperatura y las condiciones de exceso de oxígeno³⁷ favorecen la combustión completa y niveles bajos de CO y COV, unos controles de la alimentación de combustibles sólidos no adecuados pueden ocasionar una combustión incompleta y aumentar así significativamente las emisiones de estos contaminantes³⁸. Análogamente, las operaciones de arranque y parada pueden elevar los niveles de concentración de estos contaminantes.

Emisiones de CO₂

³⁶ El carbono activo suele utilizarse como etapa posterior a un tratamiento previo en un filtro electrostático o en un filtro de mangas

³⁷ Como ya se ha comentado al tratar de las partículas, no siempre prevalecen en la combustión condiciones de exceso de oxígeno, dándose casos de combustión subestequiométrica en que pueden originarse altas concentraciones puntuales de CO, picos de concentraciones superiores al 0,5% de volumen en los gases de salida, que por el riesgo de explosión que obligan a la desconexión de los filtros electrostáticos.

Las emisiones de CO₂ en la fabricación de cemento se generan por dos mecanismos: la oxidación del carbono del combustible y de los compuestos orgánicos de las materias primas³⁹, y la descarbonatación de la caliza y de otras materias primas carbonatadas

Las emisiones de CO₂ resultantes de la combustión son directamente proporcionales al consumo específico de combustible (por unidad de clínquer producido), y a la relación entre el contenido de carbono (C) y el poder calorífico neto del combustible. El dióxido de carbono procedente de descarbonatación, generado en la fase de calcinación durante la disociación de los carbonatos, esencialmente carbonato cálcico contenido en la caliza, de materia prima en óxidos metálicos, principalmente CaO, y CO₂, está determinado por los tipos y cantidades de carbonatos incorporados en la materia prima, considerándose en general que, dadas las condiciones de operación (temperaturas del sistema del horno y residencia de la materia), se produce una disociación total de los carbonatos.

3.5. Metales y sus compuestos.

Las emisiones de metales tienen como fuente primaria los contenidos de los mismos en las materias primas del crudo y en los combustibles, y su salida en la corriente de emisiones puede tener lugar en fase particulada (incorporados en la materia particulada) o en fase gaseosa.

La fuente principal de emisiones de metales es el sistema de horno, tanto en los gases de combustión como en el aire de los enfriadores de clínquer. La concentración de emisiones de metales varía ampliamente en función de las materias primas, los combustibles y de los ciclos⁴⁰ en el sistema de horno. El empleo de combustibles derivados de residuos con compuestos de metales de elevada volatilidad puede incrementar las emisiones cuando la alimentación se realiza por la parte superior del horno.

Los metales pueden clasificarse en tres categorías, dependiendo de la volatilidad de los metales y de sus sales:

- Metales que son o tienen compuestos volátiles: Hg y Tl
- Metales que son o tienen compuestos semivolátiles: Sb, Cd, Pb, Se, Zn, K y Na

³⁸ El empleo de combustibles derivados de residuos con alto contenido de compuestos orgánicos volátiles puede incrementar las emisiones de COV cuando la alimentación se realiza por la parte superior del horno y, por tanto, no da lugar a un periodo de residencia suficiente para producir la oxidación completa a CO₂.

³⁹ Habitualmente este componente en las emisiones de CO₂, presumiblemente de escasa relevancia, es ignorado en la estimación.

⁴⁰ Los ciclos pueden ser internos o externos. Los ciclos internos se forman dentro del sistema del horno cuando el metal se evapora en las zonas más calientes (zona de clínquerización) condensándose posteriormente en las zonas más frías del mismo (del precalentador o precalcinador), desde donde retornan a la zona caliente del horno. Los ciclos externos se forman como resultado de la evaporación del metal en las zonas calientes del horno (clínquerización), la emisión en el gas efluente y el reciclado posterior de la materia particulada, con compuestos metálicos, captada por la técnica del control a la salida del horno.

- Metales que son o tienen compuestos refractarios o no volátiles: Ba, Be, Cr, As, Ni, V, Al, Ti, Mn, Cu, y Ag

Como referencia orientativa para esta clasificación se muestran en la tabla 1 y figura 3 siguientes las temperaturas de fusión y ebullición de los metales de los tres grupos de volatilidad considerados, haciendo la observación de que la clasificación de volatilidad dada no viene únicamente determinada por las temperaturas de fusión y ebullición del metal en sí mismo si no también de las sales de las que forma parte.

TABLA 2. TEMPERATURAS DE FUSIÓN Y EBULLICIÓN DE LOS METALES

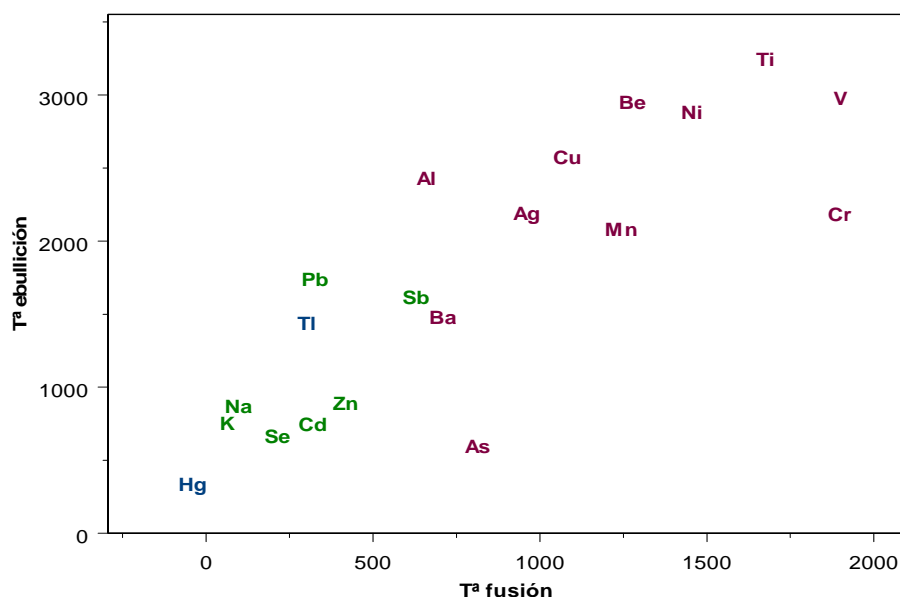
Nivel de volatilidad	Metal Símbolo	Temperatura (°C)	
		Fusión	Ebullición
Baja	Ba	710	1500
	Be	1280	2970
	Cr	1900	2200
	As	814	613 ⁽¹⁾
	Ni	1455	2900
	V	1900	3000
	Al	660	2450
	Ti	1675	3260
	Mn	1245	2097
	Cu	1083	2595
	Ag	961	2212
Media	Sb	630,5	1635
	Cd	320,9	767
	Pb	327,4	1755
	Se	217	685
	Zn	419	907
	K	63	770
Alta	Na	97,6	892
	Hg	-38,85 ⁽²⁾	356,6
	TI	302	1457

(1): Temperatura de sublimación.

(2): Temperatura de congelación.

Fuente: "Diccionario de química y de productos químicos",
Gessner G. Hawley, revisado por N. Irving Sax y Richard J.
Lewis. Ediciones Omega, S.A., 1993.

FIGURA 3. TEMPERATURAS DE FUSIÓN Y EBULLICIÓN DE LOS METALES



El comportamiento de los metales en el sistema del horno depende de su volatilidad:

- Los compuestos de metales volátiles condensan sobre las materias primas a bajas temperaturas y pueden formar ciclos internos o externos. Estos metales forman ciclos internos cuando reaccionan con el crudo o condensan en las zonas menos calientes del sistema (precalcinador, precalentador o en la molienda de crudo) y vuelven en forma sólida hacia la zona de clinquerización, donde se volatilizan de nuevo; y forman ciclos externos cuando la materia particulada junto con los compuestos metálicos condensados se separan en los equipos de desempolvamiento y son recirculados al proceso con el crudo.
- Los compuestos de metales semivolátiles forman ciclos internos cuando se vaporizan parcialmente en la zona de clinquerización y se condensan sobre las materias primas en zonas menos calientes del sistema del horno (precalentador). Esto lleva a un efecto cíclico dentro del sistema de horno hasta que se establece un equilibrio entre los metales entrantes al horno y los que salen con el clínquer de cemento.
- Los compuestos de metales no volátiles permanecen dentro del proceso y salen del horno como parte de la composición del clínquer.

Las investigaciones sobre el equilibrio de los ciclos demuestran que los metales de baja y media volatilidad tienen un grado alto de retención en el clínquer, mientras que los de alta volatilidad tienen menor retención en el clínquer.

Un control del nivel de concentración existente en los ciclos internos y externos, evitando acumulaciones durante largos periodos de tiempo, mediante interrupciones de dichos ciclos⁴¹, previene las elevadas emisiones de metales, especialmente del talio. Entre las técnicas de control

⁴¹ Un mecanismo de interrupción de los ciclos es el rechazo de partículas capturadas como materia prima del horno.

para el mercurio pueden citarse, como técnica primaria, la limitación en la temperatura de salida y, como técnica secundaria, la absorción con carbono activo.

3.6. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF).

Las emisiones de HCl y HF pueden tener su origen, respectivamente, en la descomposición de los compuestos clorados o fluorados presentes en las materias primas y, en menor medida, en los combustibles. Como ya se comentó más arriba al tratar del SO_x, dada la naturaleza alcalina del crudo, se dan en el proceso las condiciones favorables para la absorción (neutralización) de gases ácidos, como es el caso de HCl y HF, por la corriente de materia procesada para la obtención del clínquer. Por otro lado, las especificaciones del cemento imponen una limitación de Cl en su composición, lo que a su vez implica una limitación paralela del contenido de compuestos de cloro tanto en las materias primas como en los combustibles, lo que en general tiene como efecto la limitación de las concentraciones de HCl en el efluente gaseoso.

Como técnica secundaria de reducción de estos dos contaminantes, puede considerarse la implantación de carbono activo, según se ha comentado ya, al tratar de las técnicas de control de SO_x, para la reducción en general de los componentes gaseosos ácidos.

3.7. Dibenzodioxinas policloradas (PCDDs) y dibenzofuranos (PCDFs).

Las emisiones de PCDDs y PCDFs, sustancias denominadas comúnmente con el término dioxinas (DIOX)⁴², pueden generarse cuando en determinadas condiciones de proceso se combinan cantidades apreciables de cloro y de precursores de hidrocarburos contenidos en las materias primas o los combustibles. No obstante, el largo periodo de residencia de estas materias en el horno y las altas temperaturas alcanzadas en el mismo limitan, en condiciones normales de operación, las concentraciones emitidas de estos contaminantes.

La regeneración de dioxinas y furanos, conocida como *síntesis de novo*, se produce durante la fase de enfriamiento de los gases de salida en el rango de temperaturas entre 200 y 450 °C por reacción de hidrocarburos (precursores) con el cloro. Así pues, para prevenir y reducir las emisiones de estos compuestos, es importante que los gases del sistema del horno sean enfriados rápidamente a través de este rango de temperaturas, tal y como sucede en los sistemas con precalentador donde los gases de la corriente efluente ceden rápidamente su calor para el calentamiento de las materias primas entrantes al horno.

⁴² Dada la heterogeneidad de sustancias integradas en este grupo y sus diferentes grados de toxicidad, la estimación de las emisiones de DIOX se expresa en masa de unidades internacionales ponderada por los factores internacionales de equivalencia tóxica (i-TEF), tomando como referencia la sustancia 2,3,7,8- tetraclorodibenzo-p-dioxina.

Como ya ha sido citado al tratar del HCl, las especificaciones de la limitación del cloro en el cemento imponen a su vez una limitación del cloro en las materias primas y en los combustibles que contribuye a reducir las posibles reducciones de PCDDs y PCDFs.

3.8. Otros contaminantes: benceno (Bz) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

Benceno (Bz):

Dentro de los compuestos orgánicos volátiles es de interés por su especial reactividad el seguimiento de las emisiones de benceno que habitualmente se estiman mediante un coeficiente de especiación o fraccionamiento a partir de las estimaciones de COV o de COT (carbono orgánico total). El benceno se genera habitualmente por descomposición de los constituyentes orgánicos de la materia prima en el precalentador. El benceno constituye una parte muy importante del subconjunto de compuestos orgánicos conocidos como BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno).

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP):

En cuanto a HAP, son de interés para los inventarios los distintos bloques simbolizados como HAP₄, relevante para el seguimiento del Protocolo de Compuestos Orgánicos Persistentes del Convenio de Ginebra, HAP₆ Borneff de interés para el Registro EPER y las extensiones HAP₁₆ EPA por el interés más amplio de la toxicidad de estos compuestos. Las emisiones de estos compuestos están básicamente determinadas por los constituyentes orgánicos contenidos en las materias primas, mientras que la contribución de los combustibles no resulta relevante. En la salida de gases de los sistemas del horno, es frecuente que se presente una distribución por especies de esta categoría que aparezca dominada por el naftaleno.

4. Metodologías de estimación de emisiones y elección de método.

La cuantificación de las emisiones de contaminantes a la atmósfera se hará, en la medida de lo posible, utilizando información directa y específica de los procesos y técnicas de las unidades emisoras, de los insumos, productos y fuentes de energía utilizados y de las tecnologías utilizadas de control de las emisiones.

El método de estimación de las emisiones dependerá de la naturaleza de la actividad considerada y de la disponibilidad y calidad de la información de base. La elección del método se orientará en cada caso a obtener el resultado más representativo en exactitud y precisión de las emisiones de cada actividad examinada.

4.1. Clasificación general de los métodos de estimación de emisiones.

Los métodos de estimación que se pueden considerar para esta actividad pueden clasificarse en tres grandes categorías: métodos basados en datos de medidas de emisión, métodos basados en procedimientos de cálculo y métodos basados en estimaciones no normalizados que se describen a continuación, empleándose una notación que será utilizada para la identificación de cada método en el diagrama de ordenación de las metodologías y de la elección de método, así como de las fórmulas específicas a utilizar en cada caso.

- Métodos basados en datos de medidas de emisión.

En estos métodos se parte de la observación directa de la variable de interés que es la emisión, y dentro de ellos a su vez pueden distinguirse los de:

- o Medición continua.

Estos métodos requieren la operación en continuo del equipo de medida en la instalación considerada. A partir de las medidas observadas puede obtenerse, de forma generalmente automática, la estimación de las emisiones. En la práctica, conviene sin embargo distinguir las dos situaciones siguientes:

- § Medición en continuo de concentración y caudal.⁴³

El algoritmo de estimación con medidas en continuo de concentración del contaminante y caudal de los gases de salida de la chimenea resulta:

$$E_a = 10^9 \frac{V(h) \cdot c(h)}{h \cdot H_a} \quad [4.1]$$

donde:

E_a = emisión anual de contaminante (t)

$V(h)$ = volumen horario de gases efluentes (m^3N/h)

$c(h)$ = concentración horaria de contaminante en gases efluentes (mg/m^3N)

H_a = horas en el año de salida de gases efluentes

- § Medición en continuo sólo de concentración, pero que pueda estimarse por otro procedimiento un caudal representativo anual asociable al conjunto de medidas de concentración de contaminantes medidos en continuo.⁴⁴

⁴³ En lo referente a la estimación de las emisiones medidas, mediante caudal y concentración, es importante tener en cuenta que los datos de concentración y de caudal deben venir referidos a la misma base de gases secos y porcentaje de oxígeno, para que puedan ser asociables para el cómputo de las emisiones.

Si no realizara un monitorización continua del caudal del gas efluente, la estimación de las emisiones puede calcularse a partir de una modificación del algoritmo anterior:

$$E_a = 10^4 \bar{V} \sum_{h=1}^{H_a} c(h) \quad [4.2]$$

donde:

E_a = emisión anual de contaminante (t)

\bar{V} = volumen horario medio ponderado anual de gases efluentes ($\text{m}^3\text{N/h}$)

$c(h)$ = concentración horaria de contaminante en gases efluentes ($\text{mg/m}^3\text{N}$)

H_a = horas en el año de salida de gases efluentes

o Medición a intervalos periódicos.

El dispositivo de medida debe instalarse en cada ocasión en que se vaya a realizar la emisión. En la práctica conviene tener en cuenta la disponibilidad de medidas de concentración y de caudal o sólo de concentración. Por otra parte, es importante la consideración de la frecuencia distinguiéndose entre mediciones periódicas de alta frecuencia anual y mediciones periódicas de baja frecuencia anual o incluso mediciones plurianuales.

§ Mediciones periódicas de concentración y caudal.

La estimación de contaminantes emitidos en el gas efluente a partir de mediciones puntuales en chimenea puede determinarse a partir de la siguiente fórmula:

$$E_a = 10^4 \sum_{i=1}^n \frac{V(h_i) \cdot c(h_i)}{n} \quad [4.3]$$

donde:

E_a = emisión anual de contaminante (t)

$V(h)$ = volumen horario de gases efluentes ($\text{m}^3\text{N/h}$)

$c(h)$ = concentración horaria de contaminante en gases efluentes ($\text{mg/m}^3\text{N}$)

⁴⁴ No suele ser normal disponer de medición en continuo de los caudales de gases por lo que este dato se puede calcular en función de las características de los ventiladores o considerar los datos de las medidas de caudal de datos de OCA o autocontrol. Las horas de funcionamiento de las diferentes instalaciones suele ser un dato controlado por las empresas y que se puede obtener con facilidad, a falta de este dato se puede estimar en función de la producción real y los valores nominales de las instalaciones.

n = mediciones puntuales ($i=1, \dots, n$) de $V(h)$ y $c(h)$ en el año de referencia

H_a = horas en el año de salidas de gases efluentes

§ Mediciones periódicas de concentración.

La estimación de contaminantes emitidos en el gas efluente a partir de mediciones puntuales en chimenea puede determinarse a partir de la siguiente fórmula:

$$E_a = 10^{49} \overline{V} \frac{\sum_{i=1}^n c(h_i)}{n} H_a \quad [4.4]$$

donde:

E_a = emisión anual de contaminante (t)

\overline{V} = volumen horario medio ponderado anual de gases efluentes (m^3N/h)

$c(h)$ = concentración horaria de contaminante en gases efluentes (mg/m^3N)

n = mediciones puntuales ($i=1, \dots, n$) de $V(h)$ y $c(h)$ en el año de referencia

H_a = horas en el año de salidas de gases efluentes

- Métodos basados en procedimientos de cálculo.

A su vez en esta categoría se pueden distinguir los basados en:

o Balance de materiales.

Este método es de aplicación preferencial cuando las emisiones de una determinada sustancia pueden determinarse con muy alta precisión partiendo del contenido de algún elemento en los flujos de entrada y salida de materia en un determinado proceso. En concreto, el balance de carbono es un método básico para la estimación de las emisiones de CO_2 , ya sea en la combustión o en los procesos industriales, tomando los coeficientes estequiométricos de la reacción correspondiente. En el sector de fabricación de cemento el balance de carbono es de aplicación en la estimación de las emisiones de:

§ CO₂ de los combustibles.⁴⁵

Para la determinación de las emisiones de CO₂ se suele aplicar el siguiente algoritmo de estimación:

$$E_{CO_2} = \sum_i QM_i \Delta FRC_i \Delta FRO_i \quad [4.5.1]$$

donde:

E_{CO_2} = emisión anual de CO₂ (t)

QM_i = masa anual quemada del combustible i (t)

FRC_i = fracción de carbono oxidable en el combustible i

FRO_i = fracción de oxidación efectiva del carbono oxidable en el combustible

Alternativamente, si la cantidad de combustible viniera expresada en vez de en masa, como en la fórmula anterior, en energía de poder calorífico inferior, la fórmula a aplicar sería:

$$E_{CO_2} = \sum_i QE_i \Delta FE_i \Delta FRO_i \quad [4.5.2]$$

donde:

E_{CO_2} = emisión anual de CO₂ (t)

QE_i = energía (en términos de poder calorífico inferior) anual quemada del combustible i (TJ)

FE_i = factor de emisión (t CO₂/TJ) por unidad de energía (en términos de poder calorífico inferior)

FRO_i = fracción de oxidación efectiva del carbono oxidable en el combustible i

§ CO₂ de los procesos de descarbonatación de la materia prima.

Se diferencian aquí dos posibles procedimientos de estimación: i) método basado en los carbonatos contenidos en la materia prima procesada, y ii) método basado en el balance de óxidos de la materia prima procesada, del clínquer producido y del polvo desechado.

⁴⁵ La información requerida sobre los parámetros FRC_i y FE_i se tomará de la información específica sobre características de los combustibles empleados en el centro. Respecto al parámetro FRO_i se considerará igual a la unidad para los combustibles quemados en el horno y se aplicarán los factores por defecto de IPCC (0,98 combustibles sólidos; 0,99 combustibles líquidos; 0,995 gaseosos) para los combustibles consumidos en hogares auxiliares.

- ≠ i) Método basado en los carbonatos contenidos en la materia prima procesada.

Para la determinación de las emisiones por este método se aplica el siguiente algoritmo:⁴⁶

$$E_{CO_2} | MP \text{---} FRMC_i \Delta FCC_i \Delta FCONV_i \quad [4.6.1]$$

donde:

E_{CO_2} = emisión anual de CO_2 (t)

MP = masa anual de materia prima procesada en el horno (t)

$FRMC_i$ = fracción en la materia prima del carbonato tipo i

FCC_i = fracción de masa de CO_2 respecto a la masa del carbonato i

$FCONV_i$ = fracción disociada de CO_2 del carbonato i

- ≠ ii) Método basado en el balance de óxidos de la materia prima procesada, del clínquer producido y del polvo desechado.

Para la determinación de las emisiones por este método se aplica el siguiente algoritmo:

$$ECO_{2Total proceso} (t) | ECO_{2clinker} (t) 2 ECO_{2polvo} (t) \quad [4.6.2]$$

donde:

$ECO_{2Total proceso}$ = emisión anual total del proceso de descarbonatación (t)

$ECO_{2clinker}$ = emisión anual asociada al clínquer obtenido descarbonatado (t)

ECO_{2polvo} = emisión anual asociada al polvo desviado desechado (t)

a su vez:

$$ECO_{2clinker} | MK \Delta FEK \quad [4.6.2.1]$$

donde:

MK = masa anual de clínquer producida (t)

⁴⁶ Como datos para los parámetros de la fórmula [4.6.1] se tomarán para:

$FRMC_i$: los datos aportados por el complejo para, al menos, los dos tipos de carbonatos principales ($CaCO_3$ y $MgCO_3$)

FCC_i : el valor de 0,44 para el $CaCO_3$ y 0,522 para el $MgCO_3$.

$FCONV_i$: se tomará por defecto el valor 1.

FEK = factor de descarbonatación del clínquer producido (t CO₂/t clínquer)

y donde:

$$FEK = 0,785 * (Salida_{CaO} [t \text{ CaO}/t \text{ clínquer}] - Entrada_{CaO} [t \text{ CaO}/t \text{ material de entrada}]) + 1,092 * (Salida_{MgO} [t \text{ MgO}/t \text{ clínquer}] - Entrada_{MgO} [t \text{ MgO}/t \text{ material de entrada}])$$

y a su vez:

$$ECO_{2_{polvo}} | MPDD \Delta FE_{CKD} \quad [4.6.2.2]$$

donde:

ECO_{2polvo} = emisión anual en el polvo desviado desechado (t)

MPDD = masa anual de polvo desviado desechado (t)

FE_{CKD} = factor de emisión de CO₂ por unidad de masa de polvo desviado desechado (t CO₂/t polvo desviado desechado)

y donde:

$$FE_{CKD} | \frac{\frac{FEK}{12} \frac{FEK}{12} 1 d}{14 \frac{FEK}{12} \frac{FEK}{12} 1 d} \quad [4.6.2.2.1]$$

donde:

d = grado de calcinación del CKD (CO₂ liberado como porcentaje del CO₂ del carbonato total en el crudo)

○ Factor de emisión.

Este procedimiento de estimación muy frecuente en la elaboración de los inventarios se aplica cuando no se pueden efectuar estimaciones más precisas, ya sea por el método de balance de materiales, o incluso por estimaciones derivadas a partir de emisiones medidas. En estos casos se considera que el método de factor de emisión conduce a resultados más interpretables y representativos. La información sobre estos factores de emisión, dados por unidad de variable socioeconómica representativa (consumo de materias primas, consumo de combustibles, cifras de producto terminado) constituyen información subrogada de plantas o actividades asimilables a las que son objeto de la estimación del inventario.

La expresión general de la estimación de las emisiones por el método del factor de emisión, integrando los componentes de valor bruto y penetración y eficacias de reducción de las técnicas primarias y secundarias, es la siguiente:

$$E_{CONT} = VA \Delta FE \quad [4.7]$$

donde:

VA = cantidad de la variable de actividad, expresada en su magnitud correspondiente (habitualmente masa, volumen o energía)

FE = factor de emisión neto, es decir, tras haber descontado las eventuales reducciones de aplicación de las medidas primarias y secundarias sobre el factor bruto, y expresado en unidades cuyo denominador coincida con las de VA, y cuyo numerador se exprese en unidades de masa de contaminante

y, a su vez:

$$FE = FE_{BRUTO} \Delta / 14 \xi_{PRIM} \zeta_0 \Delta / 14 \xi_{SEC} \eta_0 \quad [4.7]$$

donde:

FE_{BRUTO} = factor de emisión bruto, es decir, antes de haber descontado las eventuales reducciones de aplicación de las medidas primarias y secundarias sobre el factor bruto, y expresado en unidades cuyo denominador coincida con las de VA, y cuyo numerador se exprese en unidades de masa de contaminante

ξ_{PRIM} = fracción de reducción de emisiones de la técnica o técnicas primarias

ζ = fracción de aplicación de la técnica o técnicas primarias

ξ_{SEC} = fracción de reducción de emisiones de la técnica o técnicas secundarias

ζ = fracción de aplicación de la técnica o técnicas secundarias

o Modelización/correlación.

Este método se basa en los resultados de trabajos previos de estimación de relaciones funcionales o de correlación entre ciertas variables físico-químicas y las emisiones de determinadas actividades.

Una posible aplicación en el sector del cemento sería la de un modelo multivariable para la estimación conjunta de las emisiones del horno de la terna NO_x, SO_x, CO que en función del manejo de variables de control del modo de combustión se sabe que muestran correlación temporal (p. ej.: ante el aumento del oxígeno se

registra una elevación de las emisiones de NO_x y una reducción de las de SO_x y CO)

- Métodos basados en estimaciones no normalizadas.

Las determinaciones se basan en estimaciones no normalizadas, fundamentadas en hipótesis óptimas o juicios de experto.

4.2. Disposiciones y acuerdos sobre mediciones y cálculos para estimación de emisiones en el sector del cemento.

El Ministerio de Medio Ambiente y el sector cementero firmaron un Acuerdo Voluntario para la prevención y el control de la contaminación en virtud del cual las empresas se comprometían a controlar en continuo las emisiones de partículas, NO_x y SO₂ en los hornos que superen 75 Kg/h para finales de 2005. Por lo tanto a partir de 2006 se podrá disponer también de estos datos al menos en gran parte de los hornos, actualmente de 63 focos, 90 % tienen control en continuo de NO_x, 86 % de SO₂ y 98 % partículas.

Las plantas de valorización de residuos, entre las cuales se encuentran las cementeras que utilicen combustibles derivados de residuos, se rigen por el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos; dicho decreto estipula la cumplimentación de valores límites en las emisiones de ciertos contaminantes, pudiendo ordenar para ello mediciones en continuo de contaminantes tales como COT, CO, HCl y HF.

Las plantas de cemento están obligadas por la Orden de 18 de octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la Contaminación Atmosférica Industrial a medir por ECA al menos cada 2 años los focos clase A, estos son hornos, molinos y enfriador de clínquer. Asimismo la orden dispone la realización, por parte de las plantas grupo A, de autocontroles quincenales.

La fabricación de cemento está sujeta a la Ley 1/2005, de 9 de marzo, en la cual se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. Entre otras obligaciones derivadas de esta Ley, el titular de la instalación deberá remitir al órgano autonómico competente, antes del 28 de febrero, el informe verificado (por organismo autorizado) sobre las emisiones de CO₂ del año precedente. El seguimiento y notificación de este tipo de emisiones está regulado en la Decisión de la Comisión 2004/156, anexo II para combustión y anexo IV para descarbonatación, especificando para este último caso dos métodos alternativos uno basado en carbonatos y otro basado en la producción de clínquer.

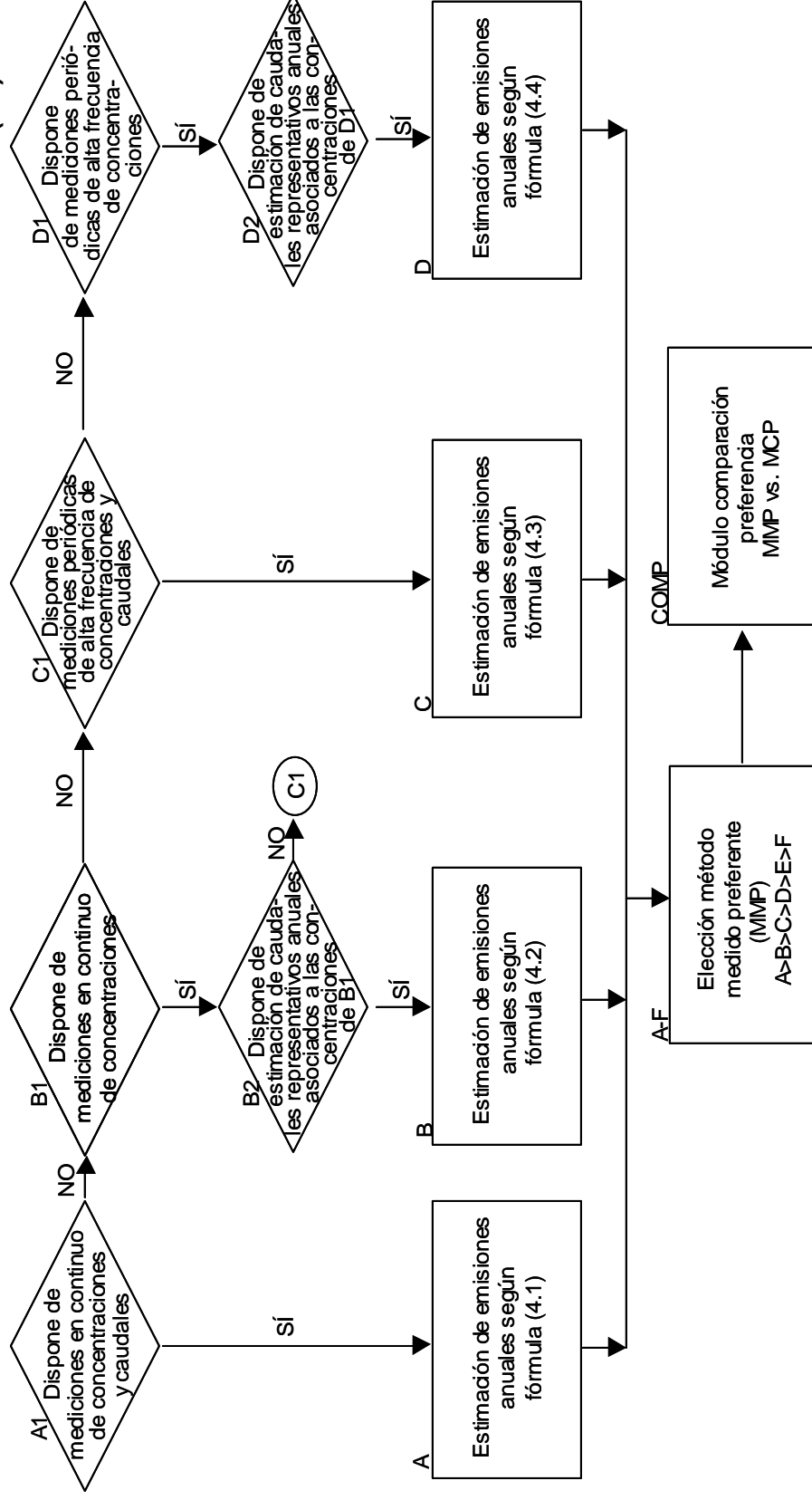
4.3. Esquema de decisión para la elección de método de estimación.

En este epígrafe se presenta un esquema de decisión para la elección del método de estimación cuando se dispone de diversas opciones de métodos de estimación de las categorías que fueron presentadas más arriba en el epígrafe 4.1.

El proceso de decisión se va a centrar en las opciones de métodos basados en medidas de emisión y métodos basados en procedimientos de cálculo. El método basado en el juicio de experto quedaría como una opción residual si no se pudiera llegar a una elección satisfactoria de métodos basados en medidas o métodos basados en cálculos.

Para facilitar la exposición del esquema de decisión para la elección de método se hará referencia a las figuras 4 y 5 siguientes. En la figura 4 que por dimensión de la misma queda dividida en dos partes (1/2 y 2/2) pero que en sustancia ambas partes deben considerarse formando parte de una única figura, se presenta el esquema de decisión de elección de método entre diversas opciones, cuando éstas existan, del método basado en mediciones. En la figura 5 se visualiza el proceso de decisión entre las alternativas preferentes del método basado en medidas y del método basado en cálculo. Para entrar en el diagrama de esta figura se supone que previamente se ha seleccionado un candidato preferente de ambos tipos de método (basado en medidas y basado en cálculo). Seguidamente se describen las etapas de este esquema de decisión.

FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DE ELECCIÓN DE MÉTODO PREFERENTE BASADO EN MEDICIONES (1/2)



Notas a bloques B2 y D2: Considérese si puede realizarse tal estimación de caudales a través de datos de medidas periódicas de alta frecuencia (caso de B2) o de baja frecuencia o periodicidad pluri-anual (caso D2) de los que se habla en el bloque C1 de proceso o a partir de otra información de juicio de experto. En caso de que se confirme esta imposibilidad váyase al bloque C1 del diagrama de proceso.

FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DE ELECCIÓN DE MÉTODO PREFERENTE BASADO EN MEDICIONES (2/2)

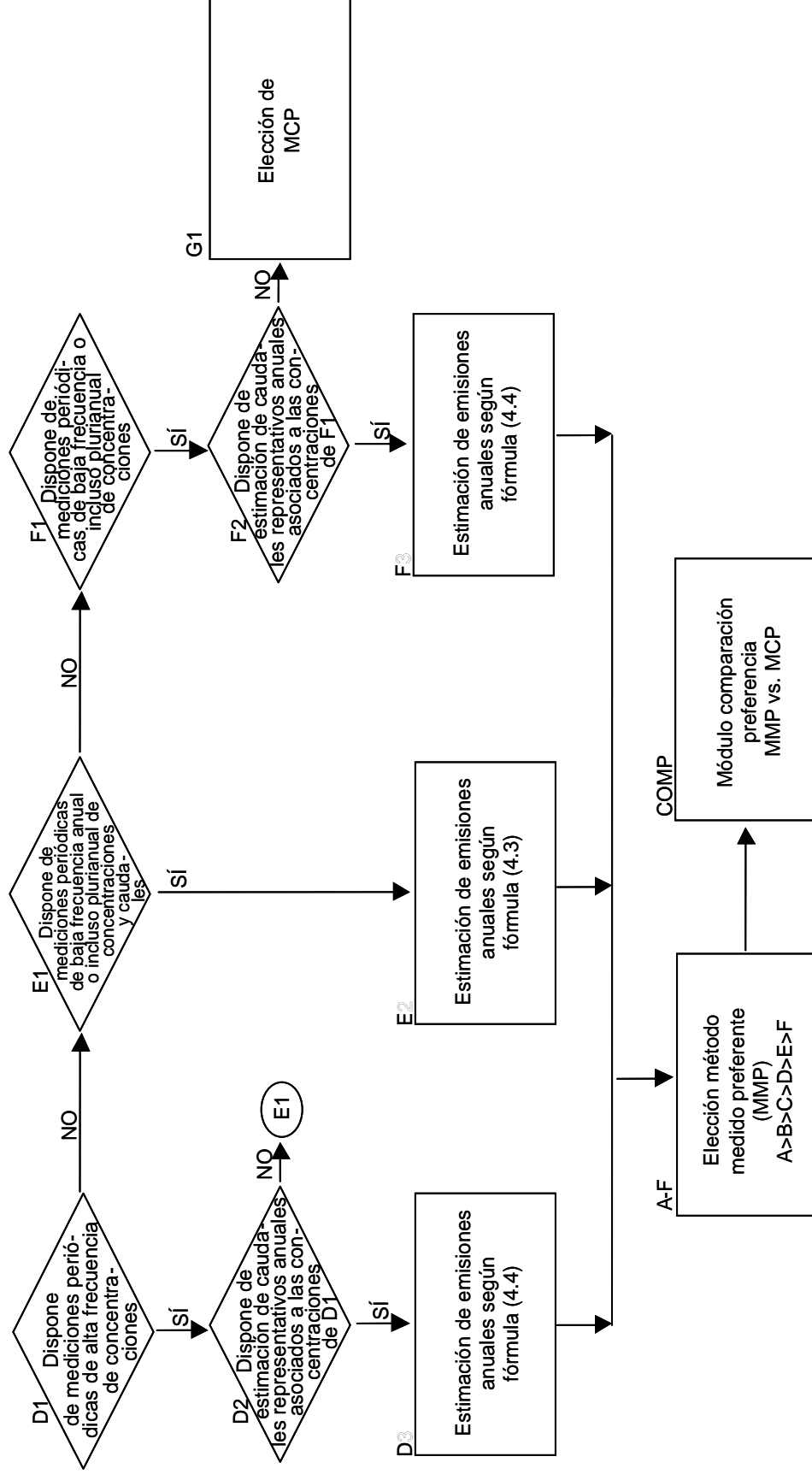
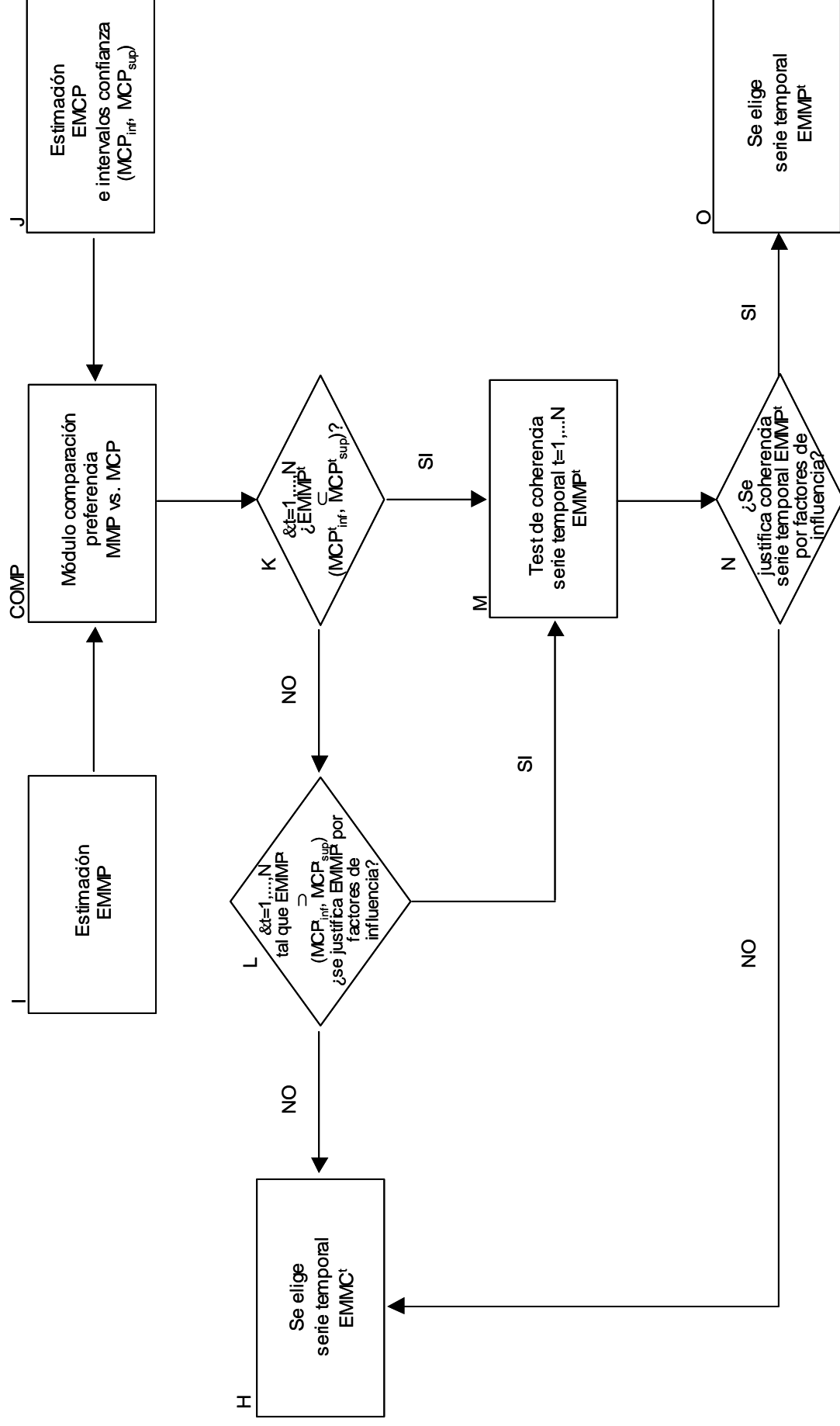


FIGURA 5. DIAGRAMA DE FLUJO DE ELECCIÓN ENTRE MÉTODOS PREFERENTES: MEDIDO VS. CALCULADO



4.3.1. Elección del método preferente basado en mediciones.

Esta parte del procedimiento se inicia con el bloque A1 de la figura 4, en donde se interroga si se dispone de mediciones en continuo de concentraciones y caudales. En caso afirmativo la estimación de las emisiones medidas debe realizarse de acuerdo con la fórmula 4.1; en caso negativo se pasa al bloque B1 para indagar si al menos se dispone de mediciones en continuo de concentraciones. Si la respuesta es SI se pasa al bloque B2 donde se interroga si se dispone de una estimación de caudales representativos anuales asociados a las concentraciones de B1, y en el caso afirmativo se procede a la estimación de las emisiones de acuerdo con la fórmula 4.2. Si la respuesta, tanto a B1, como a B2, es negativa, se pasa al bloque C1 del diagrama.

En el bloque C1 ya se establece una gradación a la baja de la presumible calidad de la información respecto al caso de disponibilidad de información en continuo. En efecto, en C1 se indaga si existe mediciones periódicas de alta frecuencia de concentraciones y caudales. Se entiende por alta frecuencia medidas repetidas 12 o más veces al año.⁴⁷ Si la respuesta a C1 es SI se procede a la estimación de las emisiones según la fórmula 4.3. Si la respuesta a C1 es NO se indaga en el bloque D1 una condición más débil como es la disposición de medidas periódicas de alta frecuencia sólo de concentraciones. En el caso de respuesta positiva a D1 se indaga en el bloque D2 si se dispone de una estimación de caudales representativos anuales asociados a las concentraciones de D1, y en caso afirmativo se procede a la estimación de las emisiones de acuerdo con la fórmula 4.4. Si la respuesta, tanto a D1, como a D2, es negativa, se pasa al bloque E1 del diagrama.

En el bloque E1 se establece, a su vez, una gradación a la baja de la presumible calidad de la información respecto al caso de disponibilidad de información periódica de alta frecuencia. En efecto, en E1 se indaga si existen mediciones periódicas de baja frecuencia anual o incluso plurianual de concentraciones y caudales. Se entiende por baja frecuencia las medidas repetidas menos de 1 vez por mes, pasando por una vez al año y llegando en algunos casos a medidas plurianuales, una cada dos o tres años. Si la respuesta a E1 es positiva se procede a la estimación de las emisiones según la fórmula 4.3. Si la respuesta a E1 es negativa se indaga en el bloque F1 una condición más débil como es la disposición de medidas periódicas de baja frecuencia sólo de concentraciones. En el caso de respuesta positiva a F1 se indaga en el bloque F2 si se dispone de una estimación de caudales representativos anuales asociados a las concentraciones de F1, y en caso afirmativo se procede a la estimación de las emisiones de acuerdo con la fórmula 4.4; mientras en el caso de respuesta negativa a F2, y ante la ausencia de una opción razonable de estimación por método basado en medidas, se recomienda pasar al

⁴⁷ Se incluyen aquí como representativas las mediciones de los autocontroles con frecuencia mínima quincenal a que están obligadas determinadas unidades de proceso de las fábricas de cemento.

bloque G1 adoptando el método preferente basado en cálculo, ya sea balance de materias o factor de emisión.

Si esta parte del diagrama (figura 4) ha permitido llegar a alguno de los bloques de estimación por el método de emisiones medidas, bloques A a F, se elige el método preferente entre estos tomando como prioritario el primero disponible que aparezca en la frecuencia A a F, tal y como se refleja en el bloque A-F del diagrama de la figura. La salida del módulo A-F lleva la opción del método medido preferente (MMP) al bloque COMP, en el que se realiza la comparación de preferencias entre los métodos preferentes medido y calculado, MMP y MCP respectivamente. Este bloque COMP está en el inicio de la segunda fase del esquema de decisión (véase figura 5) en el que se procesa la información para elegir entre MMP y MCP.⁴⁸

4.3.2. Elección entre métodos preferentes: medido vs. calculado.

Esta segunda parte del procedimiento se inicia con la alimentación al bloque COMP, ya comentado anteriormente, con la estimación de las emisiones de los métodos preferentes MMP y MCP. Para MMP se calcula su estimador central (supuestamente media o mediana) que se simboliza por EMMP; para MCP se calcula asimismo su estimador central, que se simboliza por EMCP, y el intervalo de confianza del mismo (MCP_{inf}^t , MCP_{sup}^t) basado en el supuesto del conocimiento de la incertidumbre de EMCP.

Con la salida del bloque COMP se establece en el bloque K la pregunta de si, para todo año de la serie temporal considerada ($t=1,...,N$)⁴⁹, el valor central estimado de MMP, simbolizado por $EMMP^t$, se sitúa dentro de la banda de confianza de la cantidad emitida, establecida a partir de MCP; banda que se cuantifica como el rango (MCP_{inf}^t , MCP_{sup}^t).

Si la respuesta al bloque K es negativa se indaga en el bloque L si los valores de los años t en que $EMMP^t$ no se sitúa dentro del rango (MCP_{inf}^t , MCP_{sup}^t) pueden quedar justificados por los factores de influencia de las tablas que se presentan en el epígrafe 5.2 asociados a los condicionantes de las emisiones de cada contaminante. Si la respuesta al bloque L es negativa se opta por elegir en el bloque H la serie temporal de estimación de las emisiones, $EMMC^t$, del método preferente calculado.

Si la respuesta a los bloques K o L es afirmativa se pasa al bloque M. En este bloque se realiza un test de coherencia de la serie temporal de la estimación de emisiones, $EMMP^t$, del método preferente medido. Básicamente en este test de coherencia se calculan potenciales valores atípicos (outliers) en las tasas de variación de la serie temporal. Tras el cálculo de los elementos

⁴⁸ Se asume que el método de cálculo preferente ya ha sido previamente elegido basándose en la información de la disponibilidad de un método preciso basado en balance de materias (ejemplo preferencial para la estimación de las emisiones de CO₂), o un método basado en factor de emisión de acuerdo con las recomendaciones establecidas en el epígrafe 5.2 más adelante de este documento.

del test se realiza en el bloque N la indagación de si, teniendo en cuenta los factores de influencia de las tablas que se presentan en el epígrafe 5.2 asociados a los condicionantes de las emisiones de cada contaminante, se puede afirmar la coherencia de la serie temporal de $EMMP^t$. Si la respuesta a la cuestión del bloque N es afirmativa se pasa al bloque O donde se adopta la serie temporal de estimación de las emisiones, $EMMP^t$, basada en el método medido preferente; y en el caso de que la respuesta a la pregunta en N sea negativa se pasa al bloque H, ya comentado, y por tanto se adopta la serie temporal de estimación de las emisiones, $EMMC^t$, del método preferente calculado.

5. Tabla general de factores de emisión y selección de factores.

5.1. Tabla general de factores de emisión.

Para la aplicación del método del factor de emisión se ha realizado previamente una búsqueda bibliográfica extensiva en las principales fuentes de referencia sobre guías para la estimación de emisiones.

Como resultado de este proceso se ha elaborado una tabla general de factores por sustancia contaminante, caracterizados, en la medida de lo posible, por las especificidades de proceso, materia prima, combustible, técnicas de control (primarias y secundarias) y calidad de la información del propio factor. Esta tabla, que figura a continuación, se denomina Tabla general de factores de emisión.

El factor de emisión bruto (columna “Factor de emisión bruto”) representa el factor asociado de aquellas emisiones generadas y dispersas a la atmósfera sin aplicación previa de técnicas de control primarias ni secundarias (véase FE_{BRUTO} , ecuación 4.7, epígrafe 4.1). La columna de “Factor de emisión primario” recoge los factores asociados a las emisiones resultantes tras la aplicación de medidas primarias; este factor viene derivado, a partir de un factor de reducción (ξ_{PRIM}) y grado de aplicabilidad (ζ) de la técnica primaria, según aparece en la fórmula 4.7 del epígrafe 4.1. Por último, el factor de emisión secundario (columna “Factor de emisión secundario”) contemplaría las emisiones resultantes tras ser sometidas a mecanismos de control primarios y

⁴⁹ t representa el índice de recorrido por la serie temporal de años, desde 1 hasta N, que van a ser objeto de estimación de las emisiones.

secundarios; el factor de emisión vendrá definido por la ecuación 4.7 del epígrafe 4.1, con la incorporación adicional de los términos de eficiencia de reducción secundaria (ξ_{SEC}) y de su grado de aplicabilidad (η).

TABLA 3. TABLA GENERAL DE FACTORES DE EMISIÓN

Contaminante: SO₂

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control				Factor de emisión				Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía (1)	Unidad de proceso(2)			Primarias		Secundarias		Bruto	Primario	Secundario	Unidad		Fuente	Edición	Tabla	Página	
					Descripción	Efic.	Descripción	Efic.										
1		H							< 0,02-7	g/kg clínquer		IPPC BREF	Dic,2001	1.8	24	Rango europeo		
2		H							< 10-3500	mg/ m³N		IPPC BREF	Dic,2001	1.8	24	Rango europeo		
3		H							0,00002-0,05	kg/GJ	E	CORINAIR	Dic,2000	8.2b	3311-11	[USA]		
4		H			Generales	Adición absorbente/ Lavador (húmedo o seco)			< 200-400	mg/ m³N		IPPC BREF	Dic,2001		50			
5	S/H	H							5,1	g/kg producto	E	CORINAIR	Dic,2000	8.2b	3311-11	[USA]		
6		HLH							4,1	g/kg clínquer	C	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16			
7		HLS							4,9	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16			
8		HP1							0,27	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16			
9		HPP							0,54	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16			
10		HPP				Torre de spray	(7,4%)		0,5	g/kg clínquer	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16			
11		HPS				Adición absorbente	60-80 %	< 2,4	0,8	g/kg clínquer		IPPC BREF	Dic,2001		40	[Informe alemán.97]		
12	S	H				Lavador seco	< 90%	4-5	< 0,8	g/ kg clínquer		IPPC BREF	Dic,2001		40	Tamaño muestral:1		
13	H/SH/SC/S	H				Lavador húmedo	> 90%		< 0,4	g/ kg clínquer		IPPC BREF	Dic,2001		41	[Cembureau], [Cementa AB], [Junker]		
14	S	H				Carbono activado	<95%	0,1-1,2	< 0,1	g/ kg clínquer		IPPC BREF	Dic,2001		41	[Informe alemán.97] Tamaño muestral:1		
15	H/SH	H		Lignito					2,6	g/ kg clínquer	C	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
16	H/SH	H		Carbón					0,07	g/ kg clínquer	C	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
17	H/SH	H		Gas					0,02	g/ kg clínquer	C	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
18		HP1		Carbón					0,02	g/ kg clínquer	C	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
19		HP2		Carbón					0,5	g/ kg clínquer	C	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
20		HP2		Gas					0,005	g/ kg clínquer	C	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
21		H	Bajo % S volátil						<10	mg/ m³N		IPPC BREF	Dic,2001		26			
22		H	Bajo % S volátil						0,02	g/kg clínquer		CORINAIR	Dic,2000	8.1a	3311-8	[IPPC.BREF]		
23		H	Alto % S volátil						2,4	g/kg clínquer		CORINAIR	Dic,2000	8.1a	3311-8	[IPPC.BREF]		

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control				Factor de emisión				Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios	
	Vía (1)	Unidad de proceso(2)			Primarias		Secundarias		Bruto	Primario	Secundario	Unidad		Fuente	Edición	Tabla	Página		
					Descripción	Efic.	Descripción	Efic.											
					Varias		Adición absorbente/ Lavador (húmedo o seco)				0,6				CORINAIR	Dic,2000	8.1a	3311-8	[IPPC.BREF]
24		H	Alto % S volátil																
25		(H)									0,2-0,3	E	CORINAIR	Dic,2000	8.2b	3311-11		[USA]	
26	S/SH	H									0,3* S+0,5		M.CORINAIR	Ene,1992	8.1.3	(Parte 1) 8-2	S: %S en combustible		
27	H	H									0,45*S+0,5		M.CORINAIR	Ene,1992	8.1.3	(Parte 1) 8-2	S: %S en combustible		

(1): S = Seca, H = Húmeda, SH = Semihúmeda, SC = Semiseca

(2): H = Horno, HLH = Horno largo húmedo, HLS = Horno Largo Seco, HP1 = Horno con precalentador, HP2 = Horno con precalcinador, HPP = Horno con precalentador/precalcinador, HPS = Horno con precalentador en suspensión

Contaminante: NO_x

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía (1)	Unidad de proceso (2)			Primarias	Secundarias	Efic.	Bruto	Primario	Secundario		Unidad	Fuente	Edición	Tabla	
1		H								<0,4-6		IPPC BREF	Dic,2001	1.8	24	Rango europeo
2		H						0,75		0,6		CORINAIR	Dic,2000	8.2c	3311-11	[USA]
3		(H)								1,2		CORINAIR	Dic,2000	8.2c	3311-11	[USA]
4		H		Gas natural						1.111		IPCC	Rev 1996	1-17	1.55	[Radian,90]
5		H		Fuel						527		IPCC	Rev 1996	1-17	1.55	[Radian,90]
6		H		Carbón						527		IPCC	Rev 1996	1-17	1.55	[Radian,90]
7		H			Varías		SNCR			200-500		IPPC BREF	Dic,2001		49	
8		H			Operativas					680		IPPC BREF	Dic,2001		25	[Estudio austriaco,97]
9		H								2,1		CORINAIR	Dic,2000	8.1a	3311-8	[IPPC.BREF]
10		H			Varías		SNCR			0,6		CORINAIR	Dic,2000	8.1a	3311-8	[IPPC.BREF]
11	H	H								1,4-2,1		CORINAIR	Dic,2000	8.2c	3311-11	[USA]
12		HLH								3,7		EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16	
13	SH	H								1,8		CORINAIR	Dic,2000	8.2c	3311-11	[USA]
14	S	H								1,1-1,4		CORINAIR	Dic,2000	8.2c	3311-11	[USA]
15		HLS								3		EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16	
16		HP1								2,4		EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16	
17		HPP								2,1		EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16	
18	H/SH/SC/S	H			Enfriamiento de llama				0,8-	0,8-		IPPC BREF	Dic,2001	1.10	33	[Cembureau,97]
19	H/SH/SC/S	H			Quemador Bajo NOx				0,8-	0,8-		IPPC BREF	Dic,2001	1.10	33	[Cembureau,97]
20		HP1			Combustión por etapas				<1,0-2,0	<1,0-2,0		IPPC BREF	Dic,2001	1.10	33	
21		HPP			Combustión por etapas				<1,0-2,0	<1,0-2,0		IPPC BREF	Dic,2001	1.10	33	
22		HL			Sistema de encendido a mitad del horno							IPPC BREF	Dic,2001	1.10	33	
23	H/S/SH	H			Clinker mineralizado							IPPC BREF	Dic,2001	1.10	33	[Cementa AB,94]
24		HP1					SNCR	10-85%	0,4-1,6	0,4-1,6		IPPC BREF	Dic,2001	1.10	33	
25		HP2					SNCR	10-85%	0,4-1,6	0,4-1,6		IPPC BREF	Dic,2001	1.10	33	
26		H					SCR	85-95%	0,2-0,4	0,2-0,4		IPPC BREF	Dic,2001	1.10	33	[Cembureau,97]
27	H/SH	H		Lignito						5		NPI	Sep,2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]. Medidas Australia
28	H/SH	H		Carbón						6,9		NPI	Sep,2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]. Medidas Australia
29	H/SH	H		Gas						8,2		NPI	Sep,2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]. Medidas Australia

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control				Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía (1)	Unidad de proceso (2)			Primarias	Secundarias	Bruto	Primario	Secundario	Unidad	Fuente		Edición	Tabla	Página		
30		HP1		Carbón							3,7	C	NPI	Sep,2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]. Medidas Australia
31		HP2		Carbón							2,1	C	NPI	Sep,2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]. Medidas Australia
32		HP2		Gas							2,7	C	NPI	Sep,2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]. Medidas Australia
33		HP1									2,1		IPPC BREF	Dic,2001		25	[Int.Cem.Rev.96] [Karlsruhe,96]
34		HPC(RC)									0,6-3,1		IPPC BREF	Dic,2001	1.9	25	Medidas Alemania 1980s (RIC)
35		HPC(SRC)									0,8-3,5		IPPC BREF	Dic,2001	1.9	25	[Karlsruhe,96]. Medidas Alemania 1980s (RIC)
36		HPPA									0,8-4,1		IPPC BREF	Dic,2001	1.9	25	[Karlsruhe,96]. Medidas Alemania 1980s (RIC)
37		(H)									0,13-0,22		CORINAIR	Dic,2000	8.2c	3311-11	[USA]
38		(H)									1.3-1.4		CORINAIR	Dic,2000	8.2c	3311-11	[USA]

(1): S = Seca, H = Húmeda, SH = Semihúmeda, SC = Semiseca

(2): H = Horno, HL = Horno largo, HLH = Horno largo húmedo, HLS = Horno Largo Seco, HP1 = Horno con precalentador, HP2 = Horno con precalcinador, HPP = Horno con precalentador en suspensión, HPC(RC) = Horno con precalentador en ciclones (recuperación de calor), HPC(SRC) = Horno con precalentador en ciclones (sin recuperación de calor), HPPA = Horno con precalentador en parrilla

CONTAMINANTE: CO

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustibles	Técnicas de control			Factor de emisión				Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios	
	Vía (1)	Unidad de proceso (2)			Primarias		Secundarias		Bruto	Primario	Secundario		Unidad	Fuente	Edición	Tabla		Página
					Descripción	Efic.	Descripción	Efic.										
1		H								1-4	g/kg clínquer	IPPC BREF	Dic.2001	1.8	24	Rango europeo		
2		H		Gas						0,083	kg/GJ	IPCC	Rev 1996	1-17	1.55	[Radian,90]		
3		H		Fuel						0,079	kg/GJ	IPCC	Rev 1996	1-17	1.55	[Radian,90]		
4		H		Carbón						0,079	kg/GJ	IPCC	Rev 1996	1-17	1.55	[Radian,90]		
5		HLH								0,06	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16			
6		HLS								0,11	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16			
7		HP1								0,49	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16			
8		HPP								1,8	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16			
9	H/SH	H		Lignito						0,8	g/ kg clínquer	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
10	H/SH	H		Carbón						0,4	g/ kg clínquer	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
11	H/SH	H		Gas						0,3	g/ kg clínquer	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
12		HP1		Carbón						0,8	g/ kg clínquer	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
13		HP2		Carbón						1,7	g/ kg clínquer	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		
14		HP2		Gas						0,08	g/ kg clínquer	NPI	Sep.2003	3	12	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98] Medidas Australia		

(1): H = Húmeda, SH = Semihúmeda

(2): H = Horno, HLH = Horno largo húmedo, HLS = Horno Largo Seco, HP1 = Horno con precalentador, HP2 = Horno con precalentador/precalcinador

CONTAMINANTE: COT

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control				Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada			Otros comentarios	
					Primarias		Secundarias										
	Vía	Unidad de proceso (1)			Descripción	Efic.	Descripción	Efic.	Bruto	Primario	Secundario		Unidad	Fuente	Edición		Tablas
1		H								0,01 - 1	g/kg clínquer		IPPC BREF	Dic,2001	1.8	24	Rango europeo
2		HLH								0,014	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16	
3		HLS								0,014	g/kg clínquer	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16	
4		HP1								0,09	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16	
5		HPP								0,059	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-7	11.6-16	

(1): H = Horno, HLH = Horno largo húmedo, HLS = Horno Largo Seco, HP1 = Horno con precalentador, HP2 = Horno con precalentador/precalcinador

CONTAMINANTE: COV

Ref.	Tipo de proceso Vía proceso (1)	Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control		Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada			Otros comentarios
				Primarias	Secundarias	Bruto	Primario	Secundario		Fuente	Edición	Tablas	Página
1	H							10-100	mg/ m ³ N	IPPC BREF	Dic,2001		27
2	H							0,110	g/kg clínquer	CORINAIR	Dic,2000	8.1a	3311-8
3	HLH							0,0105	g/kg clínquer	NPI	Sep,2003	6	14
4	HP1							0,0675	g/kg clínquer	NPI	Sep,2003	6	14
5	HPP							0,0443	g/kg clínquer	NPI	Sep,2003	6	14
6	H	Alto contenido en materia orgánica						- 500	mg/ m ³ N	IPPC BREF	Dic,2001		27

(1): H = Horno, HLH = Horno largo húmedo, HLS = Horno Largo Seco, HP1 = Horno con precalentador, HPP = Horno con precalentador/precalcinador

CONTAMINANTE: COVNM

Ref.	Tipo de proceso Vía proceso (1)	Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control		Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada			Otros comentarios
				Primarias	Secundarias	Bruto	Primario	Secundario		Fuente	Edición	Tablas	Página
1	S	H						0,01	g/kg producto	CORINAIR	Dic,2000	8.1d	3311-12
2	(H)							50	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1d	3311-12

CONTAMINANTE: CH₄

Ref.	Tipo de proceso Vía proceso (1)	Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control		Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada			Otros comentarios
				Primarias	Secundarias	Bruto	Primario	Secundario		Fuente	Edición	Tablas	Página
1			Gas natural					1,1	g/GJ	IPCC	Rev 1996	1-17	1.55
2			Fuel					1	g/GJ	IPCC	Rev 1996	1-17	1.55
3			Carbón					1	g/GJ	IPCC	Rev 1996	1-17	1.55

CONTAMINANTE: PM

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión				Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía (1)	Unidad de proceso (2)			Primarias	Secundarias	Descripción(3)	Efic.	Bruto	Primario	Secundario		Unidad	Fuente	Edición	Tabla	
1		DPPC								0,0005	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
2		CPPC								0,00011	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
3		TPC								0,000015	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
4		CSPC								0,00016	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
5		MMP								0,0062	g/kg mat. procesado	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
6		CA-MMIP								0,0016	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
7		B-MMP								0,01	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
8		SA-MMIP								0,016	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
9	S	UPC								0,02	g/kg producto	E	CORINAIR	Dic,2000	8.1g	3311-13	[USA]
10		H								0,01-0,4	g/kg clínquer		IPPC BREF	Dic,2001	1.8	24	Rango europeo
11	S	H								0,1	g/kg producto	E	CORINAIR	Dic,2000	8.1g	3311-13	[USA]
12		HLH								65	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	
13		HP1								130	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	
14		HLH								0,456	g/kg clínquer	C	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	Filtrables + Condens.
15		HLH								0,33	g/kg clínquer	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	Filtrables + Condens.
16		HLH								0,24	g/kg clínquer	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	Filtrables + Condens.
17		HLS								0,69	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	Filtrables + Condens.
18		HLS								0,55	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	Filtrables + Condens.
19		HP1								0,13	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	Filtrables + Condens.
20		HP1								0,147	g/kg clínquer	C	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	Filtrables + Condens.
21		HPP								0,024	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	
22		HPP								0,1	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	
23		HPP								0,078	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	Condensables
24		EC								0,0518	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-10	Filtrables + Condens
25		EC								0,0764	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-10	Filtrables + Condens
26		EC								0,1145	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-10	Filtrables + Condens
27		MC								0,1	g/kg producto	E	CORINAIR	Dic,2000	8.1g	3311-13	[USA]
28		MC								0,0042	g/kg mat. procesado	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
29		CA-MC								0,0012	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	
30		B-MC								0,0047	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13	

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión				Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios	
	Vía (1)	Unidad de proceso (2)			Primarias		Secundarias		Bruto	Primario	Secundario		Unidad	Fuente	Edición	Tabla		Página
					Descripción	Efic.	Descripción(3)	Efic.										
31		SA-MC					FM			0,014	g/kg mat. procesado	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-3	11.6-13		
32		TC								0,03	g/kg producto	E	CORINAIR	Dic,2000	8.1g	3311-13	[USA]	
33		TP								0,4	g/kg cemento		CORINAIR	Dic,2000	8.1a	3311-8	TSP	
34		TP								0,6	g/kg cemento		CORINAIR	Jun,2006. Draft	8.1a	3311-8	[CEPMEIP].TSP. FE medio europeo	
35		TP								2	g/kg cemento		CEPMEIP				TSP. Nivel alto	
36		TP					PRE (en chimenea principal)		< 97%	2	g/kg cemento	E (Incert. : factor 1,5)	CORINAIR	Jun,2006. Draft	8.1g	3311-15	[CEPMEIP].TSP. Control limitado de fugitivas	
37		TP								0,6	g/kg cemento		CEPMEIP				TSP. Nivel medio/medio-alto	
38		TP					PRE (chimenea principal) + FM (fugitivas)			0,6	g/kg cemento	E (Incert. : factor 1,5)	CORINAIR	Jun,2006. Draft	8.1g	3311-15	[CEPMEIP].TSP. Planta convencional. Control moderado fugitivas	
39		TP								0,2	g/kg cemento		CEPMEIP				TSP. Nivel bajo	
40		TP					FM adicional (chimenea horno) + Control fugitivas			0,2	g/kg cemento	E (Incert. : factor 1,5)	CORINAIR	Jun,2006. Draft	8.1g	3311-15	[CEPMEIP].TSP. Planta moderna. Control efectivo fugitivas	
41		TP (CLINQUER)								0,212	g/kg producto		CORINAIR	Dic,2000	8.1g	3311-13	[USA]	
42		TP (CEMENTO)					Operativas			0,236	g/kg clínquer		CORINAIR	Dic,2000	8.1g	3311-13	[Passant et al,2000]	
43		TP (CEMENTO)								0,029 - 0,046	g/kg producto		CORINAIR	Dic,2000	8.1g	3311-13	[USA]	

(1): S = Seca

(2): DPPC = Desmenuzador primario piedra caliza, CPPC = Criba primaria piedra caliza, TPC = Transporte piedra caliza, CSCP = Criba secundaria piedra caliza, MMP = Molino de materia prima, CA = Cinta de alimentación, B = Báscula, SA = Separador de aire, UPC = Unidades preparación combustible, H = Horno, HLH = Horno largo húmedo, HLS = Horno Largo Seco, HP1 = Horno con precalentador, HPP = Horno con precalentador/precalcinador, EC = Enfriador de clínquer, MC = Molino de cemento, TC = Transporte cemento, TP = Total proceso

(3): FM: Filtro de mangas; PRE: Precipitador electrostático

CONTAMINANTE: PM₁₀

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión				Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios	
	Vía (1)	Unidad de proceso (2)			Primarias		Secundarias		Bruto	Primario	Secundario		Unidad	Fuente	Edición	Tabla		Página
					Descripción	Efic.	Descripción(3)	Efic.										
1		TMPPC								0,017	g/kg producto		NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
2		TMPPC								0,017			NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
3		TMPPC								0,017			NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
4		TMPPC								0,017			NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
5		HLH										D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	(24% TSP)	
6		HLH										D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	(85% TSP)	
7	H	H											NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
8	HLS											D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	(84% TSP)	
9	HP1												NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
10	HP1												NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
11	HP2												NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
12	HP2												NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
13	EC											D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-10	(76% TSP)	
14	UPCL												NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
15	UPCL												NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
16	UPCL												NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
17	MC												NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
18	MC									0.03	g/kg		NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
19	MC									0.03	g/kg		NPI	Sep,2003	9	19	[Cem.Ind.Fed.Lim.,98]	
20	TP												CORINAIR	Dic,2000	8.1a	3311-8	(27,5% TSP)	
21	TP												CORINAIR	Jun,2006. Draft	8.1a	3311-8	[CEPMEIP].(85%TSP) . FE medio europeo	
22	TP												CEPMEIP				(40%TSP). Nivel alto	
23	TP											E (Incert.: factor 1,5)	CORINAIR	Jun,2006. Draft	8.1g	3311-15	[CEPMEIP].(40%TSP) . Control limitado de fugitivas	
24	TP												CEPMEIP				(85%TSP). Nivel medio/ medio-alto	
25	TP											E (Incert.: factor 1,5)	CORINAIR	Jun,2006. Draft	8.1g	3311-15	[CEPMEIP].(85%TSP) . Planta convencional. Control moderado fugitivas	
26	TP												CEPMEIP				(90%TSP). Nivel bajo	
27	TP											E (Incert.: factor 1,5)	CORINAIR	Jun,2006. Draft	8.1g	3311-15	[CEPMEIP].(90%TSP) . Planta moderna. Control efectivo fugitivas	

(1): H = Húmeda, S = Seca, SH = Semihúmeda

(2): TMPPC = Trituradora materia prima/piedra caliza, HLH = Horno largo húmedo, HP1 = Horno con precalentador, H = Horno, HLS = Horno largo seco, HP2 = Horno con precalentador, EC = Enfriador de clínquer, UPCL = Unidades de procesamiento clínquer, MC = Molino de cemento, TP = Total proceso

(3): FM: Filtro de mangas; PRE: Precipitador electrostático

CONTAMINANTE: PM_{2,5}

Ref.	Vía	Unidad de proceso (1)	Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Descripción	Efic.	Descripción(3)	Efic.	Bruto	Primario	Secundario	Unidad	Código de calidad	Fuente	Edición	Tabla	Página	Otros comentarios
1		HLH									13	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	20% TSP (Tabla 11.6-5)
2		HLH					PRE	(97,6 %)			0,307	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	83% TSP.(Tabla 11.6-5)
3		HLS					FM				0,077	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-9	77% TSP.(Tabla 11.6-5)
4		EC					Filtro Lecho Grava				0,070	g/kg clínquer	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-1	11.6-10	64% TSP.(Tabla 11.6-5)
5		TP									0,04	g/kg cemento		CORINAIR	Dic,2000	8.1a	3311-8	(10% TSP)
6		TP									0,18	g/kg cemento		CORINAIR	Jun,2006	Draft	8.1a	[CEPMEIP].(30%TSP). FE medio europeo
7		TP									0,3	g/kg cemento		CEPMEIP				(15%TSP). Nivel alto
8		TP					PRE (en chimenea principal)	< 97%			0,3	g/kg cemento	E (Incert.: factor 1,5)	CORINAIR	Jun,2006	Draft	8.1g	[CEPMEIP].(15%TSP). Control limitado de fugitivas
9		TP									0,18	g/kg cemento		CEPMEIP				(30%TSP). Nivel medio/medio-alto
10		TP					PRE (chimenea principal) + FM (fugitivas)				0,18	g/kg cemento	E (Incert.: factor 1,5)	CORINAIR	Jun,2006	Draft	8.1g	[CEPMEIP].(30%TSP). Planta convencional. Control moderado fugitivas
11		TP									0,08	g/kg cemento		CEPMEIP				(40%TSP). Nivel bajo
12		TP					FM adicional (chimenea horno) + Control fugitivas				0,08	g/kg cemento	E (Incert.: factor 1,5)	CORINAIR	Jun,2006	Draft	8.1g	[CEPMEIP].(40%TSP). Planta moderna. Control efectivo fugitivas

(1): HLH = Horno largo húmedo, HP = Horno con precalentador, HLS = Horno largo seco, EC = Enfriador de clínquer, TP = Total proceso

(2): HLH = Horno largo húmedo, H = Horno, HLS = Horno largo seco, EC = Enfriador de clínquer; TP = Total proceso

(3): FM: Filtro de mangas; PRE: Precipitador electrostático

CONTAMINANTE: AS

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control				Factor de emisión				Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias		Secundarias	Bruto	Primario	Secundario		Unidad		Fuente	Edición	Tabla	Página	
					Descripción	Efic.				Descripción	Efic.							
1										2,E-04			CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9		
2										1,2E-05			CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]	
3										6,0E-06			EPA AP-42			11.6-9	11.6-20	
4										6,5E-06			EPA AP-42			11.6-9	11.6-20	
5		H								4E-3			CORINAIR	Dic,2000	9.1b	3311-16	Materia particulada. Medidas Holanda	

CONTAMINANTE: Cd

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias	Secundarias	Efic.	Bruto	Primario	Secundario	Unidad	Fuente	Edición	Tabla	Página	
1										1,E-05	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
2										4,2E-05	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
3										8,E-06	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
4										< 1,0E-06	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
5							FM			1,1E-06	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-20	
6							PRE			4,2E-06	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-20	
7		H								6E-3	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	9.1b	3311-16	Materia particulada. Medidas Holanda

CONTAMINANTE: Cr

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias	Secundarias	Efic.	Bruto	Primario	Secundario	Unidad	Fuente	Edición	Tabla	Página	
1										1,E-03	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
2										1,05E-03	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
3				Incluye aceites residuales						(2E-5) -(3E-4)	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
4				Carbón + Fuel						(6E-6) -(2E-5)	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
5							FM			1,1E-06	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-20	
6							PRE			4,2E-06	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-20	
7		H								5E-3	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	9.1b	3311-16	Materia particulada. Medidas Holanda

CONTAMINANTE: Cu

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias	Secundarias	Efic.	Bruto	Primario	Secundario	Unidad	Fuente	Edición	Tabla	Página	
1										4,E-04	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
2							FM			2,6E-03	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-20	
3		H								8E-3	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	9.1b	3311-16	Materia particulada. Medidas Holanda

CONTAMINANTE: Hg

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias	Secundarias		Bruto	Primario	Secundario		Fuente	Edición	Tabla	Página	
1										1,E-04		CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
2										2,75E-04		CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
3						FM				1,2E-05	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-20	
4						PRE				1,1E-04	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-20	
5		H								9E-3		CORINAIR	Dic,2000	9.1b	3311-16	Materia particulada. Medidas Holanda

CONTAMINANTE: Ni

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias	Secundarias		Bruto	Primario	Secundario		Fuente	Edición	Tabla	Página	
1										1,0E-04		CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
2										1,11E-04		CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
3		H								4E-3		CORINAIR	Dic,2000	9.1b	3311-16	Materia particulada. Medidas Holanda

CONTAMINANTE: Pb

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias	Secundarias		Bruto	Primario	Secundario		Fuente	Edición	Tabla	Página	
1										2,E-04		CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
2										1,1E-03		CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
3										2,16E-04		CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
4				Incluye aceites residuales						(1,2E-5) -(2E-4)		CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
5				Carbón + Fuel						6,E-06		CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
6										< 3,3E-05		CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
7						FM				3,8E-05	D	EPA AP-42		11.6-9	11.6-20	
8						PRE				3,6E-04	D	EPA AP-42		11.6-9	11.6-20	
9		H								6,5E-3		CORINAIR	Dic,2000	9.1b	3311-16	Materia particulada. Medidas Holanda

CONTAMINANTE: Se

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de combustibles	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso		Primarias	Secundarias	Efic.	Bruto	Primario	Secundario	Unidad	Fuente	Edición	Tabla	Página	
1									2.E-06	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
2									2.E-06	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
3					FM				1.0E-04	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-21	
4					PRE				7.5E-05	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-21	
5		H							3E-3	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	9.1b	3311-16	Materia particulada. Medidas Holanda

CONTAMINANTE: Zn

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de combustibles	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso		Primarias	Secundarias	Efic.	Bruto	Primario	Secundario	Unidad	Fuente	Edición	Tabla	Página	
1									2.E-03	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
2									2.93E-04	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
3									(3E-6) - (4.7E-4)	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	8.1h	3311-14	[van der Most and Veldt,92]
4					FM				1.7E-04	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-21	
5					PRE				2.7E-04	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-21	
6		H							4E-3	g/kg cemento	CORINAIR	Dic,2000	9.1b	3311-16	Materia particulada. Medidas Holanda

CONTAMINANTE: HCl

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de combustibles	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso		Primarias	Secundarias	Efic.	Bruto	Primario	Secundario	Unidad	Fuente	Edición	Tabla	Página	
1									< 0.002 -0.05	g/kg clínquer	IPPC BREF	Dic,2001	1.8	24	Rango europeo
2					FM				7.41E-02	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-21	Comp.inorg.CI como HCl
3					PRE				3.75E-01	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-21	Comp.inorg.CI como HCl

CONTAMINANTE: HF

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de combustibles	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso		Primarias	Secundarias	Efic.	Bruto	Primario	Secundario	Unidad	Fuente	Edición	Tabla	Página	
1									< 0.0008 -0.01	g/kg clínquer	IPPC BREF	Dic,2001	1.8	24	Rango europeo
2					PRE				4.74E-04	g/kg clínquer	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-21	Comp.inorg.F como HF

CONTAMINANTE: DIOX

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias	Descripción	Efic.	Bruto	Primario	Secundario		Fuente	Edición	Tabla	Página	
1										< (2E-10) - (1E-9)		IPPC BREF	Dic,2001	1.8	24	Rango europeo
2										2.E-10		CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
3										3,653E-11		CIEMAT				
4							FM			1,54E-09	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-22	PCDD+PCDF

CONTAMINANTE: HAP

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias	Descripción	Efic.	Bruto	Primario	Secundario		Fuente	Edición	Tabla	Página	
1										3.E-06		CORINAIR	Dic,2000	8.1b	3311-9	
2							FM			4,65E-07	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-22	HAP (4)
3							FM			4,9E-06	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-22	HAP (6 Borneff)

CONTAMINANTE: BENCENO

Ref.	Tipo de proceso		Tipo de materias primas	Tipo de combustible	Técnicas de control			Factor de emisión			Código de calidad	Fuente consultada				Otros comentarios
	Vía	Unidad de proceso			Primarias	Descripción	Efic.	Bruto	Primario	Secundario		Fuente	Edición	Tabla	Página	
1										8,0E-03	E	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-21	
2							PRE			1,6E-03	D	EPA AP-42	Ene,1995	11.6-9	11.6-21	

5.2. Selección de factores de emisión.

En el caso de aplicar la metodología del factor de emisión, se recomienda seleccionar aquel cuya caracterización de especificidades se ajuste más al caso de estudio.

Como ayuda a este proceso de elección se mencionan a continuación las opciones que se pueden considerar más representativas y se apunta en cada caso al número de referencia de la tabla general de factores de emisión de cada contaminante para identificar la fila correspondiente. Previamente, en el epígrafe 3 se realiza para contaminante una discusión de los condicionantes cualitativos que deben tenerse en cuenta en la adopción del factor seleccionado.

5.2.1. Partículas.

Entre otros condicionantes básicos en las emisiones de partículas, que debieran contemplarse en la selección de factores, habría que distinguir en la línea de separación, por un lado, entre los procesos que son imputables a los tratamientos en cantera, y al transporte subsiguiente del material hasta la planta de producción de cemento propiamente dicha y, por otro lado, los procesos a considerar estrictamente en la planta de producción de cemento, que se inician con la descarga de las materias primas y combustibles y terminan con la manipulación, almacenaje, envasado y despacho del producto final. Por otra parte, deben distinguirse en el cómputo las estimaciones de las emisiones provenientes de los procesos no confinados y confinados, y entre estos últimos los canalizados a chimenea, ya sea por conducción directa o mediante sistema de aspiración previa, y los no canalizados. En la tabla 3 se muestra una recopilación de las principales variables condicionantes de los niveles de emisión, señalando de manera cualitativa el efecto que ejerce su presencia (o grado de penetración) en las emisiones.

TABLA 4. FACTORES DE INFLUENCIA DE PARTÍCULAS

Condicionante Descripción	Categoría	Estado Existencia (E) o Nivel Bajo()/Alto()	Efecto en emisiones Baja()/Sube()
Barreras de protección	Diseño de unidad (no confinada)	E	
Confinamiento	Diseño de unidad	E	
Pavimentación	Diseño de unidad	E	
Líneas aspiración + Filtro de mangas	Unidad de proceso+ Técnica control secundaria	E	
Contenido de humedad	Fuente emisora ⁽¹⁾		
Vía seca	Vía de proceso	E	
vs. Vía húmeda o semihúmeda	Vía de proceso	E	
CO>0,5% (vol.gas efluente) ⁽²⁾ con Precipitador electrostático	Varios ⁽²⁾ Técnica control secundaria	E E	⁽³⁾

Fuente: Elaboración propia

(1): Material manipulado (materias primas o combustibles); diseño de unidad (áreas de transporte del material en camiones)

(2): Véanse factores de influencia en las emisiones de CO (subapartado factores de emisión de CO)

(3): Pérdida de eficiencia de reducción asociada al precipitador electrostático (bajo condiciones de operación con volúmenes de CO en el gas efluente superiores al 0,5%).

Caso de poseer datos específicos de la eficiencia de reducción, se apunta a que se calcule en primer lugar el factor de emisión bruta, cuyo dato está implícito en los referidos factores de emisión neta retrotraídos a factor de emisión bruta multiplicando por $(100/(100-\% \text{ Eficiencia}_{\text{Ref}}))$, donde $\text{Eficiencia}_{\text{Ref}}$ es la consignada en la tabla; y una vez obtenido el factor de emisión bruto se calcula el factor neto aplicando los datos específicos de eficiencia de reducción de la planta $(1-(\% \text{ Eficiencia}_{\text{Esp}}/100))$. La ecuación propuesta para la determinación del factor de emisión específico de planta viene dado por:

$$FE_{\text{Neto,Esp}} = FE_{\text{Bruto,Ref}} \left(\frac{100}{100 - \text{Eficiencia}_{\text{Esp}} [\%]} \right) \left(\frac{100}{100 - \text{Eficiencia}_{\text{Ref}} [\%]} \right) \quad [5.2.1]$$

donde: $FE_{\text{Neto,Esp}}$ y $FE_{\text{Neto,Ref}}$ son los factores de emisión netos (secundarios) específicos de planta y reportados en la referencia.

$FE_{\text{Bruto,Ref}}$ son los factores de emisión brutos implícitos asociados a la referencia

$\text{Eficiencia}_{\text{Esp}}$ y $\text{Eficiencia}_{\text{Ref}}$ son las eficiencias de reducción específicas de planta y presentados en la referencia de la tabla general, respectivamente (en porcentaje).

En la tabla general de factores, no se recogen explícitamente factores de emisión asociados a ciertas unidades potencialmente generadoras de partículas como los sistemas de almacenamiento y el trasiego de material, a excepción del transporte de cemento.⁵⁰

De la tabla general se proponen como representativos, según procesos, los factores de las referencias que se indican a continuación:

- Para los procesos de trituración y cribado de la materia prima, si se realizan dentro del complejo, se proponen referencias 1 a 4 según corresponda a cada unidad de tratamiento y siempre que el proceso sea confinado, se canalice a chimenea y con la corriente efluente sometida previamente a una técnica de control secundaria de filtro de mangas. En caso de no disponer de información individualizada para la caracterización de cuatro unidades (las de la referencia 1 a 4), podría tomarse como valor representativo genérico el de la referencia 1, pues, dado su nivel de magnitud respecto a los de las tres restantes y su código de calidad, la contribución de las tres restantes unidades puede considerarse secundaria. En caso de no disponer de filtro de mangas, como se trata de materia gruesa, pudiera asumirse que el factor de emisión bruto podría calcularse aplicando un factor de

⁵⁰ Para hacer completa la estimación de emisiones e incluir las correspondientes a estas unidades de las que no se dispone de factores de emisión, caben dos alternativas: i) seleccionar para ellas factores de una unidades similares; ii) hacer una estimación conjunta del centro con un factor global que se entiende cubre todas las fuentes de emisión.

escala de 200 (asumiendo una efectividad del filtro de mangas para este tipo de partículas gruesas de, al menos, el 99,5%).

- Para los procesos del sistema de molturación de materia prima y cemento (molino, cinta transportadora, báscula y separador), véanse referencias 5 a 8 para la materia prima y referencias 28 a 31 para los agregados del cemento, según corresponda a cada unidad de tratamiento y siempre que la corriente efluente esté sometida previamente a una técnica de control secundaria de filtro de mangas. Por lo que respecta a la preparación de la materia prima, en caso de no disponer de información individualizada para la caracterización de cuatro unidades (las de la referencia 5 a 8), podría tomarse como valor representativo genérico el de la referencia 7 pues, dado su nivel de magnitud respecto a los de las tres restantes y su código de calidad la contribución de las tres unidades restantes, puede considerarse secundaria; en el caso análogo para el cemento, y con idéntico razonamiento, se podría adoptar como valor único el propuesto en la referencia 31. En caso de no disponer de filtro de mangas, el factor bruto se podría obtener multiplicando el factor de emisión original por un factor de escala de 200 (asumiendo una efectividad del filtro de mangas del 99,5%).
- Para el proceso de preparación del combustible (molturación de carbón o coque de petróleo), se apunta a la referencia 9, si bien, presumiblemente no incluye las difusas del parque de combustibles sólidos.
- Hornos largos húmedos, se recomiendan referencias 14, 15 y 16, con las especificaciones respectivas de: i) precipitador; ii) filtros de mangas; iii) torre de enfriamiento, multiciclones y filtro de mangas. En el caso de no disponer de caracterización de la técnica secundaria adoptada se propone aplicar un factor neto por defecto de 0,33 g/kg de clínquer (derivado a partir de un factor de emisión bruto de 65 g/kg de clínquer y una eficiencia de reducción del 99,5%).
- Hornos de vías secas o semi-secas/húmedas, véanse, según dispongan respectivamente de precipitadores electrostáticos o filtros de mangas, se proponen las referencias 17 y 18 para el horno largo seco, las referencias 19 y 20 para el horno con precalentador y referencias 21 y 22 para horno con precalentador y precalciner. Para la aplicación de eficiencias de reducción específicas de planta (véase ecuación [5.2.1]), y caso de no figurar explícitamente en la referencia propuesta una eficiencia de reducción asociada, se propone emplear una eficiencia por defecto del 99,5%. Si no se tuviera información de la técnica de control secundaria instalada, se propone un factor de 0,6 g/kg de clínquer para el horno

largo seco, un factor de 0,14 g/kg de clínquer para el horno con precalentador y de 0,06 g/kg de clínquer para los hornos con precalentador y precalcinador, factores todos ellos dentro del rango fijado por las referencias anteriormente citadas. Como valor por defecto, se puede adoptar un factor de 0,3 g/kg de clínquer para un horno de vía seca sin especificación.

- Hornos sin especificación (asumiendo esté implantado un sistema de control secundario para la reducción de partículas en el gas efluente procedente del horno), se podría aplicar un factor de 0,3 g/kg de clínquer, valor dentro del rango considerado en la referencia 1, seleccionado a la vista de los factores asumidos representativos para cada uno de los tipos de hornos.
- Enfriador de clínquer, se recomienda aplicar las referencias 24 a 26 según dispongan, como técnicas de control secundarias asociadas, de precipitador electrostático, filtro de mangas o filtro de lecho fluido, respectivamente. Estos factores serán de aplicación cuando el enfriador de clínquer canalice su aire caliente a una chimenea diferente a la propia del horno. Caso de no disponer de información relativa a la técnica de control secundaria instalada, se recomienda un factor de 0,07 g/kg de clínquer, valor medio aproximado de los especificados por tipo de técnica.
- Para el transporte de cemento, se sugiere considerar la referencia 32.
- Proceso en general, si no hay información suficiente que permita un tratamiento individualizado por unidad de proceso, se propone aplicar el factor de la referencia 37 (y 38).

Con relación a la distribución granulométrica de las partículas emitidas en el sector de cemento, se asume que todas las referencias anteriormente seleccionadas tratan las partículas totales en suspensión (PST). Por lo que respecta a PM_{10} , se propone derivar, siempre que sea factible con la información recogida en la tabla general, el factor de emisión a partir del recomendado para PST; para inferir el factor de PM_{10} , se aplica al factor de PST seleccionado el ratio PM_{10}/PM , dato reflejado en la tabla PM_{10} (columna "Otros comentarios"), correspondiente a una misma especificación y fuente bibliográfica:

- Hornos largos húmedos, el ratio PM_{10}/PM propuesto se infiere como combinación de la referencia 5 de la tabla de PM_{10} con la referencia 12 de la tabla de PM para unidades sin control, y como combinación de las referencias 6 (tabla de PM_{10}) y 14 (tabla de PM) para hornos con técnicas de control asociadas del tipo precipitadores electrostáticos.

- Hornos largos húmedos, el ratio PM_{10}/PM propuesto se infiere como combinación de la referencia 5 de la tabla de PM_{10} con la referencia 12 de la tabla de PM para unidades sin control, y como combinación de las referencias 6 (tabla de PM_{10}) y 14 (tabla de PM) para hornos con técnicas de control asociadas del tipo precipitadores electrostáticos.
- Enfriador de clínquer: el ratio PM_{10}/PM propuesto se infiere como combinación de la referencia 13 de la tabla de PM_{10} con la referencia 26 de la tabla de PM
- Total proceso: el ratio PM_{10}/PM propuesto se infiere como combinación de la referencia 25 de la tabla de PM_{10} con la referencia 37 de la tabla de PM

Si no se dispone de una caracterización granulométrica, pueden derivarse los factores de emisión correspondientes a PM_{10} partir de las referencias asociadas a PST aplicando un factor de escalado de 0,9 (90%), valor presumiblemente representativo en el caso de instalaciones con sistemas de abatimiento.

En la tabla siguiente se reflejan, con carácter informativo adicional, las concentraciones y factores finales, contemplando ya las eficiencias de reducción asociadas, a distintas instalaciones y técnicas de control.

TABLA 5. TÉCNICAS DE CONTROL DE PARTÍCULAS

Técnica	Aplicabilidad	Emisiones reportadas	
		mg/m ³ ⁽¹⁾	kg/tonelada ⁽²⁾
Precipitadores electrostáticos	Cualquier sistema de horno	5-50	0,01-0,1
	Enfriador de clínquer	5-50	0,01-0,1
	Molino de cemento	5-50	0,01-0,1
Filtros de mangas	Cualquier sistema de horno	5-50	0,01-0,1
	Enfriador de clínquer	5-50	0,01-0,1
	Molino de cemento	5-50	0,01-0,1

Fuente: Documento de Referencia de Mejores Técnicas Disponibles.(IPPC, Diciembre 2001)

(1) Generalmente referido a medias diarias, gas seco, 273 K, 101,3 kPa y 10% O₂

(2) kg/tonelada de clínquer: basado en 2000 m³/tonelada de clínquer

5.2.2.NO_x.

Como ya quedó expuesto en el epígrafe 3.2, los condicionantes básicos del nivel de emisión de NO_x y, por tanto, influyentes en la adopción del factor seleccionado son las condiciones de la combustión, y en particular la temperatura de la llama y el exceso de oxígeno aportado como comburente, y, en los sistemas en que existe combustión secundaria, en donde se alcanzan menores temperaturas que en el sistema de combustión principal del horno, el contenido de nitrógeno orgánico ligado al combustible. En la tabla siguiente se muestra una recopilación de las principales variables condicionantes en los niveles de emisión, señalando de manera cualitativa el efecto que ejerce su presencia (o grado de penetración) en sus emisiones.

TABLA 6. FACTORES DE INFLUENCIA DE NO_x

Condicionante Descripción	Categoría	Estado Existencia (E) o Bajo()/Alto()	Efecto en emisiones Baja()/Sube()
Contenido N orgánico químicamente ligado al combustible	Combustible		
Temperatura de la llama	Modo combustión		
Contenido mineralizadores	Materia prima		
Clínquer blanco vs. Clínquer gris	Materia prima/ producto Materia prima/ producto	E E	
Precalcinador vs. Horno largo/ con precalentamiento sin zonas secundarias de combustión	Tipo de horno Tipo de horno	E E	
Exceso de oxígeno	Modo combustión		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla general de factores no existe, sin embargo, información explícita sobre estos condicionantes, si bien puede hacerse una discriminación inferida a partir de la información aportada sobre las unidades de proceso (columna “Unidad de proceso”) y sobre los combustibles (columna “Tipo de combustible”). Asimismo, dentro de las carencias de información de la tabla general, cabe indicar que la información mostrada no refleja un tratamiento diferenciado en factores de emisión por tipología de clínquer (blanco o gris), variable que repercute tanto en el requerimiento térmico del horno como en el modo de combustión.

Adicionalmente, se deben considerar en su caso los coeficientes de reducción de las técnicas primarias y secundarias (véase tabla siguiente) cuando, sobre la opción elegida del factor de emisión, no conste explícitamente la aplicación de estas técnicas y, sin embargo, sí tengan aplicación las mismas al caso de estudio.

TABLA 7. TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DE NO_x

Técnica	Aplicabilidad según sistema de horno	Eficiencia de reducción	Emisiones reportadas	
			mg/m ³ (¹)	kg/tonelada(²)
Enfriamiento llama	Todos	0-50%	400-	0,8-
Quemador Bajo-NO _x	Todos	0-30%		
Combustión por etapas	Precalcinador & Precalentador	10-50%	<500-1000	<1,0-2,0
Combustión zona media horno	Largo	20-40%	No info.	-
Clínquer mineralizado	Todos	10-15%	No info.	-
SNCR	Precalcinador & Precalentador	10-85%	200-800	0,4-1,6
SCR – datos de plantas piloto	Posiblemente todos	85-95%	100-200	0,2-0,4

Fuente: Documento de Referencia de Mejores Técnicas Disponibles.(IPPC, Diciembre 2001)

(1) Generalmente referido a medias diarias, gas seco, 273 K, 101,3 kPa y 10% O₂

(2) kg/tonelada de clínquer: basado en 2000 m³/tonelada de clínquer

De la tabla general se recomiendan como factores representativos por tipos de hornos las siguientes referencias:

- Hornos con precalentador y con precalentador/precalcinador, se propone las referencias 16 y 17, respectivamente; y, aunque, si se atiende a las etiquetas de calidad asignadas, los factores pudieran no resultar significativamente diferentes, la distinción entre ambos tipos de hornos está justificada por los comentarios en las guías metodológicas consultadas, las cuales señalan una menor emisión en el horno con precalcinador al consumirse parte del combustible en una instalación secundaria con temperaturas inferiores y, en menor medida, al tener posiblemente una eficiencia energética inferior.
- Hornos largos, se apunta a la referencia 12 para vía húmeda y a la referencia 15 para vía seca.
- Hornos sin especificar, se propone un factor de emisión por defecto de 3 g/kg de clínquer, basándose en el valor medio del rango propuesto en la referencia 1, comprendido a su vez en el rango de factores previamente preseleccionados por tipo de horno más arriba citados.

5.2.3. SO_x.

Como ya quedó expuesto en el epígrafe 3.3, los condicionantes básicos del nivel de emisión y, por tanto, influyentes en la adopción del factor seleccionado son la volatilidad de los compuestos de azufre contenidos en la materia prima, la exposición de la corriente efluente de gases al entorno alcalino de la materia prima (que actúa como sumidero de SO_x) procesada, el tipo de producto elaborado (gris vs. blanco), y más secundariamente el contenido de azufre del combustible. En la tabla siguiente se muestra una recopilación de las principales variables condicionantes en los niveles de emisión, señalando de manera cualitativa el efecto que ejerce su presencia (o grado de penetración) en sus emisiones.

TABLA 8. FACTORES DE INFLUENCIA DE SO₂

Condicionante Descripción	Categoría	Estado Existencia (E) o Bajo()/Alto()	Efecto en emisiones Baja()/Sube()
Contenido de S volátil	Materia prima		
Contenido de S volátil en Alimentación superior del horno	Combustible Diseño horno	E	
Contenido de S orgánico	Materia prima		
Contenido de sulfuros (p. ej. pirita)	Materia prima		
Clínquer blanco vs. Clínquer gris	Materia prima/ producto Materia prima/ producto	E E	
Contacto materia prima/clínquer y gas efluente	Diseño / Tipo de horno		
Hornos largos Precalentamiento	Tipo de horno Tipo de horno	E E	
Secado materias primas en molino con gas salida horno	Proceso productivo	E	
Exceso de oxígeno	Modo combustión		

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, en la tabla general de factores no aparecen los cruces más significativos de nivel de contenido de azufre en las materias primas (columna “Tipo de materias primas”) con unidades de proceso (columna “Unidad de proceso”), determinante en gran parte de la exposición del efluente gaseoso azufrado a la materia prima alcalina. Asimismo, dentro de las carencias de información de la tabla general, cabe indicar que la información mostrada no refleja un tratamiento diferenciado en factores de emisión por tipología de clínquer (blanco o gris), variable que interviene en las temperaturas de cocción y en la presencia de álcalis en el clínquer procedente de la materia prima.

Adicionalmente, se deben considerar en su caso los coeficientes de reducción de las técnicas secundarias (véase tabla dispuesta a continuación) cuando, sobre la opción elegida del factor de emisión, no conste explícitamente la aplicación de estas técnicas y, sin embargo, sí tengan aplicación las mismas al caso de estudio.

TABLA 9. TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DE SO₂

Técnica	Aplicabilidad según sistema de horno	Eficiencia de reducción	Emisiones reportadas	
			mg/m ³ ⁽¹⁾	kg/tonelada ⁽²⁾
Adición de absorbente	Todos	60-80%	400	0,8
Lavador seco	Secos	Hasta 90%	<400	<0,8
Lavador húmedo	Todos	>90%	<200	<0,4
Carbono activo	Seco	Hasta 95%	<50	<0,1

Fuente: Documento de Referencia de Mejores Técnicas Disponibles.(IPPC, Diciembre 2001)

(1) Generalmente referido a medias diarias, gas seco, 273 K, 101,3 kPa y 10% O₂

(2) kg/tonelada de clínquer: basado en 2000 m³/tonelada de clínquer

De la tabla general de factores se consideran los siguientes factores representativos, diferenciados por tipo de horno:

- Hornos largos, se propone aplicar un factor de 4,5 g/kg de clínquer, basado en la media de las referencias 6 para vía húmeda y 7 para vía seca, asumiendo, dados los códigos de calidad asociados, que no son significativamente diferentes.
- Hornos con precalentador, se apunta a emplear la referencia 8
- Hornos con precalentadores/precalcinadores, se recomienda aplicar la referencia 9
- Hornos sin especificación, se propone aplicar un factor por defecto de 1,2 kg/t de cemento, inferido a partir de las referencias 26 y 27, considerando un porcentaje de azufre en el combustible por defecto.

5.2.4. COV, CO y CO₂.

Tal y como se mencionó en el epígrafe 3.4, entre los condicionantes básicos del nivel de emisión de COV y CO, y, por tanto, a considerar en la adopción de los factores respectivos seleccionados, se distinguen aquellos que intervienen en una combustión completa, tales como el tiempo de residencia del gas en el horno, el empleo de una atmósfera oxidante o la temperatura, de aquellos condicionantes relativos a la incorporación de compuestos orgánicos al sistema del horno, ya sea vía la materia prima o vía el combustible.

Por lo que respecta al CO₂, los aspectos determinantes en los niveles de emisiones son los consumos y composición (contenido de carbono) del combustible, así como las cantidades y composición de los distintos carbonatos incorporados en la materia prima del horno. Un factor menos relevante, dadas las condiciones de trabajo en el horno, es el grado de descarbonatación observado en el clínquer. Cabe comentar que, dado que, entre las distintas metodologías de estimación se recomienda el cálculo basado en el balance de materia, tanto para la parte derivada de la oxidación de los combustibles como para la parte derivada de la descarbonatación, (véase epígrafe 4), el método de cálculo elegido contiene todos los elementos necesarios para la estimación si se dispone de información específica sobre las características de los combustibles (contenido carbono) y de las materias primas (contenido y tipos de carbonatos).

En la tabla siguiente se muestra una recopilación de las principales variables condicionantes en los niveles de emisión de COV y CO, señalando de manera cualitativa el efecto que ejerce su presencia (o grado de penetración) en sus emisiones correspondientes.

TABLA 10. FACTORES DE INFLUENCIA DE CO Y COV

Condicionante Descripción	Categoría	Estado Existencia (E) o Bajo()/Alto()	Contaminante principalmente afectado COV/CO	Efecto en emisiones Baja()/Sube()
Tiempo de residencia	Condición operación		COV/CO COV/CO	
Temperatura del horno	Condición operación		COV/CO COV/CO	
Exceso de oxígeno	Modo combustión		COV/CO	
Operaciones de arranque y parada	Condición operación		CO	
Proceso controlado alimentación materia prima	Diseño unidad / Condición operación	E	CO	
Compuestos orgánicos	Materia prima		COV/CO COV/CO	
Compuestos orgánicos volátiles <i>con</i> Alimentación superior del horno	Combustible Diseño horno	E	COV COV	

Fuente: Elaboración propia

La tabla general de factores no presenta una mención explícita de todos estos condicionantes, aunque bien pudiera desprenderse parcialmente cierta información de los mismos atendiendo tanto al tipo de horno como a la caracterización de la materia prima: i) el tipo de horno, información disponible en la columna “Unidad de proceso”, permite identificar ciertas características relativas al modo de operación o combustión, tales como el tiempo de residencia o la presencia de zonas de combustión secundarias con temperaturas inferiores (caso del horno con precalcinador); ii) la caracterización de la materia prima, información que figura en la columna “Tipo de materias primas”, permite diferenciar niveles cualitativos de contenido en materia orgánica.

Por otra parte, cabe resaltar que la tabla general de factores no establece una distinción de factores de emisión para cada uno de los cruces de significativos.

De la tabla general se proponen los siguientes factores de emisión de CO como representativos para cada tipo de horno:

- Hornos con precalentador y con precalentador/precalcinador, se apunta a las referencias 7 y 8, respectivamente.
- Hornos largos, se pudiera subsumir la referencia 5 para vía húmeda y la referencia 6 para vía seca en un único factor de 0,08 g/kg de clínquer, dado que, por una parte, las etiquetas de calidad asociadas a dichas referencias no garantizan una distinción significativa de los mismos y, por otra, el teórico incremento energético del horno de vía húmeda respecto a la vía húmeda no constituye un factor de elevada relevancia en el incremento de las emisiones.

- Horno sin especificar. Se recomienda descartar esta opción dada la elevada variabilidad observada en los factores propuestos diferenciando por tipo de horno, con el rango europeo recogido en la referencia 1. Caso de efectuar la selección de factor con este criterio (“horno sin especificar”) para una planta, tómese por defecto un factor de 1 g/kg de clínquer, basado en la referencia 1, con una incertidumbre asociada alta.

A continuación se enumeran los factores de COV juzgados representativos para cada tipo de horno:

-Horno largo, se propone la referencia 3 de la tabla de COV para ambas vías.

-Horno con precalentador y horno con precalentador y precalentador, se apuntan a la referencias 4 y 5 de la tabla de COV, respectivamente.

-Horno sin especificar, se recomienda un factor por defecto de 0,1 g/kg de clínquer, por un criterio conservador.

Se asume que los factores propuestos, valores recogidos de la tabla de COV, contemplan las emisiones de metano además de COVNM. Según IPCC Revisión 1996 (tabla 1-17) las emisiones de CH₄ pueden ser de 1g/GJ, lo que, asumiendo un requerimiento energético en torno a 3 GJ/tonelada de clínquer, supondría una fracción aproximada del 20-30% del COV total. Para la determinación del COVNM emitido, se propone descontar tal fracción en los factores anteriormente mencionados.⁵¹

5.2.5. Metales pesados.

Tal y como se mencionó en el epígrafe 3.5, los condicionantes básicos del nivel de emisión y, por tanto, a considerar en la adopción de los factores seleccionados, son la masa total del metal incorporado al horno, vía la materia prima o vía el combustible⁵², los niveles de volatilidad de los propios metales y de sus sales, el grado de retención del metal en clínquer y variables de operación como la temperatura del horno o el tiempo de residencia de los gases.

En la tabla siguiente se muestra una recopilación de las principales variables condicionantes en los niveles de emisión de metales pesados, señalando de manera cualitativa el efecto que ejerce su presencia (o grado de implantación) en sus emisiones correspondientes.

⁵¹ Se asume representativo para una materia prima con un contenido no muy elevado de material orgánico.

⁵² Especialmente en la fracción de combustible suministrado por la parte superior del horno

TABLA 11. FACTORES DE INFLUENCIA DE METALES

Condicionante Descripción	Categoría	Estado Existencia (E) o Bajo()/Alto()	Contaminante principalmente afectado	Efecto en emisiones Baja()/Sube()
Contenido de metal	Materia prima/combustible		Todos Todos	
Temperatura del horno	Condición operación		Todos Todos	
Tiempo de residencia	Condición operación		Todos Todos	
Nivel de volatilidad ⁽¹⁾	Tipo de metal ⁽¹⁾		Todos Todos	
Nivel de retención en el clínquer ⁽¹⁾	Tipo de metal ⁽¹⁾		Todos Todos	
Nivel de acumulación en ciclos ⁽²⁾	Condición operación		Tl Tl	
Temperatura de salida	Condición operación		Hg Hg	

Fuente: Elaboración propia

(1): El tipo de metal determina el nivel.

(2): Ciclos internos (dentro del sistema del horno) y externos (incluye otras instalaciones del complejo), donde el metal permanece en el proceso mediante sucesivas fases de volatilización en las zonas calientes del horno (zona de clínquerización) y condensaciones en zonas más frías (precalentador o equipos de desempolvamiento, en este último caso incluyendo el reciclado de las partículas captadas como materia prima al horno)

Mientras que los niveles de volatilidad y de retención, vienen, al menos parcialmente, determinados por el propio metal considerado, la tabla general de factores no permite discriminar el resto de factores involucrados, como el contenido de metales, ya sea en la materia prima (columna "Tipo de materia prima") o en el combustible (columna "Tipo de combustible"), o como los asociados al modo de operación que, implícitamente, podrían inferirse en el tipo del sistema del horno (columna "Unidad de proceso").

Asimismo, cabe mencionar que presumiblemente los factores recopilados, factores teóricamente generales vinculados a todo el proceso de fabricación, no contemplan, sin embargo, los contenidos de metales presentes en la materia particulada generada en otras instalaciones de la planta distintas del sistema del horno o procedentes del enfriador del clínquer, caso de canalizar su corriente de aire a la atmósfera u otras unidades distintas del propio horno.

En el proceso de selección de los factores de emisión pertinentes, se recomienda una discriminación por unidades de control secundarias de partículas, dado que la distinta eficiencia de reducción en la sustancia particulada pudiera ser un factor relevante en los niveles de metales en forma particulada y, por tanto, en la masa total emitida de los mismos.

De la tabla general de factores, la propuesta de referencias que se estiman representativas para cada contaminante resulta:

- Para As, se proponen las referencias 2 (sin especificación de técnicas de control asociadas), 3 (equipos de filtros de mangas) y 4 (precipitadores electrostáticos).

- Para Cd, se proponen las referencias 1 (sin especificación de técnicas de control asociadas), 5 (equipos de filtros de mangas) y 6 (precipitadores electrostáticos).
- Para Cr, se proponen las referencias 5 (equipos de filtros de mangas) y 6 (precipitadores electrostáticos). Para el caso de no especificarse las técnicas de control, se apunta a considerar un factor de $1 \cdot 10^{-5}$ g/kg de cemento, valor dentro del rango indicado en la referencia 4.
- Para Cu, se proponen la referencia 3 (sin especificación de técnicas de control asociadas), y 2 (equipos de filtros de mangas). Se sugiere asimilar el factor de emisión asociado al filtro de mangas para el caso de filtros electrostáticos.
- Para Hg, se proponen las referencias 1 (sin especificación de técnicas de control asociadas), 3 (equipos de filtros de mangas) y 4 (precipitadores electrostáticos).
- Para Ni, se propone la referencia 1 (sin especificación de técnicas de control asociadas), a aplicar con independencia de la técnica de control instalada.
- Para Pb, se proponen las referencias 1 (sin especificación de técnicas de control asociadas), 7 (equipos de filtros de mangas) y 8 (precipitadores electrostáticos).
- Para Se, se proponen las referencias 3 (equipos de filtros de mangas) y 4 (precipitadores electrostáticos). En caso de no disponer de información relativa a la técnica de control empleada, se sugiere asimilar, por razones conservadoras, la referencia 3.
- Para Zn, se proponen las referencias 1 (sin especificación de técnicas de control asociadas), 4 (equipos de filtros de mangas) y 5 (precipitadores electrostáticos).

5.2.6.HCl y HF.

Tal y como se mencionó en el epígrafe 3.6, los condicionantes básicos del nivel de emisión y, por tanto, a considerar en la adopción de los factores seleccionados, son los compuestos clorados y fluorados, respectivamente, presentes en la materia prima y, en menor medida, en el combustible, así como la exposición de la corriente efluente de gases al entorno alcalino de la materia prima procesada (que actúa como sumidero de compuestos ácidos) y el tipo de producto elaborado (gris vs. blanco).

En la tabla siguiente se muestra una recopilación de las principales variables condicionantes en los niveles de emisión de metales pesados, señalando de manera cualitativa el efecto que ejerce su presencia (o grado de penetración) en sus emisiones correspondientes.

TABLA 12. FACTORES DE INFLUENCIA DE HCl y HF

Condicionante Descripción	Categoría	Estado Existencia (E) o Bajo()/Alto()	Contaminante principal afectado (HCl/HF)	Efecto en emisiones Baja()/Sube()
Contenido de Cl	Materia prima		HCl	
Contenido de F	Materia prima		HF	
Contacto materia prima/clínquer y gas efluente	Diseño / Tipo de horno		HF	
Clínquer blanco	Materia prima/ producto	E	HCl/HF	
Clínquer gris	Materia prima/ producto	E	HCl/HF	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla general de factores no se menciona explícitamente el nivel de contenido de cloro o flúor, ya sea en las materias primas (columna “Tipo de materias primas”) o en los combustibles (columna “Tipo de combustible”), ni discrimina los factores de emisión por tipo de clínquer, aspecto que interviene en las temperaturas de cocción y en la presencia de álcalis en el clínquer procedente de la materia prima.

De la tabla general de factores se propone considerar las siguientes referencias como representativas para HCl y HF:

- Para HCl, se recomienda aplicar el factor de 0,07 g/kg de clínquer (referencia 2). La adopción de filtros de mangas o precipitadores electrostáticos se asume de escasa relevancia en el control de este contaminante.
- Para HF, se propone la referencia 2. La adopción de filtros de mangas o precipitadores electrostáticos se asume de escasa relevancia en el control de este contaminante.

5.2.7. Dioxinas y furanos.

Tal y como se mencionó en el epígrafe 3.7, los condicionantes básicos del nivel de emisión y, por tanto, a considerar en la adopción de los factores seleccionados, son las materias orgánicas presentes en la materia prima así como las condiciones de operación del proceso, en lo que respecta fundamentalmente al tiempo de residencia en el horno y la distribución de temperatura.

TABLA 13. FACTORES DE INFLUENCIA DE DIOXINAS

Condicionante Descripción	Categoría	Estado Existencia (E) o Bajo()/Alto()	Efecto en emisiones Baja()/Sube()
Contenido de cloro y precursores de hidrocarburos	Materia prima		
Tiempo de residencia del gas efluente	Condición operación		
Temperatura del gas en el horno	Condición operación		

Fuente: Elaboración propia

Ninguno de los condicionantes citados aparece identificado de forma explícita en la tabla general de factores, ni es posible inferir, al menos de forma cualitativa, un nivel de los mismos a partir de otra información adicional que pudiera contenerse en la tabla general (caso del tipo de horno, aspecto que interviene en las condiciones de operación mencionadas, tiempo de residencia y temperatura).

De la tabla general de factores se propone considerar la referencia 3, con independencia de la técnica de depuración aplicada.

5.2.8. Otros contaminantes: Bz y HAP.

Tal y como se mencionó en el epígrafe 3.8, los condicionantes básicos del nivel de emisión y, por tanto, a considerar en la adopción de los factores seleccionados, son los compuestos clorados y precursores de hidrocarburos presentes en la materia prima y, en menor medida, en el combustible, así como el tiempo de residencia en el horno y la temperatura alcanzada.

TABLA 14. FACTORES DE INFLUENCIA DE BENCENO Y HAP

Condicionante Descripción	Categoría	Estado Existencia (E) o Bajo()/Alto()	Efecto en emisiones Baja()/Sube()
Contenido de materia orgánica	Materia prima		
Tiempo de residencia del gas efluente	Condición operación		
Temperatura del gas en el horno	Condición operación		

Fuente: Elaboración propia

Ninguno de los condicionantes citados aparece identificado de forma explícita en la tabla general de factores, ni es posible inferir, al menos de forma cualitativa, un nivel de los mismos a partir de otra información adicional que pudiera contenerse en la tabla general (caso del tipo de horno, aspecto que interviene en las condiciones de operación mencionadas, tiempo de residencia y temperatura).

De la tabla general de factores se proponen considerar las siguientes referencias como representativas:

- Para Bz, se sugieren las referencias 1 (filtro de mangas) y 2 (precipitador electrostático)
- Para HAP, se propone aplicar la referencia 2 para HAP4 y la referencia 3 para HAP de Borneff. Estos factores de emisión a pesar de estar asociados a filtro de mangas en las referencias seleccionadas, se propone extenderlos a cualquier tipo de mecanismo de control.

6. Variables de actividad.

En este epígrafe se describen las variables de actividad más relevantes necesarias para la estimación de las emisiones y también de los parámetros específicos relacionados con las variables y los algoritmos de estimación de las emisiones.

Dado que se ha considerado que el enfoque para la estimación de las emisiones de esta actividad de la producción de cemento debe realizarse a nivel de fuente puntual, es decir, de forma individualizada por planta de producción, la información necesaria para la estimación de las emisiones debe ser recogida en la medida de lo posible con referencia a las actividades y procesos específicos de cada planta. A tal efecto se ha diseñado un cuestionario, que se incluye como Anexo: “Cuestionario Inventario Emisiones Cemento”, para la recogida de la información más relevante.⁵³

El cuestionario, desarrollado en fichero excel, consta de una serie de hojas destinadas a la recogida de la siguiente información:

- Hoja A. Identificación del complejo.

Recoge los datos de identificación del complejo y los de dimensionamiento de su capacidad productiva con relevancia a la clasificación para IPPC y Comercio de Emisiones.

- Hoja B. Datos generales del complejo.

Recoge los datos de clasificación de la actividad y características generales del complejo.

- Hoja C. Producción anual del complejo por principales productos y caracterización del producto.

Recoge, por código PRODCOM, los principales productos elaborados (se incluye la información, no sólo de cemento final, sino también de clínquer)

- Hoja D1. Consumo de materias primas, combustibles y energía eléctrica.

Esta hoja recoge, en el epígrafe 1, por código PRODCOM, las principales materias primas utilizadas en el proceso, distinguiendo entre materias básicas primarias o derivadas de residuos para la fabricación de clínquer y adiciones al mismo. También se recoge información sobre eventual uso de materias auxiliares para procesos de depuración de emisiones.

En el epígrafe 2 recoge la información sobre los consumos de combustibles y energía eléctrica por clase de unidad de proceso en que se realice combustión o se consuma energía eléctrica.

⁵³ Este cuestionario ha sido elaborado en el desarrollo del proyecto “Inventario general de emisiones de contaminantes a la atmósfera y registro EPER de la Comunidad Valenciana”. Del cuestionario de dicho proyecto, la versión que aquí se muestra se concreta a la parte general y a la parte específica de atmósfera, excluyendo los aspectos referentes a los vertidos a las aguas.

Para los combustibles no estándar se recoge información sobre las principales características físico-químicas de los mismos relevantes para los algoritmos de estimación de las emisiones.

- Hoja D2-1. Características del proceso productivo.

En primer lugar se solicita en el epígrafe 1 el diagrama de bloques de proceso, con el objetivo de disponer de una visión de conjunto de las actividades del centro.

En segundo lugar, en los epígrafes 2 a 6, se solicita la información relevante sobre las características del proceso y de las instalaciones relevantes para la estimación de las emisiones. Así:

- El epígrafe 2 recoge la información sobre el modo de preparación-molturación y mezcla de materias primas.
- El epígrafe 3 recoge la información sobre la caracterización de las instalaciones del sistema del horno.
- El epígrafe 4 recoge la información sobre las instalaciones del proceso de enfriamiento del clínquer.
- El epígrafe 5 recoge la información sobre el proceso de mezcla-molturación para la preparación del cemento.
- El epígrafe 6, aunque menos relevante para este sector, recoge la información en su caso de instalaciones de cogeneración.

- Hoja D2-2. Emisiones del proceso por descarbonatación.

Se recoge la información de base para el cálculo de la estimación de las emisiones debidas a la descarbonatación, tanto por el procedimiento de los carbonatos, como de los óxidos. Asimismo, la hoja excel incorpora la herramienta para la estimación efectiva del CO₂ de la descarbonatación por cualquiera de estos dos procedimientos.

- Hoja E. Emisiones del complejo a la atmósfera.

Esta hoja se reserva para que los responsables del complejo reflejen su propia estimación de las emisiones, resultados que pueden ser de gran utilidad para el proceso de verificación de las estimaciones a partir de la información de base contenida en el cuestionario.

- Hoja X1. Identificación general de los focos emisores del complejo.

En esta hoja se recoge la información estructural sobre los focos (chimeneas) del complejo.

- Hoja X2. Identificación general de las unidades de proceso del complejo.

En esta hoja se recoge la información sobre las unidades de proceso y las variables y parámetros relevantes de su actividad: clase y tipo de unidad de proceso, horas de

operación al año, declaración de si es o no unidad de combustión, y potencia térmica o eléctrica de la unidad.

- Hoja X3. Vinculación de focos emisores y unidades de proceso del complejo y consumo de combustibles de las unidades de proceso con combustión.

En el epígrafe 1 se establece la vinculación de las unidades de proceso relacionadas en la hoja X2 anterior con las chimeneas a las que desembocan finalmente sus emisiones y que han sido relacionadas en la hoja X1.

En el epígrafe 2 se especifica el consumo de combustibles, según tipo, de las unidades de proceso en que se realiza combustión.

- Hoja X4. Identificación de Unidades de Reducción de Emisiones a la Atmósfera (técnicas secundarias aplicadas a chimeneas y conductos de gases efluentes).

En esta hoja se recoge la información sobre las unidades de control (reducción) de las emisiones y la vinculación de las mismas a las chimeneas relacionadas en la hoja X1. Se establece una clasificación de estas unidades y se especifica las eficiencias de captación y de reducción hasta tres posibles contaminantes.

- Hoja X5. Validación de emisiones a la atmósfera medidas según chimenea.

En esta hoja se recoge la información sobre analíticas derivadas de medidas periódicas realizadas en chimenea de concentraciones y caudales con el objetivo de alimentar el algoritmo de emisiones por medidas observadas.

De la eventual información que hubiera disponible sobre medidas en continuo se realiza una recopilación y explotación separada con independencia del contenido de esta hoja X5.

- Hoja X6. Emisiones a la atmósfera calculadas mediante factores de emisión.

Esta hoja se destina a recoger la información que facilitada por los responsables del centro haya sido utilizada para estimación de las emisiones por el método del factor de emisión. La información de esta hoja se considera de gran utilidad para el proceso de verificación de las estimaciones.

7. Comparación con la metodología del MMA.

En el inventario nacional de emisiones a la atmósfera que elabora la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos (SGCAPR) de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEA) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) la estimación de las emisiones originadas en la fabricación de cemento se realiza, no a nivel de planta, sino como fuentes de área tomando en como unidad la provincia.

La información de base se solicita anualmente por la DGCEA a la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (OFICEMEN) mediante cuestionario con el siguiente contenido informativo y desagregación territorial provincial:

- Producción de clínquer y producción de cemento (con desglose por vía seca, semihúmeda y húmeda)
- Consumo de combustibles (con desglose por vía seca, semihúmeda y húmeda) diferenciando las siguientes categorías:

Carbón nacional, carbón importación, coque de petróleo, fuelóleo, gas natural, neumáticos, aceites usados, disolventes, residuos de madera, harinas cárnicas, otros residuos

Las emisiones estimadas para el sector se encuadran dentro de la nomenclatura SNAP del inventario en las dos actividades siguientes: 03.03.11 y 04.06.12. A continuación se especifica la cobertura y se muestran los factores utilizados para la estimación de emisiones en cada una de estas dos actividades SNAP.

03.03.11 Combustión en hornos con contacto:

En esta actividad se incluyen la estimación de las emisiones de los hornos y de otras unidades de proceso en que los factores aparecen especificados por unidad de producto, clínquer o cemento.

Para SO₂ y NO_x se han tomado los factores de emisión del Manual CORINAIR, parte 1 epígrafe 8.1.3, que diferencian según el tipo de proceso empleado (seco, semihúmedo y húmedo), según se muestra en la tabla 13.

TABLA 15. FACTORES DE EMISIÓN PROPUESTOS Y CONSUMOS DE ENERGÍA

TIPO DE PROCESO	CONSUMO DE ENERGÍA (GJ/t)	FACTORES DE EMISIÓN (kg/t)	
		SO ₂	NO _x
SECO	3,7	0,30 S + 0,5	2,1
SEMI-HÚMEDO	3,7	0,30 S + 0,5	1,8
HÚMEDO	3	0,45 S + 0,5	1,1

Fuente: Manual CORINAIR. Parte 1, epígrafe 8.1, tabla 8.1.3.

S = Porcentaje de azufre en los combustibles

Los factores correspondientes a CH₄ y CO han sido seleccionados por el equipo de trabajo del inventario a partir de la información de valores y rangos de variación de la tabla 8.1 del capítulo B3311 del Libro Guía EMEP/CORINAIR. Los factores de emisión de CO₂ han sido calculados sobre la base de las características (carbono del combustible y poder calorífico neto) de los combustibles utilizados en el sector, y del factor de oxidación por defecto propuesto en las Guías revisadas 1996 de IPCC. Para el N₂O se han tomado los factores propuestos por el CITEPA.

En el caso de los metales pesados, los factores se han tomado de la tabla 8.8 del capítulo B3311 del Libro Guía, y están expresados en masa de contaminante por masa de cemento producido.

Para las partículas, los factores se han tomado de CEPMEIP, asumiendo un nivel de emisión medio. Estos factores están expresados en masa de contaminante por masa de cemento producido.

Para las dioxinas, el factor de emisión utilizado proviene del estudio realizado por el CIEMAT "Análisis de Compuestos Orgánicos Persistentes y elaboración de inventarios integrados en su

emisión a la atmósfera, efluentes y suelos. Volumen II Actividades y conclusiones específicas en el sector cementero”.

Por último para los HAP se han tomado factores genéricos de combustión del Libro Guía EMEP/CORINAIR (parte B, capítulo PAH), ante la ausencia de información específica para esta actividad. Se ha realizado el supuesto de que son “plantas grandes” de combustión industrial con tecnologías de control de las emisiones a la hora de seleccionar los factores de HAP de esta referencia.

En la tabla 14 se muestran los factores de emisión utilizados en la actividad 03.03.11, excepción hecha de los ya presentados (SO₂ y NO_x) en la tabla anterior 13, para estimar las emisiones en la fabricación de cemento. Asociadas a cada factor aparece una etiqueta de calidad del mismo categorizadas, en orden decreciente de calidad, según la secuencia A, B, C, D y E.

TABLA 16. FABRICACIÓN DE CEMENTO. FACTORES DE EMISIÓN

COMBUS-TIBLE	CH ₄ ⁽¹⁾ (g/GJ)	CO ⁽¹⁾ (g/GJ)	CO ₂ ⁽¹⁾ (kg/GJ)	N ₂ O ⁽¹⁾ (g/GJ)	HAP ⁽¹⁾ (mg/GJ)
Carbón nacional	1/D	79/D	99,42/A	3/D	12,7
Carbón de importación	1/D	79/D	101/A	3/D	10,2
Coque de petróleo	1/D	79/D	98,3/A	2,5/D	
Fuelóleo	1/D	79/D	76/C	1,75/D	
Gas natural	1,1/D	83/D	55/A 56/A	2,5/D	
Neumáticos	1/D	79/D	84/A	2,5/D	
Aceites usados	1/D	79/D	73/A	2,5/D	
Disolventes	1/D	79/D	84/A	2,5/D	
Residuos de madera	0,2/D	1429/D	0/A	4/D	0,41
Harinas cárnicas	0,2/D	1429/D	0/A	4/D	

(1) Los factores de emisión están expresados en función de las toneladas de cemento producido.

METALES PESADOS ⁽¹⁾								
As (mg/t)	Cd (mg/t)	Cr (mg/t)	Cu (mg/t)	Hg (mg/t)	Ni (mg/t)	Pb (mg/t)	Se (mg/t)	Zn (mg/t)
12/E	8/E	105/E		275/E	111/E	216/E	2/E	293/E

(1) Los factores de emisión están expresados en función de las toneladas de cemento producido.

PARTÍCULAS ⁽¹⁾			DIOX ⁽²⁾ (ng/t)
PM _{2,5} (g/t)	PM ₁₀ (g/t)	PST (g/t)	
180/D	510/D	600/D	36,53

(1) Los factores de emisión están expresados en función de las toneladas de cemento producido.

(2) Factor de emisión por tonelada de clínquer

04.06.12 Procesos de descarbonatación:

Esta actividad recoge exclusivamente las emisiones de CO₂ de la descarbonatación.

La estimación de las emisiones se realiza mediante un factor de emisión aplicado sobre la producción de clínquer. Este factor ha sido facilitado por OFICEMEN y corresponde a un valor medio de una muestra representativa de fábricas en España teniendo en cuenta el contenido de carbonatos de calcio y magnesio presentes en la materia prima que son objeto de descarbonatación en el proceso de fabricación de clínquer. El factor utilizado es de 540 kg de CO₂/t de clínquer producido.

CAPÍTULO 6

GUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA DEL SECTOR DEL REFINO DE PETRÓLEO.

1.	Industria Petroquímica	1
1.1.	Actividades SNAP de la industria petroquímica	1
1.2.	Descripción del sector de refino de petróleo	2
1.2.1.	Técnicas de refino	2
1.2.2.	Unidades de proceso	5
1.2.3.	Descripción de las emisiones	11
1.3.	Caracterización de los combustibles	23
2.	Metodología de cálculo de emisiones del sector del refino del petróleo	25
2.1.	Medidos	25
2.2.	Calculados	27
2.2.1.	Emisiones calculadas a partir de balances de materia	27
2.2.2.	Emisiones calculados a partir del empleo de factores de emisión	28
2.2.3.	Factores de emisión seleccionados para elaborar los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de áreas geográficas de España	36
3.	Documentación de referencia	48

1. INDUSTRIA PETROQUÍMICA

1.1. ACTIVIDADES SNAP DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA

Dentro de este sector se recogen numerosos procesos industriales implicados en el refino del petróleo. Dichos procesos tienen los códigos SNAP que se muestran en la Tabla 1.1

TABLA 1.1.1
CÓDIGOS SNAP RELACIONADOS CON EL REFINO DE PETRÓLEO

SNAP	Descripción
0103	Plantas de refino de petróleo
010301	Plantas de combustión > 300 MW _t (Calderas)
010302	Plantas de combustión >50 MW _t y < 300 MW _t (Calderas)
010303	Plantas de combustión < 50 MW _t (Calderas)
010304	Turbinas de Gas
010305	Motores Estacionarios
010306	Hornos de proceso sin contacto en refinerías
0401	Procesos en la industria de refino de petróleo
040101	Procesamiento de productos petrolíferos
040102	Cracking catalítico fluido – hornos de CO
040103	Plantas de recuperación de azufre
040104	Almacenamiento y manipulación de productos petrolíferos en refinerías
040105	Otros (Producción de Hidrógeno, etc.)
090203	Antorchas en refinerías de petróleo
091001	Tratamiento de aguas residuales en la industria (Planta tratamiento de aguas)

1.2. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR DE REFINO DE PETRÓLEO

En España existen en la actualidad diez refinerías de petróleo. En la Tabla 1.2.1 se muestra la ubicación de las mismas y la cronología de su implantación.

TABLA 1.2.1
IMPLANTACIÓN DE LAS REFINERÍAS EN ESPAÑA

Año de instalación	Localidad	Promotor ^(*)
1929	Santa Cruz de Tenerife	CEPSA
1949	Cartagena	REPESA (INI)
1952	Puertollano	ENCASO (INI)
1964	La Coruña	PETROLIBER
1965	Tarragona	ASESA
1967	Huelva	Río Gulf
1967	Castellón	ESSO/Banesto
1969	Algeciras	CEPSA
1969	Bilbao	PETRONOR
1973	Tarragona	ENTASA (INH)

(*) Las empresas aquí referenciadas son aquellas que instalaron la refinería. La gran movilidad en el sector ha cambiado de manera importante la titularidad de las mismas. Fuente: Guía MTD en España del sector Refino de Petróleo (MMA)

1.2.1. Técnicas de refino

El crudo está constituido por una mezcla de compuestos hidrocarbonados que incluyen parafinas, naftas e hidrocarburos aromáticos, con pequeñas cantidades de impurezas tales como azufre, nitrógeno, oxígeno y metales.

El sector del refino de petróleo incluye una gran variedad de procesos de diferente naturaleza. Cada uno de estos procesos presenta unas emisiones características.

De acuerdo con su función, las técnicas de refino se clasifican en tres categorías:

1. Procesamiento de hidrocarburos

Son las características de la industria y en su mayor parte han sido desarrolladas con este único fin específico. Dentro de esta clasificación se diferencian dos grandes grupos: producción de combustibles y carburantes, por un lado, y producción de lubricantes, asfaltos y petroquímica básica por otro.

Entre estas, los procesos de separación o fraccionamiento constituyen la primera fase del refino, separando el crudo en diferentes cortes en función del punto de ebullición. Son principalmente tres, destilación atmosférica, destilación al vacío y recuperación de fracciones ligeras.

Los procesos de conversión responden principalmente a la necesidad de satisfacer la demanda de combustibles tales como gasolinas de alto octanaje, jet fuel y gasóleo mediante la conversión de fracciones pesadas en fracciones más comerciales. Para ello se aplican técnicas de cracking y visbreaking, que rompen las moléculas pesadas; de polimerización y la alquilación, que por el contrario combinan moléculas pequeñas para formar los productos deseados; y de isomerización y reformado, para reorganizar la estructura de ciertos compuestos obteniendo otros de mayor valor y similar tamaño molecular.

Los procesos de tratamiento estabilizan y mejoran los productos petrolíferos mediante la separación de los componentes no deseados. Se incluyen dentro de éstos los procesos de desulfuración y furfural.

2. Técnicas para combatir emisiones

En su mayor parte no son privativas del refino, aunque debido a los tamaños implicados han debido ser adaptadas a las características de la refinería: tratamiento de aguas residuales, unidades de recuperación de azufre, unidades de absorción de SH_2 por aminas, antorchas (como técnica de reducción de emisiones de COV) , etc.

3. Servicios auxiliares

No son específicos del sector del refino, pueden encontrarse en cualquier tipo de industrias, proporcionan servicios comunes a todas las unidades de proceso: torres de refrigeración, calderas de vapor, suministro eléctrico, etc.

Como debía esperarse, algunas instalaciones son de dudosa clasificación, por ejemplo: el parque de almacenamiento, la unidad de producción de hidrógeno o las estaciones de carga y descarga. En estos casos cada refinería adopta un criterio acorde con la propia tradición, aunque lo más frecuente es que si el volumen es grande se incluyan dentro de las unidades de refino.

1.2.2. Unidades de proceso

Las unidades de proceso existentes en las diez refinerías españolas se resumen en la Tabla 1.2.2 que se presenta a continuación.

TABLA 1.2.1
UNIDADES DE PROCESO EXISTENTES EN LAS REFINERÍAS ESPAÑOLAS

Unidad de proceso	Numero de unidades
Crudo	10
Vacío	10
Coquización	2
Calcinación coque	1
Térmicos*	5
FCC	6
Reformado	9
Hidrocraqueo	2
Hidrorrefinado	25
Hidrotratamiento	17
Alquilación	3
Polimerización	
Aromáticos	5
Isomerización	2
Lubricantes	4
Eterificación	5
Producción H ₂	7
Azúfre	18
Asfaltos	7

* Los procesos térmicos comprenden viscorreducción y craqueo térmico

Fuente: Guía MTD en España del sector Refino de Petróleo (MMA)

La descripción de las principales unidades que constituyen una refinería se resumen a continuación:

- Destilación atmosférica.

Esta es la primera etapa del proceso de refino. El crudo desalado se introduce en la torre de destilación donde se calienta a 300-400 °C, al objeto de su separación en distintas fracciones en función del punto de ebullición. Estas fracciones son: gases, naftas ligeras, naftas pesadas, gasoil ligero, gasoil pesado y fondo, que constituye la alimentación de la destilación a vacío.

- Destilación a vacío.

Aquí se destilan los fondos de la etapa anterior a presión inferior a la atmosférica y a una temperatura de unos 400°C. El vacío en estas unidades se consigue por lo general mediante eyectores de vapor, aunque también pueden emplearse bombas de vacío.

- Hidrodesulfuración e hidrotratamiento:

HDS de naftas, gasóleos, querosenos, etc. El principal propósito de este proceso es la eliminación del azufre contenido en las corrientes de alimentación. Consiste en el empleo de catalizadores en presencia de cantidades sustanciales de hidrógeno bajo altas presiones y temperaturas para promover la reacción del hidrógeno con las impurezas de la carga.

- FCC (Cracking catalítico en lecho fluidizado).

Las unidades de craqueo catalítico utilizan presión, temperatura y catalizadores para convertir fracciones pesadas en productos más ligeros, favoreciéndose generalmente la formación de gasolinas. Desde la perspectiva medioambiental, la regeneración del catalizador es una etapa importante de esta unidad.

- Visbreaking (Craqueo térmico para reducción de viscosidad).

La unidad de craqueo térmico reduce la viscosidad de las fracciones más pesadas del petróleo rompiendo las moléculas más largas para dar otras más cortas, obteniéndose, además, una cierta cantidad de productos ligeros como gas nafta y gasoil.

- Reformado Catalítico (Platforming)

Su finalidad es la fabricación de aromáticos e hidrógeno a partir de naftas. Las naftas alimentadas al reformado son previamente hidrotratadas para eliminar azufre, nitrógeno y metales. El catalizador utilizado contiene platino y es muy sensible al

envenenamiento. Se clasifica en tres categorías atendiendo a la frecuencia con que se regenera el catalizador, semirregenerativo, continuo y cíclico.

- Alquilación

Su propósito es obtener componentes para gasolinas con alto índice octano. A temperatura ambiente, presiones bajas y utilizando como catalizador un ácido mineral fuerte (FH), consiste en la reacción de olefinas ligeras con isobutano para formar isoparafinas con buenas propiedades antidetonantes. El FCC representa una de las principales fuentes de materias primas de esta unidad.

- Isomerización

Se utiliza para alterar la configuración molecular por reordenación de las cadenas carbonosas sin alterar el peso molecular. La aplicación clásica es con parafinas de bajo peso molecular donde las *n*-parafinas se transforman en *i*-parafinas, que tienen un índice octano mucho más alto. Las reacciones de isomerización ocurren en presencia de catalizador y en atmósfera de hidrógeno.

- Plantas de azufre

Su finalidad es la eliminación de SH_2 del fuel gas mediante la oxidación a azufre elemental. EL método universalmente adoptado para elevadas cantidades es el "Proceso Claus", consistente en la combustión parcial de la corriente de gas rica en SH_2 y posterior reacción del dióxido de azufre resultante junto con el sulfuro de hidrógeno inquemado en presencia de un catalizador de alúmina activada para producir azufre elemental.

- Coquización

Las dos unidades existentes en España son de tipo retardada. Es un proceso de conversión severa, realizado a 440-450 °C y presión entre 1-2.5 bar, principalmente utilizado para reducir los excedentes de fuelóleo pesado de bajo valor, transformándolo en carburantes de automoción. Como subproducto se obtiene coque de petróleo.

- Calcinación de coque

En España sólo existe una unidad con calcinador de bandeja. El coque verde se calienta en un horno circular hasta alcanzarse 1300°C cuando acaba la calcinación, posteriormente, pasa a un enfriador rotativo donde se enfría a 50-60°C. Los humos de

la combustión en el interior del calcinador, antes de salir al conducto de humos pasan por una caldera de recuperación para producir vapor de alta presión. Esta unidad está provista con importantes medidas para combatir las posibles fugas de polvo.

- Asfaltos

La alimentación a la planta de soplado de betún consiste, normalmente, en residuo de vacío, y en algunos casos, se emplea el extracto de la unidad de desasfaltado. El fin del proceso es oxidar estos residuos mediante la inyección de aire dentro del betún caliente, provocando reacciones de desoxigenación y polimerización que conducen a un producto con mayor dureza, viscosidad y punto de reblandecimiento, reduciendo la penetración. La presión de operación es de 2-3bar, la temperatura se controla entre 260-300 °C. El gas residual de la operación se quema a elevada temperatura para asegurar la destrucción de componentes residuales tales como SH₂, aldehídos, ácidos orgánicos y fenoles, que tienen un desagradable olor muy pronunciado.

- Hidrocraqueo

Proceso de conversión que transforma cualquier fracción en productos de menor peso molecular. Según el catalizador maximiza la producción de nafta, destilados medios o lubricantes. Las reacciones ocurren bajo alta presión de hidrógeno y en presencia de un catalizador dual, hidrogenación y craqueo. Puede ser complementario o sustitutivo del FCC, en función de su severidad y grado de conversión. Una de sus características más atractivas es la obtención de excelentes destilados medios (gasóleo de buena calidad).

- Producción de hidrógeno

Se puede realizar por uno de los siguientes procesos: Reformado con vapor de fracciones ligeras o gas natural, Oxidación parcial para gasificación de fracciones pesadas o Integración con GICC para producir energía eléctrica/H₂, el método más comúnmente empleado es el primero.

- Eterificación

En España la mayoría de las refinerías que producen isobuteno han instalado planta de éteres, que es un excelente componente de gasolinas. En principio todas ellas fabricaban MTBE, recientemente han modificado el proceso para producir ETBE a partir de etanol obtenido de cebada (bioetanol). También pueden producir TAME y modernamente se ha propuesto el DIPE en aquellas refinerías que tengan excedentes de propileno.

- Lubricantes

El fundamento de la producción de lubricantes es separar los componentes del rango de ebullición deseado por destilación a vacío y adecuado posterior tratamiento. Las principales unidades del área de lubricantes son: destilación a vacío, calderas, desasfaltado, furfural (extracción en disolvente de los compuestos aromáticos de los destilados procedentes de la destilación a vacío), desparafinado (para que los lubricantes tengan la viscosidad apropiada a baja temperatura ambiente), hidrogenación (eliminación de olefinas por adición de hidrógeno a alta presión) y por último, hidroacabado (que reduce y estabiliza el color y elimina las impurezas)

- Petroquímica

Las principales producciones del área de petroquímica son aromáticos y olefinas. Entre las principales unidades de petroquímica están: Sulfolane (separación de compuestos aromáticos), Parex (unidad de separación de paraxileno), MSTDP (conversión de tolueno en benceno y paraxileno), Maleico (oxidación catalítica del butano para producción de anhídrido maleico), Ftálico (producción de ácido ftálico por oxidación del o-xileno), Ciclohexano (producción de ciclohexano).

- Combustión en calderas y hornos

Muchas unidades de refino y servicios auxiliares queman combustibles en hornos y calderas especializados en el suministro de calor necesario para los procesos. En los hornos, el calor de combustión generado se transfiere directamente a las corrientes involucradas en el refino, mientras que las calderas generan vapor de agua, que será utilizado en diferentes partes de la refinería como fluido térmico. Las calderas pueden ser de dos tipos principalmente: combustión directa o recuperación de calor.

- Torres de refrigeración

Las torres de refrigeración, empleando como agentes externos agua y/o aire, tienen la finalidad de enfriar las alimentaciones y los productos de las unidades de la refinería y permitir que los procesos y operaciones se lleven a cabo a la temperatura correcta.

- Unidad de tratamiento de aguas residuales (Plantas TAR)

Las aguas residuales de una refinería son de todo tipo: proceso, pluviales, sanitarias, purgas de torres de refrigeración, etc. La función de las plantas TAR es eliminar la carga contaminante más significativa de estas aguas formada por hidrocarburos,

trazas de SH_2 y sólidos en suspensión. Estas plantas son importantes focos de emisión de COV a la atmósfera.

- Antorchas

Las antorchas son, sobre todo, elementos para seguridad como sumideros de gases en situaciones de emergencia o incidentes e, indirectamente, control medioambiental de las descargas de combustibles indeseados o excedentes. Aún haciendo abstracción de las implicaciones de seguridad, desde la perspectiva medioambiental sería peor emitir a la atmósfera los hidrocarburos que los productos de su combustión.

1.2.3. Descripción de las emisiones

Las emisiones de todas las unidades y técnicas de refino presentan aspectos comunes:

1. Las emisiones atmosféricas son, en su mayoría, procedentes de los combustibles utilizados en los hornos. En todos los casos, el volumen de humos es prácticamente proporcional a la cantidad de combustible consumido, y los potenciales contaminantes son fruto de su composición —SO₂—, condiciones de la combustión —CO—, o ambas —NO_x y partículas—, por lo que no puede hablarse de características de la tecnología.
2. Todas las unidades y equipos presentan un potencial riesgo de emisiones por fugas, derrames, etc., compuestas esencialmente de hidrocarburos.

A continuación se describen las emisiones más características de las unidades que componen una refinería de petróleo:

- Unidades de destilación primaria.

Las principales emisiones tienen lugar en eyectores de vapor, y bombas de vacío. Los incondensables de estos eyectores se envían a quemar a algún horno.

Adicionalmente, se consideran las emisiones debidas a la combustión de combustibles para cubrir las necesidades de aporte de calor al proceso. Su gran consumo implica elevado caudal de humos.

Las emisiones fugitivas en juntas y accesorios son despreciables debido a la operación a bajas presiones de la unidad.

- Hidrosulfuración e hidrotratamiento:

Emite los humos procedentes del horno de calentamiento, además, existen riesgos potenciales de fugas y derrames de hidrocarburos. Por otro lado, son posibles escapes de polvo durante las operaciones de carga y descarga y presulfurado del catalizador. Los incondensables de los eyectores se queman en algún horno o caldera.

- FCC (Cracking catalítico en lecho fluidizado).

Es, dentro de la refinería, una de las fuentes con mayor potencial de contaminación atmosférica. Las emisiones provienen principalmente del regenerador, en el que se

regenera el catalizador mediante la calcinación del coque depositado sobre su superficie y están formadas por CO, CO₂, NO_x, partículas, (en especial finos del catalizador) y SO₂ (pueden llegar a representar entre el 20-30% del SO₂ liberado en la refinería, el 15-30% del NO_x y el 30-40% de partículas). Las emisiones del FCC son muy variables entre las distintas refinerías, reflejando la amplia dispersión de las alimentaciones (contenido en azufre, nitrógeno y metales), junto a las desiguales condiciones de operación del regenerador y recuperación de calor.

— CO₂: El regenerador podría ser considerado como un horno de proceso que quema un combustible un tanto especial: residuo carbonoso cuyo contenido de azufre y nitrógeno es función principal de la proporción de estos elementos presentes en la alimentación. El volumen de residuo depositado sobre el catalizador depende en primer lugar de dos variables: características de la carga y severidad de la operación. Como valor puramente orientativo, se puede admitir que con las cargas medias de las refinerías españolas, el coque depositado es del orden de 4-6% de la alimentación. Lo que conduce a una producción de CO₂ en el entorno de 160-220 kg/t de carga.

— CO: En España las seis unidades de FCC existentes pertenecen a la variante de combustión completa, por lo que no requieren caldera auxiliar de CO. En estas condiciones, el contenido de CO de los humos del regenerador es sensiblemente inferior al límite actual de la legislación española, establecido en 500 mg/Nm³ por el Real Decreto 833/75.

— NO_x: En los regeneradores de combustión completa la temperatura es inferior a 700 °C (los regeneradores con calderas de CO pueden superar 1000 °C), por lo que la formación de NO_x por oxidación del nitrógeno del aire comburente es muy reducida. La mayor parte proviene de la oxidación de los compuestos nitrogenados fijados al coque, cuya concentración es proporcional al contenido en nitrógeno de la carga. Esto da lugar a una gran variabilidad en la cantidad del NO_x formado. Por lo común, 50-500 mg/Nm³.

— Partículas: Probablemente el aspecto más singular de las emisiones del FCC. Esta unidad suele ser la mayor fuente de partículas en las refinerías que cuentan con este tipo de instalaciones. Se forman a partir del catalizador por dos mecanismos:

1. El de mayor importancia se presenta en los humos del regenerador: Como consecuencia del continuo movimiento del catalizador, es inevitable cierto grado de abrasión que genera partículas muy finas. Los sistemas de captación ofrecen menor eficiencia cuanto menor es el tamaño de la partícula a retener, por lo que alguna

cantidad de estos finos escapa a la chimenea. Con las actuales medidas de control se alcanzan niveles inferiores a 150 mg/Nm^3 .

2. La manipulación del catalizador, con la purga y reposición prácticamente continua, puede dar lugar a pérdidas y vertidos. La composición del catalizador fresco, silicatos complejos de aluminio y magnesio, no es particularmente nociva para la salud, pero el catalizador gastado contiene Ni y V depositados a partir del contenido en la carga.

— SO_2 : En las reacciones de pirólisis catalizada, características del FCC, el azufre presente en la carga se distribuye de la siguiente manera:

1. Una parte importante pasa a la forma de H_2S , y como tal, es separado en la absorción con aminas y finalmente recuperado como azufre elemental.

2. Los productos de la reacción presentan un contenido en azufre proporcional al de la alimentación.

3. Parte del azufre está combinado con los hidrocarburos pesados que forman el coque depositado sobre el catalizador. Este residuo al quemarse en el regenerador libera el azufre en forma de SO_2 que sale con los humos de la combustión.

La concentración es muy variable, depende evidentemente del azufre que entre con la alimentación. El límite legal está establecido en $2.500\text{-}3.400 \text{ mg/Nm}^3$ que las refinerías alcanzan mediante la selección de carga a la unidad con el apropiado contenido en azufre.

- Visbreaking (Craqueo térmico para reducción de viscosidad).

Presenta las propias de los humos del horno de calentamiento.

Los escapes y fugas aleatorias que pueden contener H_2S y mercaptanos generados en la pirólisis de la carga.

El gas producido contiene H_2S y debe ser enviado a la planta de aminas.

También se emiten partículas durante el decoquizado del horno y las operaciones de limpieza, por lo general, dos veces al año.

- Reformado Catalítico (Platforming)

Presenta emisiones de combustión en hornos que son función directa del combustible quemado.

Además, emisiones de regeneración, siendo la problemática ligeramente distinta según se trate de unidades semirregenerativas o continuas. La principal diferencia

estriba en el carácter permanente de las emisiones de los reformados continuos, mientras que en los semirregenerativos la operación se lleva a cabo en ciclos de seis meses a dos años.

Para evitar que pueda escapar a la atmósfera pequeña cantidad de polvo del catalizador y compuestos organoclorados procedentes del activador del catalizador (también se han detectado trazas de dioxinas y furanos) y mínimas cantidades de SO₂, los humos originados en la regeneración se purifican en un lavador con agua alcalinizada, permanentemente en el reformado en continuo mientras que el semirregenerativo puede tener instalación provisional.

La manipulación y almacenamiento de cloruros orgánicos usados durante la regeneración tiene un relativamente bajo potencial de riesgo de escape.

- Alquilación

Una de las características de esta unidad es el extremo rigor en las medidas que afectan a seguridad y medioambiente, sin duda alguna las más severas en la refinerías. Al solicitar el permiso de instalación es necesario acompañar de un estudio de seguridad, y eventualmente el Análisis Cuantitativo de Riesgos, según la legislación aplicable.

Por una parte emite las clásicas emisiones del horno de calentamiento: SO₂, NO_x, etc. Como siempre, está latente el riesgo de fugas y derrames accidentales de hidrocarburos. El potencial escape de HF se contempla en el estudio de seguridad. Durante las paradas, operaciones de limpieza, etc... pueden liberarse compuestos organofluorados de penetrante olor.

- Isomerización

Las emisiones características son los humos generados en los hornos de calentamiento, además del potencial riesgo de emisión de COV que existe derivado de la manipulación de los clorocarbonos utilizados para activar el catalizador. El gas de refinería procedente de la columna estabilizadora es normalmente tratado con cáustico para eliminar el HCl.

- Plantas de azufre

Las reacciones Claus son exotérmicas, lo que se refleja en la producción de vapor, pero a veces, cuando la concentración de H₂S es muy baja, es necesario consumir algo de combustible en quemadores piloto para mantener la reacción.

Las principales emisiones de las plantas de recuperación de azufre son, sin duda alguna, las atmosféricas, debidas en su mayor parte a razones termodinámicas —el equilibrio de la reacción no se desplaza completamente hacia la formación de azufre— por lo que las unidades tradicionales Claus alcanzan los rendimientos de conversión que se muestran en la Tabla 1.2.3.1 siguiente.

TABLA 1.2.3.1

Número de reactores Claus	% de recuperación del azufre en la carga
1	90
2	95-97 ⁽¹⁾
3	97-98

⁽¹⁾ En el BREF sobre refino figura 96% como límite superior; quizá no se ha tenido en cuenta la edad de las plantas.

En las refinerías españolas se consiguen los aquí reseñados. Fuente: Guía MTD Refino de Petróleo (MMA)

El gas de cola, conteniendo SO₂, H₂S y cantidades variables de NO_x, procedentes tanto del aire comburente, como de algo de amoníaco presente en los gases efluentes de la torre de agotamiento de agua ácida, se envían a una antorcha, por lo general de diseño especial para combatir la corrosividad de los gases (a esta antorcha también se dirige toda la corriente gaseosa en caso de emergencia en la planta).

- Coquización retardada

Desde el punto de vista medioambiental, la característica distintiva de este proceso es el tratamiento dado a los finos de coque.

Las emisiones incluyen los humos del horno y fugas aleatorias. Además, la retirada del coque de los depósitos (coquización retardada) puede producir escapes de partículas e hidrocarburos residuales a la atmósfera.

Los principales contaminantes son:

— Compuestos de azufre: (H₂S y mercaptanos) pueden escapar a la atmósfera desde la corriente de aguas ácidas en el condensador de cabeza.

— Hidrocarburos: pueden emitirse a través de válvulas de seguridad de depósitos de reflujo, enfriamiento, operaciones de almacenamiento y manipulación, derrames y descargas de agua y residuos.

— Partículas: almacenamiento, trituración y manipulación del coque verde se realizan en húmedo prácticamente sin emisiones al aire.

- Calcinación de coque

El coque de petróleo destinado a calidades calcinadas, tiene un bajo nivel de contaminantes, por lo que, a pesar de que la mayor parte del calor necesario para la calcinación se genera por combustión de los volátiles de la propia materia prima, las emisiones de SO₂ son muy reducidas.

En España solamente existe una instalación para calcinación, de tecnología «horno circular con solera giratoria».

Desde la salida del enfriador rotativo hasta los silos de calcinado hay un sistema de captación del polvo, con la finalidad de aspirar de la parte superior de las cintas transportadoras, los finos de coque en suspensión y separarlos mediante filtración (filtro de mangas), con el fin de evitar contaminación ambiental.

- Asfaltos

Se producen las emisiones propias de los hornos de proceso.

También se emiten los vapores de cabeza del oxidador, con un caudal de 0,07-0,3 Nm³ aire/t carga, que están formados por hidrocarburos ligeros, N₂, O₂, CO₂ y SO₂, que se queman a más de 800 °C para asegurar su completa destrucción.

Pueden producirse fugas accidentales en los sistemas de cabeza arrastrando hidrocarburos y H₂S.

En los tanques de carga superior se forman aerosoles.

- Hidrocraqueo

Emite las procedentes de los humos del horno de calentamiento: SO₂, NO_x, etc., además, existen los potenciales riesgos de fugas y derrames de hidrocarburos, siempre presentes en las unidades de las refinerías.

Durante la maniobra se forma sobre el catalizador un recubrimiento carbonoso que lo desactiva, por lo que es preciso eliminarlo periódicamente, lo que se realiza por quemado en ciclos de 1 a 4 años. En las operaciones de regeneración, carga y descarga podría escapar polvo de catalizador.

Los incondensables de los eyectores se queman en mecheros preparados para tal fin.

- Producción de hidrógeno

Sólo se producen las emisiones típicas de los humos de la combustión, principalmente NO_x. Los óxidos de azufre son mínimos porque usualmente se utiliza

combustible de bajo azufre. La elección del sistema de recuperación de calor tendrá un mayor efecto sobre la producción de NO_x , puesto que afecta tanto a la cantidad de combustible quemado, como a la temperatura de llama.

Las emisiones de NO_x de una unidad de reformado por vapor usando gas o nafta ligera como combustibles y utilizando quemadores de bajo NO_x son 25-40 mg/MJ.

Además se producen emisiones de CO_2 , producto de reacción de la producción de hidrógeno.

- Eterificación

Estos procesos no requieren equipos de combustión, por lo que no existen humos de combustión. Al igual que en todas las unidades de proceso, está latente el riesgo de emisiones de COV por las válvulas de seguridad, venteos, etc.

- Lubricantes

En el desasfaltado por extracción con disolventes y en la extracción de aromáticos se pueden emitir COV de los disolventes desde los tanques de almacenamiento. También se producen las emisiones debidas a los humos de hornos. En general no son procesos en los que se originen emisiones significativas.

En la unidad de hidrogenación a alta presión se producen las emisiones típicas de los hornos de proceso de la unidad. Por lo demás, no se dan circunstancias relevantes de proceso que deriven en emisiones significativas.

En el desparafinado por disolventes puede haber fugas y emisiones de los filtros de parafina, y evaporación de disolventes en los tanques de almacenamiento, así como las emisiones típicas de los humos de los hornos.

En la unidad de hidroacabado pueden producirse fugas de COV en válvulas de seguridad, recuperación de disolvente, bridas, sellos, etc.

- Petroquímica

— Las emisiones en las plantas de aromáticos son debidas, en su mayor parte, al consumo de servicios auxiliares: combustibles, agua de refrigeración, vapor, etc. No existen especiales circunstancias que conduzcan a emisiones específicas.

Las principales emisiones al aire se muestran en la Tabla 1.2.3.2

TABLA 1.2.3.2

Fuente	Contaminante				
	NO _x	SO ₂	CO/CO ₂	COV	Partículas
Combustión en hornos	X	X	X	X	
Venteos de tanques, tomas de muestra, equipo rotativo, etc.	X	X	X	X	X
Operaciones de mantenimiento				X	
Fugas				X	
Hornos para regeneración	X	X	X	X	

Fuente: Guía MTD refino de petróleo (MMA)

— En los procesos de producción de olefinas los requerimientos de energía, térmica y mecánica, son muy importantes por lo que las emisiones de combustión de combustibles son cuantiosas. La Tabla 1.3.2.3 resume las principales emisiones junto a los orígenes y rangos de los niveles encontrados en la mayoría de las plantas europeas. Las emisiones de COV en fuentes puntuales no son significativas en unidades bien operadas.

TABLA 1.3.2.3

Fuente	NO _x	SO ₂	CO/CO ₂	COV	Partículas
Hornos principales	X	X	X	X	
Turbinas de gas ⁽¹⁾	X	X	X	X	
Calderas fuelóleo ⁽²⁾	X	X	X	X	X
Fuentes puntuales ⁽³⁾	X	X	X	X	X
Actividades				X	
Mantenimiento				X	
Emisiones fugitivas				X	
Decoquizado hornos	X	X	X	X	
Eliminación de gas ácido		X			
Hornos para regeneración	X	X	X	X	
Factor de emisión (kg/t)	1,0-2,8	0,01-3,3 ⁽¹⁾	0,2-1,0	0,03-6,0	0,05-1,5 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Incluye unidades consumiendo gasóleo y GOV hasta 1% de azufre.

⁽²⁾ Incluye unidades que consumen el fuelóleo de pirólisis en las calderas auxiliares.

⁽³⁾ Venteos atmosféricos, puntos de muestra, antorchas, almacenamiento intermedio.

Fuente: Guía MTD refino de petróleo (MMA)

- Combustión en calderas y hornos

Las siguientes Tablas 1.2.3.4-9 ofrecen una panorámica de las emisiones que puede esperarse en los principales sistemas de combustión, hornos y calderas, y en algunas ocasiones motores de gas.

TABLA 1.3.2.4

Emisiones de CO con óptimos quemadores y diseño (mg/Nm³)

		Gas	Combustible líquido de refinería
Hornos de proceso	de	5-80	20-100
Calderas		5-80	20-100
Motores		10-150	

TABLA 1.3.2.5

Emisiones de CO₂ con óptimos quemadores y diseño (kg/kg combustible)

		Gas	Combustible líquido de refinería
Hornos de proceso	de	2,6-3	3,2-3,3
Calderas		2,6-3	3,2-3,3

TABLA 1.3.2.6

Emisiones de NO_x con óptimos quemadores y diseño (mg/Nm³)

		Combustible líquido de refinería	
		0,3% N	0,8% N
Gas			
Hornos de proceso ⁽¹⁾	70-150	280-450	330-600
Calderas	100-300	300-450	350-600
Motores	250-400		

NOTA: El precalentamiento del aire de combustión, al aumentar la temperatura de llama favorece la Producción de NO_x en todos los casos.

⁽¹⁾ En instalaciones modernas, con quemadores optimizados para producir bajas emisiones de partículas, aún con combustibles de bajo contenido en nitrógeno, el nivel de NO_x se sitúa en el entorno de 650 mg/Nm³.

TABLA 1.3.2.7

Emisiones de partículas con óptimos quemadores y diseño (mg/Nm³)

		Gas	Combustible líquido de refinería
Hornos de proceso	de	< 5	20-250
Calderas		< 5	20-250

TABLA 1.3.2.8

Emisiones de metales con óptimos quemadores y diseño (mg/Nm³)

Metales (As, Pb, Cd, Cr, Co, Ni, V y compuestos) dados como la suma de todos los elementos	Gas	Combustible líquido interno de refinería
Hornos de proceso	0	5-10
Calderas	0	5-10

TABLA 1.3.2.9

Emisiones de SO_x con óptimos quemadores y diseño (mg/Nm³)

		Combustible líquido de refinería		
Gas		0,2% S	1% S	3% S
Hornos de proceso	5-100	350	1.700	5.000
Calderas	5-100	350	1.700	5.000

- Torres de refrigeración

En circuito cerrado puede haber emisiones de hidrocarburos, presentes en el agua a causa de fugas, que son arrastrados a la atmósfera por el aire de enfriamiento. Se han encontrado valores de entre 0,5-85 gramos de hidrocarburo por m³ de caudal recirculante.

El enfriamiento por inyección directa (solamente utilizado en la coquización retardada) genera gran cantidad de vapores.

- Unidad de tratamiento de aguas residuales (Plantas TAR)

Las emisiones son importantes y proceden de los numerosos tanques, balsas, drenajes con superficie abierta al aire. Se componen de hidrocarburos, benceno, H₂S, y mercaptanos, fundamentalmente, pudiendo ser fuentes de malos olores.

También se emiten COV durante la inyección de aire en la flotación y el biotratamiento.

Las emisiones de hidrocarburos pueden ser evaluadas aproximadamente en función del área expuesta a la atmósfera según lo siguiente:

- Separadores de aceite descubiertos: 20 gr/m² por hora.
- Separadores de aceite cubiertos: 2 gr/m² por hora.
- Flotación: 2 gr/m² por hora.

— Tratamiento biológico: 0,2 gr/m² por hora.

Debe advertirse que al utilizar solamente la superficie expuesta como parámetro de cálculo, omitiendo otros factores importantes: temperatura, composición de la fase orgánica, los resultados han de tomarse necesariamente como una primera aproximación.

- Antorchas

Al sistema de antorcha entran todas las corrientes gaseosas que, principalmente, por motivos de seguridad deben ser eliminados rápidamente en condiciones fiables. Para asegurar el mejor funcionamiento se inyecta vapor de agua y gas de refinería en mecheros pilotos y para garantizar un flujo mínimo que impida la entrada accidental de aire al circuito.

Las emisiones de este proceso son gases de combustión a la atmósfera. Las antorchas de refinería bien operadas obtienen una transformación del 98% a CO₂, 1,5% a productos de combustión parcial (casi todo CO) y 0,5% no convertido.

- Almacenamiento y manipulación de productos en refinería

La emisión más característica durante el almacenamiento y manipulación de crudo de petróleo y sus derivados son los COV.

Las emisiones fugitivas procedentes del almacenamiento de compuestos orgánicos volátiles se deben a las pérdidas evaporativas del líquido durante su almacenamiento (conocidas como "breathing losses" o "standing storage losses") y a las pérdidas evaporativas durante las operaciones de llenado y vaciado, es decir, a los cambios en el nivel de líquido, (conocidas como "working losses").

La pérdida durante el almacenamiento consiste en la expulsión de vapor desde un tanque mediante expansiones y contracciones del vapor, que son el resultado de cambios en la temperatura y la presión barométrica. Esta pérdida ocurre sin ningún cambio en el nivel de líquido del tanque.

- La pérdida combinada procedente del llenado y vaciado se denomina pérdida durante la operación. La evaporación durante las operaciones de llenado es el resultado de un aumento del nivel de líquido en el tanque. A medida que el nivel de líquido sube, la presión dentro del tanque excede la presión de descarga y se expulsan vapores desde el tanque. La pérdida evaporativa durante el vaciado ocurre cuando el aire que

se introduce en el tanque, cuando se extrae líquido del mismo, se satura con vapores orgánicos y se expande.

Las emisiones fugitivas en tanques varían en función del diseño y capacidad del depósito, la presión de vapor del líquido almacenado, la tasa de utilización del tanque y las condiciones atmosféricas en la localización del tanque.

Las emisiones de COV desde los tanques representan más del 40% del total de la refinería.

En resumen, puede decirse que las principales emisiones de refinería son:

- Las de los hornos de proceso:

Son las emisiones más destacadas de la refinería. Estos hornos aportan energía térmica a una serie de reacciones físico-químicas como son: destilaciones, reformado catalítico, hidrotratamiento, alquilación, etc., que dan lugar a las distintas fracciones del petróleo.

En los hornos no se produce contacto de los gases de combustión con el crudo o con sus fracciones resultantes, por lo que las emisiones proceden de la combustión, siendo las más importantes las de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.

Los combustibles empleados, mayoritariamente, son fuelóleos de variable contenido en azufre y gas de refinería.

Otro foco emisor de estos contaminantes son las antorchas.

- Emisiones fugitivas de COV:

Estas emisiones se producen de forma más relevante, en la planta de tratamiento de aguas, en válvulas y bridas y en tanques de almacenamiento.

1.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES

Existe una gran diferencia en las características de los combustibles líquidos y gaseosos utilizados en las refinerías europeas.

Las refinerías conocen con suficiente precisión los valores del consumo energético de las diversas unidades de proceso por tratarse de un elemento esencial de la gestión. Así mismo, conocen las propiedades de los combustibles que consumen: poderes caloríficos netos, densidades, contenidos de azufre y carbono, factor de oxidación, etc..., que son variables y diferentes, no sólo entre las distintas refinerías, sino en una misma refinería según la unidad de procedencia y de un año a otro.

El fuel gas de refinería presenta desviaciones sensibles en estas propiedades en función de la unidad de la refinería de donde proceda (ej: fuel gas de combustibles, fuel gas de lubricantes, fuel gas de petroquímica, fuel gas de cogeneración, etc), lo mismo sucede para el caso del fuel oil de refinería (ej: puede proceder del residuo de visbreaker, del slurry del FCC, etc). En consecuencia, es bastante problemático pronunciarse sobre una caracterización media de estos combustibles de forma global para todas las refinerías.

En la Tabla 2.2.1 se muestran los rangos de variación de las características de los combustibles utilizados por las refinerías españolas a lo largo del periodo 1990-2002.

TABLA 2.2.1
CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES DE REFINERÍA

COMBUSTIBLE	% AZUFRE	% CARBONO	PCI	
			kcal/kg	GJ/t
FUELÓLEO	0,05 – 4,49	82,9 – 87,4	9.301 – 10.001	38,93 – 41,86
GASÓLEO	0,035 – 0,80	83,7 – 86,4	10.001 – 10.300	41,86 – 43,11
NAFTA	0		10.675 – 10.749	44,68 – 44,99
GAS NATURAL	0	75,6 – 75,7	10.092 – 12.493	42,24– 52,29
GLP	0		10.818 – 11.033	45,28 – 46,18
GAS DE REFINERÍA	0 – 5,7	42,6 – 87,77	8.501 – 14.044	35,58 – 58,78
GAS DE PURGA		2,41	1.854	7,76

Fuente: Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 2001 y 2002. Volumen 2: Análisis por Actividades SNAP. (Ministerio de Medio Ambiente)

Por tanto, a la hora de estimar las emisiones de los procesos de combustión de una refinería, para la elaboración de un inventario anual de emisiones, lo más adecuado es obtener la información de la caracterización de los combustibles (valores medios ponderados anuales de cada una de los parámetros mencionados con anterioridad) de las propias refinerías. Sin embargo, las empresas no facilitan siempre todos los datos requeridos por los técnicos que elaboran un inventario de emisiones, por lo que, es necesario establecer unos valores por defecto de determinadas características de los combustibles de refinería, con objeto de poder recurrir a estos ante la falta de información más precisa y de consensuar la metodología de cálculo de las emisiones.

Los combustibles utilizados por las refinerías de petróleo en España, así como las densidades, contenidos medios de azufre y carbono (en tanto por ciento en peso) y poderes caloríficos inferiores, que se pueden considerar por defecto para la elaboración de inventarios de emisiones, se exponen en la Tabla 2.2.2:

TABLA 2.2.2
CARACTERÍSTICAS POR DEFECTO DE LOS COMBUSTIBLES

COMBUSTIBLE	% Azufre	% Carbono	Densidad (kg/m ³) a 0 °C	PCI (GJ/t)
FUEL OIL DE REFINERIA	2,7	85,6	950	40,18
GASOIL	0,2	86,7	900	42,4
GAS NATURAL	0	72,4-75,2	0,8	48,34
GAS DE REFINERIA. FUEL GAS	0,89 ^(*)	42,6 – 87,77	0,9 ^(*)	48,3
GLP	0	81,7	494	44,78

Fuente: Datos comunicados por España en el inventario presentado a la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

^(*) Dato medio refinerías andaluzas en el 2005. Elaboración propia

Por último, hay que destacar que en la elaboración del presente documento se ha equiparado del gasóleo al fuel nº 1 y 2 (según denominación EPA) y el fuel oil como fuel oil nº 5 y 6 (de la nomenclatura EPA) para la selección de factores de emisión de aquellos contaminantes recogidos de la guía “EPA (2000) AP 42, fifth edition: Compilation of Air Pollutant Emission Factors”.

2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE EMISIONES DEL SECTOR DEL REFINO DEL PETRÓLEO

Para todas las actividades realizadas en las refinerías de petróleo, el tratamiento de la información se realiza a nivel de foco puntual, por ser consideradas todas las refinerías como grandes focos puntuales en el Inventario, por ello, la información correspondiente a las actividades de este subgrupo deberá proceder de las propias instalaciones.

Los valores de las emisiones que se inventarien en este sector industrial pueden ser:

- Datos Medidos: Los datos proceden de mediciones realizadas utilizando métodos normalizados o aceptados.
- Datos Calculados: Los datos proceden de cálculos realizados utilizando métodos de estimación y factores de emisión aceptados en el ámbito nacional e internacional y representativos de los sectores industriales.
- Datos Estimados: Los datos proceden de estimaciones no normalizadas fundamentadas en hipótesis óptimas o en las previsiones de expertos.

A continuación se describe la casuística asociada a cada una de las posibilidades citadas.

2.1. MEDIDOS

En este caso, las emisiones de una instalación se determinan a partir de datos obtenidos por observación directa de los procesos que se llevan a cabo en dicha instalación, en función de mediciones reales de las concentraciones de contaminantes en el foco emisor. Los datos pueden proceder de mediciones continuas o mediciones discontinuas y de corta duración.

Por tanto, se consideran como medidos aquellos datos que han sido determinados a partir de los resultados de la toma de muestras y análisis en los focos emisores mediante métodos normalizados y realizadas en condiciones normales de operación del proceso productivo para obtener datos representativos del mismo. Si se dispone de varias mediciones puntuales realizadas en un mismo foco para un período de notificación, es conveniente utilizar el valor medio de los resultados para obtener un resultado más representativo de las emisiones de la instalación. La

representatividad de la muestra es especialmente importante, ya que se toma como media de emisión del parámetro en cuestión durante todo el tiempo de funcionamiento del foco.

Para una instalación concreta los datos pueden proceder de:

- Monitorización de los focos emisores.
- Medidas de autocontroles internos realizados por la propia instalación con el objeto de controlar el proceso productivo.
- Resultados de controles en los focos emisores llevados a cabo por exigencias de la legislación vigente (Inspecciones llevadas a cabo por la Administración, Informes elaborados por Entidades Colaboradoras de la Consejería de Medio Ambiente, ...).

Los resultados de las medidas realizadas son concentraciones de contaminantes que han de ser convertidas a t/año (g/año, kg/año o kt/año, según el contaminante de que se trate) antes de ser inventariadas. Para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$E[t/a] = Q[m^3/h] \cdot H[h] \cdot C[mg/m^3] \cdot 10^{-9}$$

donde Q es el caudal medio anual de los gases del foco, H son las horas de funcionamiento anuales de los equipos asociados al foco medido, (el producto Q· H representa el volumen total anual de gases emitidos por la chimenea), C es el promedio anual de la concentración del contaminante considerado (considerando las técnicas de reducción instaladas), y 10^{-9} es un factor de conversión de unidades (modificable en caso de que no sea t/año la unidad en que se inventarie el contaminante en cuestión).

Hay que señalar que cuando se realicen mediciones de partículas totales en focos de combustión sin contacto (chimeneas de hornos y/o calderas), para calcular las emisiones de PM10 se afectarán las partículas medidas por los siguientes ratios PM10/PM en función del combustible empleado:

Ratio para fuel oil = 7,4/12 EPA SCC 30600103

Ratio para el fuel gas = 1 EPA SCC 30600106

2.2. CALCULADOS

Bajo esta consideración, el cálculo de las emisiones de los contaminantes se llevará a cabo mediante el empleo de métodos de estimación aceptados internacionalmente (balances de masa y energía, por poner un ejemplo) o de factores de emisión representativos del sector.

2.2.1. Emisiones calculadas a partir de balances de materia

En los procesos de combustión sin contacto, para calcular las emisiones de SO₂ y del CO₂ se emplearán, preferentemente, los siguientes factores de emisión basados en los balances de masa de las combustiones:

a. Dióxido de carbono (CO₂)

El factor de emisión de los procesos de combustión sin contacto empleado en el caso del CO₂ es el resultado de aplicar la siguiente ecuación de balance de materia en el proceso de combustión, según el combustible utilizado, extraída del Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR):

$$F.E._{CO_2} = 44/12 \times W_c \times (10^6 \div H_u)$$

donde:

- F.E. CO₂ = Factor de emisión para el CO₂ en función del combustible empleado, expresado en g/GJ.
- W_c = Contenido en carbono del combustible (kg C/kg combustible)
- H_u = Poder calorífico inferior del combustible utilizado, en MJ/kg.

b. Dióxido de azufre (SO₂)

El factor de emisión de los procesos de combustión sin contacto empleado en el caso del SO₂ es el resultado de aplicar la siguiente ecuación de balance de materia en el proceso de combustión, según el combustible utilizado, extraída del Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR):

$$F.E._{SO_2} = 2 \times W_s \times (10^6 \div H_u)$$

donde:

- F.E. $_{SO_2}$ = Factor de emisión para el SO_2 en función del combustible empleado expresado en g/GJ.
- W_s = Contenido de S en peso del combustible (expresado como S elemental). (kg S/kg de combustible).
- H_u = Poder calorífico inferior del combustible utilizado en MJ/kg.

Para el cálculo de los factores de emisión de CO_2 y SO_2 se ha considerado la combustión completa del S y C del combustible.

2.2.2. Emisiones calculados a partir del empleo de factores de emisión

Dada la existencia de factores de emisión de reconocido prestigio, disponibles a nivel internacional, característicos para el proceso productivo, se consideran éstos como una herramienta útil para la determinación de las emisiones en ausencia de otro tipo de datos de mayor fiabilidad.

Para seleccionar los factores de emisión de los procesos del refino de petróleo se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica, consultándose las fuentes más prestigiosas en esta materia.

A partir de esta revisión, se han elaborado unas tablas que recogen todos los factores de emisión, propuestos por las diferentes fuentes, para todos los contaminantes susceptibles de ser emitidos por cada uno de los procesos del refino de petróleo.

En estas tablas se diferencian dos tipos de fuentes:

- Fuente 1: Hace referencia al documento o documentos originales de donde procede el factor de emisión. Por norma general, se trata de las recogidas en la siguiente tabla "Fuente 2", como 1, 2, 3, 10, 11, 12 y 13. Además de estas se consideran otras publicaciones recogidas en el apartado de Documentación de referencia.

- Fuente 2: Hace referencia a otras referencias bibliográficas, que proponen asimismo el empleo del factor de emisión procedente de la primera fuente. Estas se exponen en la siguiente tabla.

FUENTE 2	
1	EEA (2005) EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook
2	EPA (2000) AP 42, fifth edition: Compilation of Air Pollutant Emission Factors
3	Uncontrolled Emission Factor Listig for Criteria Air Pollutants (EPA)
4	Air Pollutant Emission Methods for EPER and PRTR Reporting by Refineries. Report No. 9/05 Brussels CONCAWE - 2005
5	Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Refino de Petróleo. (Ministerio de Medio Ambiente) – 2004
6	Metodología para la Determinación de Contaminantes EPER al Aire. Fichas (AOP) – 2002
7	Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 2001 y 2002. Volumen 2: Análisis por Actividades SNAP. (Ministerio de Medio Ambiente).
8	Inventario de Emisiones a la Atmósfera de Andalucía 2002 (CMA)
9	EPER ANDALUCÍA
10	Decreto 503/2004 13 de octubre de Fiscalidad Ambiental (Boja núm. 204)
11	API Compendium of greenhouse gas emissions estimation methodologies for the oil and gas industries. Washington DC American Petroleum Institute
12	API (2002) Comparison of API and EPA toxic air pollutant emission factors for combustion sources. Publication Nº 4720. Washington DC American Petroleum Institute
13	Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (National Pollutant Inventory de Australia)

Nota La fuente nº 6 sólo propone F.E. para PM, SO₂, NO_x, CO y COV

Con frecuencia, estos factores de emisión no son únicos para un mismo contaminante y proceso, distintas fuentes pueden proponer valores diferentes de los mismos. Cuando esto ocurra, en las tablas expuestas se repetirán tantas líneas para el contaminante en cuestión, como factores de emisión diferentes se hayan encontrado.

De esta forma se podrán comparar todos los factores de emisión existentes, antes de considerar el finalmente seleccionado en la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España.

Los factores de emisión seleccionados para la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de España por el grupo de trabajo de Inventarios del V Seminario de Calidad del Aire se exponen en el apartado 2.2.3.

Las tablas con todos los factores de emisión disponibles para cada proceso de refino de petróleo se exponen a continuación:

COMBUSTION DE FUEL OIL EN CALDERAS (010301-03) Y HORNOS SIN CONTACTO (010306)						
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	g/GJ	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
SO2	F.E. en función del balance de materia de la combustión			EPA 030600103 Y CORINAIR 010306 (6)	A	4, 5, 6, 7
NOx	6,60	kg/m ³	112,9	EPA 030600103	A	5, 6
NOx	178,25	g/GJ	178,3	CORINAIR 010306 (6)	ND	5, 6
En el inventario 2000 de la CMA se corrigió o redujo el F.E. NOx original (178,25 g/GJ) al 40% tras comparar con las emisiones de NOx medidas en Refinería Giraltrial. El factor corregido que se empleó fue 106,95 g/GJ.						
NOx	Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOx from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52					4
Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOx from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52						
NOx	190/180/150/250	g/GJ	190/180/150/250	>300MW / <300Mw/hornos refinería / Motores estacionarios		7
NOx	90	g/GJ	90	Decreto 503/2004 13 de octubre de Fiscalidad Ambiental (Boj. num. 204)		10
NOx	60,0	Kg/GJ	6,00E+04	CORINAIR 010306 (6)	ND	5, 6
CO2	560	kg/10 ³ m ³	1,29E+01	EPA 30600106	B	4, 5
CO2	10	g/GJ	1,00E+01	CORINAIR		7
CO	122	kg/10 ³ m ³	2,80E+00	EPA 30600104	B	
PM	48	kg/10 ³ m ³	1,10E+00	EPA 30600104	B	5, 6
PM	PM10, PM2.5	g/GJ	5,00E+00	CEPMEIP		7
PM	PM10, PM2.5	g/GJ	CONCAWE no propone ninguno			4
CH4 (10-100MW)	1,2	g/GJ	1,23E+00	CORINAIR 010306 (6)	ND	5, 7
CH4 (>100MW)	2,64E-01	g/GJ	2,64E-01	API sección 4 T4.4a		4
COVNM	44,8	kg/10 ³ m ³	1,03E+00	EPA 30600106	C	6
COVNM	5,15	g/GJ	5,15E+00	CORINAIR 010306 (6)	ND	6
COVNM (Calderas / hornos / motores)	25 / 3,5 / 2,5	g/GJ	25 / 3,5 / 2,5	CORINAIR		7
COVNM	CONCAWE no propone ninguno					4
N2O	35,2	kg/10 ³ m ³	8,09E-01	EPA AP-42 T 1.4-2	E	
N2O	6,3	g/GJ	6,25E+00	CORINAIR 010306 (6)	ND	
N2O	1,5	g/GJ	1,50E+00	CORINAIR 111		6, 7
BENCENO	1,80E-01	g/GJ	1,80E-01	EPA 10200701	U	6
PAH (Total)	2,8E-04	g/GJ	2,80E-04	EPA 10200601	E	6
PAH (Bornefi)	ND	N.D.	N.D.			
PAH (4 Protocolo)	ND	N.D.	N.D.			
PCDD PCDF	ND	N.D.	N.D.			
CLORUROS	ND	N.D.	N.D.			
FLUORUROS	ND	N.D.	N.D.			
TRICLOROETANO	ND	N.D.	N.D.			
NH3 (SNCR)	5,12E+01	kg/10 ³ m ³	1,18E+00	EPA10200601	E	4, 6
NH3 (SNCR)	2,88E+00	kg/10 ³ m ³	6,62E-02	EPA10200601	C	4, 6
NH3 (SCR)	1,46E+02	kg/10 ³ m ³	3,35E+00	EPA10200601	C	4, 6
Zn	4,64E-01	g/GJ	1,07E-02	EPA T1 4.4	D	6
Pb	8,00E-06	g/m ³	1,84E-04	EPA SOC 10 (0060)	E	6
Ni	1,86E-04	g/GJ	1,86E-04	EPA 30600106	E	6
Hg	1,17E-03	g/GJ	1,17E-03	EPA 30600106	E	6
Cu	1,53E-04	g/GJ	1,53E-04	EPA 30600106	E	6
Cr	5,68E-05	g/GJ	5,68E-05	EPA 30600106	E	6
Cr	1,00E-01	g/TJ	1,00E-04	CORINAIR 010306 (7)	ND	6
Cd	1,29E-05	g/GJ	1,29E-05	EPA 30600106	E	6
Cd	1,00E-02	g/TJ	1,00E-05	CORINAIR 010306 (7)	ND	6
As	3,20E-03	kg/10 ³ m ³	7,36E-05	EPA T1 4.4	E	6
As	3,00E-02	g/TJ	3,00E-05	CORINAIR 010306 (7)	ND	6
Se	N.A.		N.A.			
SOPLADO DE ASFALTO (060310)						
COV (Kg/t asfalto producidas)	3,00E+01		EPA 30601101			
COV (Kg/t asfalto producidas)	27,20		CORINAIR 040101 L8.2 (Similar EPA, 30)	U		
HCl (g/GJ)	4,30E-07		EPA 30601101	U	4	
Cr (g/GJ)	8,47E-03		EPA 30601101	U		
Cu (g/GJ)	1,73E-02		EPA 30601101	U		
Mn (g/GJ)	6,67E-02		EPA 30601101	U		
Hg (g/GJ)	3,57E-03		EPA 30601101	U		
Ni (g/GJ)	2,22E-02		EPA 30601101	U		
Formaldehído (g/GJ)	3,35E-03		EPA 30601101	U		
Fenol (g/GJ)	2,47E-02		EPA 30601101	U		
SNAP 040104						
Emisiones Fugitivas del Parque Almacenamiento	F.E. COVNM	FUENTE	l.i	FUENTE 2		
Empleo el software "TANKS 4.0" (Procedimiento de cálculo desarrollado por US EPA que calcula las emisiones totales procedentes de tanques a partir del sistema de cálculo detallado en AP-42, sección 7.1 "Organic liquid storage tanks")				4, 5, 6		
Siempre que sea posible las fuentes 2 anteriores (4, 5, 6) recomiendan el empleo del software anterior, no obstante, en su defecto se pueden emplear los siguientes F.E.:						

Factor de emisión de COVNM (en g/t de sustancia almacenadas) en función del tipo de tanque					
Sustancia almacenada	Factor de conversión	Techo externo flotante Sello simple	Techo externo flotante Sello doble	Tanque de techo fijo	FTE 2
Gasolina	1	73	5	160	
Crudo	0,5	36,5	2,5	80	
Gasóleo	0,03	2,2	0,2	4,8	Informe
Queroseno	0,02	1,5	0,1	3,2	Como Ate
Nafta	1	73	5	160	1997-2000
Fuelóleo	0,02	1,5	0,1	3,2	
GLP	0,02	98,6	6,8	216	
Astaltos	0,005	0,4	0	2,119,5	
Aromáticos	0,02	1,5	0,1	3,2	
Destilados pesados	0,02	2,2	0,2	4,8	
Destilados ligeros	0,02	0,1	0,1	31,4	

También se puede emplear la metodología propuesta en las siguientes referencias bibliográficas para estimar las emisiones fugitivas debidas al parque de almacenamiento en tanques (Fuente 2, 4, 7)

API (2003) Manual of Petroleum measurement standards. Chapter 19: Evaporative loss measurement, Section 2: Evaporative loss from floating - roof tanks. Formerly, API Publications 2517 and 2519. Washington DC: American Petroleum Institute.

API (2002) Manual of Petroleum measurement standards. Chapter 19: Evaporative loss measurement, Section 1: Evaporative loss from fixed - roof tanks. Formerly, API Publications 2518. Washington DC: American Petroleum Institute.

SNAP 040103	RECUPERACIÓN DE AZUFRE (CLAUS) según el número de etapas catalíticas	% de S recuperado	SO ₂ (kg/t)	SO ₂ (g/GJ)	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
1. Sin control	93,5	139	3459		CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T. 8.13-1	E	4, 5, 6
3. Sin control	95,5	94	2339		CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T. 8.13-1	E	4, 5, 6
4. Sin control	96,5	73	1617		CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T. 8.13-1	E	4, 5, 6
2. Con control	98,6	29	722		CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T. 8.13-1	E	4, 5, 6
3. Con control	96,8	65	1618		CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T. 8.13-1	E	4, 5, 6
TODAS					CORINAIR 040103		4, 5, 6, 7

ALCALINIZADOR DE COKE	F.E.	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
NO _x (kg/t coque calcinadas)	0,55	EPA 30601401	U	
SO ₂ (kg/t coque calcinadas)	8	EPA 30601401	U	
SO ₂ (kg/t coque calcinadas)	7,74	"Refino de petróleo, gas natural y petroquímica" pág. 265		7
COV (kg/t coque calcinadas)	0,35	EPA 30601401	U	
CO ₂ (kg/t coque calcinadas)	1009,8	"Refino de petróleo, gas natural y petroquímica" pág. 263		7

ANTORCHAS (SNAP 090203)	F.E.	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
PM ₁₀ (kg/m ³ gas)	2,74E-04	T. 8 - Cap.4.2.1 EETM for Petroleum Refining NPI	E	
PM _{2,5} (kg/m ³ gas)	neg	EPA AP-42 T5.1-1		4
CO (kg/GJ gas)	1,77E-01	T. 8 - Cap.4.2.1 EETM for Petroleum Refining NPI	E	4
CO (kg por m ³ crudo)	1,20E-02	CORINAIR 090203 (I2) = AP-42 EPA T. 5.1-1	C	6, 7
CO ₂ (kg por m ³ crudo)	3,13E+00	INFORME CORINE AIRE 1987-2000		4, 6
CO ₂ (kg/t crudo)	3,14E+00	CORINAIR		7, 10
NO _x (kg/GJ gas)	3,40E-02	T. 8 - Cap.4.2.1 EETM for Petroleum Refining NPI	E	4, 5, 6
NO _x (kg por m ³ crudo)	5,40E-02	CORINAIR 090203 (I2) = AP-42 EPA T. 5.1-1	C	4, 5, 6, 7, 10
SO ₂ (kg por m ³ crudo)	7,70E-02	CORINAIR 090203 (I2) = AP-42 EPA T. 5.1-1	C	4, 5, 6, 7, 10
COV (kg/GJ gas quemado)	2,06	EPA 30600904		6
COV (kg por m ³ crudo)	2,29E-03	CORINAIR 090203 (I2) = AP-42 EPA T. 5.1-1	C	4, 5, 6, 7
COVNM (kg/10 ³ m ³)	8,96E+01	EPA 30600904	U	4
COVNM (%VOC)	78	CORINAIR 090203 (I2)	ND	4, 5, 6, 7
CH ₄ (%VOC)	20	CORINAIR 090203 (I2)	ND	4, 6, 7
HAP total (%VOC)	2	Npi	ND	6
BENCENO (%VOC)	8,3	Npi	ND	6
BENCENO (g/m ³ crudo)	1,66E-03	CORINAIR 090203 Sec. 8, T. 2 = NPI Sec.4.22, T.9	ND	4

ALQUILACION (SNAP 040101)	F.E.	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
F (mg Ft alquilado)	1,19E+02	Study of Selected Petroleum Refining Residuals, Industry, US. EPA.	ND	6

PLATFORMING (SNAP 040101)	F.E.	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
PCDD PCDF (ng/barril almerinado)	1,52E+00	DRAFT EPA. (Documento en preparación)	ND	6

DESTILACIÓN A VACÍO (040101)	F.E.	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
COV (kg/t alimentación de vacío)	1,627E-01	Si hacemos el cambio de unidades, considerando la densidad de la alimentación empleada por el grupo de inventarios del MMA (0,885 kg/l) resulta el mismo F.E. Que el expuesto a continuación en kg/m ³ alimentación.		7
COVNM (kg/t alimentación de vacío)	1,611E-01	Es el 99% de los COV		7
CH ₄ (kg/t alimentación de vacío)	1,627E-03	Es el 1% de los COV		7
COV (kg/m ³ alimentación de vacío)	1,440E-01	CORINAIR 040101 (t.8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	C	5, 6, 7
COVNM (% VOC)	87	CORINAIR 040101 (t.8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	E	4, 5, 6
CH ₄ (% VOC)	13	CORINAIR 040101 (t.8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	E	5, 6
BENCENO (% VOC)	0,38	CORINAIR 040101 (t.8.1)	E	6
COV (kg/m ³ crudo de la telhlería)	1,65E+00	AP-42 EPA Table 5.1-1		4
CH ₄ (% VOC)	1	AP-42 EPA Table 5.1-1		4
SNAP 040105				
TORRES DE REFRIGERACIÓN (S/C)	F.E.	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
COV (kg/10 ³ m ³ agua refrigerada)	7,00E-01	AP-42 EPA T. 5.1-2	D	4
COV		No significativas		
TORRES DE REFRIGERACIÓN (C/C)	F.E.	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
COV (kg/10 ³ m ³ agua refrigerada)	8,00E-02	AP-42 EPA T. 5.1-2	D	6
SNAP 091001				
TRATAMIENTO DE AGUAS (sin medidas correctoras)	F.E.	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
COV (kg/m ³ agua tratada)	6,00E-01	AP-42 EPA T. 5.1-2	D	5, 6
COVNM (% COV)	87	Sacado por diferencia entre COV y Metano		
CH ₄ (% COV)	13	CORINAIR Ref. US EPA Petroleum Refinery Speciation Profile	E	6
Benceno (% COV)	0,38	CORINAIR Ref. US EPA Petroleum Refinery Speciation Profile	E	6
HAP _{total} (kg/m ³ agua tratada)	7,80E-05	EPA	E	6
TRATAMIENTO DE AGUAS (en balsas cubiertas con recuperación de vapor)	F.E.	FUENTE	l.i.	FUENTE 2
COV (kg/m ³ agua tratada)	2,40E-02	AP-42 EPA T. 5.1-2	D	5, 6

FCC (SNAP 040102)	F.E.	FUENTE		F.UENTE 2
		I.L.	I.L.	
NH ₃ (kg por m ³ alimentación)	1.55E-01		B	4, 6
NH ₃ (kg / t alimentación)	1.67E-01			7
CO (kg por m ³ alimentación)	3.92E+01		B	4, 5, 6
CO (g / t alimentación FCC)	2.00E+01		D	5, 6, 7
NO _x (kg por m ³ alimentación)	2.04E-01		B	4, 5, 6, 10
NO _x (kg / t alimentación)	2.19E-01			7
PM (kg por m ³ alimentación)	6.95E-01		B	4, 5, 6
PM (kg / t alimentación)	7.47E-01			7
PM ₁₀ (kg por m ³ alimentación)	5.95E-01		B	4, 5, 6
PM ₁₀ (kg / t alimentación)	7.47E-01			7
SO ₂ (kg por m ³ alimentación)	1.41E+00		B	4, 5, 6, 10
SO ₂ (kg / t alimentación)	1.52E+00			7
COV (kg por m ³ alimentación)	6.28E-01		D	4, 5, 6
COVNM (%COV)	64		C	6
COVNM (kg / t alimentación)	6.87E-01			7
CH ₄ (%COV)	36		C	6
CH ₄ (kg / t alimentación)	1.08E-02			7
HAP _{total} (kg/m ³ alimentación)	9.37E-04		D	6
N ₂ O (g/t coque)	2.98E+02		ND	6
Cr (lb/10 ³ lb coque)	4.44E-04		ND	6
Cl (lb/10 ³ lb coque)	1.29E-03		ND	6
HCl (lb/10 ³ lb coque)	1.08E-01		ND	6
Ni (% PM)	0.088		ND	6
Cu (% PM)	0.020		ND	4, 6
Zn (% PM)	0.017		ND	4, 6
As (% PM)	0.002		ND	4, 6
Pb (% PM)	0.046		ND	4, 6
Cd (% PM)	0.009		ND	4, 6
Hg (% PM)	0.010		ND	4, 6
CO ₂				4
CO ₂				6
CO ₂ (kg/t de coque)				6, 7
CO ₂ (kg por m ³ alimentación)	108			10
Benceno (g/t coque)	1,05			4

El grupo de trabajo de inventarios de emisiones del MMA no propone F.E. de metales para el FCC

COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL EN TURBINAS DE GAS (010304)				
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	F.UENTE 2
SO ₂			F.E. en función del balance de materia de la combustión	
NO _x	188	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
CO ₂	55	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
CO	10	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
CO	31,7	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-1	4
CH ₄	4	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
CH ₄	4,08	g/GJ	(11) Sección 4, Tabla 4.5	7
COVNM	4	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
COVNM	4	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-2a	ND
N ₂ O	2	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
PM	0,2	g/GJ	CEPMEIP	7
PM ₁₀	0,2	g/GJ	CEPMEIP	D
PM ₁₀	3,15	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-2a	4
N ₂ O	1,43	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.5	4
Cd	6,26E-03	g/GJ	(12)	4
Cr	7,31E-03	g/GJ	(12)	4
Cu	1,97E-02	g/GJ	(12)	4
Hg	7,31E-03	g/GJ	(12)	4
Ni	7,93E-02	g/GJ	(12)	4
Pb	1,96E-02	g/GJ	(12)	4
Zn	2,98E+00	g/GJ	(12)	4
Benceno	5,73E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-3	4
PAH (Borenef)	9,99E-06	g/GJ	(12)	4
PAH (4 Probitolo)	3,53E-06	g/GJ	(12)	4

Según el tipo de separador de aceite empleado en la planta de tratamiento de aguas			
COVNM (g/m ³ agua tratada)	FUENTE	I.L.	FUENTE 2
1.11E-01	Separador gravitatorio descubierta		4
3.30E-03	Separador gravitatorio cubierto		4
0	Separador gravitatorio cubierto con antorcha		4
4.00E-03	Separador por flotación (descubiertos)		4
1.20E-04	Separador por flotación cubierto		4
0	Separador por flotación cubierto con antorcha		4
Según el área expuesta a la atmósfera de la unidad de la planta de tratamiento de aguas			
COVNM (g/m ³ por hora)	FUENTE	I.L.	FUENTE 2
20	Separadores de aceite descubiertos		5, 6
2	Separadores de aceite cubiertos		5, 6
0.2	Flotación		5, 6
	Tratamiento biológico		5, 6

SNAP 040105			
PLANTA DE HIDRÓGENO			
F.E.	FUENTE	I.L.	FUENTE 2
4,74E-01	CO ₂ (kg/m ³ hidrógeno producido)		4
c*44,01 / PM _{base}	Factor estequiométrico (t CO ₂ / t carga) =		10
2,90E+00	CO ₂ (t/t carga alimentación)		10
2,62E-2,854	CO ₂ (kg/t carga alimentación)		7

SNAP 040104			
Emisiones Fugitivas (procesos) según el tipo de equipo			
Servicio	COVNM (g/hora/elemento)	Fue me	FUENTE 2
Gas	2,89E-02	a	4, 6
Liq. Ligero	1,09E-02	a	4, 6
Liq. Pesado	9,87E-05	b	4, 6
Liq. Ligero	1,14E-01	a	4, 6
Liq. Pesado	3,49E-03	b	4, 6
Sellos de bombas	6,36E-01	a	4, 6
Sellos de compresores	1,60E-01	a	4, 6
Válvulas de alivio de presión	2,50E-04	a	4, 6
Todos	2,30E-03	a	4, 6
Conexiones de línea	1,50E-02	a	4, 6
Conexiones de muestreo	3,20E-02	a	4, 6
Drenajes			

Los F.E. expuestos para las emisiones fugitivas se corresponden con centros sin programas de inspección y mantenimiento

a: US EPA (1995); b: Taback (1996)

Si no se conoce el número de elementos anteriores presentes en la refinería se puede hacer una burda estimación empleando el siguiente factor de emisión.

Emisiones Fugitivas (procesos)		
F.E COVNM	FUENTE	I.L.
0,025	CONCAWE Report nº 87/62 "Cost effectiveness of hydrocarbon emission controls in refineries from crude oil receipt to product dispatch"	E

COMBUSTIÓN DE GLP EN TURBINAS DE GAS (010304)				
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	F.UENTE 2
SO ₂			F.E. en función del balance de materia de la combustión	
NO _x	120	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	7
CO ₂	65	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
CO	13	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	7
CH ₄	1	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
COVNM	1	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	7
N ₂ O	14	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
PM	0,2	g/GJ	CEPMEIP	D
PM ₁₀	0,2	g/GJ	CEPMEIP	7

COMBUSTIÓN DE NAFTA EN CALDERAS DE 50-300 MW Y <50MW (SNAP's 010302 Y 010303)				
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	F.UENTE 2
SO ₂			F.E. en función del balance de materia de la combustión	
NO _x	160	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	7
CO ₂	72,6	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
CO	15	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	7
CH ₄	3,0	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
COVNM	3,0	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
N ₂ O	14,0	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	7

COMBUSTIÓN DE GASOL EN TURBINAS DE GAS (010304)				
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	F.UENTE 2
SO ₂			F.E. en función del balance de materia de la combustión	
NO _x	350	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
CO ₂	73	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
CO	15	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
CO	1,5	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-1	4
CH ₄	4	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	7
COVNM	2	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
COVNM	0,186	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-2a	7
N ₂ O	2,5	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND
PM	5	g/GJ	CEPMEIP	D
PM ₁₀	5,2	g/GJ	CEPMEIP	D
As	neg.		AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-2a	4
Cr	2,17E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5	4
Hg	4,98E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5	4
Ni	neg.		AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5	4
Pb	6,34E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5	4
Benceno	2,49E-02	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-4	4

COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL EN CALDERAS DE 50-300 MW Y <50MW (SNAP's 010302 Y 010303) Y HORNO DE REFINERÍA (010306)					
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	I.I.	FUENTE 2
SO ₂	62	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
NO _x					
NO _x	Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOX from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52				
CO ₂	56	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	10	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	39,3	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.4, Tabla 1.4-1		4
CH ₄	1,4	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CH ₄	1,08	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a	ND	4
COVNM	5	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
COVNM	2,58	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.4, Tabla 1.4-2		4
N ₂ O	3	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
N ₂ O (con quemador bajo NO _x)	3	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
PM	1,03	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
PM	0,2	g/GJ	CEPMEIP	D	7
PM ₁₀	0,2	g/GJ	CEPMEIP	D	7
PM ₁₀	3,56	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.4, Tabla 1.4-2		4
As	3,43E-04	g/GJ	(12) y AP-42 EPA Sección 1.5		4
Cd	7,12E-04	g/GJ	(12)		4
Cr	2,74E-03	g/GJ	(12)		4
Cu	2,22E-03	g/GJ	(12)		4
Cu	8,60E-05	g/GJ	(12)		4
Ni	3,60E-03	g/GJ	(12)		4
Pb	1,79E-03	g/GJ	(12)		4
Zn	2,55E-02	g/GJ	(12)		4
Benceno	2,13E-03	g/GJ	(12)		4
PAH (Bomeff)	7,83E-06	g/GJ	(12)		4
PAH (4 Protocolo)	3,07E-06	g/GJ	(12)		4

COMBUSTIÓN DE GLP EN CALDERAS DE 50-300 MW Y <50MW (SNAP's 010302 Y 010303)					
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	I.I.	FUENTE 2
SO ₂	62	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
NO _x					
NO _x	Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOX from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52				
CO ₂	65	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	10	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO (<10MW / > 10MW)	9,4 / 15,8	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.5, Tabla 1.5-1		4
CH ₄	0,9	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CH ₄	0,963	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
COVNM	2,1	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
COVNM	2,47	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.5, Tabla 1.5-1		4
N ₂ O	3	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
N ₂ O	0,422	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
PM	0,2	g/GJ	CEPMEIP	D	7
PM ₁₀	0,2	g/GJ	CEPMEIP	D	7
PM ₁₀ (<10MW / > 10MW)	1,98 / 2,37	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.5, Tabla 1.5-1		4
COMBUSTIÓN DE GLP EN HORNO DE REFINERÍA (010306)					
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	I.I.	FUENTE 2
SO ₂					
NO _x	62	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO ₂	64	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	45	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CH ₄	6	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CH ₄	0,963	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
COVNM	14	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
N ₂ O	1,5	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
PM	0,2	g/GJ	CEPMEIP	D	7
PM ₁₀	0,2	g/GJ	CEPMEIP	D	7

COMBUSTIÓN DE GASOIL EN CALDERAS DE 50-300 MW Y <50MW (SNAP's 010302 Y 010303) Y HORNO DE REFINERÍA (010306)					
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	I.I.	FUENTE 2
SO ₂					
NO _x	70	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
NO _x	Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOX from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52				
CO ₂	73	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	10	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	16,2	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-1		4
CH ₄	1,7	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CH ₄ (<10 MW / 10-100MW / >100MW)	1,8 / 0,168 / 0,905	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
COVNM	15	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
COVNM (<10 MW / 10-100MW / >100MW)	1,1 / 0,647 / 2,46	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-3		4
N ₂ O	14	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
N ₂ O	0,84	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
PM	5	g/GJ	CEPMEIP	D	7
PM ₁₀	5	g/GJ	CEPMEIP	D	7
PM ₁₀ (<10MW / > 10MW)	3,49 / 3,23	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-7		4
As	1,81E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Cd	1,63E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Cr	1,36E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Cu	2,72E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Hg	1,36E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Ni	1,36E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Pb	4,07E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Pb	1,81E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4

INCINERADORES DE CORRIENTES GASEOSAS				
CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	FUENTE 2
SO ₂	F.E. en función del balance de materia de la combustión			
NO _x	33,3	g/GJ		
CO ₂	Por de balance de materia			
CO	39,3	g/GJ		
CH ₄	1,08	g/GJ		
COVNM	2,6	g/GJ		
N ₂ O	1,03	g/GJ		
PM ₁₀	3,6	g/GJ		
HAP _{BOMEFF}	7,83E-06	g/GJ		
HAP _{PHC}	3,07E-06	g/GJ		
As	3,43E-04	g/GJ		
Cd	7,12E-04	g/GJ		
Cr	2,74E-03	g/GJ		
Cu	2,22E-03	g/GJ		
Hg	8,60E-05	g/GJ		
Ni	3,60E-03	g/GJ		
Pb	1,79E-03	g/GJ		
Zn	2,55E-03	g/GJ		

Metodología de estimación de las emisiones de NOx de los procesos de combustión en calderas y hornos de la industria del petróleo		
FUENTE 1		FUENTE 2
Metodología: "Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NO _x from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52"		4

Emisiones Totales de NO _x = NO _x Térmico + NO _x Combustible
--

Emisiones de NOx Térmico (kg) = 1.00E-03 x TNF x M x HHV
--

$TNF = F_{BASE} \times F_{H_2} \times F_{CONTROL} \times F_{PREHEAT} \times F_{H_2O} \times F_{LOAD} \times F_{BURN}$

Combustible	F _{BASE} (g/GJ) (HHV)
GLP, Gas Natural y Metano	56
Fuel Gas de Refinería	69
Fuel Oil de refinería y gasóleos	56

Combustibles	F _{H₂}	
	H ₂ [] % vol	1.0
Todos los líquidos, GLP, Gas Natural y Metano	0 - 23	1.00
Otros Combustibles	33	1.04
	43	1.09
Fuel Gas de refinería	53	1.25
	63	1.46

Tecnología de control		F _{CONTROL}
Ninguna		1.00
Quemadores de bajo NO _x , de aire por etapas		0.33
Quemadores de bajo NO _x , de combustible por etapas		0.60
Quemadores de ultra-bajo NO _x		0.30
Conductos de recirculación de los gases de salida	0%	1.00
	5%	0.60
	10%	0.40
	15%	0.30
	20%	0.20

Temperatura del aire de precalentamiento °C	F _{PREHEAT}
< 38	1.00
38	1.00
93	1.10
149	1.32
204	1.60
260	1.86

Contenido de humedad (kg H ₂ O / kg aire seco)	F _{H₂O}
0.00	1.00
0.01	0.79
0.02	0.67
0.03	0.53
0.04	0.41
0.05	0.29

Emisiones de NO _x Combustible (kg) = 1.00E-03 x FNF x M x HHV
--

$FNF = MF_{NITROGENO} \times (46/14) \times F_{NCONTENT}$

Contenido de nitrógeno del combustible (% en peso)	F _{NCONTENT}	
	Quemador sin control	Quemadores de bajo NO _x , de aire por etapas
<0.05	1.00	1.00
0.05	0.87	0.86
0.10	0.78	0.75
0.30	0.53	0.43
0.50	0.38	0.30
1.00	0.32	0.05

Donde:

M = Cantidad de combustible (en toneladas)

HHV = Poder Calorífico Superior del combustible quemado (en MJ/kg)

Para combustibles líquidos

HHV = 1.05 x NCV

Para combustibles gaseosos

HHV = 1.11 x NCV

Donde NCV = Valor calorífico neto (= Poder Calorífico Inferior) (en MJ/kg)

FNF = Factor de NOx del combustible (en g/GJ)

MF_{NITROGENO} = Contenido de nitrógeno del combustible (% en peso)

F_{NCONTENT} = Factor de ajuste de nitrógeno

TNF = Factor de NO_x Térmico (en g/GJ)

F_{BASE} es el factor de combustible base. Tiene en cuenta las diferencias en la temperatura de la llama asociadas a la composición del combustible y depende, por tanto, del tipo de combustible quemado.

F_{H₂} es el factor de corrección en función del contenido en hidrógeno del combustible

F_{CONTROL} es el factor de corrección en función del mecanismo de reducción de emisiones (tecnología de control) empleado incluyendo los de tipo quemador.

F_{PREHEAT} es el factor de corrección en función de la temperatura media del aire de precalentamiento.

F_{H₂O} es el factor de corrección en función del contenido en humedad del aire de combustión.

F_{LOAD} es el factor de corrección en función de la capacidad de carga de la unidad de combustión.

F_{BURN} es el factor de corrección en función de la intensidad de la combustión, es una medida del calor generado por volumen de la cámara de combustión del quemador. No es un factor exacto. Cuando no se disponga de la información sobre la intensidad de la combustión se considerarán en general, quemadores de alta intensidad, en el caso de calderas compactas (modulares) y hornos de pirolysis y quemadores de baja intensidad en el caso del resto de los equipos de combustión. Cuando se conozca el volumen de la cámara de combustión del horno podrá emplearse la siguiente clasificación:

- Alta intensidad es > 700 KW/m³
- Baja intensidad es < 30 KW/m³

Carga (% de diseño)	F _{LOAD}
40	0.55
60	0.70
80	0.85
100	1.00

Intensidad de la combustión	F _{BURN}
Alta	1.8
Baja	1.0

2.2.3. Factores de emisión seleccionados para elaborar los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de áreas geográficas de España

El propósito de este documento es unificar los criterios y la metodología para la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera realizados sobre cualquier área geográfica de España. Para alcanzar este fin, resulta imprescindible seleccionar unos factores de emisión únicos por contaminante y proceso que se utilicen de forma preferente en el cálculo de las emisiones de dichos Inventarios, en ausencia de datos sobre mediciones de contaminantes.

Como se ha podido observar en las tablas anteriores, en numerosas ocasiones existe más de un factor de emisión para un mismo contaminante y proceso. En estos casos la selección del factor de emisión no resulta sencilla.

Hasta ahora, en la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de la Comunidad Autónoma de Andalucía se había considerado como premisa para la elección de factores de emisión, utilizar, siempre que fuese posible, los factores de emisión del CORINAIR antes que los de la EPA, ya que los del CORINAIR son los establecidos a nivel europeo.

Sin embargo, esta premisa ya no se tiene porque cumplir necesariamente, ya que CONCAWE, organismo europeo, en su publicación “Air Pollutant Emission Methods for EPER and PRTR Reporting by Refineries. Report No. 9/05 Brussels. (2005)”, que constituye la revisión de factores de emisión del sector del refino de petróleo más recientemente publicada y es guía de referencia del sector petroquímico para estimar las emisiones del Registro EPER, apuesta por factores de emisión procedentes de la EPA o de API (Instituto Americano del Petróleo) antes que del CORINAIR, en numerosas ocasiones.

Por otro lado, hay que destacar que, al menos, las refinerías de CEPSA en Andalucía han empleado la “Metodología para la Determinación de Contaminantes EPER al Aire. Fichas (AOP) – 2002” para realizar las notificaciones EPER de emisiones al aire de los años 2002, 2003 y 2004. Si bien este aspecto no es de gran ayuda a la hora de seleccionar los factores de emisión puesto que en estas fichas no se recoge un factor de emisión único por contaminante y proceso.

Hay que mencionar que los factores de emisión propuestos por la “Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Refino de Petróleo. (Ministerio de Medio Ambiente) –

2004” son los mismos que los propuestos por las “Fichas AOP”, si bien esta última propone factores de emisión para un mayor número de contaminantes.

El Servicio de Actuaciones Integradas (Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental - Consejería de Medio Ambiente - Junta de Andalucía) ha publicado una serie de guías de apoyo para la notificación de las emisiones de instalaciones de una serie de sectores industriales al registro EPER, sin embargo, no han elaborado una guía específica para el sector del refino de petróleo, empleando en las últimas validaciones de las emisiones de este sector los factores de emisión genéricos de instalaciones de combustión sin contacto.

En las tablas anteriores no se señalan los factores de emisión empleados en la elaboración de los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera de la Comunidad Autónoma de Andalucía, para no condicionar la selección de los factores de emisión en base a su empleo en estos inventarios.

Finalmente, en caso de presentarse varias opciones, se ha optado por seleccionar los factores propuestos por la guía “Air Pollutant Emission Methods for EPER and PRTR Reporting by Refineries. Report No. 9/05 Brussels. CONCAWE (2005)”. Los motivos (ya mencionados) que argumentan dicha decisión son:

- Es el último documento publicado por un organismo europeo de reconocido prestigio sobre factores de emisión del sector de refino del petróleo.
- Es una guía fruto de la revisión de las fuentes bibliográficas más relevantes en esta materia (tanto europeas, como americanas, australianas, etc.)
- Es la guía de referencia para elaborar el registro EPER a nivel europeo y además, propone factores de emisión únicos para un mismo contaminante y proceso.

La selección de los factores de emisión que se ha efectuado es discutible y está abierta a sugerencias y modificaciones.

Los factores de emisión seleccionados para estimar las emisiones atmosféricas de los diferentes procesos del refino del petróleo en los Inventarios de Emisiones a la Atmósfera realizados sobre la geografía española se exponen en las siguientes tablas T. 2.2.3-1 a T. 2.2.3-24.

TABLA 2.2.3-1 COMBUSTION DE FUEL OIL EN CALDERAS (010301-03) Y HORNOS SIN CONTACTO (SNAP 010306)

CONTAMINANTES	POR F.O.	UNIDAD	g/GJ	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾			EPA 030600103 Y CORINAIR 010306 (t6)	A	4, 5, 6, 7
NO _x	Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOX from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52					4
CO ₂ ^(*)	76,0	Kg/GJ	76000	CORINAIR 010306 (t6) = EPA	B	4, 5, 6, 7
CO	0,60	kg/m ³	15,1	CORINAIR Capítulo 111	A	4, 5, 6, 7
PM	1,44*S	kg/m ³	101,9	EPA 30600103	U	5, 6
PM ₁₀ (g/GJ)	< 10MW (17,47S+5,772) / 10-100MW (24,229S+8,004) / >100MW (19,937S+6,586)			EPA 1.3 T 1.3 - 7		4
CH ₄ (10-100MW)	0,120	kg/m ³	3,144E+00	EPA 10100401 = CORINAIR	U	4, 6
CH ₄ (>100MW)	0,8	g/GJ	0,75	CORINAIR		4, 7
COVNM (g/GJ)	(<10MW) 3,41 / (10-100MW) 0,845 / (>100MW) 2,29			EPA AP-42 S-1.3 T 1.3-3		4
N ₂ O	1,6	g/GJ	1,6	API S4, T4.4a		4
BENCENO	6,470E-04	g/GJ	6,470E-04	EPA AP-42 1.3 T1.3-9		4
PAH (Total)	1,440E-01	g/m ³	3,773E-03	EPA 10200401	E	6
PAH (Borneff)	2,740E-05	g/GJ	2,740E-05	API (10,31)		4
PAH (4 Protocolo)	3,670E-06	g/GJ	3,670E-06	API (10,31)		4
PCDD_PCDF	100	ng/t	2,49E-09	CORINAIR ⁽⁺⁺⁾	ND	6, 7
CLORUROS	4,164E-02	kg/m ³	1,091E+00	EPA AP-42 T 1.3-11	D	6
FLUORUROS	4,476E-03	kg/m ³	1,173E-01	EPA AP-42 T 1.3-11	D	6
TRICLOROETANO	2,832E-05	kg/m ³	7,419E-04	EPA AP-42 T 1.3-9	C	6
NH ₃ (Sin control)	9,600E-02	kg/m ³	2,515E+00	EPA 10200401	E	4, 6
NH ₃ (SNCR)	3,480E-01	kg/m ⁴	9,117E+00	EPA 10200401	C	4, 6
NH ₃ (SCR)	1,680E-01	kg/m ⁵	4,401E+00	EPA 10200401	C	4, 6
Zn	4,93E-02	g/GJ	4,93E-02	API		4
Pb	1,812E-01	g/m ³	4,747E-03	EPA AP-42 T 1.3-11	C	4, 9
Ni	1,03E+00	g/GJ	1,03E+00	EPA 30600101 Y API		4, 6
Hg	neg.					4
Cu	1,19E-02	g/GJ	1,19E-02	API		4
Cr	1,48E-02	g/GJ	1,48E-02	API		4
Cd	4,776E-02	g/m ³	1,251E-03	EPA AP-42 T 1.3-11	C	4, 9
As	1,584E-01	g/m ³	4,150E-03	EPA AP-42 T 1.3-11	C	4, 9
Se	1,000E+00	g/t	2,49E-02	CORINAIR		7

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

^(*) El factor de emisión del CO₂ es el resultado de aplicar un balance de materia a la combustión de fuel oil

⁽⁺⁺⁾ INFORME CORINAIR 1997-200 A PARTIR DE OSPARCOM-MELCOM-UNENCE tabla 4.5.1

Los F.E. para NH₃ son diferentes según la tecnología de reducción de emisiones. SNCR : Reducción Catalítica No Selectiva; SCR: Reducción Catalítica Selectiva

TABLA 2.2.3-2 COMBUSTION DE FUEL GAS EN CALDERAS (010301-03) Y HORNOS SIN CONTACTO (SNAP 010306)

CONTAMINANTES	POR F.G.	UNIDAD	g/GJ	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾			EPA 030600103 Y CORINAIR 010306 (t6)	A	4, 5, 6, 7
NO _x	Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOX from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52					4
CO ₂ ⁽⁺⁾	60,0	Kg/GJ	6,00E+04	CORINAIR 010306 (t6)	ND	5, 6
CO	560	kg/10 ⁶ m ³	1,29E+01	EPA 30600106	B	4, 5
PM	122	kg/10 ⁶ m ³	2,80E+00	EPA 30600104	B	
PM ₁₀	48	kg/10 ⁶ m ³	1,10E+00	EPA 30600104	B	5, 6
CH ₄ (contenido H ₂ gas > 65% v/v)	1,94E-01	g/GJ	1,94E-01	API (11) sección 4 T4.4a		4
CH ₄ (contenido H ₂ gas < 65% v/v)	2,64E-01	g/GJ	2,64E-01	API (11) sección 4 T4.4a		4
COVNM	2,58	g/GJ	2,58E+00	EPA AP-42 S 1.4, T 1.4-2		4
N ₂ O	1,5	g/GJ	1,50E+00	CORINAIR 111		6, 7
BENCENO	1,80E-01	g/GJ	1,80E-01	EPA 10200701	U	6
PAH (Total)	2,8E-04	g/GJ	2,80E-04	EPA 10200601	E	6
PAH (Borneff)	N.D.		N.D.			
PAH (4 Protocolo)	N.D.		N.D.			
PCDD_PCDF	N.D.		N.D.			
CLORUROS	N.D.		N.D.			
FLUORUROS	N.D.		N.D.			
TRICLOROETANO	N.D.		N.D.			
NH ₃ (Sin control)	5,12E+01	kg/10 ⁶ m ³	1,18E+00	EPA10200601	E	4, 6
NH ₃ (SNCR)	2,88E+00	kg/10 ⁶ m ³	6,62E-02	EPA10200601	C	4, 6
NH ₃ (SCR)	1,46E+02	kg/10 ⁶ m ³	3,35E+00	EPA10200601	C	4, 6
Zn	4,64E-01	kg/10 ⁶ m ³	1,07E-02	EPA T1 4-4	D	6
Pb	8,00E-06	g/m ³	1,84E-04	EPA SCC 10 (0060)	D	6
Ni	1,86E-04	g/GJ	1,86E-04	EPA 30600106	E	6
Hg	1,17E-03	g/GJ	1,17E-03	EPA 30600106	E	6
Cu	1,53E-04	g/GJ	1,53E-04	EPA 30600106	E	6
Cr	5,68E-05	g/GJ	5,68E-05	EPA 30600106	E	6
Cd	1,29E-05	g/GJ	1,29E-05	EPA 30600106	E	6
As	3,20E-03	kg/10 ⁶ m ³	7,36E-05	EPA T1 4-4	E	6
Se	N.A.		N.A.			

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-3 COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL EN CALDERAS DE 50-300 MW Y <50MW (SNAP's 010302 Y 010303) Y HORNO DE REFINERÍA (SNAP 010306)

CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾				
NO _x	Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOX from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52				4
CO ₂	56	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	39,3	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.4, Tabla 1.4-1		4
CH ₄	1,08	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a	ND	4
COVNM	2,58	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.4, Tabla 1.4-2		4
N ₂ O	3	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111 = (11) Section 4 Table 4.4.a		4, 7
N ₂ O (con quemador bajo NO _x)	1,03	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
PM ₁₀	3,56	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.4, Tabla 1.4-2		4
As	3,43E-04	g/GJ	(12) y AP-42 EPA Sección 1.5		4
Cd	7,12E-04	g/GJ	(12)		4
Cr	2,74E-03	g/GJ	(12)		4
Cu	2,22E-03	g/GJ	(12)		4
Ni	3,60E-03	g/GJ	(12)		4
Pb	1,79E-03	g/GJ	(12)		4
Zn	2,55E-02	g/GJ	(12)		4
Benceno	2,13E-03	g/GJ	(12)		4
PAH (Borneff)	7,83E-06	g/GJ	(12)		4
PAH (4 Protocolo)	3,07E-06	g/GJ	(12)		4

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-4 COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL EN TURBINAS DE GAS (SNAP 010304)

CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾				
NO _x	188	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO ₂	55	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	31,7	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-1		4
CH ₄	4,08	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111 = (11) Sección 4, Tabla 4.5		4, 7
COVNM	1	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-2a		4
N ₂ O	1,43	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.5		4
PM ₁₀	3,15	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-2a		4
Cd	2,52E-03	g/GJ	(12)		4
Cr	6,26E-03	g/GJ	(12)		4
Cu	1,97E-02	g/GJ	(12)		4
Hg	7,31E-03	g/GJ	(12)		4
Ni	7,93E-02	g/GJ	(12)		4
Pb	1,36E-02	g/GJ	(12)		4
Zn	2,38E+00	g/GJ	(12)		4
Benceno	5,73E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-3		4
PAH (Borneff)	9,99E-06	g/GJ	(12)		4
PAH (4 Protocolo)	3,53E-06	g/GJ	(12)		4

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-5 COMBUSTIÓN DE GLP EN CALDERAS DE 50-300 MW Y <50MW (SNAP's 010302 Y 010303)

CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾				
NO _x	Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOX from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52				4
CO ₂	65	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO (<10MW / > 10MW)	9,4 / 15,8	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.5, Tabla 1.5-1		4
CH ₄	0,963	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111 = (11) Section 4 Table 4.4.a		4, 7
COVNM	2,47	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.5, Tabla 1.5-1		4
N ₂ O	0,422	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
PM ₁₀ (<10MW / > 10MW)	1,98 / 2,97	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.5, Tabla 1.5-1		4

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-6 COMBUSTIÓN DE GLP EN HORNOS DE REFINERÍA (SNAP 010306)

CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾				
NO _x	62	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO ₂	64	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	45	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CH ₄	0,963	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
COVNM	14	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
N ₂ O	1,5	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
PM ₁₀	1,98	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.5, Tabla 1.5-1		4

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-7 COMBUSTIÓN DE GLP EN TURBINAS DE GAS (SNAP 010304)

CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾				
NO _x	120	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO ₂	65	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	13	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CH ₄	1	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
COVNM	1	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
N ₂ O	14	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
PM ₁₀	1,98	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.5, Tabla 1.5-1		4

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-8 COMBUSTIÓN DE NAFTA EN CALDERAS DE 50-300 MW Y <50MW
(SNAP's 010302 Y 010303)

CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾				
NO _x	160	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO ₂	72,6	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	15	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CH ₄	3,0	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
COVNM	3,0	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
N ₂ O	14,0	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-9 COMBUSTIÓN DE GASOIL EN CALDERAS DE 50-300 MW Y <50MW
(SNAP's 010302 Y 010303) Y HORNO DE REFINERÍA (SNAP 010306)

CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾				
NO _x	Metodología: Takacs, T.J. et al (2004) Method estimates NOX from combustion equipment. Oil&Gas Journal 102, 23, 48-52				4
CO ₂	73	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	16,2	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-1		4
CH ₄ (<10 MW / 10-100MW / >100MW)	1,8 / 0,168 / 0,905	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
COVNM (<10 MW / 10-100MW / >100MW)	1,1 / 0,647 / 2,46	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-3		4
N ₂ O	0,84	g/GJ	(11) Section 4 Table 4.4.a		4
PM ₁₀ (<10MW / > 10MW)	3,49 / 3,23	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-7		4
As	1,81E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Cd	1,63E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Cr	1,36E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Cu	2,72E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Hg	1,36E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Ni	1,36E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Pb	4,07E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4
Pb	1,81E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 1.3, Tabla 1.3-10		4

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-10 COMBUSTIÓN DE GASOIL EN TURBINAS DE GAS (SNAP 010304)

CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾				
NO _x	350	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO ₂	73	Kg/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
CO	1,5	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-1		4
CH ₄	4	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
COVNM	0,186	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-2a		4
N ₂ O	2,5	g/GJ	CORINAIR Parte B Cap. 111	ND	7
PM ₁₀	5,2	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-2a		4
As	neg.		AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5		4
Cd	2,17E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5		4
Cr	4,98E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5		4
Hg	5,43E-04	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5		4
Ni	neg.		AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5		4
Pb	6,34E-03	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-5		4
Benceno	2,49E-02	g/GJ	AP-42 EPA Sección 3.1, Tabla 3.1-4		4

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-11 INCINERADORES DE CORRIENTES GASEOSAS (SNAP 010306)

CONTAMINANTES	F.E.	UNIDAD	FUENTE	FUENTE 2
SO ₂	Por de balance de materia según ecuación ⁽¹⁾			4
CO ₂	Por de balance de materia			
NO _x	33,3	g/GJ	Air Pollutant Emission Methods for EPER and PRTR Reporting by Refineries. Report No. 9/05 Brussels CONCAWE - 2005	
CO	39,3	g/GJ		
CH ₄	1,08	g/GJ		
COVNM	2,6	g/GJ		
N ₂ O	1,03	g/GJ		
PM ₁₀	3,6	g/GJ		
HAP _{BORNEFF}	7,83E-06	g/GJ		
HAP _{PTRC}	3,07E-06	g/GJ		
As	3,43E-04	g/GJ		
Cd	7,12E-04	g/GJ		
Cr	2,74E-03	g/GJ		
Cu	2,22E-03	g/GJ		
Hg	8,60E-05	g/GJ		
Ni	3,60E-03	g/GJ		
Pb	1,79E-03	g/GJ		
Zn	2,55E-03	g/GJ		

⁽¹⁾ Ecuación del balance de materia de azufre del apartado 2.2.1a

TABLA 2.2.3-12 RECUPERACIÓN DE AZUFRE (CLAUS) (SNAP 040103)

Según el número de etapas catalíticas	% de S recuperado	SO ₂ (kg/t)	SO ₂ (g/GJ)	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
1, Sin control	93,5	139	3459	CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T.8.13-1	E	4, 5, 6
3, Sin control	95,5	94	2339	CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T.8.13-1	E	4, 5, 6
4, Sin control	96,5	73	1817	CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T.8.13-1	E	4, 5, 6
2, Con control	98,6	29	722	CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T.8.13-1	E	4, 5, 6
3, Con control	96,8	65	1618	CORINAIR 040103 t. 2 = EPA AP-42 T.8.13-1	E	4, 5, 6
TODAS	$SO_2 (t/t_{S \text{ recuperado}}) = 2 * (100 - \% recuperado) / (\% recuperado)$			CORINAIR 040103		4, 5, 6, 7

TABLA 2.2.3-13 ANTORCHAS (SNAP 090203)

CONTAMINANTES	F.E.	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
PM ₁₀ (kg/m ³ gas)	2,74E-04	T.8 - Cap.4.2.1 EETM for Petroleum Refining NPI	E	
CO (kg por m ³ crudo)	1,20E-02	CORINAIR 090203 (t2) = AP-42 EPA T. 5.1-1	C	6, 7
CO ₂ (kg por m ³ crudo)	3,13E+00	INFORME CORINE AIRE 1997-2000		4, 6
NO _x (kg por m ³ crudo)	5,40E-02	CORINAIR 090203 (t2) = AP-42 EPA T. 5.1-1	C	4, 5, 6, 7, 10
SO ₂ (kg por m ³ crudo)	7,70E-02	CORINAIR 090203 (t2) = AP-42 EPA T. 5.1-1	C	4, 5, 6, 7, 10
COV (kg por m ³ crudo)	2,29E-03	CORINAIR 090203 (t2) = AP-42 EPA T. 5.1-1	C	4, 5, 6, 7
COVNM (%VOC)	78	CORINAIR 090203 (t2)	ND	4, 5, 6, 7
CH ₄ (%VOC)	20	CORINAIR 090203 (t2)	ND	4, 6, 7
HAP total (%VOC)	2	Npi	ND	6
BENCENO (g/m ³ crudo)	1,66E-03	CORINAIR 090203 Sec. 8, T.2 = NPI Sec.4.22, T.9	ND	4

TABLA 2.2.3-14 ALQUILACION (SNAP 040101)

CONTAMINANTE	F.E.	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
F (mg F/t alquilate)	1,19E+02	Study of Selected Petroleum Refining Residuals, Industry. US. EPA.	ND	6

TABLA 2.2.3-15 PLATFORMING (SNAP 040101)

CONTAMINANTE	F.E.	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
PCDD_PCDF (ng/barril alimentado)	1,52E+00	DRAFT EPA. (Documento en preparación)	ND	6

TABLA 2.2.3-16 CRAKING CATALÍTICO EN LECHO FLUIDO (FCC) (SNAP 040102)

CONTAMINANTES	F.E.	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
NH ₃ (kg por m ³ alimentación)	1,55E-01	CORINAIR 040101 (t 8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	B	4, 6
CO (kg por m ³ alimentación)	3,92E+01	CORINAIR 040101 (t 8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	B	4, 5, 6
NO _x (kg por m ³ alimentación)	2,04E-01	CORINAIR 040101 (t 8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	B	4, 5, 6, 10
PM (kg por m ³ alimentación)	6,95E-01	CORINAIR 040101 (t 8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	B	4, 5, 6
PM ₁₀ (kg por m ³ alimentación)	5,49E-01	CORINAIR 040101 (t 8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	B	4, 5, 6
SO ₂ (kg por m ³ alimentación)	1,41E+00	CORINAIR 040101 (t 8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	B	4, 5, 6, 10
COV (kg por m ³ alimentación)	6,28E-01	CORINAIR 040101 (t 8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	D	4, 5, 6
COVNM (%COV)	64	CORINAIR 040101 (t.9.3) = AESM EPA 1994	C	6
CH ₄ (%COV)	36	CORINAIR 040101 (t.9.3) = AESM EPA 1994	C	6
HAP _{totales} (kg/m ³ alimentación)	9,37E-04	EPA 454/R-98-014	D	6
N ₂ O (g/t coque)	2,98E+02	Informe CORINAIR 1997-2000	ND	6
Cr (lb/10 ³ lb coque)	4,44E-04	Environmental Progress (Vol 21, nº3, pp 163-167, 2002)	ND	6
Cl (lb/10 ³ lb coque)	1,29E-03	Environmental Progress (Vol 21, nº3, pp 163-167, 2002)	ND	6
HCl (lb/10 ³ lb coque)	1,06E-01	Environmental Progress (Vol 21, nº3, pp 163-167, 2002)	ND	6
Ni (% PM)	0,088	Npi- US USEPA 93	ND	4, 6
Cu (% PM)	0,020	Npi- US USEPA 93	ND	4, 6
Zn (% PM)	0,017	Npi- US USEPA 93	ND	4, 6
As (% PM)	0,002	Npi- US USEPA 93	ND	4, 6
Pb (% PM)	0,046	Npi- US USEPA 93	ND	4, 6
Cd (% PM)	0,009	Npi- US USEPA 93	ND	4, 6
Hg (% PM)	0,010	Npi- US USEPA 93	ND	4, 6
CO ₂ (kg/t de coque)		masa coke retenido en catalizador*0,918*(44/12)/masa alimentación FCC Fuente: Informe CORINAIR 1997-2000		6, 7
Benceno (g/t coque)	1,05	Bertrand, RR and Siegel, JH (2003) Emission of trace compounds from catalytic rerforming units. Environmental Progress 22, 1, Table 1		4

El grupo de trabajo de Inventarios de emisiones del MMA no propone F.E. de metales para el FCC

TABLA 2.2.3-17 DESTILACIÓN A VACÍO (SNAP 040101)

CONTAMINANTES	F.E.	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
COV (kg/m ³ crudo de la refinería)	1,65E+00	AP-42 EPA Table 5.1-1		4
CH ₄ (% VOC)	1	AP-42 EPA Table 5.1-1		4, 7
COVNM (% VOC)	99	CORINAIR 040101 (t 8.1) = AP-42 EPA T. 5.1-1	E	4, 7
BENCENO (% VOC)	0,38	CORINAIR 040101 (t 8.1)	E	6

TABLA 2.2.3-18 PLANTA DE HIDRÓGENO (SNAP 040105)

CONTAMINANTES	F.E.	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
CO ₂ (kg/t carga alimentación)	2.626-2.854	Intervalo facilitado por las refinerías al grupo de inventarios del MMA		7

TABLA 2.2.3-19 TORRES DE REFRIGERACIÓN (SNAP 040105)

SEGÚN LA TECNOLOGÍA DE REDUCCIÓN EMISIONES	COV (kg/10 ³ m ³ agua refrigerada)	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
Sin control	7,00E-01	AP-42 EPA T. 5.1-2	D	6
Con control	8,00E-02	AP-42 EPA T. 5.1-2	D	6

TABLA 2.2.3-20 TRATAMIENTO DE AGUAS (SNAP 091001)

CONTAMINANTES	F.E.	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
CH ₄ (% COV)	13	CORINAIR Ref. US EPA Petroleum Refinery Speciation Profile	E	6
Benceno (% COV)	0,38	CORINAIR Ref. US EPA Petroleum Refinery Speciation Profile	E	6
HAP _{total} (kg/m ³ agua tratada)	7,80E-05	EPA	E	6
Según el tipo de separador de aceite empleado en la planta de tratamiento de aguas	COVNM (kg/m ³ agua tratada)	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
Separador gravitatorio descubierto	1,11E-01	CPPI (2004) Code of practice for developing an emission inventory for refineries and terminals. Rev. 8. Ottawa: Canadian Petroleum Products Institute. Section 7.4, Table 7-1		4
Separador gravitatorio cubierto	3,30E-03			4
Separador gravitatorio cubierto con antorcha	0			4
Separador por flotación (descubiertos)	4,00E-03			4
Separador por flotación cubierto	1,20E-04			4
Separador por flotación cubierto con antorcha	0			4

TABLA 2.2.3-21 SOPLADO DE ASFALTO (SNAP 060310)

CONTAMINANTES	F.E.	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
COV (kg/t asfalto producidas)	27,20	CORINAIR 040101 t.8.2	D	4
HCl (g/GJ)	4,30E-07	EPA 30601101	U	
Cr (g/GJ)	8,47E-03	EPA 30601101	U	
Cu (g/GJ)	1,73E-02	EPA 30601101	U	
Mn (g/GJ)	6,67E-02	EPA 30601101	U	
Hg (g/GJ)	3,57E-03	EPA 30601101	U	
Ni (g/GJ)	2,22E-02	EPA 30601101	U	
Formaldehído (g/GJ)	3,35E-03	EPA 30601101	U	
Fenol (g/GJ)	2,47E-02	EPA 30601101	U	

TABLA 2.2.3-22 CALCINADOR DE COKE (SNAP 010306)

CONTAMINANTES	F.E.	FUENTE	i.i.	FUENTE 2
NO _x (kg/t coque calcinadas)	0,55	EPA 30601401	U	
SO ₂ (kg/t coque calcinadas)	7,74	"Refino de petróleo, gas natural y petroquímica" pág. 265		7
COV (kg/t coque calcinadas)	0,35	EPA 30601401	U	
CO ₂ (kg/t coque calcinadas)	1009,8	"Refino de petróleo, gas natural y petroquímica" pág. 263		7

TABLA 2.2.3-23 EMISIONES FUGITIVAS DEL PARQUE ALMACENAMIENTO (SNAP 040101)

Metodología para estimar las emisiones de COV por almacenamiento de sustancias volátiles en tanques	FUENTE 2
Empleo el software "TANKS 4.0" (Procedimiento de cálculo desarrollado por US EPA que calcula las emisiones totales procedentes de tanques a partir del sistema de cálculo detallado en AP-42, sección 7.1 "Organic liquid storage tanks")	4, 5, 6
Siempre que sea posible se empleará el software anterior, en su defecto se puede emplear la metodología propuesta en las siguientes referencias bibliográficas:	
API (2003) Manual of Petroleum measurement standars. Chapter 19: Evaporative loss measurement, Section 2: Evaporative loss from floating - roof tanks. Formerly, API Publications 2517 and 2519. Washington DC: American Petroleum Institute.	4, 7
API (2002) Manual of Petroleum measurement standars. Chapter 19: Evaporative loss measurement, Section 1: Evaporative loss from fixed - roof tanks. Formerly, API Publications 2518. Washington DC: American Petroleum Institute.	4, 7

TABLA 2.2.3-24 EMISIONES FUGITIVAS (PROCESOS) SEGÚN EL TIPO DE EQUIPO (SNAP 040104)

ELEMENTO	SERVICIO	COVNM (g/hora/elemento)	Fuente	FUENTE 2
Válvulas	Gas	2,68E-02	a	4, 6
Válvulas	Liq. Ligero	1,09E-02	a	4, 6
Válvulas	Liq. Pesado	9,87E-05	b	4, 6
Sellos de bombas	Liq. Ligero	1,14E-01	a	4, 6
Sellos de bombas	Liq. Pesado	3,49E-03	b	4, 6
Sellos de compresores	Gas	6,36E-01	a	4, 6
Válvulas de alivio de presión	Gas	1,60E-01	a	4, 6
Conexiones	Todos	2,50E-04	a	4, 6
Finales de línea	Todos	2,30E-03	a	4, 6
Conexiones de muestreo	Todos	1,50E-02	a	4, 6
Drenajes	Todos	3,20E-02	a	4, 6
Los F.E. expuestos para las emisiones fugitivas se corresponden con centros sin programas de inspección y mantenimiento a: US EPA (1995); b: Taback (1996) Si no se conoce el número de elementos anteriores presentes en la refinería se puede hacer una burda estimación empleando el siguiente factor de emisión.				
EMISIONES FUGITIVAS	F.E COVNM	FUENTE	i.i	FUENTE 2
% sobre el total de crudo procesado	0,025	CONCAWE Report nº 87/52 "Cost effectiveness of hydrocarbon emission controls in refineries from crude oil receipt to product dispatch"	E	4, 5, 6

3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Para la elaboración del presente capítulo y selección de las metodologías de cuantificación de las emisiones de este sector industrial, se ha desarrollado una exhaustiva búsqueda bibliográfica consultándose diferentes fuentes, entre las que destacan:

- EEA (2005) EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook
- EPA (2000) AP 42, fifth edition: Compilation of Air Pollutant Emission Factors
- Uncontrolled Emission Factor Listig for Criteria Air Pollutants (EPA)
- Air Pollutant Emission Methods for EPER and PRTR Reporting by Refineries. Report No. 9/05 Brussels CONCAWE - 2005
- Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Refino de Petróleo. (Ministerio de Medio Ambiente) – 2004
- Metodología Básica para la Determinación de Contaminantes EPER en el sector de Refino de Petróleo – 2003. INERCO para AOP.
- API (2004) Compendium of Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for the Oil and Gas Industries. Washington DC: American Petroleum Institute.
- API (2002) Comparison of API and EPA toxic air pollutant emission factors for combustion sources. Publication Nº 4720. Washington DC American Petroleum Institute
- Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (National Pollutant Inventory de Australia)
- Libro de Trabajo para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero. (Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero).
- Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 2001 y 2002. Volumen 2: Análisis por Actividades SNAP. (Ministerio de Medio Ambiente.
- “Documento de orientación para la realización del EPER” con arreglo al artículo 3 de la Decisión de la Comisión de 17 de julio de 2.000.

CAPÍTULO 7

GUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE LA FABRICACIÓN DE CERÁMICA NO ESTRUCTURAL

ÍNDICE

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.	1
2. Descripción de la actividad (procesos que engloba).....	1
3. Descripción de las emisiones características de la actividad.	3
4. Metodología de cálculo de las emisiones.	4
4.1. Análisis de las diferentes metodologías.	6
4.1.1. Factores para fuentes puntuales.	7
CORINAIR.	7
EPA.....	7
NPI.....	9
INVENTARIOS DE EMISIONES DEL MMA.	10
IHOBE.....	11
EPER ANDALUCÍA.....	12
FISCALIDAD AMBIENTAL ANDALUCÍA.....	17
INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ANDALUCÍA.	17
4.1.2. Factores para fuentes de área.....	20
CORINAIR.	20
INVENTARIOS DE EMISIONES DEL MMA.	21
INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ANDALUCÍA.	22
4.2. Metodología seleccionada para la estimación de las emisiones.....	23
4.2.1. Para fuentes puntuales.....	23
4.2.2. Para fuentes de área.	30
4.3. Comparación con la metodología del MMA.....	33
4.3.1. Para fuentes puntuales.....	33
4.3.2. Para fuentes de área.	33
5. Variables de actividad.....	34
5.1. Resumen de las variables de actividad a emplear.	34
5.2. Caracterización de los combustibles empleados.	35

5.3. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Criterios de selección de las fuentes de datos.	35
6. Incertidumbre.	36
6.1. Metodología propuesta.	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Factores de emisión corinair para la cocción de materiales de cerámica fina.....	7
Tabla 4.2. Factores de emisión EPA para la fabricación de materiales de cerámica fina (Kg/t de producto)	9
Tabla 4.3. Factores de emisión EPA para partículas y plomo en la fabricación de materiales de cerámica fina (Kg/t de producto)	9
Tabla 4.4. Factores de emisión para Partículas y plomo en la fabricación de materiales de cerámica fina.	10
Tabla 4.5. Factores de emisión en la fabricación de productos cerámicos (kg/ t de producto).....	10
Tabla 4.6. Factores de emisión en la fabricación de baldosas.	11
Tabla 4.7. Factores de emisión en la fabricación de refractarios básicos (fire clay).....	11
Tabla 4.8. Factores de emisión en la fabricación de refractarios básicos (cromita-magnesita).	11
Tabla 4.9. Factores de emisión eper para el CO	13
Tabla 4.10. Factores de emisión eper para el NO _x	14
Tabla 4.11. Factores de emisión eper para el SO _x	15
Tabla 4.12. Factores de emisión eper para PM ₁₀	16
Tabla 4.13. Factores de emisión eper para metales pesados y otros (kg/t producción)	16
Tabla 4.14. Factores de emisión para las emisiones de metales en instalaciones auxiliares.....	17
Tabla 4.15. Factores de emisión de fiscalidad ambiental para la fabricación de cerámica sanitaria (kg/t de producto).....	17
Tabla 4.16. Factores de emisiones para hornos de cocción (kg/t de material cerámico producido)	18
Tabla 4.17. Factores de emisiones para hornos de recodico (kg/t de material cerámico producido)	18
Tabla 4.18. Factores de emisión para el esmaltado en la fabricación de productos cerámicos	18
Tabla 4.19. Factores de emisión partículas en la fabricación de materiales de cerámica.....	19
Tabla 4.20. Factores de emisión CORINAir para instalaciones de combustión < 50 MW _t	19
Tabla 4.21. Factores de emisión CORINAir para instalaciones de combustión < 50 MW _t	20
Tabla 4.22. Factores de emisión PARA PARTÍCULAS para instalaciones de combustión < 50 MW _t (kg/gj de combustible).	20
Tabla 4.23. Factores de emisión corinair para la cocción de materiales de cerámica fina.	21
Tabla 4.24. Factores de emisión para acidificadores, precursores del ozono y gases de efecto invernadero para la FABRICACIÓN de materiales de cerámica fina.....	22
Tabla 4.25. Factores de emisión para metales pesados y partículas para la fabricación de materiales de cerámica fina.	22
Tabla 4.26. Factores de emisión para contaminantes orgánicos persistentes para la fabricación de materiales de cerámica fina.....	22
Tabla 4.27. Factores de emisión corinair para la cocción de materiales de cerámica fina.	23
Tabla 4.28. Factores de emisión para la fabricación de materiales de cerámica fina (kg/t de producto).....	24
Tabla 4.29. Factores de emisión para partículas y plomo en la fabricación de materiales de cerámica fina (kg/t de producto).....	24
Tabla 4.30. Factores de emisión para el CO	25
Tabla 4.31. Factores de emisión para el CO ₂ en la fabricación de ladrillos.....	25

Tabla 4.32. Factores de emisión para el NO _x	26
Tabla 4.33. Factores de emisión para el SO _x	26
Tabla 4.34. Factores de emisión para PM ₁₀	27
Tabla 4.35. Factores de emisión para PM en la fabricación de ladrillos.....	27
Tabla 4.36. Factores de emisión EPA en hornos túnel de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	28
Tabla 4.37. Factores de emisión EPA en hornos intermitentes de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	28
Tabla 4.38. Factores de emisión para metales pesados y otros en hornos (kg/t producción).....	28
Tabla 4.39. Factores de emisión para las emisiones de metales secaderos.	29
Tabla 4.40. Factores de emisión para instalaciones de combustión < 50 MW _t	29
Tabla 4.41. Factores de emisión para instalaciones de combustión < 50 MW _t	29
Tabla 4.42. Factores de emisión PARA PARTÍCULAS para instalaciones de combustión < 50 MW _t (kg/gj de combustible).	30
Tabla 4.43. Factores de emisión para acidificadores, precursores del ozono y gases de efecto invernadero para la FABRICACIÓN de materiales de cerámica fina.....	30
Tabla 4.44. Factores de emisión para metales pesados y partículas para la fabricación de materiales de cerámica fina.....	31
Tabla 4.45. Factores de emisión PARA PARTÍCULAS para instalaciones de combustión < 50 MW _t (kg/gj de combustible).	31
Tabla 4.46. Factores de emisión para contaminantes orgánicos persistentes para la fabricación de materiales de cerámica fina.....	31
Tabla 4.47. Factores de emisión CORINAir para instalaciones de combustión < 50 MW _t	32
Tabla 4.48. Factores de emisión CORINAir para instalaciones de combustión < 50 MW _t	32
Tabla 4.49. Factores de emisión PARA PARTÍCULAS para instalaciones de combustión < 50 MW _t (kg/gj de combustible).	32
Tabla 5.1. Características de los combustibles empleados en el sector	35
Tabla 6.1. Índice de calidad y rango típico de error según CORINAIR.....	38
Tabla 6.2. Intervalos de incertidumbre asociados a los índices de calidad según ePA.....	39
Tabla 6.3. Incertidumbre asignada según el método empleado para la estimación de las emisiones	40

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.

Dentro de esta actividad se contemplan tres tipos de plantas dadas las diferencias existentes entre sus procesos de producción:

- Plantas dedicadas a la fabricación de cerámica sanitaria.
- Plantas dedicadas a la fabricación de productos cerámicos esmaltados o pintados tales como baldosas, cerámicas, azulejos y loza.
- Plantas dedicadas a la fabricación de objetos de arcilla cocida no esmaltada como macetones, etc.

El tratamiento de la información referente a esta actividad debe hacerse a nivel puntual, dado que sólo así podrán tenerse en consideración las características de los diferentes tipos de plantas mencionadas. Sin embargo, esto sólo será posible cuando el ámbito geográfico del inventario en cuestión lo permita y, además, se disponga de información individual de un número de instalaciones suficiente como para que sus emisiones sean representativas de la actividad.

2. Descripción de la actividad (procesos que engloba).

Fabricación de cerámica sanitaria.

El proceso de fabricación de materiales sanitarios en porcelana y gres se desarrolla en las siguientes etapas:

- Preparación de las materias primas que son materiales plásticos, como arcillas y caolines, y no plásticos como los feldespatos. Las arcillas y caolines llegan a la fábrica ya molidos y se almacenan en silos. Por tanto, la generación de polvo en esta etapa es mínima. Los materiales no plásticos se almacenan en silos que alimentan a los molinos. Esta molienda se realiza normalmente en húmedo, siendo en este caso una fuente de generación de polvo poco significativa.
- Preparación de pastas: las materias primas se deslían por separado con agua para, posteriormente, mezclarlas y constituir la barbotina porcelánica.

- Preparación de moldes de yeso: para el conformado de las piezas sanitarias se requiere, en primer lugar, la fabricación de matrices sobre las cuales se vierte, posteriormente, una mezcla de yeso y agua, conformándose así los moldes de yeso.
- Colado: consiste en el vertido de la barbotina en el molde de yeso, el cual absorbe el agua de la misma.
- Secado: las piezas moldeadas pasan a la etapa de secado, que puede realizarse en secaderos o al aire. Los secaderos utilizan aire calentado por intercambio de calor con los gases procedentes de la combustión de gas natural o con gases de salida del horno. Cuando la pieza ha alcanzado el nivel de secado adecuado se lleva a la línea de esmaltado.
- Preparación de esmaltes y esmaltado: para la preparación de esmaltes se utilizan caolines, feldespatho, talco...los cuales se muelen por vía húmeda. Las piezas secadas se hacen pasar por las cabinas de esmaltado donde se aplica el esmalte.
- Cocción: Los hornos de cocción de porcelana son similares a los de cocción de ladrillos, pudiendo ser hornos intermitentes u hornos túnel. El combustible empleado en ellos es, fundamentalmente, gas natural.

Fabricación de productos cerámicos esmaltados o pintados.

El proceso de fabricación de estos tipos de piezas se desarrolla, prácticamente, de forma similar al proceso de fabricación de cerámica sanitaria. Pueden existir diferencias en la etapa de cocción de las piezas, ya que los materiales cerámicos esmaltados pueden someterse a una, dos o más cocciones: una primera cocción para obtener el soporte al que se aplica el esmalte, para someterlo luego a una segunda cocción (bicocción).

Fabricación de productos cerámicos no esmaltados.

Este proceso consta básicamente de cuatro etapas: preparación de materias primas, mezclas de arcillas; moldeo, generalmente de modo artesanal pieza por pieza; secado al aire; y cocción en hornos morunos.

Los hornos morunos están formados por dos cámaras situadas una sobre otra y construidas con ladrillos refractarios que se recubren interiormente con una capa de arcilla y paja.

La cámara superior tiene una estructura abovedada con varias salidas distribuidas en la cubierta. En esta cámara se introducen las piezas cerámicas para su cocción.

La cámara inferior, también abovedada, se conecta con la superior a través de un piso construido mediante piezas cerámicas perforadas. En ella se produce la combustión de leña y/o orujillo, empleados como combustible.

La operación del horno requiere recargar la cámara inferior de combustible cada 1,5-2 horas. El control de la combustión se realiza en base a la experiencia del operario obturando más o menos las distintas bocas que el horno tiene en su parte superior, con lo que se incrementa o se cierra el tiro (natural) y se regula la cocción de las piezas.

Este tipo de instalaciones son muy características de la zona de Bailén, Jaén, en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

3. Descripción de las emisiones características de la actividad.

Fabricación de cerámica sanitaria.

Las emisiones más relevantes en la fabricación de cerámica sanitaria son las emisiones difusas de materia particulada procedentes de los almacenamientos al aire libre y trasiego de arcillas, y las de CO, CO₂, SO₂, NO_x, COV, así como F, HF y partículas emitidas por los hornos de secado y cocción de cerámica.

En este tipo de industria cerámica se generan además emisiones de plomo procedentes de los procesos de esmaltado.

Fabricación de productos cerámicos esmaltados o pintados tales como baldosas, cerámicas, azulejos y loza.

Las principales emisiones en este tipo de plantas se producen en las siguientes etapas:

- Cocción, se emiten los mismos contaminantes enunciados en el apartado correspondiente a fabricación de ladrillos y otros elementos de construcción. Si embargo, para la fabricación de estos productos se llevan a cabo, generalmente, dos cocciones (cocido y recocado), por lo que esta fuente de emisión se duplica.
- Esmaltado, siendo las principales emisiones de plomo y partículas.
- Decorado artístico, donde se generan emisiones de COVNM debido al empleo de pinturas y disolventes.

Fabricación de objetos de arcilla cocida no esmaltada como macetones, etc.

En cuanto a las emisiones características de la fabricación de productos cerámicos no esmaltados, destacar que aunque no se dispone de datos directos sobre las emisiones de los hornos morunos, debido a que carecen de chimenea en la que realizar mediciones adecuadas a norma, está claro que durante la cocción se generan penachos, de forma discontinua, con una elevada opacidad. Dicha opacidad se debe a una elevada concentración de partículas, y al posible arrastre de hollín y alquitranes como consecuencia de una combustión con defecto de oxígeno. Tampoco existen datos en referencia de las emisiones de CO.

4. Metodología de cálculo de las emisiones.

Generalmente, en este tipo de industria sólo se cuenta con datos de mediciones periódicas realizadas en los focos de hornos de cocción donde se miden únicamente NO_x, SO₂ y CO, y en menor medida, partículas y/o CO₂.

Por ello, cuando no sea posible la utilización de medidas continuas o puntuales para la estimación de las emisiones, bien porque no se hayan realizado o bien porque las realizadas no cumplan los criterios de aceptación, la única opción posible para el cálculo de las emisiones es la utilización de factores de emisión.

Como ya se ha comentado con anterioridad, el tratamiento de la información referente a estas actividades debe hacerse a nivel puntual. Pero puede darse el caso de que el ámbito geográfico del inventario en cuestión determine un número de instalaciones tal, que sea más recomendable el tratamiento de la actividad como fuente de área.

Por tanto, el análisis de la metodología que se desarrolla a continuación contempla ambos casos, es decir, estudia los factores de emisión propuestos por cada fuente para estimar las emisiones de forma puntual o como fuente de área.

En la actualidad existen varias fuentes que proponen factores de emisión para la estimación de las emisiones, siendo las que se relacionan a continuación las que se han considerado para este estudio:

- “Chapter B3320. Combustion in Manufacturing Industry. Process with Contact. Fine Ceramics Materials”. Libro Guía EMEP/CORINAIR. Atmospheric Emission Inventory Guidebook. Third Edition. 2001. UNECE–Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency.
- “Chapter 11. Mineral Products Industry. Section 11.7 Ceramic Clay Manufacturing”. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA).
- “Emissions Estimation Technique Manual for Bricks, Ceramics & Clay Product Manufacturing”. National Pollutant Inventory (NPI).
- “Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 2001 y 2002. Volumen 2: Análisis por Actividades SNAP”. Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Ministerio de Medio Ambiente.
- “Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire. Sector Productos Cerámicos”. IHOBE–Sociedad Pública Gestión Ambiental. Gobierno Vasco. Departamento de Ordenación de Territorio y Medio Ambiente.
- “Guía de Notificación de las Emisiones de la Industria de Fabricación de Elementos Cerámicos de Construcción”. Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- “Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales”. BOJA núm. 204, de 19 de Octubre de 2004. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía.

- “Inventario de emisiones a la atmósfera en Andalucía”. Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Hay que destacar que sólo CORINAIR y EPA presentan factores de emisión propios, es decir, el resto de guías consultadas toman los factores de emisión que proponen una de las dos fuentes mencionadas.

Normalmente, los factores de emisión propuestos por las distintas fuentes para estimar las emisiones de forma puntual, dependen básicamente del tipo de horno o secadero y del combustible empleado, por lo que se requiere no sólo el conocimiento de las variables de actividad (combustible consumido, cantidad de producto, materia prima procesada) sino también un conocimiento bastante exacto del funcionamiento de cada instalación (tipo de horno y secadero y régimen de funcionamiento).

Sin embargo, los factores de emisión propuestos para la estimación de las emisiones como fuente de área son función únicamente del tipo de combustible consumido, por lo que no es necesario conocer ni el tipo de horno ni su funcionamiento. Por tanto, estos factores pueden usarse para estimar las emisiones de aquellas instalaciones de las que sólo se tiene la información referente al consumo de combustible.

4.1. Análisis de las diferentes metodologías.

Las principales fuentes consultadas, CORINAIR y EPA, presentan factores de emisión para la fabricación de materiales de cerámica y productos cerámicos. Sin embargo, ninguna de las metodologías de cálculo propuestas contemplan factores de emisión específicos para el proceso de cocción en horno moruno en la fabricación de objetos de arcilla cocida no esmaltada como macetones, etc.

Dado que este tipo de planta es característica de una zona de Andalucía, tanto el registro EPER como el Inventario de emisiones a la atmósfera en Andalucía, han seleccionado, para su aplicación a este tipo de hornos, diferentes factores de emisión dentro de los propuestos por las guías CORINAIR y EPA para fuentes de combustión en la fabricación de cerámica fina y ladrillos, y también de los factores genéricos de combustión para instalaciones menores de 50 MW_t.

4.1.1. Factores para fuentes puntuales.

CORINAIR.

La guía metodológica CORINAIR en su capítulo B3320, Tabla 2, proporciona factores de emisión sólo para las fuentes de combustión en la producción de cerámica fina, en función del tipo de combustible empleado. De los factores recogidos en la mencionada tabla del CORINAIR, únicamente los que se presentan a continuación son para fuentes puntuales.

TABLA 4.1.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR PARA LA
COCCIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

TIPO DE COMBUSTIBLE	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	CO (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Carbón - hulla	609	39	99		1,5		
Coque de lignito	144	45	105				
Gas Natural	260 ⁽¹⁾	850 ⁽¹⁾	255 ⁽²⁾	1600 ⁽¹⁾	6,25	2,2	2,35

Factores de emisión para fuentes puntuales.

(1) g/t de producto

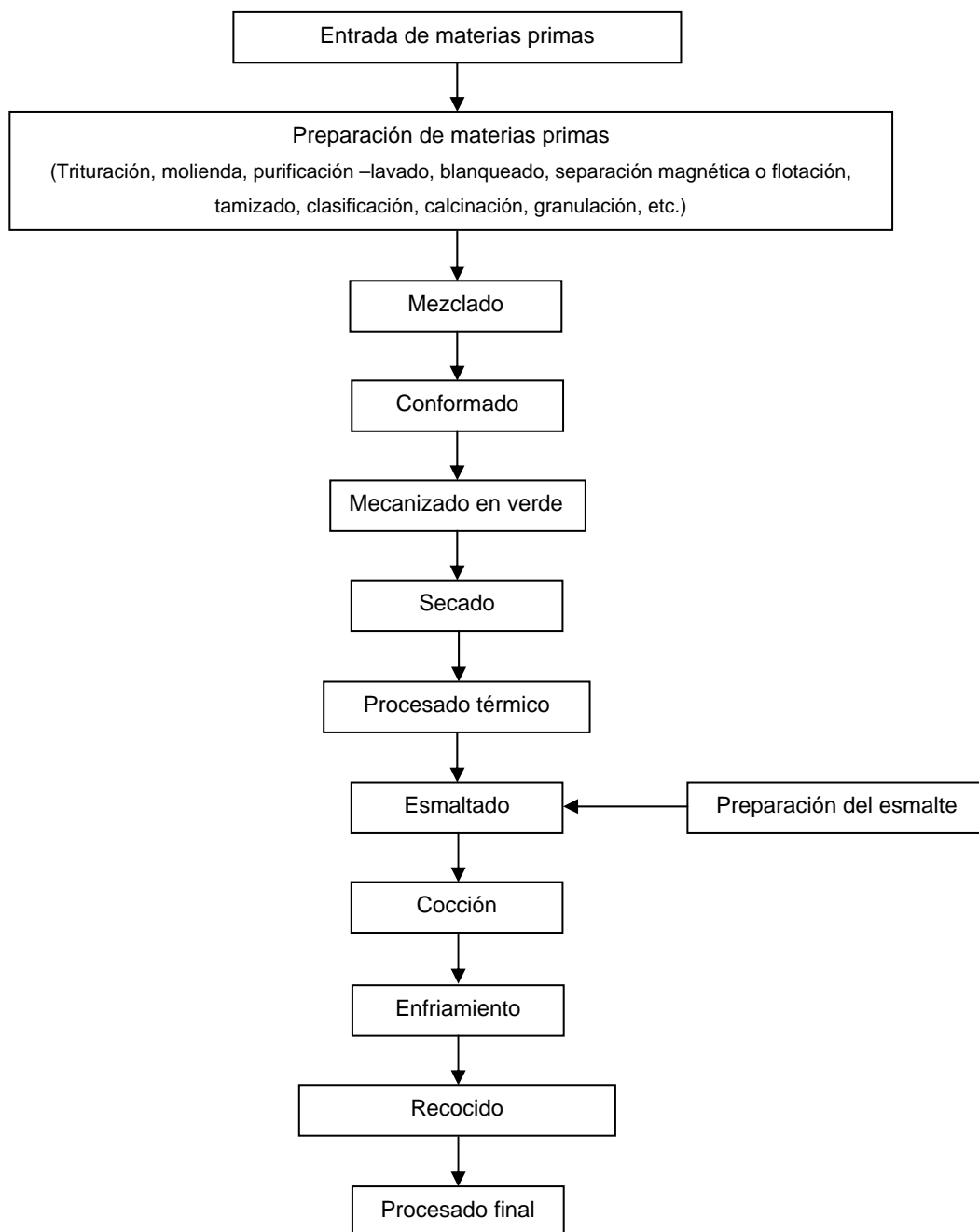
(2) kg/t de producto

El resto de factores dados en el CORINAIR para esta actividad son para el caso de fuente de área, ya que considera que la producción de cerámica fina se lleva a cabo normalmente en plantas relativamente pequeñas que pueden tratarse de tal forma.

EPA.

La EPA dentro de la fabricación de productos cerámicos incluye: alfarería, loza, gres porcelana, porcelana china y cerámica técnica.

El proceso de fabricación de productos cerámicos, según la EPA, consta de las siguientes etapas:



Los factores de emisión que publica EPA permiten estimar las emisiones de algunos contaminantes para aquellas etapas del proceso que aparecen sombreadas en el diagrama anterior.

TABLA 4.2.
FACTORES DE EMISIÓN EPA PARA LA FABRICACIÓN
DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA (Kg/t de producto)

PROCESO	SO ₂	NO _x	CO ₂	CO	COV	F	FH
Conformado tape – caster ⁽¹⁾					29 E		
Cocción en horno de gas natural sin control							
Contenido en azufre de la materia prima > 0,07%	22*S E	0,27 D	390 D	1,65 D	0,22 D	0,28 E	0,23 E
Contenido en azufre de la materia prima < 0,07 %	4,75*S E						
Recocido en horno de gas natural			48,5 E			0,0095 E	

(1) kg/t de producto conformado. Emisiones controladas por un postcombustor.

TABLA 4.3.
FACTORES DE EMISIÓN EPA PARA PARTÍCULAS Y PLOMO EN LA
FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA (Kg/t de producto)

PROCESO	PM (kg/t de producto)	Plomo (kg/t de producto)
Trituración, Molienda y tamizado de materia prima		
Con filtro de mangas ⁽¹⁾	0,06 D	N.D. N.A.
Granulación – Secado de materia prima con spray dryer de gas natural		
Con filtro de mangas ⁽²⁾	0,03 E	N.D. N.A.
Con venturi scrubber ⁽²⁾	0,095 D	N.D. N.A.
Secado	1,15 E	N.D. N.A.
Esmaltado		
Sin control ⁽³⁾	9,5 E	1,5 E
Con lavador húmedo ⁽³⁾	0,9 d	N.D. N.A.
Cocción en horno de gas natural sin control	0,245 D	N.D. N.A.
Enfriado	0,055 E	N.D. N.A.
Recocido en horno de gas natural	0,0335 E	N.D. N.A.

(1) Kg / t de materia procesada.

(2) Kg / t de materia secada.

(3) kg/ t de esmalte usado.

Los factores de emisión dados por la EPA para la estimación de las emisiones en las etapas de secado de materia prima, cocción y recocido, son válidos sólo cuando se emplea como combustible gas natural.

NPI.

Los factores presentados por el NPI en el manual técnico para la estimación de las emisiones debidas a la fabricación de productos de arcilla, corresponden todos a factores de emisión EPA, no aportando esta fuente ningún nuevo factor con respecto a los anteriormente descritos.

TABLA 4.4.
FACTORES DE EMISIÓN PARA PARTÍCULAS Y PLOMO EN LA FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

PROCESO	PM ₁₀		Plomo	
Línea de trituración y molienda de materia prima con filtro de mangas ⁽²⁾	0,06	D	N.D.	N.A.
Granulación – Secado de materia prima con spray dryer de gas natural				
Con filtro de mangas ⁽³⁾	0,03	E	N.D.	N.A.
Con venturi scrubber ⁽³⁾	0,095	D	N.D.	N.A.
Secadero ⁽³⁾	1,15	E	N.D.	N.A.
Esmaltado				
Sin control ⁽⁴⁾	9,5	E	1,5	E
Con un lavador húmedo ⁽⁴⁾	0,9	D	N.D.	N.A.
Cocción en Horno de gas natural ⁽¹⁾	0,245	D	N.D.	N.A.
Enfriador ⁽³⁾	0,055	E	N.D.	N.A.
Recocido en horno de gas natural ⁽¹⁾	0,0335	E	N.D.	N.A.

Fuente: USEPA AP-42 Section 11.7 (1996)

(1) Kg / t de producto

(2) Kg / t de materia procesada.

(3) kg /t de materia secada.

(4) kg / t de esmalte usado.

TABLA 4.5.
FACTORES DE EMISIÓN EN LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS CERÁMICOS (kg/ t de producto).

PROCESO	SO _x	NO _x	CO	COV	HF	Fluoruros
Conformado tape-caster ⁽²⁾	N.D.	N.D.	N.D.	29	N.D.	N.D.
Cocción en horno de gas natural						
Contenido en azufre de la materia prima > 0,07%	22 x S ⁽¹⁾	0,27	1,65	0,215	0,23	0,28
Contenido en azufre de la materia prima < 0,07%	4,75 x S ⁽¹⁾	0,27	1,65	0,215	0,23	0,28
Recocido en horno de gas natural	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0095

Fuente: USEPA AP-42 Section 11.7 (1996)

FACTOR DE CALIDAD: E

(1) S es el contenido de azufre en el gas natural y en la materia prima.

(2) Kg / t de producto conformado.

INVENTARIOS DE EMISIONES DEL MMA.

El MMA estima las emisiones de esta actividad a nivel de área, por lo que la metodología empleada será analizada en el siguiente epígrafe 4.1.2. Factores para fuentes de área.

IHOBE.

La Guía IHOBE sólo recoge, dentro del sector cerámico, factores de emisión para la fabricación de materiales de construcción (principalmente ladrillos), baldosas, refractarios básicos (fire clay) y refractarios básicos (cromita-magnesita). Aquí se exponen los factores correspondientes a baldosas y refractarios básicos.

TABLA 4.6.
FACTORES DE EMISIÓN EN LA FABRICACIÓN DE BALDOSAS.

CONTAMINANTE/PROCESO		FACTOR DE EMISIÓN
PM ₁₀		-
SO ₂		0,3 kg SO ₂ / t producto
NO _x		0,27 kg NO _x / t producto
CO		1,65 kg CO / t producto
CO ₂	Combustión de gas natural	56,1 kg CO ₂ / GJ
		202 kg CO ₂ / MWh
COVNM	Etapa de cocción gas natural Conformado	0,22 kg COVNM / t producto
		29 kg COVNM / t producto
HF	Etapa de cocción gas natural	0,23 kg F / t producto
Fluoruros	Etapa de cocción gas natural	0,28 kg F / t producto
	Etapa de cocción gas natural	0,010 kg / t producto
Metales		-

TABLA 4.7.
**FACTORES DE EMISIÓN EN LA FABRICACIÓN
DE REFRACTARIOS BÁSICOS (FIRE CLAY).**

CONTAMINANTE/PROCESO		FACTOR DE EMISIÓN
PM ₁₀	Horno secadero rotatorio	8,1 kg / t de materia prima
	Horno secadero rotatorio con ciclón	2,6 kg / t de materia prima
CO ₂	Combustión de gas natural	56,1 kg CO ₂ / GJ
		202 kg CO ₂ / MWh

(1) Correspondiente a la parte filtrable. No tiene en cuenta la parte condensable.

TABLA 4.8.
**FACTORES DE EMISIÓN EN LA FABRICACIÓN DE
REFRACTARIOS BÁSICOS (CROMITA-MAGNESITA).**

CONTAMINANTE/PROCESO		FACTOR DE EMISIÓN
PM ₁₀ ⁽¹⁾	Horno secadero rotatorio	0,20 kg / t de materia procesada
	Horno túnel	0,34 kg / t de materia procesada
Cromo	Horno secadero rotatorio	
	Horno secadero rotatorio con ciclón y filtro de mangas	56,1 kg CO ₂ / GJ
	Horno túnel	202 kg CO ₂ / MWh

(1) Correspondiente a la parte filtrable. No tiene en cuenta la parte condensable.

EPER ANDALUCÍA.

Para la estimación de las emisiones de estas instalaciones el grupo EPER Andalucía aplica los mismos factores de emisión publicados en su “Guía de Notificación de las Emisiones de la Industria de Fabricación de Elementos Cerámicos de Construcción”.

En el caso de la fabricación de cerámica sanitaria y la fabricación de productos cerámicos esmaltados, los factores de emisión a aplicar son los situados en la parte superior de cada una de las tablas anteriores, es decir, los determinados en función del tipo de horno y combustible empleado en el proceso.

Sin embargo, para estimar las emisiones de las instalaciones dedicadas a la fabricación de objetos de arcilla cocida no esmaltada como macetones, etc, se utilizan los factores de emisión situados en la parte inferior de cada tabla, es decir, los correspondientes a procesos de combustión, y que en la fabricación de elementos de construcción se aplicaron a instalaciones auxiliares/secaderos.

TABLA 4.9.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA EL CO

ETAPA DEL PROCESO/ COMBUSTIBLE		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Almacenamiento					
Molienda					
Conformado					
Secadero					
Natural o recuperación de calor					
Artificial ⁽¹⁾		Ver apartado de instalaciones auxiliares/secadero para secaderos con combustible adicional. (Al final de esta tabla)			
COCCIÓN	TIPO DE HORNO				
Gas natural	Túnel	0,030	Kg/t producto	C	CORINAIR
Gas natural	Intermitente	0,075	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuel oil / gasoil	Túnel	0,060	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuel oil / gasoil	Intermitente	0,095	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Túnel	0,715	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Intermitente	1,195	Kg/t producto	C	CORINAIR
Biomasa	Túnel	0,8	Kg/t producto	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽²⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽²⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín ⁽²⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Fueloil		0,015	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasoil		0,012	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,0115	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,0115	Kg/GJ	CORINAIR	
Gas natural		0,017	Kg/GJ	CORINAIR	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que se emplean los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.

(2) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

TABLA 4.10.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA EL NO_x

ETAPA DEL PROCESO/ COMBUSTIBLE		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Almacenamiento					
Molienda					
Conformado					
Secadero					
Natural o recuperación de calor					
Artificial ⁽¹⁾		Ver apartado de instalaciones auxiliares/secadero para secaderos con combustible adicional. (Al final de esta tabla)			
COCCIÓN	TIPO DE HORNO				
Gas natural	Túnel	0,090	Kg/t producto	C	CORINAIR
Gas natural	Intermitente	0,250	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuel oil / gasoil	Túnel	0,550	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuel oil / gasoil	Intermitente	0,810	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Túnel	0,725	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Intermitente	1,175	Kg/t producto	C	CORINAIR
Biomasa	Túnel	0,185	Kg/t producto	E	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽²⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽²⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín ⁽²⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Fueloil		0,16	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasoil		0,089	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,094	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,094	Kg/GJ	CORINAIR	
Gas natural		0,1	Kg/GJ	CORINAIR	

- (1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que se emplean los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.
- (2) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

TABLA 4.11.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA EL SO_x

ETAPA DEL PROCESO/ COMBUSTIBLE		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Almacenamiento					
Molienda					
Conformado					
Secadero					
Natural o recuperación de calor					
Artificial ⁽¹⁾		Ver apartado de instalaciones auxiliares/secadero para secaderos con combustible adicional. (Al final de esta tabla)			
COCCIÓN	TIPO DE HORNO				
Gas natural (factor de emisión SO ₂)	Túnel	0,335	Kg/t producto	C	EPA
Gas natural (factor de emisión SO ₃)	Túnel	0,055	Kg/t producto	D	EPA
Gas natural (factor de emisión SO _x)	Túnel	0,39	Kg/t producto	⁽⁴⁾	EPA
Fuel oil / gasoil	Túnel	2	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuel oil / gasoil	Intermitente	2,950 ⁽³⁾	Kg/t producto	U	EPA (FIRE)
Carbón /coque	Túnel	3,665	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Intermitente	6,065 ⁽³⁾	Kg/t producto	U	EPA (FIRE)
Biomasa (factor de emisión SO ₂)	Túnel	0,335	Kg/t producto	C	EPA
Biomasa (factor de emisión SO ₃)	Túnel	0,055	Kg/t producto	D	EPA
Biomasa (factor de emisión SO _x)	Túnel	0,39	Kg/t producto	⁽⁴⁾	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽²⁾		0,1075	Kg/GJ	EPA	
Cáscara de almendra ⁽²⁾		0,1075	Kg/GJ	EPA	
Serrín ⁽²⁾		0,1075	Kg/GJ	EPA	
Fueloil		157 x S	lb/10 ³ gal	EPA	
Gasoil		142 x S	lb/10 ³ gal	EPA	
Butano		0,0033	Kg/ t combus	EPA	
Propano		0,0043	Kg/ t combus	EPA	
Gas natural		0,41 x S	Kg/GJ	EPA	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que se emplean los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.

(2) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

(3) Los factores propuestos para horno Hoffmann que utiliza como combustible carbón o fuel oil se han obtenido conforme a la metodología de cálculo del programa FIRE de la EPA.

(4) Factor obtenido como la suma de los correspondientes a SO₂ y SO₃.

TABLA 4.12.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA PM₁₀

ETAPA DEL PROCESO/ COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN PM ₁₀	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Molienda				
Material seco (4% humedad)	0,265	Kg/t materia prima	E	EPA
Material húmedo (13% humedad)	0,00115	Kg/t materia prima	E	EPA
Filtro de mangas (6,5% humedad)	0,0016	Kg/t materia prima	E	EPA
Conformado ⁽¹⁾	N.D.			
Secadero	Ver apartado de instalaciones auxiliares/secadero para secaderos con combustible adicional. (Al final de esta tabla)			
COCCIÓN				
Gas natural	0,435	Kg/t producción	D	EPA
Fuel oil / gasoil	N.D.			
Carbón /coque	0,7	Kg/t producción	C	EPA
Biomasa	0,425	Kg/t producción	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽²⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Cáscara de almendra ⁽²⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Serrín ⁽²⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Fueloil	8,60	lb/10 ³ gal	EPA	
Gasoil	1	lb/10 ³ gal	EPA	
Butano	0,6 ⁽³⁾	lb/10 ³ gal	EPA	
Propano	0,6 ⁽³⁾	lb/10 ³ gal	EPA	
Gas natural	1,9 ⁽⁴⁾	lb/10 ⁶ scf	EPA	

- (1) En las fuentes de la EPA existe un factor de emisión para la etapa de conformado, pero se indica que no es aplicable a líneas de extrusión típicas, por tanto no se ha propuesto en esta Guía EPER.
- (2) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.
- (3) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.
- (4) Factor correspondiente a partículas filtrables.

TABLA 4.13.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA METALES PESADOS Y OTROS
(kg/t producción)

Contaminante	Gas natural		Fueloil	Carbón		Biomasa	
As	1,55 x 10 ⁻⁵	D EPA	No existe factor específico	6,5 x 10 ⁻⁵	E EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D EPA
Cd ⁽²⁾	7,5 x 10 ⁻⁶	D EPA	No existe factor específico	7,5 x 10 ⁻⁶	D EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D EPA
Cr	2,55 x 10 ⁻⁵	D EPA	No existe factor específico	2,55 x 10 ⁻⁵	D EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D EPA
Cu ⁽²⁾	1,55 x 10 ⁻⁵	D EPA	No existe factor específico	6,5 x 10 ⁻⁵	E EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D EPA
Hg	3,75 x 10 ⁻⁶	D EPA	No existe factor específico	4,8 x 10 ⁻⁵	E EPA	3,75 x 10 ⁻⁶	D EPA
Ni	3,6 x 10 ⁻⁵	D EPA	No existe factor específico	3,6 x 10 ⁻⁵	D EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D EPA
Pb	7,5 x 10 ⁻⁵	D EPA	No existe factor específico	7,5 x 10 ⁻⁵	D EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D EPA
Zn	7,5 x 10 ⁻⁶	D EPA	No existe factor específico	7,5 x 10 ⁻⁶	D EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D EPA
F y HF ⁽¹⁾	0,185	C EPA	-	0,085	D EPA	0,185	C EPA
Cl y HCl ⁽¹⁾	0,085	C EPA	-	-	-	0,085	C EPA

- (1) Son factores para hornos tipo túnel.
- (2) Para el Cu se ha propuesto el mismo factor que para el As, y para el Cd el mismo que el Zinc, ya que sus volatilidades son similares.

TABLA 4.14.
FACTORES DE EMISIÓN PARA LAS EMISIONES
DE METALES EN INSTALACIONES AUXILIARES.

Contaminante	Coque			Biomasa			Fueloil			Gasoil		
As	0,00956	E	EPA	0,00017	A	EPA	0,000164	C	EPA	0,0000721	E	EPA
Cd	0,000618	E	EPA	0,000031	A	EPA	0,0000488	C	EPA	0,0000551	E	EPA
Cr	0,0197	E	EPA	0,000162	A	EPA	0,000104	C	EPA	0,0000551	E	EPA
Ni	0,0162	E	EPA	0,000241	A	EPA	0,0105	C	EPA	0,0000551	E	EPA
Pb	0,00709	E	EPA	0,000361	A	EPA	0,000187	C	EPA	0,000164	E	EPA

FISCALIDAD AMBIENTAL ANDALUCÍA.

En el Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales, se establecen los siguientes factores de emisión para estimar las emisiones de la fabricación de cerámica sanitaria:

TABLA 4.15.
FACTORES DE EMISIÓN DE FISCALIDAD AMBIENTAL
PARA LA FABRICACIÓN DE CERÁMICA SANITARIA (kg/t de producto)

TIPO DE PROCESO	CONTENIDO DE AZUFRE EN LA MATERIA PRIMA	FACTORES DE EMISIÓN		
		SO _x	NO _x	CO ₂
Horno de cocción	S < 0,07%	4,75 x S	0,27	390
	S > 0,07 %	22 x S		
Horno de recalentamiento	-	-	-	48,5

INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ANDALUCÍA.

Fabricación de cerámica sanitaria y de productos cerámicos esmaltados o pintados.

Para las plantas de cerámica sanitaria y las de productos cerámicos esmaltados o pintados los factores de emisión empleados se basan en la cantidad de producto cerámico fabricado y son de la EPA (Ceramic Products Manufacturing). Los factores propuestos permiten estimar los principales contaminantes emitidos en las tres etapas más importantes del proceso: esmaltado, cocción (o bizcochado) y recocido.

TABLA 4.16.
FACTORES DE EMISIONES PARA HORNOS DE COCCIÓN
(kg/t de material cerámico producido)

Contaminante	Factor emisión	Calidad	Fuente
CO	1,6	D	AP-42.EPA. Tabla 11.7-2
CO ₂	310	D	AP-42.EPA. Tabla 11.7-2
NO _x	0,27	D	AP-42.EPA. Tabla 11.7-2
SO ₂	2,1	E	AP-42.EPA. Tabla 11.7-2
COVNM	0,22	D	AP-42.EPA. Tabla 11.7-2
Fluoruros	0,28	E	AP-42.EPA. Tabla 11.7-2
HF	0,23	E	AP-42.EPA. Tabla 11.7-2
Partículas	0,25	D	AP-42.EPA. Tabla 11.7-1

TABLA 4.17.
FACTORES DE EMISIONES PARA HORNOS DE RECODICO
(kg/t de material cerámico producido)

PROCESO	SO ₂	NO _x	CO ₂	CO	COV	F	FH
Recocido en horno de gas natural			48,5 E			0,0095 E	

TABLA 4.18.
FACTORES DE EMISIÓN PARA EL ESMALTADO EN LA
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS CERÁMICOS

Proceso	F.E. PM (kg/t cerámica producida)	Calidad	F.E. Pb (kg/t esmalte empleado)	Calidad
Esmaltado (con mecanismo de reducción de emisiones)	0,9	D	ND	NA
Esmaltado (sin control)	9,5	E	1,5	E

Fuente: AP-42. EPA. Tabla 11.7-1

Además como se ha comentado, en estas plantas se producen emisiones fugitivas de partículas por la manipulación de materias primas, siendo los factores de emisión aplicables los expuestos en la tabla adjunta.

TABLA 4.19.
FACTORES DE EMISIÓN PARTÍCULAS EN LA
FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA

Proceso	F.E. PM (kg/t cerámica producida)	Calidad	F.E. Pb (kg/t esmalte empleado)	Calidad
Molienda/tamizado	0,61	D	-	
Secadero	1,2	E	-	

Fuente: AP-42. EPA. Tabla 11.7-1

Como se aprecia en la tabla anterior, las emisiones fugitivas de partículas son función de la cantidad de producto, por lo que conociendo sólo ese dato pueden estimarse sin problemas.

En aquellos casos en los que el combustible consumido no sea gas natural, los factores de emisión a emplear serán los correspondientes a la fabricación de ladrillos y tejas.

Fabricación de piezas de arcilla cocida no esmaltada.

Para aquellas plantas de cerámica artística en las que se fabrican piezas de arcilla cocida no esmaltada, como macetones, etc, se emplean factores de emisión genéricos de combustión para instalaciones menores de 50 MW_t.

TABLA 4.20.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t.

COMBUSTIBLE	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	CO (g/GJ)	CO ₂ (Kg/GJ)	COVNM (g/GJ)
Orujillo	3,5	200	6,5	15	1504	96	
Madera	3,5	200	6,5	15	1504	96	
Fueloil	490	160	46,5	2,9	15	76	24,55
Gasoil	92	89	15,7	0,6	12	73	15
Butano	0,29	94	3	1	11,5	66,2	1,45
Propano	0,281	94	3	1	11,5	63,6	1,39
Gas Natural	0,249	100	2,4	1,4	17	56	3

TABLA 4.21.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t.

COMBUSTIBLE	As (g/GJ)	Cd (g/GJ)	Cr (g/GJ)	Cu (g/GJ)	Hg (g/GJ)	Ni (g/GJ)	Pb (g/GJ)	Se (g/GJ)	Zn (g/GJ)
Fueloil ⁽¹⁾	0,01244	0,01244	0,02489	0,01244	0,00423	0,6222	0,02489	0,01244	0,00249
Gas Natural ⁽¹⁾					0,0001				
Orujillo ⁽²⁾	0,0099	0,0018	0,0094			0,014	0,021		
Madera ⁽²⁾	0,0099	0,0018	0,0094			0,014	0,021		
Gasoil ⁽²⁾	0,0017	0,0013	0,0013			0,0013	0,00387		

(1) Fuente:CORINAIR.

(2) Fuente:EPA.

TABLA 4.22.
FACTORES DE EMISIÓN PARA PARTÍCULAS
PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t (kg/GJ de combustible).

COMBUSTIBLES	PM ₁₀	FUENTE	PM	FUENTE
Orujillo ⁽¹⁾	0,215	EPA	0,30471	EPA
Madera	0,215	EPA	0,30471	EPA
Fueloil	0,027	EPA (FIRE)	0,03144	EPA (FIRE)
Gasoil	0,00314	EPA (FIRE)	0,00629	EPA (FIRE)
Butano	0,00278 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00278 ⁽²⁾	EPA (FIRE)
Propano	0,00315 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00315 ⁽²⁾	EPA (FIRE)
Gas natural	0,000785 ⁽³⁾	EPA (FIRE)	0,000785 ⁽³⁾	EPA (FIRE)

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

(2) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM10.

(3) Factor correspondiente a partículas filtrables

4.1.2. Factores para fuentes de área.

CORINAIR.

La mayoría de los factores de emisión propuestos por el CORINAIR para la estimación de las emisiones de esta actividad son para el caso de fuente de área, dado que considera que la producción de cerámica fina se lleva a cabo, normalmente, en plantas relativamente pequeñas a las que se puede dar ese tratamiento.

TABLA 4.23.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR PARA LA
COCCIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

TIPO DE COMBUSTIBLE	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	CO (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Carbón antracita	650	160	93	100	15	15	4
Carbón - hulla	610	40	99		1,5	1,5	8
Carbón lignito	600	140	113	100	15	15	3,5
Carbón briquetas	220	140	98	100	15	15	3,5
Coke de lignito	145	45	105		2,5	2,5	
Coke de hulla	650	220	86	90	5	15	3
Madera		200	83-92		50	30	4-14
Fuel oil	143-1494	100-180	73-78	10-15	3-4	0,1-5	2-14
Gasóleo	85-1410	70-100	73-74	10-12	1,5-2,5	1-2,5	2-14
Keroseno	69	80	71	12	2	1	14
Gasolina	45	80	71	12	2	1	14
Gas Natural	0,3-8	44-330	53-69	10-111	2,5-10	0,4-4	1-3,7
GLP	0,04-2	20-100	60-65	13	1-2	1-4	1-3
Gas del horno de coke	0,04-12	50-100	49-59	10-13	2,5-4	2,5-4	1-1,5

INVENTARIOS DE EMISIONES DEL MMA.

Los factores de emisión utilizados por el MMA que se muestran en las tablas siguientes, han sido tomados de las varias fuentes:

- Libro Guía EMEP/CORINAIR, para los contaminantes del primer bloque (capítulo B3320, tabla 2), para los que han seleccionado factores a partir de la información de los valores y rangos de variación propuestos en dicha tabla; para los metales pesados (capítulo B112, tabla 12) y para los HAP (parte B, capítulo PAH). En los casos de los metales pesados y los HAP son factores genéricos de combustión al no figurar datos para estos contaminantes en el correspondiente capítulo del Libro Guía.
- CEPMEIP, para las partículas, tomando factores de emisión correspondientes al sector de combustión en la producción de minerales no metálicos, y asumiendo un nivel de emisión medio.
- OSPARCOM-HELCOM-UNECE (1995), tabla 4.5.1, tomando asimismo factores genéricos de combustión.

TABLA 4.24.
FACTORES DE EMISIÓN PARA ACIDIFICADORES,
PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO
PARA LA FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

COMBUSTIBLE	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	CO (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Fuelóleo	1.323/C	165/C	10/C	2,9/C	10/C	76/C	14/C
Gas Natural	0/D	62/D	5/D	1,4/D	10/D	55-56/D	3/D
G.L.P.	0/D	62/D	2,1/D	0,9/D	10/D	65/D	3/D

Gas natural CO₂: Años 1990-1991: 55 kg/GJ; 1993-2002 = 56 kg/GJ

TABLA 4.25.
FACTORES DE EMISIÓN PARA METALES PESADOS Y PARTÍCULAS PARA LA
FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

COMBUSTIBLE	As (mg/GJ)	Cd (mg/GJ)	Cr (mg/GJ)	Cu (mg/GJ)	Hg (mg/GJ)	Ni (mg/GJ)	Pb (mg/GJ)	Se (mg/GJ)	Zn (mg/GJ)	PM _{2,5} (g/GJ)	PM ₁₀ (g/GJ)	PST (g/GJ)
Fuelóleo	12,44/D	12,44/D	24,89/D	12,44/D	4,23/D	622,2/D	24,89/D	12,44/D	2,49/D	35/D	40/D	50/D
Gas Natural					0,1/D					0,2/D	0,2/D	0,2/D
G.L.P.										0,2/D	0,2/D	0,2/D

TABLA 4.26.
FACTORES DE EMISIÓN PARA CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES PARA LA
FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

COMBUSTIBLE	HCH (mg/GJ)	PCP (mg/GJ)	HCb (mg/GJ)	TCM (g/GJ)	TRI (g/GJ)	PER (g/GJ)	TCB (mg/GJ)	TCE (g/GJ)	DIOX (ng/GJ)	HAP (mg/GJ)
Fuelóleo									2,49/D	
Gas Natural										
G.L.P.										

INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ANDALUCÍA.

Fabricación de cerámica sanitaria y gres, y fabricación de productos cerámicos esmaltados o pintados tales como baldosas cerámicas, azulejos y loza.

Para estimar las emisiones de estas instalaciones a nivel de área la CMA emplea los factores de emisión dados por el CORINAIR en el capítulo B3320, tabla 2, considerando para aquellos casos en los que se da un intervalo, cuyo rango puede ser más o menos amplio, el valor central del intervalo.

TABLA 4.27.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR PARA LA
COCCIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

TIPO DE COMBUSTIBLE	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	CO (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Carbón antracita	650	160	93	100	15	15	4
Carbón - hulla	610	40	99		1,5	1,5	8
Carbón lignito	600	140	113	100	15	15	3,5
Carbón briquetas	220	140	98	100	15	15	3,5
Coke de lignito	145	45	105		2,5	2,5	
Coke de hulla	650	220	86	90	5	15	3
Madera		200	87,5		50	30	9
Fuel oil	818,5	140	75,5	12,5	3,5	2,55	8
Gasóleo	747,5	85	73,5	11	2	1,75	8
Keroseno	69	80	71	12	2	1	14
Gasolina	45	80	71	12	2	1	14
Gas Natural	4,15	187	61	60,5	6,25	2,2	4,7
GLP	1,02	60	62,5	13	1,5	2,5	2
Gas del horno de coke	6,02	75	54	11,5	2,7	2,7	1,25

Fabricación de objetos de arcilla cocida no esmaltada como macetones, etc.

Hasta el momento la CMA ha estimado, instalación por instalación, estas emisiones empleado los factores de emisión indicados en el apartado de fuentes de puntuales. Por ello, no ha establecido una metodología para la estimación de estas emisiones a nivel de área.

4.2. Metodología seleccionada para la estimación de las emisiones.

4.2.1. Para fuentes puntuales.

Fabricación de cerámica sanitaria y gres, y fabricación de productos cerámicos esmaltados o pintados tales como baldosas cerámicas, azulejos y loza.

Para la estimación de las emisiones en estas instalaciones se propone emplear los factores de emisión dados por la EPA.

TABLA 4.28.
FACTORES DE EMISIÓN PARA LA FABRICACIÓN
DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA (kg/t de producto)

PROCESO	SO ₂	NO _x	CO ₂	CO	COV	F	FH
Conformado tape – caster ⁽¹⁾					29 E		
Cocción en horno de gas natural sin control							
Contenido en azufre de la materia prima > 0,07%	22*S E	0,27 D	390 D	1,65 D	0,22 D	0,28 E	0,23 E
Contenido en azufre de la materia prima < 0,07 %	4,75*S E						
Recocido o bizcochado en horno de gas natural			48,5 E			0,0095 E	

(1) kg/t de producto conformado. Emisiones controladas por un postcombustor.

TABLA 4.29.
FACTORES DE EMISIÓN PARA PARTÍCULAS Y PLOMO EN LA
FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA (kg/t de producto)

PROCESO	PM (kg/t de producto)	Plomo (kg/t de producto)
Trituración, Molienda y tamizado de materia prima		
Con filtro de mangas ⁽¹⁾	0,06 D	N.D. N.A.
Granulación – Secado de materia prima con spray dryer de gas natural		
Con filtro de mangas ⁽²⁾	0,03 E	N.D. N.A.
Con venturi scrubber ⁽²⁾	0,095 D	N.D. N.A.
Secado	1,15 E	N.D. N.A.
Esmaltado		
Sin control ⁽³⁾	9,5 E	1,5 E
Con lavador húmedo ⁽³⁾	0,9 d	N.D. N.A.
Cocción en horno de gas natural sin control	0,245 D	N.D. N.A.
Enfriado	0,055 E	N.D. N.A.
Recocido o bizcochado en horno de gas natural	0,0335 E	N.D. N.A.

(1) Kg / t de materia procesada.

(2) Kg / t de materia secada.

(3) kg/ t de esmalte usado.

En el caso de que los combustibles empleados en hornos y secaderos, no sean gas natural se aplicarán los factores de emisión seleccionados para la estimación de las emisiones en la fabricación de ladrillos y tejas.

TABLA 4.30.
FACTORES DE EMISIÓN PARA EL CO

COCCIÓN	TIPO DE HORNO	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Fuel oil / gasoil	Túnel	0,060	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuel oil / gasoil	Intermitente	0,095	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Túnel	0,715	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Intermitente	1,195	Kg/t producto	C	CORINAIR
Biomasa	Túnel	0,8	Kg/t producto	D	EPA
SECADEROS		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽¹⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽¹⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín ⁽¹⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Fueloil		0,015	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasoil		0,012	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,0115	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,0115	Kg/GJ	CORINAIR	

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

TABLA 4.31.
FACTORES DE EMISIÓN PARA EL CO₂ EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

COCCIÓN	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Fuel oil / gasoil	N.D.	Kg/t producto	-	-
Carbón /coque	150	Kg/t producto	C	EPA
Biomasa	245	Kg/t producto	D	EPA
SECADEROS	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽¹⁾	96	Kg/GJ combust	IPCC	
Cáscara de almendra ⁽¹⁾	96	Kg/GJ combust	IPCC	
Serrín ⁽¹⁾	96	Kg/GJ combust	IPCC	
Fueloil	76	Kg/GJ combust	IPCC	
Gasoil	73	Kg/GJ combust	IPCC	
Butano	66,2	Kg/GJ combust	IPCC	
Propano	63,6	Kg/GJ combust	IPCC	

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

TABLA 4.32.
FACTORES DE EMISIÓN PARA EL NO_x

COCCIÓN	TIPO DE HORNO	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Fuel oil / gasoil	Túnel	0,550	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuel oil / gasoil	Intermitente	0,810	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Túnel	0,725	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Intermitente	1,175	Kg/t producto	C	CORINAIR
Biomasa	Túnel	0,185	Kg/t producto	E	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽¹⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽¹⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín ⁽¹⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Fueloil		0,16	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasoil		0,089	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,094	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,094	Kg/GJ	CORINAIR	

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

TABLA 4.33.
FACTORES DE EMISIÓN PARA EL SO_x

COCCIÓN	TIPO DE HORNO	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Fuel oil / gasoil	Túnel	2	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuel oil / gasoil	Intermitente	2,950 ⁽²⁾	Kg/t producto	U	EPA (FIRE)
Carbón /coque	Túnel	3,665	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Intermitente	6,065 ⁽²⁾	Kg/t producto	U	EPA (FIRE)
Biomasa (factor de emisión SO ₂)	Túnel	0,335	Kg/t producto	C	EPA
Biomasa (factor de emisión SO ₃)	Túnel	0,055	Kg/t producto	D	EPA
Biomasa (factor de emisión SO _x)	Túnel	0,39 ⁽⁴⁾	Kg/t producto	⁽³⁾	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽¹⁾		0,0035	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽¹⁾		0,0035	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín ⁽¹⁾		0,0035	Kg/GJ	CORINAIR	
Fueloil		0,49	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasoil		0,092	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,00029	Kg/GJ	GUIA METODOLOGICA	
Propano		0,000281	Kg/GJ	GUIA METODOLOGICA	

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

(2) Los factores propuestos para horno intermitente que utiliza como combustible carbón o fuel oil se han obtenido conforme a la metodología de cálculo del programa FIRE de la EPA.

(3) Factor obtenido como la suma de los correspondientes a SO₂ y SO₃.

TABLA 4.34.
FACTORES DE EMISIÓN PARA PM₁₀

COCCIÓN	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Fuel oil / gasoil	N.D.			
Carbón /coque	0,7	Kg/t producción	C	EPA
Biomasa	0,425	Kg/t producción	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽¹⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Cáscara de almendra ⁽¹⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Serrín ⁽¹⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Fueloil	0,027	Kg/GJ	EPA	
Gasoil	0,00314	Kg/GJ	EPA	
Butano	0,00278 ⁽²⁾	Kg/GJ	EPA	
Propano	0,00315 ⁽²⁾	Kg/GJ	EPA	

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

(2) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.

TABLA 4.35.
FACTORES DE EMISIÓN PARA PM EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

COCCIÓN	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	CÓDIGO	FUENTE
Fuel oil / gasoil	N.D.			
Carbón /coque	0,9	Kg/t producción	C	EPA
Biomasa	0,465	Kg/t producción	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Orujillo ⁽¹⁾	0,30471	Kg/GJ	EPA	
Cáscara de almendra ⁽¹⁾	0,30471	Kg/GJ	EPA	
Serrín ⁽¹⁾	0,30471	Kg/GJ	EPA	
Fueloil	0,03144	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Gasoil	0,00629	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Butano	0,00278 ⁽³⁾	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Propano	0,00315 ⁽³⁾	Kg/GJ	EPA (FIRE)	

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

(2) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.

TABLA 4.36.
FACTORES DE EMISIÓN EPA EN HORNO TÚNEL
DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	HORNO DE CARBÓN		HORNO DE SERRÍN		HORNO Y SECADERO DE SERRÍN	
COVNM	0,012	D	0,012	D	0,09	E
CH₄	0,0185	E	0,0185	E	N.D.	N.A.
F	N.D.	N.A.	0,295	E	N.D.	N.A.
HF	0,085	D	0,185	C	0,09	E
HCl	N.D.	N.A.	0,085	D	N.D.	N.A.
Benceno	0,145 x10 ⁻³	E	0,26 x10 ⁻³	E	0,28 x10 ⁻³	E

Fuente: EPA. Tabla 11.3-2, 11.3-3, 11.3-4, 11.3-5 y 11.3-6

TABLA 4.37.
FACTORES DE EMISIÓN EPA EN HORNO INTERMITENTES
DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	HORNO DE CARBÓN		HORNO DE SERRÍN		HORNO Y SECADERO DE SERRÍN	
COVNM	0,012 ⁽¹⁾	D	0,012 ⁽¹⁾	D	0,09	E
CH₄	0,0185 ⁽¹⁾	E	0,0185 ⁽¹⁾	E	N.D.	N.A.
F	N.D. ⁽¹⁾	N.A.	0,295 ⁽¹⁾	E	N.D.	N.A.
HF	0,085 ⁽¹⁾	D	0,185 ⁽¹⁾	C	0,09	E
HCl	N.D. ⁽¹⁾	N.A.	0,085 ⁽¹⁾	D	N.D.	N.A.
Benceno	0,145 x10 ⁻³	E	0,26 x10 ⁻³	E	0,28 x10 ⁻³	E

Fuente: EPA. Tabla 11.3-2, 11.3-3, 11.3-4, 11.3-5 y 11.3-6

(1) Factores de emisiones tomados de hornos túnel.

TABLA 4.38.
FACTORES DE EMISIÓN PARA METALES PESADOS Y OTROS EN HORNO
(kg/t producción)

Contaminante	Fueloil ⁽³⁾ (kg/t combust)		Carbón			Biomasa		
As	16,43 x 10 ⁻⁵	C	EPA	6,5 x 10 ⁻⁵	E	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D EPA
Cd ⁽²⁾	0,35 x 10 ⁻⁵	C	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D EPA
Cr	4,95 x 10 ⁻⁵	C	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D EPA
Cu ⁽²⁾	74,94 x 10 ⁻⁵	D	EPA	6,5 x 10 ⁻⁵	E	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D EPA
Hg	10,52 x 10 ⁻⁵	C	EPA	4,8 x 10 ⁻⁵	E	EPA	3,75 x 10 ⁻⁶	D EPA
Ni	21,91 x 10 ⁻⁵	C	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D EPA
Pb	1,41 x 10 ⁻⁵	C	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D EPA
Zn	37,34 x 10 ⁻⁵	C	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D EPA
F y HF ⁽¹⁾	1051,9 x 10 ⁻⁵	C	EPA	0,085	D	EPA	0,185	C EPA
Cl y HCl ⁽¹⁾	117,76 x 10 ⁻⁵	D	EPA	-	-	-	0,085	C EPA

(1) Son factores para hornos tipo túnel.

(2) Para el Cu se ha propuesto el mismo factor que para el As, y para el Cd el mismo que el Zinc, ya que sus volatilidades son similares.

(3) Factores de emisión genéricos de combustión en instalaciones menores de 50 MW_t.

TABLA 4.39.
FACTORES DE EMISIÓN PARA LAS EMISIONES
DE METALES SECADEROS.

Contaminante	Coque			Biomasa			Fueloil			Gasoil		
As	0,00956	E	EPA	0,00017	A	EPA	0,000164	C	EPA	0,0000721	E	EPA
Cd	0,000618	E	EPA	0,000031	A	EPA	0,0000488	C	EPA	0,0000551	E	EPA
Cr	0,0197	E	EPA	0,000162	A	EPA	0,000104	C	EPA	0,0000551	E	EPA
Ni	0,0162	E	EPA	0,000241	A	EPA	0,0105	C	EPA	0,0000551	E	EPA
Pb	0,00709	E	EPA	0,000361	A	EPA	0,000187	C	EPA	0,000164	E	EPA

Fabricación de objetos de arcilla cocida no esmaltada como macetones, etc.

Se propone la utilización de factores de emisión genéricos de combustión para instalaciones menores de 50 MW_t.

TABLA 4.40.
FACTORES DE EMISIÓN PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t.

COMBUSTIBLE	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	CO (g/GJ)	CO ₂ (Kg/GJ)	COVNM (g/GJ)
Orujillo	3,5	200	6,5	15	1504	96	
Madera	3,5	200	6,5	15	1504	96	
Fueloil	490	160	46,5	2,9	15	76	24,55
Gasoil	92	89	15,7	0,6	12	73	15
Butano	0,29	94	3	1	11,5	66,2	1,45
Propano	0,281	94	3	1	11,5	63,6	1,39
Gas Natural	0,249	100	2,4	1,4	17	56	3

TABLA 4.41.
FACTORES DE EMISIÓN PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t.

COMBUSTIBLE	As (g/GJ)	Cd (g/GJ)	Cr (g/GJ)	Cu (g/GJ)	Hg (g/GJ)	Ni (g/GJ)	Pb (g/GJ)	Se (g/GJ)	Zn (g/GJ)
Fueloil ⁽¹⁾	0,01244	0,01244	0,02489	0,01244	0,00423	0,6222	0,02489	0,01244	0,00249
Gas Natural ⁽¹⁾					0,0001				
Orujillo ⁽²⁾	0,0099	0,0018	0,0094			0,014	0,021		
Madera ⁽²⁾	0,0099	0,0018	0,0094			0,014	0,021		
Gasoil ⁽²⁾	0,0017	0,0013	0,0013			0,0013	0,00387		

(3) Fuente: CORINAIR.

(4) Fuente: EPA.

TABLA 4.42.
FACTORES DE EMISIÓN PARA PARTÍCULAS
PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t (kg/GJ de combustible).

COMBUSTIBLES	PM ₁₀	FUENTE	PM	FUENTE
Orujillo ⁽¹⁾	0,215	EPA	0,30471	EPA
Madera	0,215	EPA	0,30471	EPA
Fueloil	0,027	EPA (FIRE)	0,03144	EPA (FIRE)
Gasoil	0,00314	EPA (FIRE)	0,00629	EPA (FIRE)
Butano	0,00278 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00278 ⁽²⁾	EPA (FIRE)
Propano	0,00315 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00315 ⁽²⁾	EPA (FIRE)
Gas natural	0,000785 ⁽³⁾	EPA (FIRE)	0,000785 ⁽³⁾	EPA (FIRE)

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

(2) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.

(3) Factor correspondiente a partículas filtrables

4.2.2. Para fuentes de área.

Fabricación de cerámica sanitaria y gres, y fabricación de productos cerámicos esmaltados o pintados tales como baldosas cerámicas, azulejos y loza.

Los factores de emisión propuestos para estimar las emisiones cuando la fabricación de materiales de cerámica fina se trata a nivel de área, se presentan en las tablas adjuntas. A excepción de los factores recomendados para partículas, esta metodología es la propuesta por el MMA.

TABLA 4.43.
FACTORES DE EMISIÓN PARA ACIDIFICADORES,
PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO
PARA LA FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

COMBUSTIBLE	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	CO (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Fuelóleo	1.323/C	165/C	10/C	2,9/C	10/C	76/C	14/C
Gas Natural	0,3/D	62/D	5/D	1,4/D	10/D	55-56/D	3/D
G.L.P.	0,04/D	62/D	2,1/D	0,9/D	10/D	65/D	3/D

Gas natural CO₂: Años 1990-1991: 55 kg/GJ; 1993-2002 = 56 kg/GJ

TABLA 4.44.
FACTORES DE EMISIÓN PARA METALES PESADOS Y PARTÍCULAS PARA LA
FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

COMBUSTIBLE	As (mg/GJ)	Cd (mg/GJ)	Cr (mg/GJ)	Cu (mg/GJ)	Hg (mg/GJ)	Ni (mg/GJ)	Pb (mg/GJ)	Se (mg/GJ)	Zn (mg/GJ)
Fuelóleo	12,44/D	12,44/D	24,89/D	12,44/D	4,23/D	622,2/D	24,89/D	12,44/D	2,49/D
Gas Natural					0,1/D				
G.L.P.									

TABLA 4.45.
FACTORES DE EMISIÓN PARA PARTÍCULAS
PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t (kg/GJ de combustible).

COMBUSTIBLES	PM ₁₀	FUENTE	PM	FUENTE
Fueloil	0,027	EPA (FIRE)	0,03144	EPA (FIRE)
Gas natural	0,000785 ⁽³⁾	EPA (FIRE)	0,000785 ⁽³⁾	EPA (FIRE)
Butano	0,00278 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00278 ⁽³⁾	EPA (FIRE)
Propano	0,00315 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00315 ⁽³⁾	EPA (FIRE)

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

(2) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.

(3) Factor correspondiente a partículas filtrables

TABLA 4.46.
FACTORES DE EMISIÓN PARA CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES PARA LA
FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CERÁMICA FINA.

COMBUSTIBLE	HCH (mg/GJ)	PCP (mg/GJ)	HCb (mg/GJ)	TCM (g/GJ)	TRI (g/GJ)	PER (g/GJ)	TCB (mg/GJ)	TCE (g/GJ)	DIOX (ng/GJ)	HAP (mg/GJ)
Fuelóleo									2,49/D	
Gas Natural										
G.L.P.										

Fabricación de objetos de arcilla cocida no esmaltada como macetones, etc.

También aquí se propone la utilización de factores de emisión genéricos de combustión para instalaciones menores de 50 MW_t.

TABLA 4.47.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t.

COMBUSTIBLE	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	CO (g/GJ)	CO ₂ (Kg/GJ)	COVNM (g/GJ)
Orujillo	3,5	200	6,5	15	1504	96	
Madera	3,5	200	6,5	15	1504	96	
Fueloil	490	160	46,5	2,9	15	76	24,55
Gasoil	92	89	15,7	0,6	12	73	15
Butano	0,29	94	3	1	11,5	66,2	1,45
Propano	0,281	94	3	1	11,5	63,6	1,39
Gas Natural	0,249	100	2,4	1,4	17	56	3

TABLA 4.48.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t.

COMBUSTIBLE	As (g/GJ)	Cd (g/GJ)	Cr (g/GJ)	Cu (g/GJ)	Hg (g/GJ)	Ni (g/GJ)	Pb (g/GJ)	Se (g/GJ)	Zn (g/GJ)
Fueloil ⁽¹⁾	0,01244	0,01244	0,02489	0,01244	0,00423	0,6222	0,02489	0,01244	0,00249
Gas Natural ⁽¹⁾					0,0001				
Orujillo ⁽²⁾	0,0099	0,0018	0,0094			0,014	0,021		
Madera ⁽²⁾	0,0099	0,0018	0,0094			0,014	0,021		
Gasoil ⁽²⁾	0,0017	0,0013	0,0013			0,0013	0,00387		

(5) Fuente:CORINAIR.

(6) Fuente:EPA.

TABLA 4.49.
FACTORES DE EMISIÓN PARA PARTÍCULAS
PARA INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN < 50 MW_t (kg/GJ de combustible).

COMBUSTIBLES	PM ₁₀	FUENTE	PM	FUENTE
Orujillo ⁽¹⁾	0,215	EPA	0,30471	EPA
Madera	0,215	EPA	0,30471	EPA
Fueloil	0,027	EPA (FIRE)	0,03144	EPA (FIRE)
Gasoil	0,00314	EPA (FIRE)	0,00629	EPA (FIRE)
Butano	0,00278 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00278 ⁽²⁾	EPA (FIRE)
Propano	0,00315 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00315 ⁽²⁾	EPA (FIRE)
Gas natural	0,000785 ⁽³⁾	EPA (FIRE)	0,000785 ⁽³⁾	EPA (FIRE)

(1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

(2) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.

(3) Factor correspondiente a partículas filtrables

4.3. Comparación con la metodología del MMA.

4.3.1. Para fuentes puntuales.

La metodología propuesta para estimar las emisiones a nivel puntual difiere, a grandes rasgos, con la del MMA en los siguientes aspectos:

- Los factores de emisión considerados por el MMA son factores genéricos, función únicamente del combustible empleado, sin distinguir según el tipo de horno instalado.
- No propone factores de emisión para otras etapas del proceso:
- No considera las plantas dedicadas a la fabricación de objetos de arcilla no esmaltada, cuya característica diferenciadora es el horno moruno donde se lleva a cabo la cocción de las piezas. Este tipo de plantas se localiza en Andalucía.

4.3.2. Para fuentes de área.

Fabricación de cerámica sanitaria y gres, y fabricación de productos cerámicos esmaltados o pintados tales como baldosas cerámicas, azulejos y loza.

Comparando la metodología propuesta en el apartado 4.2.2. Metodología seleccionada para fuentes de área, con la empleada por el MMA se llega a las siguientes conclusiones:

- Para los combustibles considerados por el MMA:
 - § Para acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero, los factores seleccionados coinciden con los tomados por MMA, con las siguientes excepciones:
 - ≠ El MMA considera que las emisiones de SO₂ debidas a la combustión del gas natural y LPG son despreciables. Sin embargo, además de dichas emisiones, existen por otro lado, las correspondientes a la combustión de las piritas presentes en la arcilla. Por ello, se ha seleccionado el límite inferior del intervalo del rango de emisión dado en el CORINAIR 0,3 g/GJ y 0,04 g/GJ, para gas natural y LPG, respectivamente.
 - § Para metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes, los factores son exactamente los mismos.

- § Para partículas: en este caso se han propuesto los factores de emisión propuestos por la EPA, ya que todas las metodologías consultadas se refieren siempre a dicha fuente.

Fabricación de objetos de arcilla cocida no esmaltada como macetones, etc.

Dado que el MMA no considera este tipo de plantas, no presenta una metodología específica para ellas, por tanto, no procede la comparación.

5. Variables de actividad.

5.1. Resumen de las variables de actividad a emplear.

Las variables de actividad necesarias según el tratamiento dado a la actividad, como fuente puntual o como fuente de área, y en función de la etapa del proceso son las siguientes:

- Fuente puntual.
 - § Preparación y secado de materias primas.
 - ≠ Materia prima procesada (toneladas).
 - ≠ Materia prima secada (toneladas).
 - § Conformado.
 - ≠ Producción (toneladas).
 - § Secado.
 - ≠ Producción (toneladas).
 - ≠ Tipo de secadero y medidas de control.
 - ≠ Cantidad (toneladas) y tipo de combustible consumido.
 - § Esmaltado.
 - ≠ Esmalte consumido (toneladas).
 - ≠ Medidas de control de las emisiones en la cabina de esmaltado.
 - § Cocción.
 - ≠ Producción (toneladas).
 - ≠ Tipo de horno.
 - ≠ Cantidad (toneladas) y tipo de combustible consumido.
 - § Enfriamiento.
 - ≠ Producción (toneladas).

§ Recocido o bizcochado.

≠ Producción (toneladas).

≠ Tipo de horno.

≠ Cantidad (toneladas) y tipo de combustible consumido.

- Fuente de área.

≠ Cantidad (toneladas) y tipo de combustible consumido.

5.2. Caracterización de los combustibles empleados.

En la tabla adjunta se recogen los valores por defecto de las características de los combustibles empleados.

TABLA 5.1.
CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES EMPLEADOS EN EL SECTOR

COMBUSTIBLE	PCI (GJ/t)	D (kg/m ³)
Carbón	30,14	
Coque de carbón	29,80	
Coque de petróleo	32,50	
Fuel oil genérico	40,18	964
Gasóleo A, B, C	42,40	900
Gas natural	48,34	0,8
Orujillo de aceituna	17,20	
Cáscara de almendra	15,30	
Serrín	13,60	
Madera	14,44	
Residuos de madera	14,80	

5.3. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Criterios de selección de las fuentes de datos.

Cuando el sector se trata de forma puntual, la información debe recopilarse instalación a instalación mediante cuestionarios o cualquier otra fórmula que se considere adecuada a tal efecto. Sin embargo, cuando las emisiones del sector se estiman a nivel de área, la información debe solicitarse a las asociaciones sectoriales.

Existen asociaciones sectoriales de ámbito local, provincial, autonómico y nacional; y en la mayoría de los casos, estas asociaciones representan a una actividad dentro de un sector y no a un sector completo. Además, no puede olvidarse el hecho de que, dichas asociaciones disponen

sólo de la información referente a las empresas asociadas dentro de su radio de acción, de modo que la información que pueden facilitar no abarca al total de empresas que integran la actividad.

Lo ideal es pedir los datos para cada actividad a aquella asociación, que integrando el mayor número de empresas posibles, pueda proporcionar los datos con el nivel de desagregación requerido. Siempre se preferirá que la información sea lo más completa posible aunque no esté desagregada de la forma más conveniente, buscando en este caso otra variable de la actividad (producción, número de empleados, etc), que estando disponible, permita el posterior reparto de las emisiones estimadas al nivel deseado.

6. Incertidumbre.

El análisis de la incertidumbre asociada a la determinación de emisiones puede realizarse por los siguientes métodos:

- Análisis cualitativo.
- Análisis semi-cuantitativo.
- Análisis cuantitativo.

Las características de cada uno de estos métodos se establecen conforme a las pautas determinadas por el EIIP (Emission Inventory Improvement Program – EPA).

Sin embargo, en este documento se propone la metodología seguida por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, para la asignación de la incertidumbre asociada a las emisiones estimadas, bien sea partir de mediciones o de factores de emisión, ya que se trata de una metodología:

- simple, que permite procesar un gran número de datos por unidad de tiempo,
- homogénea, para cualquier actividad, y
- basada en buenas prácticas establecidas por organismos de reconocido prestigio.

6.1. Metodología propuesta.

Dado que la incertidumbre asociada al valor estimado de una emisión depende tanto de la incertidumbre asociada la variable de actividad como de la asociada al método de cálculo, habrá que analizar necesariamente ambos tipos de incertidumbre.

Incertidumbre asociada a las variables de actividad

Las variables de actividad proceden de las propias instalaciones o de asociaciones sectoriales, según se haya tratado la información a nivel puntual o de área.

En el caso de que la información sea suministrada por asociaciones, éstas podrían aportar el valor de la incertidumbre asociada, aunque actualmente no lo hacen.

Sin embargo, cuando la actividad se trata de forma puntual, los datos son específicos de cada instalación y se corresponden con una declaración formal de la misma. Por lo que las incertidumbres asociadas a los datos de la actividad no son fácilmente determinables. Siendo sólo posible verificar si el valor es del mismo orden que el notificado en periodos anteriores y en el caso de que la diferencia sea significativa determinar la causa.

Incertidumbre asociada al método de estimación.

Cuando no se cuenta con datos específicos de mediciones continuas o periódicas de los contaminantes emitidos por los procesos de una actividad, una buena práctica es llevar a cabo estimaciones de las emisiones usando factores de emisión extraídos de referencias coherentes y de reconocido prestigio.

Estos factores, se determinan en circunstancias particulares que se consideran típicas. Habrá por lo tanto una incertidumbre asociada a la aplicación de los factores en circunstancias distintas a las originales en la que se desarrollaron los mismos.

Aunque los factores de emisión llevan asociado un índice de calidad del factor, no es posible determinar la incertidumbre asociada a la aplicación del factor en un país distinto al que lo ha desarrollado. En este sentido, no existen factores de emisión específicos en España.

Si no se tuviera en cuenta la incertidumbre asociada al empleo de factores de emisión en un país diferente al que se ha desarrollado el factor. Se podría acudir al rango de incertidumbre asociado a la calidad del factor. Dicho índice de calidad "Data quality rating" se refiere a la capacidad que posee el factor de emisión para representar la tasa media de emisión de una determinada fuente. Se pueden distinguir 5 tipos de índices de calidad cuya definición y rango típico de error al determinar el valor de las emisiones (en las condiciones representativas de la actividad en la que

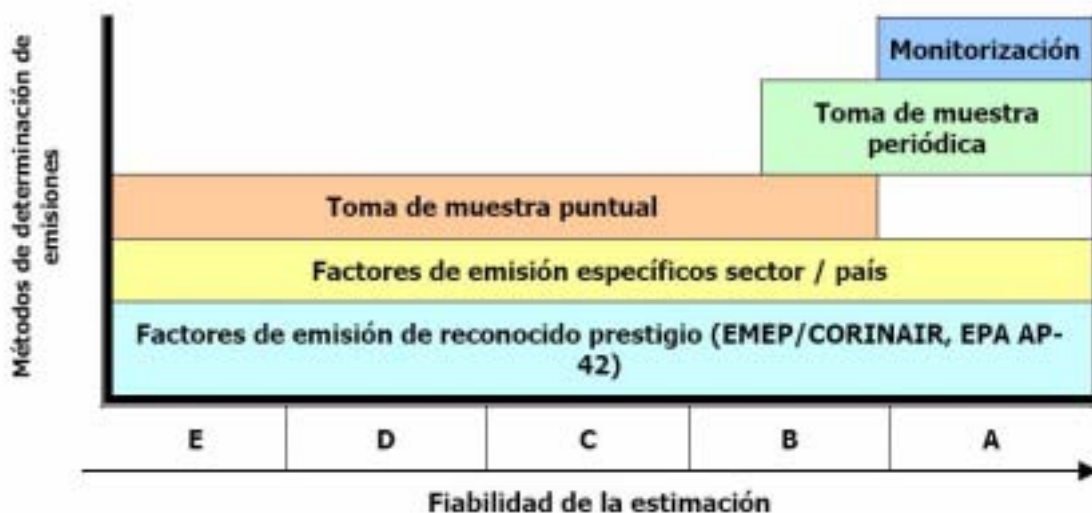
se realizó la estimación del dato), según las referencias del CORINAIR se indican en la tabla adjunta:

TABLA 6.1.
INDICE DE CALIDAD Y RANGO TÍPICO DE ERROR SEGÚN CORINAIR.

Rating	Definición	Rango típico de error
A	Estimación basada en un gran número de medidas hechas en instalaciones que representan totalmente el sector	10 a 30 %
B	Estimación basada en un gran número de medidas hechas en instalaciones que representan gran parte del sector	20 a 60 %
C	Estimación basada en una serie de medidas en un número pequeño de instalaciones representativas del sector, o basadas en juicios técnicos en función de datos relevantes	50 a 150 %
D	Estimación basada en medidas individuales o cálculos ingenieriles derivados de un número relevante de datos	100 a 300 %
E	Estimación basada en cálculos derivados de la consideración de hipótesis	Orden de magnitud

(Fuente: Good Practice Guidance for CLRTAPEmisión Inventories, CORINAIR, Noviembre 2.001)

Sin embargo, en el documento “Procedures for Preparing Emission Factor”, EPA-454/R-95-015, se establece una relación entre los métodos empleados para la determinación de emisiones y el grado de fiabilidad en la estimación realizada por los mismos.



Siendo el intervalo de incertidumbre asociado a cada índice de calidad el siguiente:

TABLA 6.2.
INTERVALOS DE INCERTIDUMBRE ASOCIADOS A LOS ÍNDICES DE CALIDAD SEGÚN EPA.

Rating	Rango típico de error
A	10 a 30 %
B	20 a 60 %
C	50 a 150 %
D	100 a 300 %
E	Orden de magnitud

Respecto a la gráfica anterior cabe establecer las siguientes conclusiones:

- Puede establecerse una relación entre la fiabilidad de la estimación realizada con un determinado método y el índice de calidad de un factor de emisión. Así, por ejemplo:
 - § En el caso de que existieran factores de emisión desarrollados específicamente para una determinada región y sector, el orden de fiabilidad de la estimación de la emisión obtenida utilizando datos de monitorización sería equivalente al mejor Índice de Calidad del factor de emisión.
 - § El empleo de datos procedentes de autocontroles permite determinar emisiones con fiabilidad del orden de las calculadas a partir de monitorización. Esta aproximación es mejor cuanto mayor sea el número de autocontroles anuales, considerando la menor incertidumbre dentro del intervalo correspondiente al índice del factor cuando la frecuencia del autocontrol sea superior a una vez al mes.
 - § Las determinaciones a partir de datos de mediciones puntuales, siempre y cuando sean representativas, tendrían una fiabilidad del orden de las realizadas mediante el empleo de factores de emisión.
- Los Índices de Calidad indicados se corresponden con los establecidos por la EPA, el uso de los mismos para la determinación de emisiones en un país distinto (con sus propias aplicaciones tecnológicas, materia primas específicas, etc.) lleva intrínsecamente asociada una incertidumbre adicional al Índice de Calidad propio del factor.

Partiendo de estas premisas, la incertidumbre asignada según la forma en que se haya determinado la estimación de la emisión será:

TABLA 6.3.
INCERTIDUMBRE ASIGNADA SEGÚN EL MÉTODO
EMPLEADO PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

Tipo de determinación del dato de emisión (kg/año)	Incertidumbre	
Monitorización	10%	
LVCC / Autocontroles mensuales	20%	
Mediciones en condiciones representativas	30%	
Factores de emisión	Índice de calidad A	30%
	Índice de calidad B	60%
	Índices de calidad superiores	100%

Cabe indicar que cuando se lleve a cabo la determinación de un dato de emisión total de una instalación correspondiente a la suma de sus distintos focos y en cada uno de ellos exista un criterio de prevalencia distinto, la incertidumbre será la correspondiente al método que contribuya en mayor medida a las emisiones totales.

CAPÍTULO 8

GUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN LA FABRICACIÓN DE CERÁMICA ESTRUCTURAL

ÍNDICE

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.	1
2. Descripción de la actividad (procesos que engloba).....	1
3. Descripción de las emisiones características de la actividad.	4
4. Metodología de cálculo de las emisiones.	4
4.1. Análisis de las diferentes metodologías.	7
4.1.1. Factores para fuentes puntuales.	7
4.1.2. Factores para fuentes de área.	30
4.2. Metodología seleccionada para la estimación de las emisiones.	33
4.2.1. Para fuentes puntuales.	33
4.2.2. Para fuentes de área.	43
4.3. Comparación con la metodología del MMA.....	46
4.3.1. Para fuente puntual.....	46
4.3.2. Para fuente de área	46
5. Variables de actividad.	48
5.1. Resumen de las variables de actividad a emplear.	48
5.2. Caracterización de los combustibles empleados.	48
5.3. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Criterios de selección de las fuentes de datos.	49
6. Incertidumbre.	50
6.1. Metodología propuesta.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Factores de emisión CORINAIR en hornos túnel de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	7
Tabla 4.2. Factores de emisión CORINAIR en hornos discontinuos de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	8
Tabla 4.3. Factores de emisión CORINAIR en hornos de curado y cocción cuando no se conoce ni el tipo de horno ni el combustible (kg/t de ladrillos producidos)	8
Tabla 4.4. Factores de emisión EPA para partículas (kg/t de materia prima procesada).....	8
Tabla 4.5. Factores de emisión EPA en secaderos (kg/t de ladrillos producidos).....	9
Tabla 4.6. Factores de emisión EPA en hornos túnel de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	9
Tabla 4.7. Factores de emisión EPA para metales pesados en hornos túnel de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos)	9
Tabla 4.8. Factores de emisión EPA en hornos discontinuos de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	10
Tabla 4.9. Factores de emisión EPA para metales pesados en hornos discontinuos de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos)	10
Tabla 4.10. Factores de emisión NPI para contaminantes principales en la fabricación de ladrillos (kg/t de ladrillos producidos).....	11
Tabla 4.11. Factores de emisión NPI para otros contaminantes en la fabricación de ladrillos (kg/t de ladrillos producidos).....	12
Tabla 4.12. Factores de emisión NPI para metales en la fabricación de ladrillos (kg/t de ladrillos producidos).....	12
Tabla 4.13. Factores de emisión IHOBE para contaminantes principales en la fabricación de ladrillos	13
Tabla 4.14. Factores de emisión IHOBE para otros contaminantes en la fabricación de ladrillos.....	14
Tabla 4.15. Factores de emisión de HISPALYT para contaminantes principales en la fabricación de ladrillos (kg/GJ de combustible)	15
Tabla 4.16. Poderes caloríficos para combustibles propuestos por HISPALYT	15
Tabla 4.17. Factores de emisión de HISPALYT para partículas, metales pesados y otros en la fabricación de ladrillos.	15
Tabla 4.18. Factores de emisión EPER para el CO en la fabricación de ladrillos	18
Tabla 4.19. Factores de emisión EPER para el NO _x en la fabricación de ladrillos	19
Tabla 4.20. Factores de emisión EPER para el SO _x en la fabricación de ladrillos	20
Tabla 4.21. Porcentaje de Azufre en los combustibles.....	21
Tabla 4.22. Factores de emisión EPER para PM ₁₀ en la fabricación de ladrillos	21
Tabla 4.23. Factores de emisión EPER para metales en la fabricación de ladrillos (kg/t producción)	22
Tabla 4.24. Factores de emisión EPER para metales en instalaciones auxiliares / secaderos.	22

Tabla 4.25. Factores de emisión para la estimación de las emisiones de CO ₂ asociadas a los procesos de combustión según KYOTO.....	23
Tabla 4.26. Factores de emisión para la estimación de las emisiones de CO ₂ asociadas al proceso según KYOTO.....	24
Tabla 4.27. Factores de emisión EPER para el CO ₂ en la fabricación de ladrillos.....	25
Tabla 4.28. Factores de emisión de FISCALIDAD AMBIENTAL para la fabricación de ladrillos y tejas (kg/t ladrillos).....	26
Tabla 4.29. Factores de emisión INVENTARIO-CMA para partículas (kg/t de materia prima procesada).....	27
Tabla 4.30. Factor de reducción por tipo de almacenamiento empleado en el INVENTARIO-CMA.....	27
Tabla 4.31. Factores de emisión INVENTARIO-CMA en hornos túnel de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	28
Tabla 4.32. Factores de emisión INVENTARIO-CMA para metales pesados en hornos túnel de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	28
Tabla 4.33. Factores de emisión INVENTARIO-CMA en hornos discontinuos de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	29
Tabla 4.34. Factores de emisión INVENTARIO-CMA para metales pesados en hornos discontinuos de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	29
Tabla 4.35. Factores de emisión INVENTARIO-CMA en secaderos (kg/t de ladrillos producidos).....	30
Tabla 4.36. Factores de emisión CORINAIR para fuentes de área según tipo de combustible para la fabricación de ladrillos y tejas.....	30
Tabla 4.37. Factores de emisión del MMA para acidificadores, precursores del ozono y gases de efecto invernadero en la fabricación de ladrillos y tejas.....	31
Tabla 4.38. Factores de emisión del MMA para metales pesados y partículas en la fabricación y ladrillos y tejas.	32
Tabla 4.39. Factores de emisión del MMA para contaminantes orgánicos persistentes en la fabricación de ladrillos y tejas.	32
Tabla 4.40. Factores de emisión INVENTARIO-CMA para fuentes de área según tipo de combustible para la fabricación de ladrillos y tejas.....	33
Tabla 4.41. Factores de emisión seleccionados para el CO en la fabricación de ladrillos.....	34
Tabla 4.42. Factores de emisión seleccionados para la estimación de las emisiones de CO ₂ asociadas a los procesos de combustión según KYOTO.....	35
Tabla 4.43. Factores de emisión para la estimación de las emisiones de CO ₂ asociadas al proceso según KYOTO.....	35
Tabla 4.44. Factores de emisión seleccionados para el CO ₂ en la fabricación de ladrillos.....	36
Tabla 4.45. Factores de emisión seleccionados para el NO _x en la fabricación de ladrillos.....	37
Tabla 4.46. Factores de emisión seleccionados para el SO _x en la fabricación de ladrillos.....	38

Tabla 4.47. Porcentaje de Azufre en los combustibles (seleccionados).....	39
Tabla 4.48. Factores de emisión seleccionados para PM ₁₀ en la fabricación de ladrillos	40
Tabla 4.49. Factores de emisión seleccionados para PM en la fabricación de ladrillos	41
Tabla 4.50. Factores de emisión seleccionados en secaderos (kg/t de ladrillos producidos)	41
Tabla 4.51. Factores de emisión seleccionados en hornos túnel de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos)	42
Tabla 4.52. Factores de emisión seleccionados en hornos discontinuos de curado y cocción (kg/t de ladrillos producidos).....	42
Tabla 4.53. Factores de emisión seleccionados en hornos (túnel y discontinuos) en la fabricación de ladrillos (kg/t producción).....	42
Tabla 4.54. Factores de emisión seleccionados para metales en instalaciones auxiliares (kg/t de combustible).	43
Tabla 4.55. Factores de emisión seleccionados para fuentes de área según tipo de combustible para la fabricación de ladrillos y tejas.....	44
Tabla 4.56. Factores de emisión seleccionados para fuentes de área en la fabricación de ladrillos (kg/t producción)	45
Tabla 4.57. Factores de emisión seleccionados para fuentes de área para partículas en la fabricación de ladrillos y tejas (kg/GJ de combustible).	45
Tabla 4.58. Factores de emisión seleccionados para fuentes de área para contaminantes orgánicos persistentes en la fabricación de ladrillos y tejas.....	46
Tabla 5.1. Características de los combustibles empleados en el sector	49
Tabla 6.1. Índice de calidad y rango típico de error según CORINAIR al determinar el valor de las emisiones.	52
Tabla 6.2. Intervalos de incertidumbre asociados a los índices de calidad según EPA.	53
Tabla 6.3. Incertidumbre asignada según el método empleado para la estimación de las emisiones	54

1. Clasificación como fuente puntual o fuente de área.

El tratamiento de la información referente a esta actividad debe hacerse a nivel puntual, siempre que, por un lado, el ámbito geográfico del inventario en cuestión lo permita y por otro lado, que se disponga de información individual de un número de instalaciones suficiente como para que sus emisiones sean representativas de la actividad, dado que sólo así podrán tenerse en consideración las diferentes características que una u otra tipología de horno confiere al proceso productivo.

De acuerdo con el tipo de tratamiento recomendado para esta actividad, la información necesaria para la estimación de las emisiones deberá proceder de las propias instalaciones.

2. Descripción de la actividad (procesos que engloba).

Dentro de esta actividad se incluye la fabricación de materiales de construcción cerámicos que no se someten a esmaltado, ni a ningún otro tratamiento de acabado en el que se empleen pinturas o disolventes.

El proceso de fabricación de ladrillos, tejas, bloques y bovedillas se desarrolla en una serie de etapas sucesivas, que pueden resumirse del siguiente modo: preparación de materias primas, molienda y mezcla, ensilado, amasado, moldeo, secado, cocción, clasificación y embalaje. Cada una de estas etapas se detalla a continuación:

- Preparación de materias primas: Incluye la extracción de las materias primas, fundamentalmente mezclas de arcillas arenosas y plásticas, y su preparación. El proceso comienza con la extracción de la materia prima que generalmente se encuentra en canteras próximas a las instalaciones. Posteriormente, se almacena en grandes patios adyacentes a la planta, donde se adiciona agua y, en algunas ocasiones, agentes químicos que promueven su humectación y plastificación, adquiriendo tras varios días de reposo la consistencia apropiada.
- Etapas de molienda y mezclado: La molienda puede efectuarse por vía seca o vía húmeda, siendo este segundo tipo el más empleado. Para la molienda por vía seca suelen utilizarse molinos de martillos o desintegradoras de cuchillas. Cuando la molienda se realiza por vía húmeda, se emplean molinos de rodillos para la trituración

previa antes de continuar con un laminador que produce láminas finas de arcilla del orden de 1mm de espesor.

El material molido se mezcla con distintos aditivos que entrarán en la formulación de la pasta, como por ejemplo dióxido de manganeso, carbonato cálcico micronizado, carbonato de bario y, en ocasiones, orujo y poliestireno.

- Ensilado y amasado: La mezcla de arcilla molida se amasa con agua y se lleva a unos silos en los que permanece de 10 a 15 días con objeto de permitir que la humedad penetre en toda la masa arcillosa.
- Moldeo: El moldeo de las piezas se suele realizar por extrusión para los ladrillos, bovedillas y bloques y por prensado en el caso de las tejas. En la extrusión, la pasta, con una humedad en torno al 20%, se hace pasar a través de un molde perforado denominado “galletera”.
- Secado: En esta operación se busca reducir la humedad de las piezas moldeadas. La operación de secado se puede realizar de formas diferentes, dependiendo del nivel tecnológico:
 - § Secado natural: el material se seca al aire libre. Es prácticamente exclusivo de zonas secas y soleadas y suele llevarse a cabo en naves cubiertas sin cerramiento lateral con el fin de que tengan una buena aireación. El producto obtenido es de calidad variable y no se puede controlar la humedad final de los mismos, dado que ésta depende fundamentalmente de la humedad ambiente.
 - § Secado artificial:
 - ≠ Intermitente: el material se ubica en cámaras en las que se hace circular aire caliente procedente del horno de cocción.
 - ≠ Continuo: se realiza en túneles o cámaras donde se produce el contacto en contracorriente con aire caliente a temperaturas de hasta 150° C, lográndose de esta manera un aumento progresivo en la temperatura del material y una disminución en su contenido de humedad.

En el caso del secado artificial los productos se introducen en el secadero conteniendo una humedad del 20%, y salen con un contenido de la misma inferior al 1%. En estos equipos se utiliza normalmente el aire caliente procedente de la refrigeración del horno, y en algunos casos se completa el aporte de calor con la combustión en quemadores de gas natural, fuelóleo, coque, o mezcla de estos combustibles.

El producto seco se apila y se lleva a la etapa de cocción, pudiendo ser almacenado en algunos casos en un prehorno a una temperatura de 100° C hasta su introducción en el horno de cocción.

- Cocción de las piezas: Durante esta fase se produce la pérdida irreversible de la plasticidad de la masa y se forma el cuerpo cerámico, con su estructura y características definitivas, como consecuencia de las reacciones producidas sobre la fase sólida. Para la operación de cocción se emplean genéricamente dos tipos de hornos: túnel y Hoffmann.

Estas dos tipologías de hornos se diferencian fundamentalmente en el principio de operación. El horno tipo túnel es un horno continuo estacionario, en el que el material va desplazándose, en contracorriente con los gases de combustión, a lo largo de las secciones de precalentamiento, cocción y enfriamiento, caracterizadas por presentar siempre las mismas variables de funcionamiento en cada punto. En el horno Hoffmann, por el contrario, las secciones se cargan de forma independiente y en cada una se suceden los procesos de calentamiento, cocción y enfriamiento de forma separada y secuencial mediante el desplazamiento de la llama y las entradas y extracciones de aire.

Entre los combustibles convencionales más utilizados en los hornos de cocción están los fuelóleos, coque y el gas natural. En Andalucía, dado que la mayor parte de las plantas dedicadas a esta actividad se encuentran ubicadas en las provincia de Jaén y Córdoba, donde hay un importante número de almazaras, cabe destacar la frecuente utilización de biomasa como combustible, en especial orujillo y otros restos vegetales como la cáscara de almendra.

- Clasificación y embalaje: Las piezas que cumplen los requisitos de calidad exigidos se apilan y se embalan en telas de plástico para su expedición.

3. Descripción de las emisiones características de la actividad.

En las cuatro primeras etapas del proceso, preparación de materias primas, molienda y mezclado, ensilado y amasado, y moldeo, las únicas emisiones que tienen lugar corresponden a emisiones fugitivas de partículas debidas a las operaciones de manipulación y reducción de tamaño involucradas.

En el secado las emisiones dependen del tipo de secadero, siendo éstas las que se nombran a continuación:

- Secaderos sin aporte de calor mediante combustión: COVNM, CH₄ y partículas.
- Secaderos con aporte de calor adicional: NO_x, CO, CO₂, COVNM, CH₄ y partículas.

Dentro del proceso de fabricación, la etapa de cocción es la que supone una mayor afección para el medio ambiente. Las sustancias contaminantes proceden tanto de las materias primas empleadas (partículas, SO₂, F, HCl y vapores alcalinos), como del combustible (SO₂, NO_x, CO, partículas y COVNM). Y además de los contaminantes principales incluyen trazas de gran cantidad de compuestos orgánicos y metales pesados. Según esto, los contaminantes asociados al proceso de cocción que se van a estimar son:

- SO₂, NO_x, CO, CO₂, CH₄, COVNM, N₂O.
- HF, F, HCl, Cl.
- As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn.
- Dioxinas, hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Resumiendo, las emisiones típicamente características en la fabricación de ladrillos y tejas son las emisiones difusas de materia particulada procedentes de los almacenamientos al aire libre y el trasiego de arcillas, y las de SO₂, NO_x, Partículas, CO y CO₂ emitidas por secaderos y hornos de cocción.

4. Metodología de cálculo de las emisiones.

Generalmente, en este tipo de industria sólo se cuenta con datos de mediciones periódicas realizadas en los focos de secaderos y hornos de cocción donde se miden únicamente NO_x, SO₂ y CO, y en menor medida, partículas y/o CO₂.

Por ello, cuando no sea posible la utilización de medidas continuas o puntuales para la estimación de las emisiones, bien porque no se hayan realizado o bien porque las realizadas no cumplan los criterios de aceptación, la única opción posible para el cálculo de las emisiones es la utilización de factores de emisión.

Como ya se ha comentado con anterioridad, el tratamiento de la información referente a esta actividad debe hacerse, preferiblemente, a nivel puntual. Pero si el ámbito geográfico del inventario en cuestión determina un número de instalaciones tal que haga impracticable el manejo de la información, o por el contrario no se dispone de la información individual de un número de instalaciones suficiente como para que sus emisiones sean representativas de la actividad; entonces será más recomendable el tratamiento de la actividad como fuente de área

Por tanto, el análisis de la metodología que se desarrolla a continuación contempla ambos casos, es decir, estudia los factores de emisión propuestos por cada fuente para estimar las emisiones de forma puntual o como fuente de área.

En la actualidad existen varias fuentes que proponen factores de emisión para la estimación de las emisiones, siendo las que se relacionan a continuación las consideradas para este estudio:

- “Chapter B3319. Combustion in Manufacturing Industry. Process with Contact. Brick and Tiles”. EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE–Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency.
- “Chapter B111. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Point Sources”. EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE–Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency.
- “Chapter B112. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Area Sources”. EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE–Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency.
- “Chapter 11. Mineral Products Industry. Section 11.3 Bricks and Related Clay Products. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA).

- “Chapter 1. External Combustion Sources. Section 1.1 Bituminous and Subbituminous Coal Combustion. Section 1.3 Fuel Oil Combustion. Section 1.4 Natural Gas Combustion. Section 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion. Section 1.6 Wood Residue Combustion in Boilers“. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA).
- “Emissions Estimation Technique Manual for Bricks, Ceramics & Clay Product Manufacturing“. National Pollutant Inventory (NPI).
- “Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 2001 y 2002. Volumen 2: Análisis por Actividades SNAP“. Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Ministerio de Medio Ambiente.
- “Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire. Sector Productos Cerámicos“. IHOBE–Sociedad Pública Gestión Ambiental. Gobierno Vasco. Departamento de Ordenación de Territorio y Medio Ambiente.
- “Guía de Notificación de las Emisiones de la Industria de Fabricación de Elementos Cerámicos de Construcción“. Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- “Decisión 2004/156/CE, de 29 de enero de 2004, por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo“.
- “Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales“. BOJA núm. 204, de 19 de Octubre de 2004. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía.
- “Inventario de emisiones a la atmósfera en Andalucía“. Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Hay que destacar que sólo CORINAIR y EPA presentan factores de emisión propios, es decir, el resto de documentos de referencia consultados toman los factores de emisión que proponen una de las dos fuentes mencionadas, en función de la disponibilidad de los factores presentados para cada etapa del proceso y del criterio de los expertos que han elaborado las guías.

Normalmente, los factores de emisión propuestos por las distintas fuentes para estimar las emisiones de forma puntual, dependen básicamente del tipo de horno o secadero y del

combustible empleado, por lo que se requiere no sólo el conocimiento de las variables de actividad (combustible consumido, cantidad de producto, materia prima procesada) sino también un conocimiento bastante exacto del funcionamiento de cada instalación (tipo de horno y secadero y régimen de funcionamiento).

Sin embargo, los factores de emisión propuestos para la estimación de las emisiones como fuente de área son función únicamente del tipo de combustible consumido, por lo que no es necesario conocer ni el tipo de horno ni su funcionamiento. Siendo posible utilizar estos factores para estimar las emisiones de aquellas instalaciones de las que sólo se tiene la información referente al consumo de combustible.

4.1. Análisis de las diferentes metodologías.

4.1.1. Factores para fuentes puntuales.

CORINAIR.

La guía metodológica CORINAIR en su capítulo B3319 proporciona factores de emisión sólo para la etapa de cocción en función del tipo de horno y combustible utilizado. Para la aplicación de estos factores de emisión se necesita conocer la cantidad de ladrillos producidos y el combustible consumido.

TABLA 4.1.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR EN HORNOS TÚNEL DE
CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	SO _x	NO _x	CO	COV
Horno túnel de curado y cocción de gas natural		0,09	0,03	0,005
Horno túnel de curado y cocción de fuelóleo	2	0,55	0,06	0,035
Horno túnel de curado y cocción de carbón	3,665	0,725	0,715	0,015

Fuente: CORINAIR. Capítulo B3319. Tabla 2 (Pie de tabla).

TABLA 4.2.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR EN HORNOS DISCONTINUOS
DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	SO _x	NO _x	CO	COV
Horno discontinuo de curado y cocción de gas natural	2,950	0,25	0,075	0,005
Horno discontinuo de curado y cocción de fuelóleo	6,065	0,810	0,095	0,05
Horno discontinuo de curado y cocción de carbón		1,175	1,195	0,01

Fuente: CORINAIR. Capítulo B3319. Tabla 2 (Pie de tabla).

TABLA 4.3.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR EN HORNOS DE CURADO Y COCCIÓN CUANDO NO SE
CONOCE NI EL TIPO DE HORNO NI EL COMBUSTIBLE
(kg/t de ladrillos producidos)

	SO _x	NO _x	CO	CO ₂	COVNM
General (1992), NAPFUE 301 (94%)	0,354	0,12	0,24 ⁽¹⁾	61 ⁽¹⁾	
General		0,5	1,6		< 0,5

Fuente: CORINAIR. Capítulo B3319. Tabla 2 (Pie de tabla).

(1) kg/GJ de combustible consumido

EPA.

La EPA, sin embargo, publica factores de emisión para las diferentes etapas del proceso de fabricación, abarcando desde el almacenamiento de las materias primas hasta la cocción.

TABLA 4.4.
FACTORES DE EMISIÓN EPA PARA PARTÍCULAS
(kg/t de materia prima procesada)

	PST		PM ₁₀	
Almacenamiento a la intemperie ⁽³⁾	17	C	6	C
Secadero de arcilla ⁽⁴⁾	35	E	20,5	E
Trituración primaria (con filtro de mangas)	N.D.	N.A.	0,000295	E
Molienda y tamizado (humedad > 13%)	0,0125	E	0,00115	E
Molienda y tamizado (humedad < 4%)	4,25	E	0,265	E
Molienda y tamizado con filtro de mangas (humedad aprox. 6,5%)	0,0031	E	0,0016	E
Línea de extrusión con filtro de mangas ⁽²⁾	N.D.	N.A.	0,0018 ⁽¹⁾	E

Fuente: EPA. Capítulo 11.3. Tabla 11.3-2

(1) kg/t de ladrillos producidos

(2) No aplicable a líneas de extrusión típicas. Aplicable a líneas de extrusión con varios puntos de goteo en transportador cuando se procesa materia con un contenido de humedad del 5-9%.

(3) FIRE. Kg/t de materia prima almacenada.

(4) Programa FIRE de la EPA.

TABLA 4.5.
FACTORES DE EMISIÓN EPA EN SECADEROS
(kg/t de ladrillos producidos)

	NO _x	CO	CO ₂	CH ₄	COVNM
Sin combustible adicional	-	-	-	0,01	0,015
Con combustible adicional (gas natural)	0,049	0,155	35,5	0,055	0,015

Fuente: EPA. Capítulo 11.3. Tabla 11.3-3 y 11.3-5
FACTOR DE CALIDAD: E

TABLA 4.6.
FACTORES DE EMISIÓN EPA EN HORNOS TÚNEL
DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural		Horno de Carbón		Horno de Serrín		Horno y Secadero de Serrín	
SO ₂	0,335	C	0,6	D	0,335	C		
SO ₃	0,055	D	N.D.	N.A.	0,055	D		
NO _x	0,175	C	0,255	D	0,185	E	0,185	E
CO	0,6	C	0,4	D	0,8	D	0,8	D
CO ₂	200	B	150	C	245	D	245	D
COVNM	0,012	D	0,012	D	0,012	D	0,09	E
CH ₄	0,0185	E	0,0185	E	0,0185	E	N.D.	N.A.
PST	0,48	D	0,9	B	0,465	D	0,7	E
PM ₁₀	0,435	D	0,7	C	0,425	D	0,155	E
PM _{2,5}	N.D.	N.A.	0,435	D	0,375	D	N.D.	N.A.
F	0,295	E	N.D.	N.A.	0,295	E	N.D.	N.A.
HF	0,185	C	0,085	D	0,185	C	0,09	E
HCl	0,085	D	N.D.	N.A.	0,085	D	N.D.	N.A.
Benceno	1,45 x 10 ⁻³	E	0,145 x 10 ⁻³	E	0,26 x 10 ⁻³	E	0,28 x 10 ⁻³	E

Fuente: EPA. Tabla 11.3-2, 11.3-3, 11.3-4, 11.3-5 y 11.3-6

TABLA 4.7.
FACTORES DE EMISIÓN EPA PARA METALES PESADOS
EN HORNOS TÚNEL DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural		Horno de Carbón		Horno de Serrín		Horno y Secadero de Serrín	
As	1,55 x 10 ⁻⁵	D	6,5 x 10 ⁻⁵	E	1,55 x 10 ⁻⁵	D	1,05 x 10 ⁻⁵	E
Be	0,021 x 10 ⁻⁵	D	0,8 x 10 ⁻⁵	E	0,021 x 10 ⁻⁵	D	0,0155 x 10 ⁻⁵	E
Cd	0,75 x 10 ⁻⁵	D	0,75 x 10 ⁻⁵	D	0,75 x 10 ⁻⁵	D	1,1 x 10 ⁻⁵	E
Co	0,105 x 10 ⁻⁵	E	0,105 x 10 ⁻⁵	E	0,105 x 10 ⁻⁵	E	0,105 x 10 ⁻⁵	E
Cr	2,55 x 10 ⁻⁵	D	2,55 x 10 ⁻⁵	D	2,55 x 10 ⁻⁵	D	2,4 x 10 ⁻⁵	E
Hg	0,375 x 10 ⁻⁵	D	4,8 x 10 ⁻⁵	E	0,375 x 10 ⁻⁵	D	0,55 x 10 ⁻⁵	E
Mn	14,5 x 10 ⁻⁵	D	14,5 x 10 ⁻⁵	D	650 x 10 ⁻⁵	E	24 x 10 ⁻⁵	E
Ni	3,6 x 10 ⁻⁵	D	3,6 x 10 ⁻⁵	D	3,6 x 10 ⁻⁵	D	1,7 x 10 ⁻⁵	E
P	-	-	49 x 10 ⁻⁵	E	49 x 10 ⁻⁵	E	27,5 x 10 ⁻⁵	E
Pb	7,5 x 10 ⁻⁵	D	7,5 x 10 ⁻⁵	D	7,5 x 10 ⁻⁵	D	6 x 10 ⁻⁵	E
Sb	1,35 x 10 ⁻⁵	D	1,35 x 10 ⁻⁵	D	1,35 x 10 ⁻⁵	D	0,07 x 10 ⁻⁵	E
Se	11,5 x 10 ⁻⁵	D	11,5 x 10 ⁻⁵	D	11,5 x 10 ⁻⁵	D	2,35 x 10 ⁻⁵	E

Fuente: EPA. Tabla 11.3-7.

TABLA 4.8.
FACTORES DE EMISIÓN EPA EN HORNOS DISCONTINUOS
DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural		Horno de Carbón		Horno de Serrín		Horno y Secadero de Serrín	
SO ₂	0,335	C	0,6	D	0,335	C		
SO ₃	0,055	D	N.D.	N.A.	0,055	D		
NO _x	0,175	C	0,255	D	0,185	E	0,185	E
CO	0,6	C	0,4	D	0,8	D	0,8	D
CO ₂	200	B	150	C	245	D	245	D
COVNM							0,09	E
CH ₄							N.D.	N.A.
PST	0,48	D	0,9	B	0,465	D	0,7	E
PM ₁₀	0,435	D	0,7	C	0,425	D	0,155	E
PM _{2,5}	N.D.	N.A.	0,435	D	0,375	D	N.D.	N.A.
F							N.D.	N.A.
HF							0,09	E
HCl							N.D.	N.A.
Benceno	1,45 x 10 ⁻³	E	0,145 x 10 ⁻³	E	0,26 x 10 ⁻³	E	0,28 x 10 ⁻³	E

Fuente: EPA. Tabla 11.3-2, 11.3-3, 11.3-4, 11.3-5 y 11.3-6.

TABLA 4.9.
FACTORES DE EMISIÓN EPA PARA METALES PESADOS
EN HORNOS DISCONTINUOS DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural		Horno de Carbón		Horno de Serrín		Horno y Secadero de Serrín	
As	1,55 x 10 ⁻⁵	D	6,5 x 10 ⁻⁵	E	1,55 x 10 ⁻⁵	D	1,05 x 10 ⁻⁵	E
Be	0,021 x 10 ⁻⁵	D	0,8 x 10 ⁻⁵	E	0,021 x 10 ⁻⁵	D	0,0155 x 10 ⁻⁵	E
Hg	0,375 x 10 ⁻⁵	D	4,8 x 10 ⁻⁵	E	0,375 x 10 ⁻⁵	D	0,55 x 10 ⁻⁵	E
Mn	14,5 x 10 ⁻⁵	D	14,5 x 10 ⁻⁵	D	650 x 10 ⁻⁵	E	24 x 10 ⁻⁵	E
P	-	-	49 x 10 ⁻⁵	E	49 x 10 ⁻⁵	E	27,5 x 10 ⁻⁵	E

Fuente: EPA. Tabla 11.3-7.

El resto de la bibliografía consultada no aporta factores de emisión nuevos sino que elige, para cada etapa del proceso, los correspondientes a CORINAIR o EPA en función de la disponibilidad de los mismos y del criterio de los técnicos que han elaborado las distintas guías. Algunas de estas fuentes secundarias han completado, en la medida de lo posible y con factores de combustión, específicos en la fabricación de ladrillos y tejas o genéricos para instalaciones menores de 50 MW_t, aquellos casos para los que las fuentes originales no presentan factores de emisión específicos.

NPI.

En las tablas siguientes se presentan los factores que el NPI de Australia publica en el manual técnico para la estimación de las emisiones de esta actividad, siendo todos tomados de la EPA AP-42 Section 11.3.

TABLA 4.10.
FACTORES DE EMISIÓN NPI PARA CONTAMINANTES
PRINCIPALES EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS (kg/t de ladrillos producidos)

Proceso	PM ₁₀	SO ₂ ⁽¹⁾	CO	NO _x
Trituración primaria con filtro de mangas	0,000295	N.A.	N.A.	N.A.
Operaciones de molienda y tamizado				
Procesado de material seco	0,265	N.A.	N.A.	N.A.
Procesado de material húmedo	0,00115	N.A.	N.A.	N.A.
Con filtro de mangas	0,0016	N.A.	N.A.	N.A.
Línea de extrusión con filtro de mangas	0,0018	N.A.	N.A.	N.A.
Secadero de ladrillos con suplemento de gas natural	N.A.	N.A.	0,155	0,049
Horno de gas natural	0,435	0,39	0,6	0,175
Horno de gas natural y material con alto contenido en azufre				
Sin control	0,435	2,55	0,6	0,175
Con lavador húmedo de eficiencia media	0,435	0,5	0,6	0,175
Con packed bed scrubber de alta eficiencia	0,435	0,00245	0,6	0,175
Horno de carbón				
Sin control	0,7	0,6	0,4	0,255
Con filtro de mangas	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Horno de serrín	0,425	0,435	0,8	0,185
Horno y secadero de serrín	0,6505	N.D.	N.D.	N.D.

Fuente: USEPA AP-42 Section 11.3 (1997).

FACTOR DE CALIDAD: E

N.D.= no disponible. N.A.= no aplicable.

Peso medio de un ladrillo = 3 kg.

(1) S=% de azufre en el carbón, el contenido típico de azufre en el carbón negro australiano es 0,5 %. Las emisiones de SO₂ pueden estimarse aplicando un balance de masas. Para desarrollar los factores de emisión utilizando un balance de masas, el porcentaje de azufre debe presentarse en base seca, ya que están basados en la producción de ladrillos (seca). Las emisiones de SO₃ son generalmente pequeñas, por lo que puede asumirse que los SO_x totales son SO₂.

TABLA 4.11.
FACTORES DE EMISIÓN NPI PARA OTROS CONTAMINANTES
EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS (kg/t de ladrillos producidos)

Proceso	Fluoruros Totales	HCl	COV Totales
Horno túnel de carbón	N.D.	N.D.	N.D.
Horno de serrín o de gas natural			
Sin control	0,295	0,085	N.D.
Con lavador seco ⁽¹⁾	0,014	N.D.	N.D.
Con lavador húmedo de eficiencia media ⁽²⁾	0,09	N.D.	N.D.
Con lavador de lecho fijo de alta eficiencia	0,00065	N.D.	N.D.
Secadero de ladrillos	N.D.	N.D.	0,015
Secadero de ladrillos con suplemento de gas natural	N.D.	N.D.	0,015
Horno de ladrillos	N.D.	N.D.	0,012
Horno y secadero de serrín	N.D.	N.D.	0,09

Fuente: USEPA AP-42 Section 11.3 (1997).

FACTOR DE CALIDAD: E

N.D.= no disponible. N.A.= no aplicable.

Peso medio de un ladrillo = 3 kg.

(1) Lavador seco utilizando caliza como medio de sorción.

(2) Para material con alto contenido en flúor. Usa una solución de sosa.

TABLA 4.12.
FACTORES DE EMISIÓN NPI PARA METALES
EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS (kg/t de ladrillos producidos)

Contaminante	Horno	Horno de Carbón	Horno de Gas natural	Horno de Serrín	Horno y secadero de Serrín
As		6,5 x 10 ⁻⁵	1,55 x 10 ⁻⁵	1,55 x 10 ⁻⁵	1,05 x 10 ⁻⁵
Be		8,0 x 10 ⁻⁶	2,1 x 10 ⁻⁷	2,1 x 10 ⁻⁷	1,55 x 10 ⁻⁷
Cd	7,5 x 10 ⁻⁶				1,1 x 10 ⁻⁵
Co	1,05 x 10 ⁻⁶				
Cr	2,55 x 10 ⁻⁵				2,4 x 10 ⁻⁵
Hg		4,8 x 10 ⁻⁵	3,75 x 10 ⁻⁶	3,75 x 10 ⁻⁶	5,5 x 10 ⁻⁶
Mn		1,45 x 10 ⁻⁵	1,45 x 10 ⁻⁴	0,0065	2,4 x 10 ⁻⁴
Ni	3,6 x 10 ⁻⁵				1,7 x 10 ⁻⁵
Sb	1,35 x 10 ⁻⁵				1,4 x 10 ⁻⁶
Se	1,15 x 10 ⁻⁴				2,35 x 10 ⁻⁵
Pb	7,5 x 10 ⁻⁵				6,0 x 10 ⁻⁵

Fuente: USEPA AP-42 Section 11.3 (1997).

FACTOR DE CALIDAD: E

N.D.= no disponible. N.A.= no aplicable.

Peso medio de un ladrillo = 3 kg.

Con respecto a los factores seleccionados por el NPI de la EPA, hay que destacar el hecho de que en la fuente original los factores referentes a las etapas de trituración y molienda/tamizado están expresados en kg/t de materia procesada, mientras que el NPI para el mismo valor del factor de emisión dice que la unidad son kg/t de ladrillo producido.

INVENTARIOS DE EMISIONES DEL MMA.

El MMA estima las emisiones de esta actividad a nivel de área, por lo que la metodología empleada será analizada en el siguiente epígrafe 4.1.2. Factores para fuentes de área.

IHOBE.

Los factores que IHOBE presenta para la fabricación de ladrillos dentro del sector de productos cerámicos se han extraído de EMEP/CORINAIR (Atmospheric Emission Inventory Guidebook), U.S. EPA (Emission Factor and Inventory Group), IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) y Universidad de Karlsruhe (Alemania), y son los siguientes:

TABLA 4.13.
FACTORES DE EMISIÓN IHOBE PARA CONTAMINANTES
PRINCIPALES EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Contaminante	Proceso	Factor de emisión
PM ₁₀	Molido y separación en seco (basado en 4% de humedad en materia prima)	0,27 kg PM ₁₀ /t MP procesada
	Molido y separación de materia húmeda (basado en 13% de humedad)	0,0011 kg PM ₁₀ /t MP procesada
	Molido y separación con filtro de mangas	0,0016 kg PM ₁₀ /t MP procesada
	Línea de extrusión con filtros de mangas ⁽¹⁾	0,0018 kg PM ₁₀ /t ladrillo cocido
	Horno con gas natural	0,435 kg PM ₁₀ /t ladrillo cocido
	Horno de serrín	0,425 kg PM ₁₀ /t ladrillo cocido
	Horno de serrín + secadero de serrín ⁽²⁾	0,15 kg PM ₁₀ /t ladrillo cocido
SO ₂	Horno de gas natural o serrín / Balance de masa	2 kg SO ₂ /kg S en materia prima
NO _x	Horno secadero con quemador de gas	0,05 kg NO _x /t producto
	Horno con gas natural	0,18 kg NO _x /t producto
	Horno con serrín	0,19 kg NO _x /t producto
CO	Horno secadero con quemador de gas	0,16 kg CO/t producto
	Horno con gas natural	0,60 kg CO/t producto
	Horno de serrín	0,80 kg CO/t producto
CO ₂	Combustión con gas natural	56,1 kg CO ₂ /GJ
		202 kg CO ₂ /MWh
COVNM (como propano)	Secadero de ladrillos	0,015 kg COVNM/t producto
	Secadero de ladrillos con un quemador de gas suplementario	0,015 kg COVNM/t producto
	Horno de ladrillos	0,012 kg COVNM/t producto
	Horno de serrín + secadero de serrín ⁽²⁾	0,09 kg COVNM/t producto
CH ₄	Secadero de ladrillos	0,01 kg CH ₄ /t producto
	Secadero de ladrillos con un quemador de gas suplementario	0,06 kg CH ₄ /t producto
	Horno de ladrillos	0,019 kg CH ₄ /t producto
HCl	Horno túnel (gas natural o serrín)	0,09 kg HCl/t producto

(1) No aplicable a líneas de extrusión típicas. Aplicable a líneas de extrusión con varios puntos de goteo en transportador cuando se procesa materia con un contenido de humedad 5-9%.

(2) El secadero de serrín aprovecha la corriente de gases de un horno que quema serrín.

TABLA 4.14.
FACTORES DE EMISIÓN IHOBE PARA OTROS
CONTAMINANTES EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Contaminante / Proceso			Factor de emisión
HF	Horno túnel gas natural o serrín	Sin medidas secundarias	0,19 kg HF/t producto
	Horno de serrín + secadero de serrín ⁽²⁾		0,09 kg HF/t producto
Fluoruros Totales	Horno túnel gas natural o serrín	Sin medidas secundarias	0,3 kg Fluoruro/t producto
		Con scrubber seco	0,014 kg Fluoruro/t producto
		Con scrubber húmedo de eficiencia media	0,09 kg Fluoruro/t producto
		Con scrubber de lecho fijo de alta eficiencia	0,0007 kg Fluoruro/t producto
Metales	Horno	Cd	$0,8 \times 10^{-5}$ kg/t producto
		Cr	$2,5 \times 10^{-5}$ kg/t producto
		Pb	$0,8 \times 10^{-4}$ kg/t producto
		Ni	$3,6 \times 10^{-5}$ kg/t producto
	Horno de serrín	As	$1,5 \times 10^{-5}$ kg/t producto
		Hg	$3,8 \times 10^{-6}$ kg/t producto
	Horno de gas natural	As	$1,5 \times 10^{-5}$ kg/t producto
		Hg	$3,8 \times 10^{-6}$ kg/t producto
	Horno de serrín + secadero de serrín ⁽²⁾	As	$1,0 \times 10^{-5}$ kg/t producto
		Cd	$1,1 \times 10^{-5}$ kg/t producto
		Cr	$2,4 \times 10^{-5}$ kg/t producto
		Pb	$0,6 \times 10^{-4}$ kg/t producto
		Hg	$0,6 \times 10^{-5}$ kg/t producto
		Ni	$1,7 \times 10^{-5}$ kg/t producto

(2) El secadero de serrín aprovecha la corriente de gases de un horno que quema serrín.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE LADRILLOS Y TEJAS DE ARCILLA COCIDA. HISPALYT.

Esta asociación facilita a las empresas del sector unos factores de emisión extraídos de la hoja de cálculo que la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha pone a disposición de las instalaciones para la notificación al Registro EPER de emisiones atmosféricas. Los factores propuestos en dicha hoja de cálculo no dependen de la tipología de horno empleada, e incluso en el caso de partículas, metales pesados, Cl y F, ni siquiera dependen del tipo de combustible consumido en la cocción. Por último, comentar que a pie de página aparece una nota indicando que los factores de emisión corresponden a CORINE-AIRE.

TABLA 4.15.
FACTORES DE EMISIÓN DE HISPALYT PARA CONTAMINANTES
PRINCIPALES EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS (kg/GJ de combustible)

Contaminantes	Fuelóleo	Coque de petróleo	Orujillo de oliva	Hueso de oliva
SO ₂	0,057	0,68	0,13	0,13
NO _x	0,15	0,2	0,165	0,165
COVNM	0,003	0,0015	0,05	0,05
CH ₄	0,0001	0,0015	0,03	0,03
CO	0,01	0,10	0,16	0,16
CO ₂	76,0	98,3	83,0	83,0
N ₂ O	0,002	0,003	0,004	0,004

TABLA 4.16.
PODERES CALORÍFICOS PARA COMBUSTIBLES PROPUESTOS POR HISPALYT

Combustible	Poder calorífico	Unidad
Gas natural	3,3	GJ/MWh (PCS)
Fuelóleo	40,18	GJ/t
Gasóleo	0,03392	GJ/litro
Coque de petróleo	32,5	GJ/t
Carbón mineral	29,26	GJ/t
Orujillo de oliva	14,63	GJ/t
Hueso de oliva	18,84	GJ/t

TABLA 4.17.
FACTORES DE EMISIÓN DE HISPALYT PARA PARTÍCULAS, METALES
PESADOS Y OTROS EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS.

Contaminantes	Producción en horno (kg/ t de producto)	Almacenamiento intemperie (kg / de materia almacenada)	Molienda vía húmeda (kg/t de materia procesada)
Partículas	0,05	6,00	0,00115
Cl	0,04	-	-
F	0,17	-	-
As	1,22 x 10 ⁻⁵	-	-
Cd	1,22 x 10 ⁻⁵	-	-
Cr	2,43 x 10 ⁻⁵	-	-
Cu	1,22 x 10 ⁻⁵	-	-
Ni	6,08 x 10 ⁻⁴	-	-
Zn	2,40 x 10 ⁻⁶	-	-
Pb	2,4 x 10 ⁻⁵	-	-
Hg	4,20 x 10 ⁻⁶	-	-

Una vez comparados estos factores de emisión con los propuestos por el resto de fuentes se concluye que:

- Los factores correspondientes a contaminantes principales son factores de emisión CORINAIR del capítulo B3319, tabla 2, para el caso de fuente de área, y coinciden en la mayoría de los casos con el límite inferior del intervalo dado por la fuente.
- El factor de emisión propuesto para partículas en la molienda vía húmeda pertenece a la EPA. Section 11.3. Tabla 11.3-2. Así mismo, el factor de emisión de partículas en el horno está en el entorno de los recomendados por la EPA para este tipo de equipos, aunque la EPA da diferentes factores según el tipo de horno y el combustible empleado. El factor de emisión de partículas en el almacenamiento a la intemperie ha sido extraído del programa FIRE de la EPA.
- No se ha identificado la fuente original de la que se han tomado los factores correspondientes a metales pesados, Cl y F.

EPER ANDALUCÍA.

La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía ha elaborado, entre otras, una “Guía de Notificación de las Emisiones de la Industria de Fabricación de Elementos Cerámicos de Construcción” para establecer las directrices básicas para la notificación de las emisiones declaradas por los complejos afectados por el epígrafe 3.5, y en particular, de las industrias destinadas a la fabricación de materiales para la construcción.

Todos los factores presentados en la Guía EPER de Andalucía corresponden a fuentes puntuales y han sido extraídos, en función de la etapa del proceso, de las siguientes referencias:

- Para la etapa de cocción:
 - § “Chapter B3319. Combustion in Manufacturing Industry. Process with Contact. Brick and Tiles. Table 2 (Footnotes)”. EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE–Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency.
 - § “Chapter 11. Mineral Products Industry. Section 11.3 Bricks and Related Clay Products. Tables 11.3-2, 11.3-3, 11.3-4, 11.3-5 and 11.3-7. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA).
 - § “Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la

atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales”. BOJA núm. 204, de 19 de Octubre de 2004. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía.

§ “Decisión 2004/156/CE, de 29 de enero de 2004, por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo”.

- Para instalaciones auxiliares y secaderos:

§ “Chapter B111. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Point Sources. Tables 24 to 31”. EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook 2005. UNECE–Convention on Long-range Transboundary Air Pollution & European Environmental Agency.

§ “Chapter 1. External Combustion Sources. Section 1.1 Bituminous and Subbtuminous Coal Combustion. Section 1.3 Fuel Oil Combustion. Section 1.4 Natural Gas Combustion. Section 1.5 Liquified Petroleum Gas Combustion. Section 1.6 Wood Residue Combustion in Boilers”. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA).

§ “Decisión 2004/156/CE, de 29 de enero de 2004, por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo”.

- Emisiones de partículas:

§ Para la etapa de molienda: “Chapter 11. Mineral Products Industry. Section 11.3 Bricks and Related Clay Products. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA).

§ Para la etapa de cocción: “Chapter 11. Mineral Products Industry. Section 11.3 Bricks and Related Clay Products. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA).

§ Para la etapa de secado: “Chapter 1. External Combustion Sources. Section 1.1 Bituminous and Subbtuminous Coal Combustion. Section 1.3 Fuel Oil Combustion. Section 1.4 Natural Gas Combustion. Section 1.5 Liquified Petroleum Gas Combustion. Section 1.6 Wood Residue Combustion in Boilers”. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors,

Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Environmental Protection Agency (EPA).

Para la aplicación de estos factores hay que tener en cuenta que, en el caso de que se emplee más de un combustible en el horno se considerará un factor de emisión ponderado, empleándose como coeficiente de ponderación el tanto por uno de energía aportada por cada uno de los combustibles empleados.

TABLA 4.18.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA EL CO EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapas del proceso/ Combustible		Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Almacenamiento					
Molienda					
Conformado					
Secadero					
Natural o recuperación de calor					
Artificial ⁽¹⁾		Ver apartado de instalaciones auxiliares/secadero para secaderos con combustible adicional. (Al final de esta tabla)			
Cocción / Tipo de horno					
Gas natural	Túnel	0,030	Kg/t producto	C	CORINAIR
Gas natural	Hoffmann	0,075	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Túnel	0,060	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Hoffmann	0,095	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Túnel	0,715	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Hoffmann	1,195	Kg/t producto	C	CORINAIR
Biomasa	Túnel	0,8	Kg/t producto	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo ⁽²⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽²⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín ⁽²⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Fuelóleo		0,015	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasóleo		0,012	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,0115	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,0115	Kg/GJ	CORINAIR	
Gas natural		0,017	Kg/GJ	CORINAIR	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que se emplean los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.

(2) En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa se emplea el factor correspondiente a biomasa (madera).

TABLA 4.19.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA EL NO_x EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapa del proceso/ Combustible		Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Almacenamiento					
Molienda					
Conformado					
Secadero					
Natural o recuperación de calor					
Artificial ⁽¹⁾		Ver apartado de instalaciones auxiliares/secadero para secaderos con combustible adicional. (Al final de esta tabla)			
Cocción / Tipo de horno					
Gas natural	Túnel	0,090	Kg/t producto	C	CORINAIR
Gas natural	Hoffmann	0,250	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Túnel	0,550	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Hoffmann	0,810	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Túnel	0,725	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Hoffmann	1,175	Kg/t producto	C	CORINAIR
Biomasa	Túnel	0,185	Kg/t producto	E	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo ⁽²⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽²⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín ⁽²⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Fuelóleo		0,16	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasóleo		0,089	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,094	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,094	Kg/GJ	CORINAIR	
Gas natural		0,1	Kg/GJ	CORINAIR	

- (1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que se emplean los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.
- (2) En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa se emplea el factor correspondiente a biomasa (madera).

TABLA 4.20.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA EL SO_x EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapa del proceso/ Combustible		Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Almacenamiento					
Molienda					
Conformado					
Secadero					
Natural o recuperación de calor					
Artificial ⁽¹⁾		Ver apartado de instalaciones auxiliares/secadero para secaderos con combustible adicional. (Al final de esta tabla)			
Cocción / Tipo de horno					
Gas natural (factor de emisión SO ₂)	Túnel	0,335	Kg/t producto	C	EPA
Gas natural (factor de emisión SO ₃)	Túnel	0,055	Kg/t producto	D	EPA
Gas natural (factor de emisión SO _x)	Túnel	0,39	Kg/t producto	⁽³⁾	EPA
Fuelóleo / gasóleo	Túnel	2	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Hoffmann	2,950 ⁽²⁾	Kg/t producto	U	EPA (FIRE)
Carbón /coque	Túnel	3,665	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Hoffmann	6,065 ⁽²⁾	Kg/t producto	U	EPA (FIRE)
Biomasa (factor de emisión SO ₂)	Túnel	0,335	Kg/t producto	C	EPA
Biomasa (factor de emisión SO ₃)	Túnel	0,055	Kg/t producto	D	EPA
Biomasa (factor de emisión SO _x)	Túnel	0,39	Kg/t producto	⁽³⁾	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo		0,0988	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra		0,00327	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín		0,00368	Kg/GJ	CORINAIR	
Fuelóleo		0,498	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasóleo		0,0943	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,00223	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,00216	Kg/GJ	CORINAIR	
Gas natural		0,00413	Kg/GJ	CORINAIR	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que se emplean los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.

(2) Los factores propuestos para horno Hoffmann que utiliza como combustible carbón o fuelóleo se han obtenido conforme a la metodología de cálculo del programa FIRE de la EPA.

(3) Factor obtenido como la suma de los correspondientes a SO₂ y SO₃.

Los factores de emisión a aplicar para la estimación de las emisiones de SO₂ en las instalaciones auxiliares/secaderos (presentados en la tabla anterior), se obtienen aplicando la metodología CORINAIR considerando el porcentaje de azufre en los combustibles indicados en la tabla adjunta:

$$F.E. = 2 * C_s * \frac{1}{H_u} * 10^3 \text{ (kg / GJ)}$$

Donde C_s es el contenido en S en el combustible, expresado en kg S/kg combustible, y H_u es el poder calorífico inferior en GJ/tonelada.

TABLA 4.21.
PORCENTAJE DE AZUFRE EN LOS COMBUSTIBLES

COMBUSTIBLE	S (%)	COMBUSTIBLE	S (%)
Fuelóleo	1	Orujillo de aceituna	0,085
Gasóleo	0,2	Cáscara de almendra	0,0025
Gas natural	0,01	Serrín	0,0025
Butano	0,005	Madera	0,0025
Propano	0,005	Residuos de madera	0,0025

Fuente: Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, (BOJA Nº 204).

TABLA 4.22.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA PM₁₀ EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapas del proceso/ Combustible	Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Molienda				
Material seco (4% humedad)	0,265	Kg/t materia prima	E	EPA
Material húmedo (13% humedad)	0,00115	Kg/t materia prima	E	EPA
Filtro de mangas (6,5% humedad)	0,0016	Kg/t materia prima	E	EPA
Conformado ⁽¹⁾	N.D.			
Secadero	Ver apartado de instalaciones auxiliares/secadero para secaderos con combustible adicional. (Al final de esta tabla)			
Cocción				
Gas natural	0,435	Kg/t producción	D	EPA
Fuelóleo / gasóleo	N.D.			
Carbón /coque	0,7	Kg/t producción	C	EPA
Biomasa	0,425	Kg/t producción	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero	Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo ⁽²⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Cáscara de almendra ⁽²⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Serrín ⁽²⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Fuelóleo	8,60	lb/10 ³ gal	EPA	
Gasóleo	1	lb/10 ³ gal	EPA	
Butano	0,6 ⁽³⁾	lb/10 ³ gal	EPA	
Propano	0,6 ⁽³⁾	lb/10 ³ gal	EPA	
Gas natural	1,9 ⁽⁴⁾	lb/10 ⁶ scf	EPA	

(1) En las fuentes de la EPA existe un factor de emisión para la etapa de conformado, pero se indica que no es aplicable a líneas de extrusión típicas, por tanto no se ha propuesto en esta Guía EPER.

(2) En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa se emplea el factor correspondiente a biomasa (madera).

(3) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.

(4) Factor correspondiente a partículas filtrables.

TABLA 4.23.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA METALES
EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS (kg/t producción)

Contaminante	Gas natural			Fuelóleo ⁽³⁾			Carbón			Biomasa		
As	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	6,5 x 10 ⁻⁵	E	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Cd ⁽²⁾	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA
Cr	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Cu ⁽²⁾	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	6,5 x 10 ⁻⁵	E	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Hg	3,75 x 10 ⁻⁶	D	EPA	3,75 x 10 ⁻⁶	D	EPA	4,8 x 10 ⁻⁵	E	EPA	3,75 x 10 ⁻⁶	D	EPA
Ni	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Pb	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Zn	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA
F y HF ⁽¹⁾	0,185	C	EPA	-			0,085	D	EPA	0,185	C	EPA
Cl y HCl ⁽¹⁾	0,085	C	EPA	-			-	-	-	0,085	C	EPA

(1) Son factores para hornos tipo túnel.

(2) Para el Cu se ha propuesto el mismo factor que para el As, y para el Cd el mismo que el Zinc, ya que sus volatilidades son similares.

(3) Ante la ausencia de factores de emisión propios para el fuelóleo se toman los correspondientes a gas natural específicos del proceso de cocción.

Realmente, los factores de emisión propuestos en la tabla anterior para F, HF, Cl y HCl, no se han aplicado ya que las emisiones estimadas mediante medidas son sustancialmente diferentes de las que se obtendrían aplicando dichos factores. Por otro lado, dado que no existen factores de emisión específicos para estimar las emisiones de metales durante la cocción cuando el combustible empleado es fuelóleo, se utilizan los correspondientes a gas natural a fin de no penalizar a este último tipo de horno.

TABLA 4.24.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA
METALES EN INSTALACIONES AUXILIARES / SECADEROS.

Contaminante	Coque (kg/t combustible)			Biomasa (kg/t combustible)			Fuelóleo (kg/t combustible)			Gasóleo (kg/t combustible)		
As	0,00956	E	EPA	0,000163	A	EPA	0,000164	C	EPA	0,0000729	E	EPA
Cd	0,000621	E	EPA	0,0000303	A	EPA	0,0000495	C	EPA	0,0000547	E	EPA
Cr	0,0197	E	EPA	0,000155	A	EPA	0,000105	C	EPA	0,0000547	E	EPA
Ni	0,0162	E	EPA	0,000244	A	EPA	0,0105	C	EPA	0,0000547	E	EPA
Pb	0,00709	E	EPA	0,000355	A	EPA	0,000188	C	EPA	0,000164	E	EPA

Con respecto a los factores de emisión seleccionados por el EPER para la estimación de las emisiones de metales en instalaciones auxiliares y secaderos, hay que destacar que en el caso, reflejado en la tabla anterior como biomasa, los factores originales de la EPA corresponden

realmente a la combustión de residuos de madera; empleándose posteriormente para la transformación, el poder calorífico inferior del orujillo. De forma análoga, para el coque se toman los factores correspondientes a la combustión de carbón bituminoso y subbituminoso.

Como puede observarse, todos los factores de emisión propuestos en esta Guía han sido seleccionados del CORINAIR o de la EPA (siendo siempre la primera opción el CORINAIR). Sin embargo, para el cálculo del CO₂ se propone la metodología establecida en la Decisión 2004/156, para notificar las emisiones de gases de efecto invernadero, válidas para el régimen de comercio de derechos de emisión. Esta metodología consiste básicamente en:

- Cálculo de las emisiones asociadas a procesos de combustión. Las emisiones de CO₂ asociadas a los procesos de combustión se calculan mediante la fórmula:

$$\begin{array}{cccccc} \text{Emisiones de CO}_2 & & \text{Consumo de} & & \text{Poder Calorífico} & & \text{Factor de} & & \text{Factor de} \\ \text{Asociadas a combustión} & = & \text{combustible} & \times & \text{Inferior (MJ/kg)} & \times & \text{emisión} & \times & \text{oxidación} \\ \text{(kg/año)} & & \text{(kg/año)} & & & & \text{(kg/MJ)} & & \end{array}$$

TABLA 4.25.
FACTORES DE EMISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES
DE CO₂ ASOCIADAS A LOS PROCESOS DE COMBUSTIÓN SEGÚN KYOTO

Combustible	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Factor de emisión (kg/MJ)	Factor de oxidación
Carbón – antracita	30,26	0,0963	0,98
Carbón – bituminoso	30,34	0,01	0,98
Carbón - lignito	13,39	0,0112	0,98
Coque de petróleo	32,50	0,0983	0,99
Fuelóleo	40,18	0,076	0,99
Gasóleo	42,40	0,073	0,99
Gas natural	48,41	0,056	0,995
Orujillo	17,2	0,096	0,99
Cáscara de almendra	15,3	0,096	0,99
Serrín	13,6	0,096	0,99
Butano	44,78	0,0662	0,99
Propano	46,2	0,0636	0,99

Fuente: Anexo 8 del documento "Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España. Años 1990-2004. Comunicación a la Comisión Europea".

- Cálculo de las emisiones asociadas al proceso. Estas emisiones se pueden calcular a partir de los carbonatos presentes en la materia prima o a partir de los óxidos alcalinos y alcalino-térreos presentes en el producto final. A continuación se describe la metodología basada en la materia prima, para lo que es necesario conocer el porcentaje de cada tipo de carbonato presente en la materia prima:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Emisiones de CO}_2 & & \text{Consumo de} & & \text{Proporción carbonato} & & \text{Factor de emisión} \\ \text{Debidas a carbonato Z} & = & \text{Materia prima} & \times & \text{Z presente en la} & \times & \text{estequiométrico} \\ \text{(kg/año)} & & \text{(kg/año)} & & \text{materia prima} & & \end{array}$$

Donde carbonato Z es un carbonato cualquiera y el factor de emisión estequiométrico es el que se obtiene de la tabla siguiente:

TABLA 4.26.
FACTORES DE EMISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS
EMISIONES DE CO₂ ASOCIADAS AL PROCESO SEGÚN KYOTO

Carbonato	Factor de emisión (kg CO ₂ /kg carbonato)
CaCO ₃	0,440
MgCO ₃	0,522

Fuente: Decisión 2004/156/CE.

Es necesario aplicar la ecuación anterior para cada uno de los carbonatos presentes en la materia prima. A título orientativo, la cantidad media de carbonato cálcico en la arcilla empleada en la Comunidad Autónoma andaluza es del 20%, aunque este dato varía bastante según la zona geográfica, siendo necesario realizar análisis para obtener el dato representativo de la arcilla utilizada en una instalación.

Para obtener las emisiones totales de CO₂ de la instalación hay que sumar las obtenidas mediante ambas ecuaciones:

$$\text{Emisiones totales de CO}_2 = \text{Emisiones combustión} + \text{Emisiones de proceso}$$

Para aquellas instalaciones no afectadas por Kyoto, si además no se dispone de los datos para aplicar dicha metodología, se utilizarán los siguientes factores de emisión para estimar las emisiones de CO₂:

TABLA 4.27.
FACTORES DE EMISIÓN EPER PARA EL CO₂ EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapa del proceso/ Combustible	Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Almacenamiento				
Molienda				
Conformado				
Secadero				
Natural o recuperación de calor				
Combustible adicional gas natural ⁽¹⁾	35,5	Kg/t producto	E	EPA
Cocción				
Gas natural	200	Kg/t producto	B	EPA
Fuelóleo / gasóleo	N.D.	Kg/t producto	-	-
Carbón /coque	150	Kg/t producto	C	EPA
Biomasa	245	Kg/t producto	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero	Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo ⁽²⁾	96	Kg/GJ combust	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽²⁾	96	Kg/GJ combust	CORINAIR	
Serrín ⁽²⁾	96	Kg/GJ combust	CORINAIR	
Fuelóleo	76	Kg/GJ combust	IPCC	
Gasóleo	73	Kg/GJ combust	IPCC	
Butano	66,2	Kg/GJ combust	IPCC	
Propano	63,6	Kg/GJ combust	IPCC	
Gas natural	56	Kg/GJ combust	IPCC	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que deben emplearse los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.

(2) En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa se emplea el factor correspondiente a biomasa (madera).

FISCALIDAD AMBIENTAL ANDALUCÍA.

En el Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales, se establecen los siguientes factores de emisión para estimar las emisiones de la fabricación de ladrillos y tejas:

TABLA 4.28.
FACTORES DE EMISIÓN DE FISCALIDAD AMBIENTAL
PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y TEJAS (kg/t ladrillos)

Tipo de proceso	NO _x	SO _x	CO ₂
Secadero de ladrillos con generador suplementario de gas	0,040	-	35,5
Cocción y curado en horno túnel de gas	0,090	0,335	200
Cocción y curado en horno túnel de fuelóleo	0,550	2	265
Cocción y curado en horno túnel de carbón o coque	0,725	3,665	360
Cocción y curado en horno Hoffmann de biomasa	0,185	0,335	0 ⁽¹⁾
Cocción y curado en horno Hoffmann de fuelóleo	0,810	2,950	503
Cocción y curado en horno Hoffmann de carbón o coque	1,175	6,065	684

Fuente: Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, (BOJA N° 204).

- (1) El dióxido de carbono procedente de la biomasa no computa a efectos del impuesto sobre emisión de gases a la atmósfera.

En el caso de que se emplee más de un combustible en el horno se considerará un factor de emisión ponderado, empleándose como coeficiente de ponderación el tanto por uno de energía aportada por cada uno de los combustibles empleados.

INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ANDALUCÍA.

Para la elaboración de este inventario las emisiones del sector cerámico se han calculado de forma puntual, empleando, en orden de preferencia y según disponibilidad, datos de mediciones en continuo, datos de mediciones puntuales, factores de emisión CORINAIR y factores de emisión EPA.

En las tablas siguientes se exponen los factores del CORINAIR y de la EPA utilizados por la CMA para la realización del inventario. Hay que mencionar que para los hornos que emplean fuelóleo, EPA no da factores de emisión para metales, por lo que se consideró oportuno tomar los factores de emisión correspondientes a la combustión de fuelóleo en instalaciones menores de 50 MW_t.

En el caso de que se emplee más de un combustible en el horno se considerará un factor de emisión ponderado, empleándose como coeficiente de ponderación el tanto por uno de energía aportada con cada uno de los combustibles empleados.

TABLA 4.29.
FACTORES DE EMISIÓN INVENTARIO-CMA PARA
PARTÍCULAS (kg/t de materia prima procesada)

	PST		PM ₁₀	
Almacenamiento a la intemperie ⁽¹⁾	17	C	6	C
Trituración primaria (con filtro de mangas)	N.D.	N.A.	0,000295	E
Molienda y tamizado (humedad > 13%)	0,0125	E	0,00115	E
Molienda y tamizado (humedad < 4%)	4,25	E	0,265	E
Molienda y tamizado con filtro de mangas	0,0031	E	0,0016	E
Línea de extrusión con filtro de mangas ⁽³⁾	N.D.	N.A.	0,0018 ⁽²⁾	E

Fuente: EPA. Capítulo 11.3. Tabla 11.3-2

(1) Kg/t almacenada.

(2) kg/t de ladrillos producidos.

(3) No aplicable a líneas de extrusión típicas. Aplicable a líneas de extrusión con varios puntos de goteo en transportador cuando se procesa materia con un contenido de humedad del 5-9%.

Cuando el almacenamiento a la intemperie dispone de alguna medida de reducción de las emisiones, se aplican los siguientes factores de reducción extraídos del "Emission Estimation Technique Manual for Mining. Versión 2.3" del NPI.

TABLA 4.30.
FACTOR DE REDUCCIÓN POR TIPO DE
ALMACENAMIENTO EMPLEADO EN EL INVENTARIO-CMA

Tipo de almacenamiento	Factor de reducción
Barreras contraviento	0,7
Regado con agua	0,5
Supresión química	0,2
Confinamiento 2 o 3 paredes	0,1
Cubrimiento	0,01

Fuente: Emission Estimation Technique Manual for Mining. Versión 2.3.

Table 3. Estimated Control Factors for Various Mining Operations.

Sin embargo, tras los estudios realizados para el Plan de Mejora de la Calidad del Aire en el municipio de Bailen, se llegó a la conclusión que las emisiones fugitivas de partículas debidas al almacenamiento a la intemperie de las materias primas, estimadas con los factores de emisión propuestos por la EPA, eran extraordinariamente altas en comparación con las emisiones reales observadas de forma cualitativa. Por ello, se decidió no aplicar los factores de emisión mencionados.

TABLA 4.31.
FACTORES DE EMISIÓN INVENTARIO-CMA EN HORNO TÚNEL
DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural			Horno de Carbón / Coque			Horno de Serrín			Horno de Fuelóleo		
SO ₂	0,335	C	EPA	3,665	C	CORINAIR	0,335	C	EPA	2	C	CORINAIR
NO _x	0,090	C	CORINAIR	0,725	C	CORINAIR	0,185	E	EPA	0,550	C	CORINAIR
CO	0,030	C	CORINAIR	0,715	C	CORINAIR	0,8	D	EPA	0,060	C	CORINAIR
CO ₂	200	B	EPA	150	C	EPA	245	D	EPA	200 ⁽¹⁾	B	EPA
COVNM	0,012	D	EPA	0,012	D	EPA	0,012	D	EPA	0,012 ⁽¹⁾	B	EPA
CH ₄	0,0185	E	EPA	0,0185	E	EPA	0,0185	E	EPA	0,0185 ⁽¹⁾	D	EPA
PST	0,48	D	EPA	0,9	B	EPA	0,465	D	EPA	0,48 ⁽¹⁾	E	EPA
PM ₁₀	0,435	D	EPA	0,7	C	EPA	0,425	D	EPA	0,435 ⁽¹⁾	D	EPA
PM _{2,5}	N.D.	N.A.	EPA	0,435	D	EPA	0,375	D	EPA	N.D. ⁽¹⁾	D	EPA
F	0,295	E	EPA	N.D.	N.A.	EPA	0,295	E	EPA	0,295 ⁽¹⁾	N.A.	EPA
HF	0,185	C	EPA	0,085	D	EPA	0,185	C	EPA	0,185 ⁽¹⁾	E	EPA
HCl	0,085	D	EPA	N.D.	N.A.	EPA	0,085	D	EPA	0,085 ⁽¹⁾	C	EPA
Benceno	1,45 x 10 ⁻³	E	EPA	0,145 x 10 ⁻³	E	EPA	0,26 x 10 ⁻³	E	EPA	1,45 x 10 ⁻³⁽¹⁾	D	EPA

Fuente: EPA. Tabla 11.3-2, 11.3-3, 11.3-4, 11.3-5 y 11.3-6

(1) En ausencia de factores específicos para fuelóleo se toman los factores correspondientes al horno túnel de gas natural, a fin de no penalizar a estos últimos hornos.

TABLA 4.32.
FACTORES DE EMISIÓN INVENTARIO-CMA PARA METALES PESADOS
EN HORNO TÚNEL DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural		Horno de Carbón		Horno de Fuelóleo ⁽²⁾ (kg/t combustible)		Horno de Serrín	
As	1,55 x 10 ⁻⁵	D	6,5 x 10 ⁻⁵	E	16,43 x 10 ⁻⁵	C	1,55 x 10 ⁻⁵	D
Be	0,021 x 10 ⁻⁵	D	0,8 x 10 ⁻⁵	E	0,35 x 10 ⁻⁵	C	0,021 x 10 ⁻⁵	D
Cd	0,75 x 10 ⁻⁵	D	0,75 x 10 ⁻⁵	D	4,95 x 10 ⁻⁵	C	0,75 x 10 ⁻⁵	D
Co	0,105 x 10 ⁻⁵	E	0,105 x 10 ⁻⁵	E	74,94 x 10 ⁻⁵	D	0,105 x 10 ⁻⁵	E
Cr	2,55 x 10 ⁻⁵	D	2,55 x 10 ⁻⁵	D	10,52 x 10 ⁻⁵	C	2,55 x 10 ⁻⁵	D
Cu	1,55 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾	D	6,5 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾	E	21,91 x 10 ⁻⁵	C	1,55 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾	D
Hg	0,375 x 10 ⁻⁵	D	4,8 x 10 ⁻⁵	E	1,41 x 10 ⁻⁵	C	0,375 x 10 ⁻⁵	D
Mn	14,5 x 10 ⁻⁵	D	14,5 x 10 ⁻⁵	D	37,34 x 10 ⁻⁵	C	650 x 10 ⁻⁵	E
Ni	3,6 x 10 ⁻⁵	D	3,6 x 10 ⁻⁵	D	1051,9 x 10 ⁻⁵	C	3,6 x 10 ⁻⁵	D
P	-	-	49 x 10 ⁻⁵	E	117,76 x 10 ⁻⁵	D	49 x 10 ⁻⁵	E
Pb	7,5 x 10 ⁻⁵	D	7,5 x 10 ⁻⁵	D	18,80 x 10 ⁻⁵	C	7,5 x 10 ⁻⁵	D
Sb	1,35 x 10 ⁻⁵	D	1,35 x 10 ⁻⁵	D	65,35 x 10 ⁻⁵	E	1,35 x 10 ⁻⁵	D
Se	11,5 x 10 ⁻⁵	D	11,5 x 10 ⁻⁵	D	8,50 x 10 ⁻⁵	E	11,5 x 10 ⁻⁵	D
Zn	0,75 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾	D	0,75 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾	D	362,24 x 10 ⁻⁵	D	0,75 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾	D

Fuente: EPA. Tabla 11.3-7

(1) Para el Cu se emplea el mismo factor de emisión del As y para el Zn se toma el del Cd, de acuerdo con la "Guía de Notificación de las Emisiones de la Industria de Fabricación de Elementos Cerámicos de Construcción".

(2) Fuente: EPA Tabla 1.3-11. Factores genéricos de combustión en instalaciones menores de 50MW_w.

TABLA 4.33.
FACTORES DE EMISIÓN INVENTARIO-CMA EN HORNO DISCONTINUOS
DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural			Horno de Carbón			Horno de Serrín			Horno de Fuelóleo		
SO ₂	0,335	C	EPA	6,065	U	FIRE	0,335	C	EPA	2,95 ⁽³⁾	U	FIRE
NO _x	0,25	C	CORINAIR	1,175	C	CORINAIR	0,185	E	EPA	0,81	C	CORINAIR
CO	0,075	C	CORINAIR	1,195	C	CORINAIR	0,8	D	EPA	0,095	C	CORINAIR
CO ₂	200	B	EPA	150	C	EPA	245	D	EPA	200 ⁽²⁾	B	EPA
COVNM	0,012 ⁽¹⁾	D	EPA	0,012 ⁽¹⁾	D	EPA	0,012 ⁽¹⁾	D	EPA	0,012 ⁽²⁾	B	EPA
CH ₄	0,0185 ⁽¹⁾	E	EPA	0,0185 ⁽¹⁾	E	EPA	0,0185 ⁽¹⁾	E	EPA	0,0185 ⁽²⁾	D	EPA
PST	0,48	D	EPA	0,9	B	EPA	0,465	D	EPA	0,48 ⁽²⁾	E	EPA
PM ₁₀	0,435	D	EPA	0,7	C	EPA	0,425	D	EPA	0,435 ⁽²⁾	D	EPA
PM _{2,5}	N.D.	N.A.	EPA	0,435	D	EPA	0,375	D	EPA	N.D. ⁽²⁾	D	EPA
F	0,295 ⁽¹⁾	E	EPA	N.D. ⁽¹⁾	N.A.	EPA	0,295 ⁽¹⁾	E	EPA	0,295 ⁽²⁾	N.A.	EPA
HF	0,185 ⁽¹⁾	C	EPA	0,085 ⁽¹⁾	D	EPA	0,185 ⁽¹⁾	C	EPA	0,185 ⁽²⁾	E	EPA
HCl	0,085 ⁽¹⁾	D	EPA	N.D. ⁽¹⁾	N.A.	EPA	0,085 ⁽¹⁾	D	EPA	0,085 ⁽²⁾	C	EPA
Benceno	1,45 x 10 ⁻³	E	EPA	0,145 x 10 ⁻³	E	EPA	0,26 x 10 ⁻³	E	EPA	1,45 x 10 ⁻³⁽²⁾	D	EPA

Fuente: EPA. Tabla 11.3-2, 11.3-3, 11.3-4, 11.3-5 y 11.3-6

(1) Factores de emisiones tomados de hornos túnel.

(2) En ausencia de factores específicos para fuelóleo se toman los factores correspondientes al horno túnel de gas natural, a fin de no penalizar a estos últimos hornos.

(3) Programa FIRE de la EPA.

TABLA 4.34.
FACTORES DE EMISIÓN INVENTARIO-CMA PARA METALES PESADOS
EN HORNO DISCONTINUOS DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural			Horno de Carbón			Horno de Fuelóleo ⁽³⁾			Horno de Serrín		
As	1,55 x 10 ⁻⁵	D		6,5 x 10 ⁻⁵	E		16,43 x 10 ⁻⁵	C		1,55 x 10 ⁻⁵	D	
Be	0,021 x 10 ⁻⁵	D		0,8 x 10 ⁻⁵	E		0,35 x 10 ⁻⁵	C		0,021 x 10 ⁻⁵	D	
Cd	0,75 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		0,75 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		4,95 x 10 ⁻⁵	C		0,75 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D	
Co	0,105 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	E		0,105 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	E		74,94 x 10 ⁻⁵	D		0,105 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	E	
Cr	2,55 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		2,55 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		10,52 x 10 ⁻⁵	C		2,55 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D	
Cu	1,55 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾	D		6,5 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾	E		21,91 x 10 ⁻⁵	C		1,55 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾	D	
Hg	0,375 x 10 ⁻⁵	D		4,8 x 10 ⁻⁵	E		1,41 x 10 ⁻⁵	C		0,375 x 10 ⁻⁵	D	
Mn	14,5 x 10 ⁻⁵	D		14,5 x 10 ⁻⁵	D		37,34 x 10 ⁻⁵	C		650 x 10 ⁻⁵	E	
Ni	3,6 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		3,6 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		1051,9 x 10 ⁻⁵	C		3,6 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D	
P	-	-		49 x 10 ⁻⁵	E		117,76 x 10 ⁻⁵	D		49 x 10 ⁻⁵	E	
Pb	7,5 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		7,5 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		18,80 x 10 ⁻⁵	C		7,5 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D	
Sb	1,35 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		1,35 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		65,35 x 10 ⁻⁵	E		1,35 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D	
Se	11,5 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		11,5 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D		8,50 x 10 ⁻⁵	E		11,5 x 10 ⁻⁵⁽²⁾	D	
Zn	0,75 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾⁽²⁾	D		0,75 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾⁽²⁾	D		16,43 x 10 ⁻⁵	C		0,75 x 10 ⁻⁵⁽¹⁾⁽²⁾	D	

Fuente: EPA. Tabla 11.3-7

(1) Para el Cu se emplea el mismo factor de emisión del As y para el Zn se toma el del Cd, de acuerdo con la "Guía de Notificación de las Emisiones de la Industria de Fabricación de Elementos Cerámicos de Construcción".

(2) Factores de emisión tomados de los hornos túnel.

(3) Kg/t combustible. Factores genéricos de combustión en instalaciones menores de 50MW_w.

TABLA 4.35.
FACTORES DE EMISIÓN INVENTARIO-CMA EN SECADEROS
(kg/t de ladrillos producidos)

	NO _x	CO	CO ₂	CH ₄	COVNM
Sin combustible adicional	-	-	-	0,01	0,015
Con combustible adicional (gas natural)	0,049	0,155	35,5	0,055	0,015

Fuente: EPA. Capítulo 11.3. Tabla 11.3-3 y 11.3-5
FACTOR DE CALIDAD: E

4.1.2. Factores para fuentes de área.

Estos factores de emisión, que dependen únicamente del combustible consumido, pueden emplearse en uno de los dos supuestos siguientes:

- Cuando se hace el tratamiento de la actividad a nivel de área.
- Cuando, haciéndose el tratamiento de forma puntual, sólo se conocen los datos correspondientes al tipo de combustible.

CORINAIR.

Para este caso la guía CORINAIR presenta los siguientes factores de emisión:

TABLA 4.36.
FACTORES DE EMISIÓN CORINAIR PARA FUENTES DE ÁREA SEGÚN
TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y TEJAS.

Combustible	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	CO (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Carbón - antracita	407-787	150-334	79-95	10-120	15-21	0,3-15	4-14
Carbón - bituminoso	170	30	99	50	15	15	8
Carbón - lignito	500-2900	140-300	86-113	14-110	1,5-20	1,5-100	3-14
Coque de petróleo	680	200	102	97	1,5	1,5	3
Biomasa madera	130	130-200	83-102	160	48-50	30-32	4-14
Fuelóleo	57-1470	57-330	76-78	10-234	3-57	0,1-8	2-15
Gasóleo	55-1410	54-330	72-74	10-54	1,5-2,5	1-8	2-14
Gas Natural	0,4-8	50-330	34-66	10-343	4-26	0,4-4	1-4
GLP	0,04-2	20-100	60-65	13	1-4	1	1-3

Fuente: CORINAIR. Capítulo B3319. Tabla 2.

La metodología CORINAIR no presenta factores de emisión específicos para metales en la fabricación de ladrillos y tejas. La única opción posible en este caso sería tomar los factores

genéricos de combustión correspondientes a instalaciones menores de 50 MW_t. Sin embargo, dicha fuente sólo presenta factores de emisión para la combustión de carbón y fuelóleo.

INVENTARIOS DE EMISIONES DEL MMA.

Los factores de emisión utilizados por el MMA, que se muestran en las tablas adjuntas, han sido tomados de las siguientes fuentes:

- Libro Guía EMEP/CORINAIR para los contaminantes del primer bloque (capítulo B3319, tabla 2), seleccionando factores a partir de la información de los valores y rangos de variación propuestos en dicha tabla; para los metales pesados (capítulo B112, tabla 12) y para los HAP (parte B, capítulo PAH). En el caso de los metales pesados y los HAP, son factores genéricos de combustión al no figurar datos para estos contaminantes en el correspondiente capítulo del Libro Guía.
- CEPMEIP para partículas, tomando factores de emisión correspondientes al sector de combustión en la producción de minerales no metálicos, y asumiendo un nivel de emisión medio. Para la madera y los residuos de madera, CEPMEIP no indica factores de emisión en los procesos de combustión industrial. Es por ello que los factores de emisión de partículas para estos dos combustibles se han asimilado a los propuestos por esta misma fuente en la producción de electricidad y cogeneración.
- OSPARCOM-HELCOM-UNECE (1995), tabla 4.5.1, para las dioxinas, tomando asimismo factores genéricos de combustión.

TABLA 4.37.
**FACTORES DE EMISIÓN DEL MMA PARA ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO
Y GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y TEJAS.**

Combustible	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	CO (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Coque de petróleo	738,3/B	200/C	1,5/C	1,5/C	97/C	98,3/A	3/C
Madera	5,2/B	206/C	150/C	16,7/C	160/C	0/A	4/C
Res. de madera	5,2/B	155/C	48/C	32/C	160/C	0/A	4/C
Fuelóleo	1.323/C	155/C	10/C	2,9/C	10/C	76/C	14/C
Gas Natural	0/D	62/D	5/D	1,4/D	10/D	55-56/D	3/C

Gas natural CO₂: Años 1990-1991: 55 kg/GJ; 1993-2002 = 56 kg/GJ

TABLA 4.38.
**FACTORES DE EMISIÓN DEL MMA PARA METALES PESADOS
Y PARTÍCULAS EN LA FABRICACIÓN Y LADRILLOS Y TEJAS.**

Combustible	As (mg/GJ)	Cd (mg/GJ)	Cr (mg/GJ)	Cu (mg/GJ)	Hg (mg/GJ)	Ni (mg/GJ)	Pb (mg/GJ)	Se (mg/GJ)	Zn (mg/GJ)	PM _{2,5} (g/GJ)	PM ₁₀ (g/GJ)	PST (g/GJ)
Coque de petróleo										35/D	60/D	100/D
Madera										55/D	70/D	100/D
Res. de madera										55/D	70/D	100/D
Fuelóleo	12,44/D	12,44/D	24,89/D	12,44/D	4,23/D	622,2/D	24,89/D	12,44/D	2,49/D	35/D	40/D	50/D
Gas Natural					0,1/D					0,2/D	0,2/D	0,2/D

TABLA 4.39.
**FACTORES DE EMISIÓN DEL MMA PARA CONTAMINANTES ORGÁNICOS
PERSISTENTES EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y TEJAS.**

Combustible	HCH (mg/GJ)	PCP (mg/GJ)	HCB (mg/GJ)	TCM (g/GJ)	TRI (g/GJ)	PER (g/GJ)	TCB (mg/GJ)	TCE (g/GJ)	DIOX (ng/GJ)	HAP (mg/GJ)
Coque de petróleo									2,94/D	
Madera									69,25/D	0,37/D
Res. de madera									67,57/D	0,36/D
Fuelóleo									2,49/D	
Gas Natural										

INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN ANDALUCÍA.

Todos los factores de emisión considerados por la CMA son del CORINAIR, Capítulo B3319, Tabla 2. Para muchos de los factores propuestos en dicha tabla no se presenta un valor concreto sino un intervalo cuyo rango puede ser más o menos amplio. La CMA ha tomado en estos casos el valor central del intervalo.

TABLA 4.40.
FACTOTES DE EMISIÓN INVENTARIO-CMA PARA FUENTES DE ÁREA
SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y TEJAS.

Combustible	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	CO (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Carbón - antracita	597	242	87	65	18	7,65	9
Carbón - bituminoso	170	30	99	50	15	15	8
Carbón - lignito	1700	220	99,5	62	10,75	50,75	8,5
Coque de petróleo	680	200	102	97	1,5	1,5	3
Biomasa madera	130	165	92,5	160	49	31	9
Fuelóleo	763,5	193,5	77	122	30	4,05	8,5
Gasóleo	732,5	192	73	32	2	4,5	8
Gas Natural	4,2	190	50	176,5	15	2,2	2,5
GLP	1,02	60	62,5	13	2,5	1	2

Fuente: CORINAIR, Capítulo B3319, Tabla 2.

Dado que la CMA estima las emisiones de esta actividad de forma puntual, la aplicación de estos factores de emisión se ciñe a aquellas instalaciones para las que sólo se conoce la cantidad de combustible consumido.

4.2. Metodología seleccionada para la estimación de las emisiones.

4.2.1. Para fuentes puntuales.

La metodología seleccionada considera en primer lugar los factores propuestos por el CORINAIR, completando para el resto de contaminantes y etapas de proceso con los factores de emisión de la EPA.

TABLA 4.41.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS
PARA EL CO EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapas del proceso/ Combustible		Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Almacenamiento					
Molienda					
Conformado					
Secadero					
Natural o recuperación de calor		-			
Combustible adicional gas natural ⁽¹⁾		0,155	Kg/t producto	E	EPA
Cocción / Tipo de horno					
Gas natural	Túnel	0,030	Kg/t producto	C	CORINAIR
Gas natural	Hoffmann	0,075	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Túnel	0,060	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Hoffmann	0,095	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Túnel	0,715	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Hoffmann	1,195	Kg/t producto	C	CORINAIR
Biomasa	Túnel	0,8	Kg/t producto	D	EPA
Biomasa	Hoffmann	0,8 ⁽³⁾	Kg/t producto	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo ⁽²⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽²⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín ⁽²⁾		1,504	Kg/GJ	CORINAIR	
Fuelóleo		0,015	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasóleo		0,012	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,0115	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,0115	Kg/GJ	CORINAIR	
Gas natural		0,017	Kg/GJ	CORINAIR	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que deben emplearse los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/Secadero.

(2) En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa se emplea el factor correspondiente a biomasa (madera).

(3) Factor tomado de horno túnel.

Para el cálculo del CO₂ se propone la metodología establecida en la Decisión 2004/156, para notificar las emisiones de gases de efecto invernadero, válidas para el régimen de comercio de derechos de emisión. Esta metodología consiste básicamente en:

- Cálculo de las emisiones asociadas a procesos de combustión. Las emisiones de CO₂ asociadas a los procesos de combustión se calculan mediante la fórmula:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Emisiones de CO}_2 & & \text{Consumo de} & \text{Poder Calorífico} & & \text{Factor de} & \text{Factor de} \\ \text{Asociadas a combustión} & = & \text{combustible} & \text{Inferior (MJ/kg)} & \times & \text{emisión} & \text{oxidación} \\ \text{(kg/año)} & & \text{(kg/año)} & & & \text{(kg/MJ)} & \end{array}$$

TABLA 4.42.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS
EMISIONES DE CO₂ ASOCIADAS A LOS PROCESOS DE COMBUSTIÓN SEGÚN KYOTO

Combustible	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Factor de emisión (kg/MJ)	Factor de oxidación
Carbón – antracita	30,26	0,0963	0,98
Carbón – bituminoso	30,34	0,01	0,98
Carbón - lignito	13,39	0,0112	0,98
Coque de petróleo	32,50	0,0983	0,99
Fuelóleo	40,18	0,076	0,995
Gasóleo	42,40	0,073	0,995
Gas natural	48,41	0,056	0,995
Orujillo	17,2	0,096	0,99
Cáscara de almendra	15,3	0,096	0,99
Serrín	13,6	0,096	0,99

Fuente: Anexo 8 del Documento "Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España. Años 1990-2004. Comunicación a la Comisión Europea".

- Cálculo de las emisiones asociadas al proceso. Estas emisiones se pueden calcular a partir de los carbonatos presentes en la materia prima o a partir de los óxidos alcalinos y alcalino-térreos presentes en el producto final. A continuación se describe la metodología basada en la materia prima, para lo que es necesario conocer el porcentaje de cada tipo de carbonato presente en la materia prima:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Emisiones de CO}_2 & & \text{Consumo de} & & \text{Proporción carbonato} & & \text{Factor de emisión} \\ \text{Debidas a carbonato Z} & = & \text{Materia prima} & \times & \text{Z presente en la} & \times & \text{estequiométrico} \\ \text{(kg/año)} & & \text{(kg/año)} & & \text{materia prima} & & \end{array}$$

Donde carbonato Z es un carbonato cualquiera y el factor de emisión estequiométrico es el que se obtiene de la tabla siguiente:

TABLA 4.43.
FACTORES DE EMISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS
EMISIONES DE CO₂ ASOCIADAS AL PROCESO SEGÚN KYOTO

Carbonato	Factor de emisión (kg CO ₂ /kg carbonato)
CaCO ₃	0,440
MgCO ₃	0,522

Fuente: Decisión 2004/156/CE.

Es necesario aplicar la ecuación anterior para cada uno de los carbonatos presentes en la materia prima. A título orientativo, la cantidad media de carbonato cálcico en la arcilla empleada en la Comunidad Autónoma andaluza es del 20%, aunque este dato

varía bastante según la zona geográfica, siendo necesario realizar análisis para obtener el dato representativo de la arcilla utilizada en una instalación.

Para obtener las emisiones totales de CO₂ de la instalación hay que sumar las obtenidas mediante ambas ecuaciones:

$$\text{Emisiones totales de CO}_2 = \text{Emisiones combustión} + \text{Emisiones de proceso}$$

Para aquellas instalaciones no afectadas por Kyoto, si además no se dispone de los datos para aplicar dicha metodología, se utilizarán los siguientes factores de emisión para estimar las emisiones de CO₂:

TABLA 4.44.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS
PARA EL CO₂ EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapas del proceso/ Combustible	Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Almacenamiento				
Molienda				
Conformado				
Secadero				
Natural o recuperación de calor				
Combustible adicional gas natural ⁽¹⁾	35,5	Kg/t producto	E	EPA
Cocción				
Gas natural	200	Kg/t producto	B	EPA
Fuelóleo / gasóleo	N.D.	Kg/t producto	-	-
Carbón /coque	150	Kg/t producto	C	EPA
Biomasa	245	Kg/t producto	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero	Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo ⁽²⁾	96	Kg/GJ combust	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽²⁾	96	Kg/GJ combust	CORINAIR	
Serrín ⁽²⁾	96	Kg/GJ combust	CORINAIR	
Fuelóleo	76	Kg/GJ combust	IPCC	
Gasóleo	73	Kg/GJ combust	IPCC	
Butano	66,2	Kg/GJ combust	IPCC	
Propano	63,6	Kg/GJ combust	IPCC	
Gas natural	56	Kg/GJ combust	IPCC	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que deben emplearse los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.

(2) En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa se emplea el factor correspondiente a biomasa (madera).

TABLA 4.45.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS
PARA EL NO_x EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapas del proceso/ Combustible		Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Almacenamiento					
Molienda					
Conformado					
Secadero					
Natural o recuperación de calor		-			
Combustible adicional gas natural ⁽¹⁾		0,049	Kg/t producto	E	EPA
Cocción / Tipo de horno					
Gas natural	Túnel	0,090	Kg/t producto	C	CORINAIR
Gas natural	Hoffmann	0,250	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Túnel	0,550	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Hoffmann	0,810	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Túnel	0,725	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Hoffmann	1,175	Kg/t producto	C	CORINAIR
Biomasa	Túnel	0,185	Kg/t producto	E	EPA
Biomasa	Hoffmann	0,185 ⁽³⁾	Kg/t producto	E	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo ⁽²⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra ⁽²⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín ⁽²⁾		0,2	Kg/GJ	CORINAIR	
Fuelóleo		0,16	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasóleo		0,089	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,094	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,094	Kg/GJ	CORINAIR	
Gas natural		0,1	Kg/GJ	CORINAIR	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que deben emplearse los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.

(2) En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa se emplea el factor correspondiente a biomasa (madera).

(3) Factor tomado de horno túnel.

TABLA 4.46.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS
PARA EL SO_x EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapa del proceso/ Combustible		Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Almacenamiento					
Molienda					
Conformado					
Secadero					
Natural o recuperación de calor		-			
Combustible adicional gas natural ⁽¹⁾		-			
Cocción / Tipo de horno					
Gas natural (factor de emisión SO ₂)	Túnel	0,335	Kg/t producto	C	EPA
Gas natural (factor de emisión SO ₃)	Túnel	0,055	Kg/t producto	D	EPA
Gas natural (factor de emisión SO _x)	Túnel	0,39	Kg/t producto	⁽³⁾	EPA
Gas natural (factor de emisión SO ₂)	Hoffmann	0,335 ⁽⁴⁾	Kg/t producto	C	EPA
Gas natural (factor de emisión SO ₃)	Hoffmann	0,055 ⁽⁴⁾	Kg/t producto	D	EPA
Gas natural (factor de emisión SO _x)	Hoffmann	0,39 ⁽⁴⁾	Kg/t producto	⁽³⁾	EPA
Fuelóleo / gasóleo	Túnel	2	Kg/t producto	C	CORINAIR
Fuelóleo / gasóleo	Hoffmann	2,950 ⁽²⁾	Kg/t producto	U	EPA (FIRE)
Carbón /coque	Túnel	3,665	Kg/t producto	C	CORINAIR
Carbón /coque	Hoffmann	6,065 ⁽²⁾	Kg/t producto	U	EPA (FIRE)
Biomasa (factor de emisión SO ₂)	Túnel	0,335	Kg/t producto	C	EPA
Biomasa (factor de emisión SO ₃)	Túnel	0,055	Kg/t producto	D	EPA
Biomasa (factor de emisión SO _x)	Túnel	0,39	Kg/t producto	⁽³⁾	EPA
Biomasa (factor de emisión SO ₂)	Hoffmann	0,335 ⁽⁴⁾	Kg/t producto	C	EPA
Biomasa (factor de emisión SO ₃)	Hoffmann	0,055 ⁽⁴⁾	Kg/t producto	D	EPA
Biomasa (factor de emisión SO _x)	Hoffmann	0,39 ⁽⁴⁾	Kg/t producto	⁽³⁾	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero		Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo		0,0988	Kg/GJ	CORINAIR	
Cáscara de almendra		0,00327	Kg/GJ	CORINAIR	
Serrín		0,00368	Kg/GJ	CORINAIR	
Fuelóleo		0,498	Kg/GJ	CORINAIR	
Gasóleo		0,0943	Kg/GJ	CORINAIR	
Butano		0,00223	Kg/GJ	CORINAIR	
Propano		0,00216	Kg/GJ	CORINAIR	
Gas natural		0,000387	Kq/GJ	CORINAIR	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que deben emplearse los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.

(2) Los factores propuestos para horno Hoffmann que utiliza como combustible carbón o fuelóleo se han obtenido conforme a la metodología de cálculo del programa FIRE de la EPA.

(3) Factor obtenido como la suma de los correspondientes a SO₂ y SO₃.

(4) Factores tomados de hornos túnel.

Los factores de emisión a aplicar para la estimación de las emisiones de SO₂ en las instalaciones auxiliares/secaderos (presentados en la tabla anterior), se obtienen aplicando la metodología CORINAIR considerando el porcentaje de azufre en los combustibles indicados en la tabla adjunta:

$$F.E. = 2 * C_S * \frac{1}{H_u} * 10^3 \text{ (kg/GJ)}$$

Donde C_S es el contenido en S en el combustible, expresado en kg S/kg combustible, y H_u es el poder calorífico inferior en GJ/tonelada.

TABLA 4.47.
PORCENTAJE DE AZUFRE EN LOS COMBUSTIBLES (SELECCIONADOS)

Combustible	S (%)	Combustible	S (%)
Fuelóleo ⁽¹⁾	1	Orujillo de aceituna ⁽³⁾	0,085
Gasóleo ⁽¹⁾	0,2	Cáscara de almendra ⁽³⁾	0,0025
Gas natural ⁽²⁾	0,0075 (g/m ³)	Serrín ⁽³⁾	0,0025
Butano ⁽¹⁾	0,005	Madera ⁽³⁾	0,0025
Propano ⁽¹⁾	0,005	Residuos de madera ⁽³⁾	0,0025

(1) Real Decreto 61/2006, de 31 de Enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.

(2) CORINAIR. Chapter B111. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Point Sources" Table 23: S-contents of selected fuels.

(3) Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales.

TABLA 4.48.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS
PARA PM₁₀ EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapas del proceso/ Combustible	Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Molienda				
Material seco (4% humedad)	0,265	Kg/t materia prima procesada	E	EPA
Material húmedo (13% humedad)	0,00115	Kg/t materia prima procesada	E	EPA
Filtro de mangas (6,5% humedad)	0,0016	Kg/t materia prima procesada	E	EPA
Conformado con filtro de mangas	0,0018	Kg/t producción	E	EPA
Secadero				
Cocción				
Gas natural	0,435	Kg/t producción	D	EPA
Fuelóleo / gasóleo	N.D.			
Carbón /coque	0,7	Kg/t producción	C	EPA
Biomasa	0,425	Kg/t producción	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero	Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo ⁽²⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Cáscara de almendra ⁽²⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Serrín ⁽²⁾	0,215	Kg/GJ	EPA	
Fuelóleo	0,027	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Gasóleo	0,00314	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Butano	0,00277 ⁽³⁾	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Propano	0,00315 ⁽³⁾	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Gas natural	0,000785 ⁽⁴⁾	Kg/GJ	EPA (FIRE)	

- (1) No aplicable a líneas de extrusión típicas. Aplicable a líneas de extrusión con varios puntos de goteo en transportador cuando se procesa materia con un contenido de humedad 5-9%.
- (2) En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa se emplea el factor correspondiente a biomasa (madera).
- (3) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.
- (4) Factor correspondiente a partículas filtrables.

TABLA 4.49.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS
PARA PM EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Etapas del proceso/ Combustible	Factor de emisión	Unidad	Código	Fuente
Trituración primaria con filtro de mangas	-			
Molienda				
Material seco (4% humedad)	4,25	Kg/t materia prima procesada	E	EPA
Material húmedo (13% humedad)	0,0125	Kg/t materia prima procesada	E	EPA
Filtro de mangas (6,5% humedad)	0,0031	Kg/t materia prima procesada	E	EPA
Conformado	N.D.			
Secadero				
Natural o recuperación de calor	0,0935	Kg/t producción	E	FIRE
Combustible adicional gas natural ⁽¹⁾	0,0935	Kg/t producción	E	FIRE
Cocción				
Gas natural	0,48	Kg/t producción	D	EPA
Fuelóleo / gasóleo	N.D.			
Carbón /coque	0,9	Kg/t producción	C	EPA
Biomasa	0,465	Kg/t producción	D	EPA
Instalaciones auxiliares/Secadero	Factor de emisión	Unidad	Fuente	
Orujillo ⁽²⁾	0,30471	Kg/GJ	EPA	
Cáscara de almendra ⁽²⁾	0,30471	Kg/GJ	EPA	
Serrín ⁽²⁾	0,30471	Kg/GJ	EPA	
Fuelóleo	0,03144	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Gasóleo	0,00629	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Butano	0,00277 ⁽³⁾	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Propano	0,00315 ⁽³⁾	Kg/GJ	EPA (FIRE)	
Gas natural	0,000785 ⁽⁴⁾	Kg/GJ	EPA (FIRE)	

(1) En la Comunidad Autónoma de Andalucía la mayoría de los secaderos funcionan intermitentemente, por lo que deben emplearse los factores correspondientes a combustión recogidos en el apartado Instalaciones auxiliares/ Secadero.

(2) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.

(3) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.

(4) Factor correspondiente a partículas filtrables.

TABLA 4.50.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS EN SECADEROS
(kg/t de ladrillos producidos)

	CH₄	COVNM
Sin combustible adicional	0,01	0,015
Con combustible adicional (gas natural)	0,055	0,015

Fuente: EPA. Capítulo 11.3. Tabla 11.3-3 y 11.3-5
FACTOR DE CALIDAD: E

TABLA 4.51.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS EN HORNO
TÚNEL DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural		Horno de Carbón / Coque		Horno de Serrín / Biomasa		Horno de Fuelóleo / Gasóleo	
COVNM	0,012	D	0,012	D	0,012	D	0,012 ⁽¹⁾	D
CH₄	0,0185	E	0,0185	E	0,0185	E	0,0185 ⁽¹⁾	E
Benceno	1,45 x 10 ⁻³	E	0,145 x 10 ⁻³	E	0,26 x 10 ⁻³	E	1,45 x 10 ⁻³ ⁽¹⁾	E

Fuente: EPA. Tabla 11.3-2, 11.3-3, 11.3-4, 11.3-5 y 11.3-6
(1) Factores de emisiones tomados de hornos de gas natural.

TABLA 4.52.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS EN HORNO
DISCONTINUOS DE CURADO Y COCCIÓN (kg/t de ladrillos producidos)

	Horno de Gas natural		Horno de Carbón / Coque		Horno de Serrín / Biomasa		Horno de Fuelóleo / Gasóleo	
COVNM	0,012 ⁽¹⁾	D	0,012 ⁽¹⁾	D	0,012 ⁽¹⁾	D	0,012 ⁽²⁾	D
CH₄	0,0185 ⁽¹⁾	E	0,0185 ⁽¹⁾	E	0,0185 ⁽¹⁾	E	0,0185 ⁽²⁾	E
Benceno	1,45 x 10 ⁻³	E	0,145 x 10 ⁻³	E	0,26 x 10 ⁻³	E	1,45 x 10 ⁻³ ⁽²⁾	E

Fuente: EPA. Tabla 11.3-2, 11.3-3, 11.3-4, 11.3-5 y 11.3-6
(1) Factores de emisiones tomados de hornos túnel.
(2) Factores de emisión tomados de hornos túnel de gas natural.

TABLA 4.53.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS EN HORNO
(TÚNEL Y DISCONTINUOS) EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS (kg/t producción)

Contaminante	Gas natural			Fuelóleo / Gasóleo ⁽²⁾			Carbón / Coque			Biomasa		
As	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	6,5 x 10 ⁻⁵	E	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Cd ⁽¹⁾	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA
Cr	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Cu ⁽¹⁾	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	6,5 x 10 ⁻⁵	E	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Hg	3,75 x 10 ⁻⁶	D	EPA	3,75 x 10 ⁻⁶	D	EPA	4,8 x 10 ⁻⁵	E	EPA	3,75 x 10 ⁻⁶	D	EPA
Ni	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Pb	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Zn	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA

Fuente: EPA. Tabla 11.3-7
(1) Para el Cu se ha propuesto el mismo factor que para el As, y para el Cd el mismo que el Zinc, ya que sus volatilidades son similares.
(2) Ante la ausencia de factores de emisión propios para el fuelóleo se toman los correspondientes a gas natural específicos del proceso de cocción.

TABLA 4.54.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS PARA METALES
EN INSTALACIONES AUXILIARES (kg/t de combustible).

Contaminante	Coque ⁽²⁾	Madera ⁽¹⁾	Residuos de Madera ⁽¹⁾	Serrín ⁽¹⁾	Orujillo de aceituna ⁽¹⁾	Cáscara de Almendra ⁽¹⁾	Fuelóleo	Gasóleo
As	0,00956 E	0,000137 A	0,000140 A	0,000129 A	0,000163 A	0,000145 A	0,000164 C	0,0000729 E
Cd	0,000621 E	0,0000255 A	0,0000261 A	0,0000240 A	0,0000303 A	0,0000270 A	0,0000495 C	0,0000547 E
Cr	0,0197 E	0,000130 A	0,000134 A	0,000123 A	0,000155 A	0,000138 A	0,000105 C	0,0000547 E
Cu		0,000304 A	0,000312 A	0,000287 A	0,000362 A	0,000322 A	0,000219 C	0,000109 E
Hg	0,000224 E	0,0000224 A	0,0000229 A	0,0000211 A	0,0000266 A	0,0000237 A	0,0000141 C	0,0000547 E
Ni	0,0162 E	0,000205 A	0,000210 A	0,000193 A	0,000244 A	0,000217 A	0,0105 C	0,0000547 E
Pb	0,00709 E	0,000298 A	0,000305 A	0,000281 A	0,000355 A	0,000316 A	0,000188 C	0,000164 E
Se		0,0000174 A	0,0000178 A	0,0000164 A	0,0000207 A	0,0000184 A	0,0000850 C	0,000273 E
Zn		0,00261 A	0,00267 A	0,00246 A	0,00311 A	0,00276 A	0,00362 D	0,0000729 E

Fuente: Chapter 1. External Combustion Sources. Section 1.1 Bituminous and Subbituminous Coal Combustion. Section 1.3 Fuel Oil Combustion. Section 1.6 Wood Residue Combustion in Boilers.

- (1) En ausencia de factores específicos para cada tipo de biomasa se emplean, en todos los casos, los factores correspondientes a residuos de madera, aplicándose posteriormente el poder calorífico correspondiente a cada tipo de combustible.
- (2) En ausencia de factores específicos para el coque se emplean los factores correspondientes a carbón bituminoso y subbituminoso, aplicándose posteriormente el poder calorífico correspondiente al coque.

4.2.2. Para fuentes de área.

Los factores de emisión propuestos para estimar las emisiones cuando la fabricación de ladrillos y tejas se trata a nivel de área, se presentan en las tablas adjuntas.

TABLA 4.55.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS PARA FUENTES DE ÁREA
SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y TEJAS.

Combustible	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	CO (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Gas Natural	0,4	190	56 ⁽¹⁾	176,5	15	2,2	2,5
Gasóleo	732,5	192	73 ⁽¹⁾	32	2	4,5	8
Fuelóleo	1323	155	76 ⁽¹⁾	10	10	2,9	14
Coque de petróleo	738,3	200	98,3 ⁽¹⁾	97	1,5	1,5	3
Carbón - antracita	597	242	96,3 ⁽¹⁾	65	18	7,65	9
Carbón - bituminoso	170	30	100 ⁽²⁾	50	15	15	8
Carbón - lignito	1700	220	112 ⁽²⁾	62	10,75	50,75	8,5
Orujillo ⁽³⁾	5,2	206	96	160	150	16,7	4
Cáscara de almendra ⁽³⁾	5,2	206	96	160	150	16,7	4
Serrín ⁽³⁾	5,2	206	96	160	150	16,7	4
Madera	5,2	206	96	160	150	16,7	4
Residuo Madera ⁽³⁾	5,2	155	96	160	48	32	4
GLP	1,02	60	65 ⁽¹⁾	13	2,5	1	2

Fuente: CORINAIR, Capítulo B3319, Tabla 2.

(1) Anexo 8 del documento "Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España. Años 1990-2004. Comunicación a la Comisión Europea".

(2) Nivel 1 IPCC 1996. Decisión de la Comisión 2004/156/CE. Directrices de Seguimiento y Notificación.

(3) En ausencia de otros factores se toman los correspondientes a biomasa madera

De acuerdo con las fuentes consultadas, sólo se dispone de factores a nivel de área para la estimación de las emisiones de metales debidas a la combustión de fuelóleo y carbón (factores genéricos de combustión para instalaciones menores de 50 MW_t). Estimar las emisiones sólo en estos dos casos implicaría, al menos en el caso de Andalucía, obviar la mayor parte de las emisiones de esta actividad, dado que los combustibles más utilizados en dicha comunidad son el coque de petróleo y el orujillo.

Por tanto, parece más lógico emplear los factores de emisión para metales de la EPA, ya que aunque corresponden a fuentes puntuales, son específicos del sector y consideran un mayor número de combustibles.

TABLA 4.56.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS PARA FUENTES
DE ÁREA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS (kg/t producción)

Contaminante	Gas natural			Fuelóleo / Gasóleo ⁽²⁾			Carbón / Coque			Biomasa		
As	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	6,5 x 10 ⁻⁵	E	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Cd ⁽¹⁾	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA
Cr	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	2,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Cu ⁽¹⁾	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA	6,5 x 10 ⁻⁵	E	EPA	1,55 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Hg	3,75 x 10 ⁻⁶	D	EPA	3,75 x 10 ⁻⁶	D	EPA	4,8 x 10 ⁻⁵	E	EPA	3,75 x 10 ⁻⁶	D	EPA
Ni	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA	3,6 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Pb	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁵	D	EPA
Zn	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA	7,5 x 10 ⁻⁶	D	EPA

Fuente: EPA. Tabla 11.3-7

- (3) Para el Cu se ha propuesto el mismo factor que para el As, y para el Cd el mismo que el Zinc, ya que sus volatilidades son similares.
- (4) Ante la ausencia de factores de emisión propios para el fuelóleo se toman los correspondientes a gas natural específicos del proceso de cocción.

TABLA 4.57.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS PARA FUENTES DE ÁREA PARA
PARTÍCULAS EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y TEJAS (kg/GJ de combustible).

Combustible	PM	Fuente	PM ₁₀	Fuente
Gas natural	0,000785 ⁽³⁾	EPA (FIRE)	0,000785 ⁽⁴⁾	EPA (FIRE)
Gasóleo	0,00629	EPA (FIRE)	0,00314	EPA (FIRE)
Fuelóleo	0,03144	EPA (FIRE)	0,027	EPA (FIRE)
Coque de petróleo ⁽⁴⁾	0,1138	EPA	0,026	EPA
Carbón – antracita	0,122	EPA	0,0281	EPA
Carbón – bituminoso	0,122	EPA	0,0280	EPA
Carbón - lignito	1,2136	EPA (FIRE)	0,339	EPA (FIRE)
Orujillo ⁽¹⁾	0,30471	EPA	0,215	EPA
Cáscara de almendra ⁽¹⁾	0,30471	EPA	0,215	EPA
Serrín ⁽¹⁾	0,30471	EPA	0,215	EPA
Madera	0,30471	EPA	0,215	EPA
Residuo de madera	0,30471	EPA	0,215	EPA
Butano	0,00278 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00278 ⁽³⁾	EPA (FIRE)
Propano	0,00315 ⁽²⁾	EPA (FIRE)	0,00315 ⁽³⁾	EPA (FIRE)

Fuente: EPA. Chapter 1. External Combustion Sources y Programa FIRE de la EPA.

- (1) Factor correspondiente a biomasa (madera). En ausencia de otros factores más específicos para cada tipo de biomasa, se ha aplicado este valor multiplicando por el poder calorífico correspondiente a cada combustible.
- (2) Para estos combustibles se ha considerado que todas las partículas producidas son PM₁₀.
- (3) Factor correspondiente a partículas filtrables.
- (4) En ausencia de otros factores más específicos, se ha tomado el valor correspondiente a carbón multiplicándolo por el poder calorífico correspondiente al coque.

TABLA 4.58.
FACTORES DE EMISIÓN SELECCIONADOS PARA FUENTES
DE ÁREA PARA CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES
EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y TEJAS.

Combustible	HCH (mg/GJ)	PCP (mg/GJ)	HCB (mg/GJ)	TCM (g/GJ)	TRI (g/GJ)	PER (g/GJ)	TCB (mg/GJ)	TCE (g/GJ)	DIOX ⁽¹⁾ (ng/GJ)	HAP ⁽²⁾ (mg/GJ)
Coque de petróleo									2,94	
Madera									69,25	0,37
Res. de madera									67,57	0,36
Fuelóleo									2,49	
Gas Natural										

FACTOR DE CALIDAD: D.

(1) Fuente: OSPARCOM-HELCOM-UNECE (1995), tabla 4.5.1 (factores genéricos de combustión).

(2) Fuente: CORINIAIR. Parte B. Capítulo PAH.

4.3. Comparación con la metodología del MMA.

4.3.1. Para fuente puntual

La metodología propuesta para estimar las emisiones a nivel puntual difiere, principalmente, con la del MMA en los siguientes aspectos:

- Los factores de emisión considerados por el MMA son factores genéricos, función únicamente del combustible empleado, sin distinguir según el tipo de horno instalado.
- No propone factores de emisión para las etapas de:
 - § Secado, cuyas emisiones son NO_x, CO, CO₂, COVNM, CH₄ y partículas; y
 - § Preparación de materias primas, que presenta emisiones fugitivas de partículas.
- Dentro de los combustibles empleados en el sector, no considera el orujillo, cuyo uso es bastante típico en esta actividad en Andalucía.

4.3.2. Para fuente de área

Comparando los factores seleccionados para estimar las emisiones de la fabricación de ladrillos y tejas a nivel de área, con la metodología usada por el MMA, se llega a las siguientes conclusiones:

- Coque de petróleo, madera, residuo de madera, fuelóleo y gas natural:

- § Para acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero, los factores seleccionados coinciden con los tomados por MMA, con las siguientes excepciones:
 - ≠ El MMA considera que las emisiones de SO₂ debidas a la combustión del gas natural son despreciables. Sin embargo, además de dichas emisiones, existen por otro lado, las correspondientes a la combustión de las piritas presentes en la arcilla. Por ello, se ha seleccionado el límite inferior del intervalo del rango de emisión dado en el CORINAIR 0,4 g/GJ.
 - ≠ Si se contempla el CO₂ procedente de la biomasa a efectos del cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, debe usarse el factor de emisión que aparece en la tabla 96 kg/GJ. Sin embargo, si se considera que dichas emisiones no computan, el factor de emisión será 0 kg/GJ.
- § Para metales pesados, los factores tomados se corresponden con los específicos para fuentes puntuales en la fabricación de ladrillos y tejas de la EPA.
- § Contaminantes orgánicos persistentes, los factores son exactamente los mismos.
- § Para partículas: en este caso se han propuesto los factores de emisión proporcionados por la EPA, ya que todas las metodologías consultadas se refieren siempre a dicha fuente.
- Resto de combustibles:
 - § Para acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero, los factores seleccionados dependen del tipo de combustible, indicándose en el pie de tabla la fuente de la que han sido extraídos (tabla 4.60.).
 - § Para metales pesados, los factores tomados se corresponden con los específicos para fuentes puntuales en la fabricación de ladrillos y tejas de la EPA.
 - § Para partículas: en este caso se han propuesto los factores de emisión proporcionados por la EPA, ya que todas las metodologías consultadas se refieren siempre a dicha fuente.

5. Variables de actividad.

5.1. Resumen de las variables de actividad a emplear.

Las variables de actividad necesarias según el tratamiento dado a la actividad, como fuente puntual o como fuente de área, y en función de la etapa del proceso son las siguientes:

- Fuente puntual.
 - § Almacenamiento y preparación de materias primas.
 - ≠ Materia prima almacenada (toneladas).
 - ≠ Materia prima procesada (toneladas).
 - § Extrusión.
 - ≠ Producción (toneladas).
 - § Secado.
 - ≠ Producción (toneladas).
 - ≠ Tipo de secadero
 - ≠ Cantidad (toneladas) y tipo de combustible consumido.
 - § Cocción.
 - ≠ Producción (toneladas).
 - ≠ Tipo de horno.
 - ≠ Cantidad (toneladas) y tipo de combustible consumido.
- Fuente de área.
 - ≠ Cantidad (toneladas) y tipo de combustible consumido.

5.2. Caracterización de los combustibles empleados.

En la tabla adjunta se recogen los valores por defecto de las características de los combustibles empleados en esta actividad.

TABLA 5.1.
CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES EMPLEADOS EN EL SECTOR

Combustible	S (%)	PCI (GJ/t) ⁽¹⁾	D (kg/m ³) ⁽²⁾
Carbón – antracita	0,4	30,26	909
Carbón – bituminoso	0,7	30,34	1350
Carbón - lignito	5,2	13,39	1050
Coque de petróleo	4,4	32,50	
Fuelóleo ⁽⁴⁾	1	40,18	964
Gasóleo ⁽⁴⁾	0,2	42,40	900
Gas natural ⁽⁵⁾	0,0075 (g/m ³)	48,41	0,8
Butano ⁽⁴⁾	0,005	44,78	579
Propano ⁽⁴⁾	0,005	46,20	494
Orujillo de aceituna ⁽⁶⁾	0,085	17,20	
Cáscara de almendra ⁽⁶⁾	0,0025	15,30	
Serrín ⁽⁶⁾	0,0025	13,60	
Madera ⁽⁶⁾	0,0025	14,44	
Residuos de madera ⁽⁶⁾	0,0025	14,80	

- (1) Fuente: Anexo 8 del documento "Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España. Años 1990-2004. Comunicación a la Comisión Europea".
- (2) Guía de Notificación de las Emisiones de la Industria de Fabricación de Elementos Cerámicos de Construcción. Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- (4) Real Decreto 61/2006, de 31 de Enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.
- (5) CORINAIR. Chapter B111. Combustion in Energy and Transformation Industries. Combustion Plants as Point Sources" Table 23: S-contents of selected fuels.
- (6) Decreto 503/2004, de 13 de Octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales.

5.3. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Criterios de selección de las fuentes de datos.

Cuando el sector se trata de forma puntual, la información debe recopilarse instalación a instalación mediante cuestionarios o cualquier otra fórmula que se considere adecuada a tal efecto. Sin embargo, cuando las emisiones del sector se estiman a nivel de área, la información debe solicitarse a las asociaciones sectoriales.

Existen asociaciones sectoriales de ámbito local, provincial, autonómico y nacional; y en la mayoría de los casos, estas asociaciones representan a una actividad dentro de un sector y no a un sector completo. Además, no puede olvidarse el hecho de que, dichas asociaciones disponen sólo de la información referente a las empresas asociadas dentro de su radio de acción, de modo que la información que pueden facilitar no abarca al total de empresas que integran la actividad.

Lo ideal es pedir los datos para la actividad en estudio a aquella asociación, que integrando el mayor número de empresas posibles, pueda proporcionar los datos con el nivel de desagregación requerido. Siempre se preferirá que la información sea lo más completa posible aunque no esté desagregada de la forma más conveniente, buscando en este caso otra variable de la actividad (producción, número de empleados, etc), que estando disponible, permita el posterior reparto de las emisiones estimadas al nivel deseado.

6. Incertidumbre.

El análisis de la incertidumbre asociada a la determinación de emisiones puede realizarse por los siguientes métodos:

- Análisis cualitativo.
- Análisis semi-cuantitativo.
- Análisis cuantitativo.

Las características de cada uno de estos métodos se establecen conforme a las pautas determinadas por el EIIP (Emission Inventory Improvement Program – EPA).

Sin embargo, en este documento se propone la metodología seguida por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, para la asignación de la incertidumbre asociada a las emisiones estimadas, bien sea partir de mediciones o de factores de emisión, ya que se trata de una metodología:

- simple, que permite procesar un gran número de datos por unidad de tiempo,
- homogénea, para cualquier actividad, y
- basada en buenas prácticas establecidas por organismos de reconocido prestigio.

6.1. Metodología propuesta.

Dado que la incertidumbre asociada al valor estimado de una emisión depende tanto de la incertidumbre asociada la variable de actividad como de la asociada al método de cálculo, habrá que analizar necesariamente ambos tipos de incertidumbre.

Incertidumbre asociada a las variables de actividad

Las variables de actividad proceden de las propias instalaciones o de asociaciones sectoriales, según se haya tratado la información a nivel puntual o de área.

En el caso de que la información sea suministrada por asociaciones, éstas podrían aportar el valor de la incertidumbre asociada, aunque actualmente no lo hacen.

Sin embargo, cuando la actividad se trata de forma puntual, los datos son específicos de cada instalación y se corresponden con una declaración formal de la misma. Por lo que las incertidumbres asociadas a los datos de la actividad no son fácilmente determinables. Siendo sólo posible verificar si el valor es del mismo orden que el notificado en periodos anteriores y en el caso de que la diferencia sea significativa determinar la causa.

Incertidumbre asociada al método de estimación.

Cuando no se cuenta con datos específicos de mediciones continuas o periódicas de los contaminantes emitidos por los procesos de una actividad, una buena práctica es llevar a cabo estimaciones de las emisiones usando factores de emisión extraídos de referencias coherentes y de reconocido prestigio.

Estos factores, se determinan en circunstancias particulares que se consideran típicas. Habrá por lo tanto una incertidumbre asociada a la aplicación de los factores en circunstancias distintas a las originales en la que se desarrollaron los mismos.

Aunque los factores de emisión llevan asociado un índice de calidad del factor, no es posible determinar la incertidumbre asociada a la aplicación del factor en un país distinto al que lo ha desarrollado. En este sentido, no existen factores de emisión específicos en España.

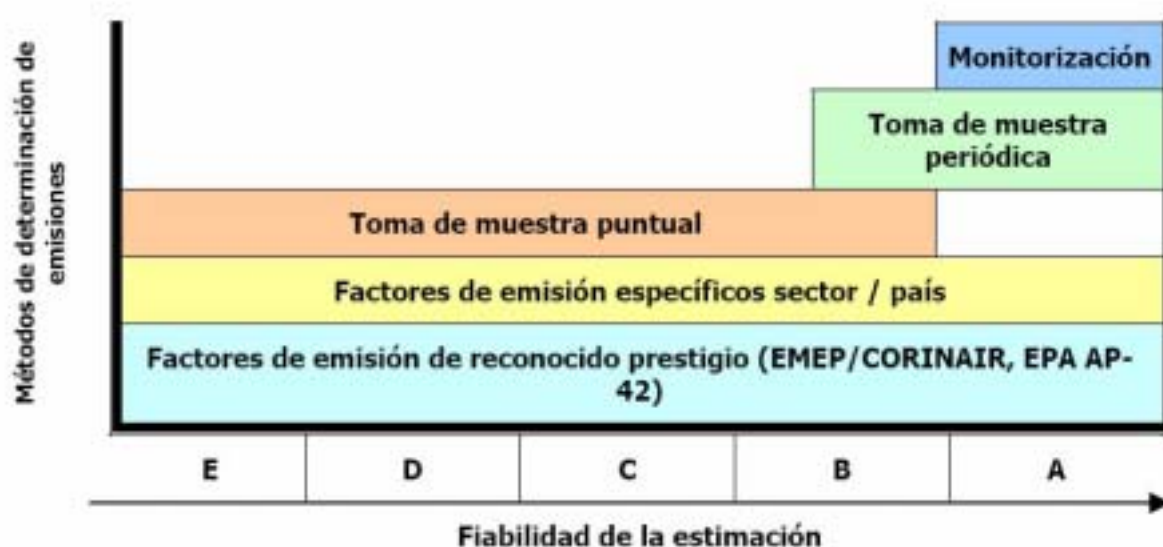
Si no se tuviera en cuenta la incertidumbre asociada al empleo de factores de emisión en un país diferente al que se ha desarrollado el factor. Se podría acudir al rango de incertidumbre asociado a la calidad del factor. Dicho índice de calidad "Data quality rating" se refiere a la capacidad que posee el factor de emisión para representar la tasa media de emisión de una determinada fuente. Se pueden distinguir 5 tipos de índices de calidad cuya definición y rango típico de error al determinar el valor de las emisiones (en las condiciones representativas de la actividad en la que se realizó la estimación del dato), según las referencias del CORINAIR se indican en la tabla adjunta:

TABLA 6.1.
INDICE DE CALIDAD Y RANGO TÍPICO DE ERROR SEGÚN
CORINAIR AL DETERMINAR EL VALOR DE LAS EMISIONES.

Rating	Definición	Rango típico de error
A	Estimación basada en un gran número de medidas hechas en instalaciones que representan totalmente el sector	10 a 30 %
B	Estimación basada en un gran número de medidas hechas en instalaciones que representan gran parte del sector	20 a 60 %
C	Estimación basada en una serie de medidas en un número pequeño de instalaciones representativas del sector, o basadas en juicios técnicos en función de datos relevantes	50 a 150 %
D	Estimación basada en medidas individuales o cálculos ingenieriles derivados de un número relevante de datos	100 a 300 %
E	Estimación basada en cálculos derivados de la consideración de hipótesis	Orden de magnitud

Fuente: Good Practice Guidance for CLRTAPEmisión Inventories, CORINAIR, Noviembre 2.001.

Sin embargo, en el documento “Procedures for Preparing Emission Factor”, EPA-454/R-95-015, se establece una relación entre los métodos empleados para la determinación de emisiones y el grado de fiabilidad en la estimación realizada por los mismos.



Siendo el intervalo de incertidumbre asociado a cada índice de calidad el siguiente:

TABLA 6.2.
INTERVALOS DE INCERTIDUMBRE ASOCIADOS A LOS ÍNDICES DE CALIDAD SEGÚN EPA.

Rating	Rango típico de error
A	10 a 30 %
B	20 a 60 %
C	50 a 150 %
D	100 a 300 %
E	Orden de magnitud

Respecto a la gráfica anterior cabe establecer las siguientes conclusiones:

- Puede establecerse una relación entre la fiabilidad de la estimación realizada con un determinado método y el índice de calidad de un factor de emisión. Así, por ejemplo:
 - § En el caso de que existieran factores de emisión desarrollados específicamente para una determinada región y sector, el orden de fiabilidad de la estimación de la emisión obtenida utilizando datos de monitorización sería equivalente al mejor Índice de Calidad del factor de emisión.
 - § El empleo de datos procedentes de autocontroles permite determinar emisiones con fiabilidad del orden de las calculadas a partir de monitorización. Esta aproximación es mejor cuanto mayor sea el número de autocontroles anuales, considerando la menor incertidumbre dentro del intervalo correspondiente al índice del factor cuando la frecuencia del autocontrol sea superior a una vez al mes.
 - § Las determinaciones a partir de datos de mediciones puntuales, siempre y cuando sean representativas, tendrían una fiabilidad del orden de las realizadas mediante el empleo de factores de emisión.
- Los Índices de Calidad indicados se corresponden con los establecidos por la EPA, el uso de los mismos para la determinación de emisiones en un país distinto (con sus propias aplicaciones tecnológicas, materia primas específicas, etc.) lleva intrínsecamente asociada una incertidumbre adicional al Índice de Calidad propio del factor.

Partiendo de estas premisas, la incertidumbre asignada según la forma en que se haya determinado la estimación de la emisión será:

TABLA 6.3.
INCERTIDUMBRE ASIGNADA SEGÚN EL MÉTODO
EMPLEADO PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

Tipo de determinación del dato de emisión (kg/año)	Incertidumbre	
Monitorización	10%	
LVCC / Autocontroles mensuales	20%	
Mediciones en condiciones representativas	30%	
Factores de emisión	Índice de calidad A	30%
	Índice de calidad B	60%
	Índices de calidad superiores	100%

Cabe indicar que cuando se lleve a cabo la determinación de un dato de emisión total de una instalación correspondiente a la suma de sus distintos focos y en cada uno de ellos exista un criterio de prevalencia distinto, la incertidumbre será la correspondiente al método que contribuya en mayor medida a las emisiones totales.

CAPÍTULO 9

GUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE LAS FABRICACIÓN DE PASTA Y PAPEL

ÍNDICE

1. Sector pasta y papel (ámbito de aplicación)	1
2. Pasta kraft o pasta al sulfato.....	3
2.1.. Pasta Kraft: emisiones a la atmósfera	7
2.1.1. NMVOC: compuestos orgánicos volátiles no metánicos.....	8
2.1.2. Caldera de recuperación:	9
2.1.3. Caldera de biomasa o caldera de corteza:.....	10
2.1.4. Restitución de agentes químicos:.....	10
2.1.5. Horno de cal	11
2.2.. KRAFT: factores de emisión.....	12
3. Pasta al sulfito.....	19
3.1.. Pasta al sulfito: Emisiones a la atmósfera.....	20
3.2.. Sulfito: factores de emisión	21
4. Pasta mecánica	22
4.1.. Pasta mecánica emisiones a la atmósfera.....	23
4.1.1. NMVOC.	23
5. Instalaciones de fabricación de pasta y papel a partir de papeles reciclados	25
5.1..Emisiones atmosféricas derivadas de la producción de pasta a partir de papel reciclado.	27
6. Instalaciones de fabricación de papel.....	28
6.1..Emisiones atmosféricas derivadas de la producción de papel.....	28
7. Instalaciones auxiliares en los centros de pasta y papel.....	29
8. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Prioridad de las fuentes.	37

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Principales contaminantes asociados a los procesos (fuente CORINAIR, B462, junio 2005)	7
TABLA 2. NMVOC: Factores de emisión de partículas específicos de pasta Kraft.....	12
TABLA 3. PM: Factores de emisión de partículas específicos de producción de pasta Kraft	14
TABLA 4. NO _x : Factores de emisión específicos de la producción de pasta Kraft.....	15
TABLA 5. SO _x : Factores de emisión de SO _x específicos de la producción de pasta Kraft.....	16
TABLA 6. CH ₄ . Factores de emisión específicos de los procesos de producción de pasta Kraft.	17
TABLA 7. CO: Factores de emisión específicos de producción de pasta Kraft.....	17
TABLA 8. Emisiones de CO ₂ de los agentes de reposición	18
TABLA 9. Pasta al sulfito,; factores de emisión.....	21
TABLA 10.Principales contaminantes emitidos en cada proceso (fuente CORINAIR).....	23
TABLA 11.NMVOC: factores de emisión de la instalaciones de producción de pasta mecánica	24
TABLA 12.Principales contaminantes emitidos en cada proceso.....	27
TABLA 13.NO _x : Factores de emisiones en combustión en calderas y en procesos de secado de las instalaciones de pasta y papel.	31
TABLA 14.SO _x : : Factores de emisiones en combustión en calderas y en procesos de secado de las instalaciones de pasta y papel.	32
TABLA 15.CH ₄ : Factores de emisiones en combustión en calderas y en procesos de secado de las instalaciones de pasta y papel.	33
TABLA 16.CO: Factores de emisiones en combustión en calderas y en procesos de secado de las instalaciones de pasta y papel..	34
TABLA 17.N ₂ O: factores	35
TABLA 18.CO ₂ : Factores de emisiones en combustión en calderas y en procesos de secado de las instalaciones de pasta y papel.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Clasificación de las instalaciones de pasta y papel (fuente: BREF pasta y papel, 2001).....	2
FIGURA 2. Esquema del proceso general en la producción de pasta Kraft o al sulfato.....	4
FIGURA 3. resumen del proceso de pasta Kraft (fuente EPA)	5
FIGURA 4. Reacciones en la caldera de recuperación (Fuente: EPA).....	9
FIGURA 5. Ciclos de sodio y calcio (fuente: WRI, GHG Protocol).	11
FIGURA 6. Esquema del proceso de producción de pasta al sulfito (fuente BREF)	19
FIGURA 7. Esquema general de los procesos de producción de pastas mecánicas (fuente BREF pasta y papel 2001).	22
FIGURA 8. Esquema general de una planta de fabricación de papel a partir de papel recuperado	25
FIGURA 9. esquema de general de las etapas que se llevan a cabo en la fabricación de papel a partir de papeles reciclados.....	25

1. Sector pasta y papel (ámbito de aplicación)

El papel es una lámina de fibras de celulosa con una serie de constituyentes que determinan la calidad final de la lámina.

El sustrato fibroso acuoso a partir del cual se fabrica el papel, se denomina pasta. La manufactura de papel y cartón se puede dividir en tres etapas:

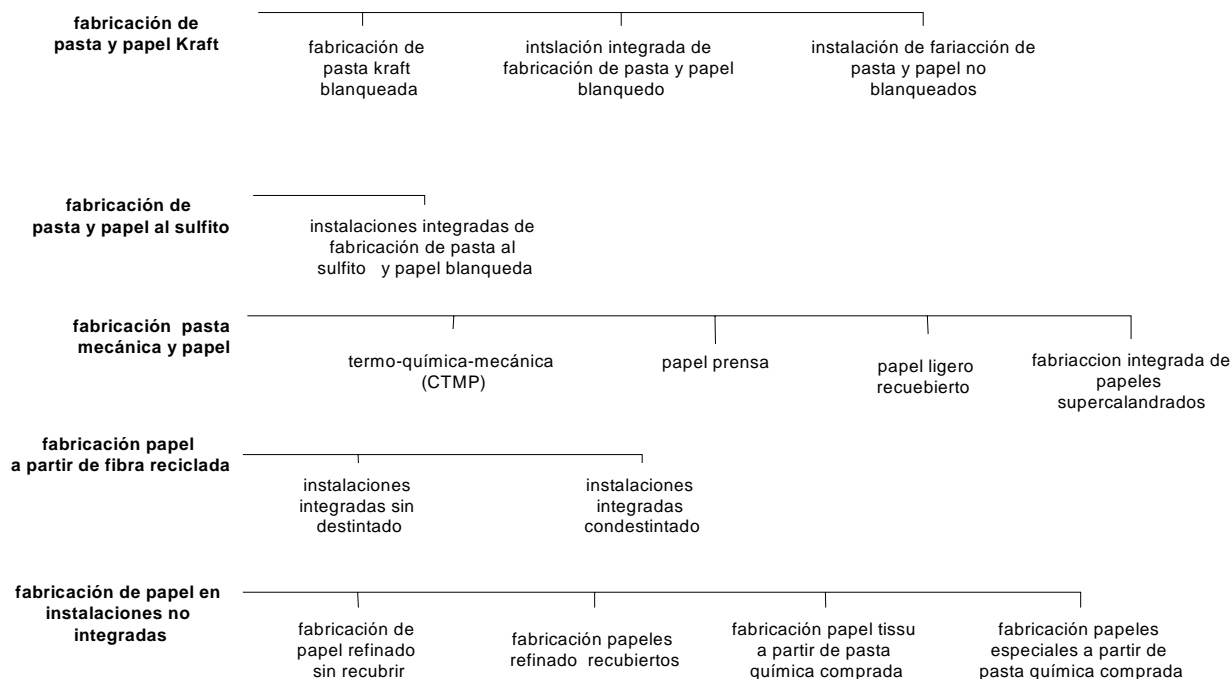
- 4 Producción de pasta
- 4 Procesado de pasta
- 4 Producción de papel y cartón

Primero se produce una mezcla de pasta por la digestión de material fibroso mediante métodos químicos, mecánicos o una combinación de métodos mecánicos y químicos. En el **proceso químico** de obtención de pasta a partir de la madera, material más comúnmente empleado, la cocción de la pulpa libera la celulosa por la destrucción selectiva con agentes químicos de la sustancia que aglutina las fibras, la lignina. Mientras que en el **proceso mecánico** consiste en deshacer, por métodos puramente mecánicos, los paquetes de fibras que conforman la madera obteniéndose finalmente, una mezcla formada por haces leñosos de fibras en suspensión acuosa junto con el resto de constituyentes de la madera (celulosa, lignina, resina, etc), pero no se utilizan agentes químicos para el desfibrado.

Los métodos semiquímicos son una combinación de métodos químicos y mecánicos.

Y en las instalaciones que producen pasta a partir de papelote (papel reciclado), la separación de las fibras contenidas en el material reciclado, es mecánica.

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE PASTA Y PAPEL (FUENTE: BREF PASTA Y PAPEL, 2001)



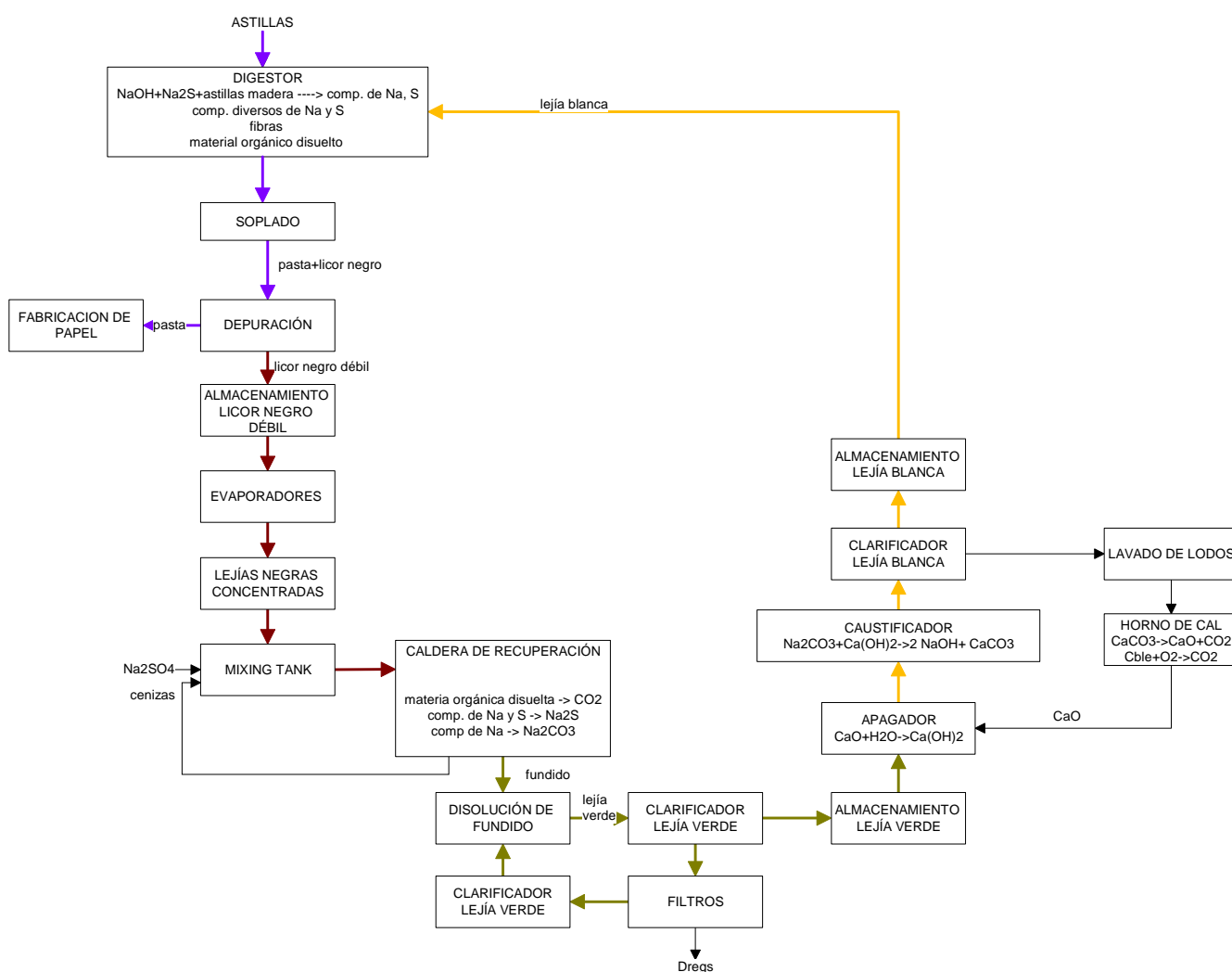
2. Pasta kraft o pasta al sulfato

La madera, compuesta de fibras de celulosa como lignina, es la materia prima utilizada en la producción de este tipo de pasta. El objetivo del proceso Kraft de producción de pasta, es disolver la lignina mediante agentes químicos, dejando intactas la mayoría de fibras de celulosa.

Las principales operaciones llevadas a cabo en el proceso Kraft son:

- 4 Preparación de las astillas de madera
- 4 Digestión de las fibras para formar la pasta.
- 4 Procesado de pasta para recuperar los productos químicos agotados y eliminar las impurezas de la pasta sin cocer (eliminación de nudos, lavado de pasta, tamizado de pasta)
- 4 Concentración del licor para su posterior recuperación química.

FIGURA 2. ESQUEMA DEL PROCESO GENERAL EN LA PRODUCCIÓN DE PASTA KRAFT O AL SULFATO.



Principales etapas en la producción de pasta Kraft

Digestión o cocción

Las astillas de madera se cuecen en el digestor a elevadas temperaturas y presiones y en una disolución alcalina de sodio sulfuro (Na_2S) y sodio hidróxido (NaOH), denominada “lejía blanco”.

Los digestores se podrían clasificar en digestores continuos o por lotes (batch). Tanto en un tipo como en otro, una vez completada la digestión de las astillas, la mezcla de licor negro y pasta se descargan al denominado tanque de soplado, que está a menor presión que el digestor y donde la pasta sufre una expansión. Durante la descarga del digestor al blow tank se libera una corriente de gases con elevada humedad y carga orgánica, estos gases, clasificados como bajo volumen y

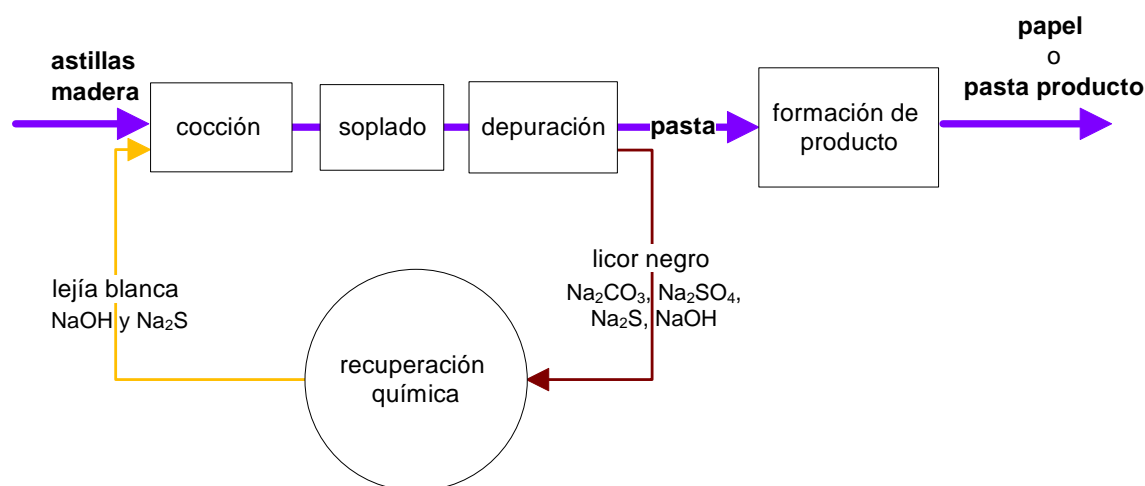
elevada concentración , HVLC, pueden ser incinerados o recuperados para obtener aguarrás o lejías celulósicas. (Prácticas habituales en las instalaciones que utilizan madera de coníferas).

El producto de digestión es una papilla de fibras y lejía de cocción agotado (*licor negro*). El licor negro, denominado así por su color, es una disolución de productos químicos inorgánicos agotados durante la digestión, y una gran cantidad de sustancias orgánicas de la madera.

Lavado

El proceso de lavado consiste en la separación de la pasta del licor negro. La pasta se procesará para su utilización en la fabricación de papel, y el licor negro se someterá a recuperación química.

FIGURA 3. RESUMEN DEL PROCESO DE PASTA KRAFT (FUENTE EPA)



El proceso de lavado es una etapa crítica para maximizar la cantidad de licor negro que se recupere y minimizar aquel que haya podido quedar retenido en la pasta y que le confiere un color oscuro.

Blanqueo de la pasta.

Aún cuando la cocción de las astillas en el digestor elimina del orden del 75% de la lignina, la pasta sigue siendo de color pardo por lo que es sometida a un proceso de blanqueo para eliminar las impurezas que le confieren dicho tono. La pasta seguirá el proceso hasta producir pasta Kraft para mercado o obtener papel Kraft.

Recuperación química.

La pasta separada en la etapa de depuración se procesa para obtener los productos comerciales, sin embargo el licor negro, se somete a recuperación química con objeto de recuperar la lejía de cocción.

Las principales funciones del sistema de recuperación en la producción de pasta Kraft son:

- 4 recuperación de los agentes químicos de cocción del licor negro agotado (Na_2S).
Conversión de los compuestos azufrados en Na_2S y la regeneración del NaOH
- 4 Quemar la parte orgánica disuelta en el licor negro (lignina, haces leñosos...) y aprovechar su energía para generar vapor de agua que se utilizará en el proceso o para la producción de energía eléctrica.
- 4 Y reducir o eliminar las potenciales fuentes de contaminación mediante la destrucción de sustancias orgánicas (generalmente lignina) disueltas durante la cocción.

La etapas principales de la recuperación del licor negro son:

- 4 concentración del licor negro en evaporadores
- 4 Combustión/oxidación del licor negro en la caldera de recuperación o de licor negro.
Disolución del fundido, obteniendo *licor verde* (Na_2S y Na_2CO_3)
- 4 Caustificación (reacción entre el carbonato sódico y la cal apagada, para obtener carbonato de sodio)
- 4 Recuperación de la cal viva en un horno de cal.

2.1. Pasta Kraft: emisiones a la atmósfera

La tabla siguiente identifica las emisiones más características de las instalaciones de pasta y papel Kraft.

TABLA 1. PRINCIPALES CONTAMINANTES ASOCIADOS A LOS PROCESOS (FUENTE CORINAIR, B462, JUNIO 2005)

	CH ₄	CO	CO ₂	NMVOC's	NO _x	SO _x	PM ₁₀
Producción de pasta							
Stripping				X			
Digestión y soplado				X		X ¹	
Lavado				X		X ¹	
Filtros							
Deslignificación con oxígeno				X			
Blanqueado				X			
Secado pasta ³ (relacionadas con procesos de combustión)	X	X	X	X			
Gases no condensables:							
--Captados, no incinerados				X			
-- captados e incinerados					X	X ²	
Producción aguarrás				X			
Recuperación de resina de lejías celulósicas				X			
Recuperación química							
-- Evaporadores				X			
-- Oxidación licor negro (dependiendo tipo de oxidación)				X			
-- caldera de recuperación	X	X	X	X	X	X	X
-- Recautificación /tanque disolución del fundido				X			X
-- Horno de cal	X	X	X	X	X	X	X

¹⁾cuando los gases son captados e incinerados

²⁾dependiendo si los gases se tratan en un lavador o se incineran

³⁾ estudiado en el apartado 7 de instalaciones de combustión

Las emisiones a la atmósfera de las instalaciones de pasta Kraft tienen su origen en las distantes etapas de producción de pasta y papel, si bien, el régimen de emisión y los compuestos característicos varían de una a otra.

Entre las sustancias químicas más características que se emiten en este tipo de instalaciones se podrían destacar los **compuestos reducidos de azufre** (TRS) clasificación en la que se incluyen el sulfhídrico, los mercaptanos (RSH) como el metil mercaptano, dimetil mercaptano; y los sulfuros y disulfuros como los dimetil sulfuro (MeSMe) o dimetil disulfuro (MeSSMe), etc. Estos compuestos se caracterizan por el olor a "huevo podrido" y tener muy bajos niveles de olor, es decir, es posible percibirlos aún a muy bajos niveles de concentración en el ambiente. a pequeñas

concentraciones. Además de los compuestos reducidos de azufre, en las corrientes residuales de las instalaciones de pasta son representativos el **dióxido de azufre**, y **diversos compuestos orgánicos como los alcoholes, los terpenos etc.**

En la caldera de recuperación, en la caldera de cortezas, en el horno de cal y en aquellas instalaciones en las que se llevan a cabo procesos de combustión, **también se emiten óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, partículas entre otros.**

2.1.1.NMVOC: compuestos orgánicos volátiles no metánicos.

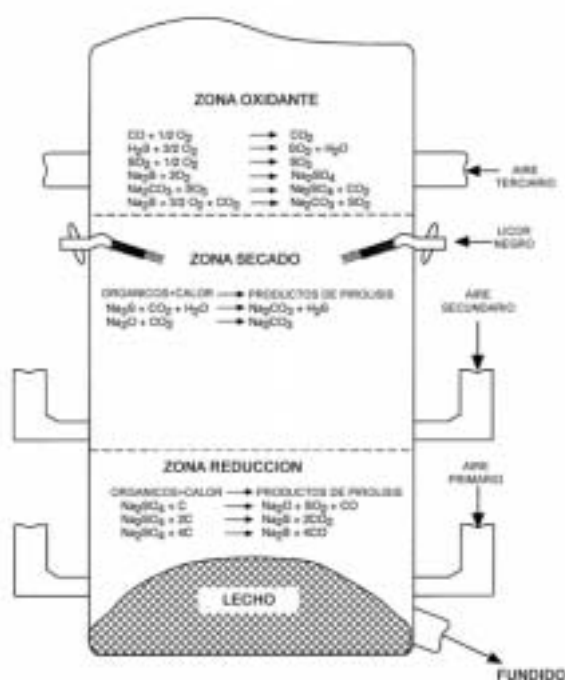
Son muchos y muy diversos los compuestos orgánicos volátiles que se emiten en una instalación de producción de pasta Kraft, entre los que se incluyen tanto los terpenos como los alcoholes, los compuestos reducidos de azufre (TRS), fruto de reacciones de los compuestos orgánicos de la madera con el azufre en la zona reductora de la caldera de recuperación, así como otros compuestos orgánicos cuya emisión dependerá de la etapa de proceso y sus condiciones.

Las especies de compuestos orgánicos volátiles presentes en las distintas corrientes gaseosas de las instalaciones dependen en gran medida del proceso en que el que se emiten y las condiciones de operación del mismo; así por ejemplo, cabe esperar que la proporción de compuestos orgánicos azufrados sea mayor en la zona de evaporadores, y que sin embargo la proporción de terpenos, isoprenos y alcoholes sea mayor en la zona de digestión/soplado.

2.1.2. Caldera de recuperación:

La caldera de recuperación o caldera de licor negro, con tres zonas de operación y generalmente con potencias térmicas considerables, representa una fuente importante de emisiones a la atmósfera en las instalaciones de pasta Kraft. Los compuestos emitidos más característicos en este foco son los óxidos de azufre, partículas –principalmente constituidas por sulfatos y carbonatos-, óxidos de nitrógeno y compuestos reducidos de azufre, y su régimen de emisión dependerá entre otros, del contenido en materia sólida del licor negro, de la configuración de la caldera, equipada con evaporador de contacto directo o no, y del uso de medidas secundarias a final de proceso (uso de electrofiltros....)

FIGURA 4. REACCIONES EN LA CALDERA DE RECUPERACIÓN (FUENTE: EPA)



El combustible utilizado es el licor negro, y su contenido energético es sustancialmente de origen orgánico (astillas, lignina...), por la que las emisiones de CO_2 de su combustión no se computan en el Protocolo de Kyoto. Adicionalmente, como es el caso del arranque de la caldera, pueden utilizarse combustibles fósiles como el gas natural o fuelóleo, etc. Sus emisiones de CO_2 , al igual que en las instalaciones de combustión, se calculan en función de la cantidad de los distintos combustibles fósiles utilizados y su contenido en carbono.

Las emisiones de las sustancias estarán condicionadas entre otras variables, por las condiciones de operación de la caldera, el contenido en materia sólida, el uso de evaporadores de contacto o directo o no, la existencia o no de la etapa de oxidación previa a la entrada del horno, de la utilización de medidas secundarias como los filtros de partículas, lavadores de gases....y que tendrán incidencia en el factor de emisión.

Las partículas que se forman en esta etapa están compuestas por carbonatos y es habitual el uso de electrofiltros y mezcla de las partículas recogidas con el licor negro agotado en el *mixing tank*.

2.1.3. Caldera de biomasa o caldera de corteza:

El aprovechamiento energético de los subproductos de la madera (cortezas de madera, haces leñosos, recortes...) que se generan a lo largo del proceso, es una práctica muy extendida en la industria de pasta y papel. Las emisiones de CO₂ generadas en su combustión se consideran neutras,

Además del CO₂ en las calderas de cortezas también se emiten compuestos característicos de los procesos de combustión como el CO, NO_x, CH₄ y N₂O partículas. , y sus emisiones son sensibles a las condiciones de operación de la caldera. Para aquellas calderas que además de biomasa queman conjuntamente combustibles fósiles, se ha observado que las condiciones de operación son más similares a los de una caldera de biomasa que a los de una caldera de combustibles fósiles, en consecuencia, las emisiones de los compuestos se calcularán con la entrada total de energía a la caldera (cble fósil+biomasa) y los factores de emisión específicos para las calderas de biomasa. (fuente NCASI).

2.1.4. Restitución de agentes químicos:

Las pérdidas de sodio y calcio que tienen lugar en la recuperación química, generalmente se reponen con agentes químicos que no contienen carbonatos fósiles (CaO...), sin embargo en algunos casos es posible el uso de CaCO₃ y Na₂CO₃. El origen del carbono en estos es comúnmente fósil y a altas temperaturas como en el horno de cal o en la caldera de recuperación, se decarbonatan emitiendo CO₂.

Las emisiones de CO₂ del uso de la caliza y de la sosa se calculan en base al consumo de estos compuestos en la producción de **pasta**. Es posible que las instalaciones integradas utilicen carbonatos como cargas en la fabricación de papel, pero estos carbonatos no se emiten.

2.1.5. Horno de cal

En el horno de cal tiene lugar la reacción de decarbonatación del carbonato de calcio formado en la recaustificación de acuerdo a la siguiente reacción:



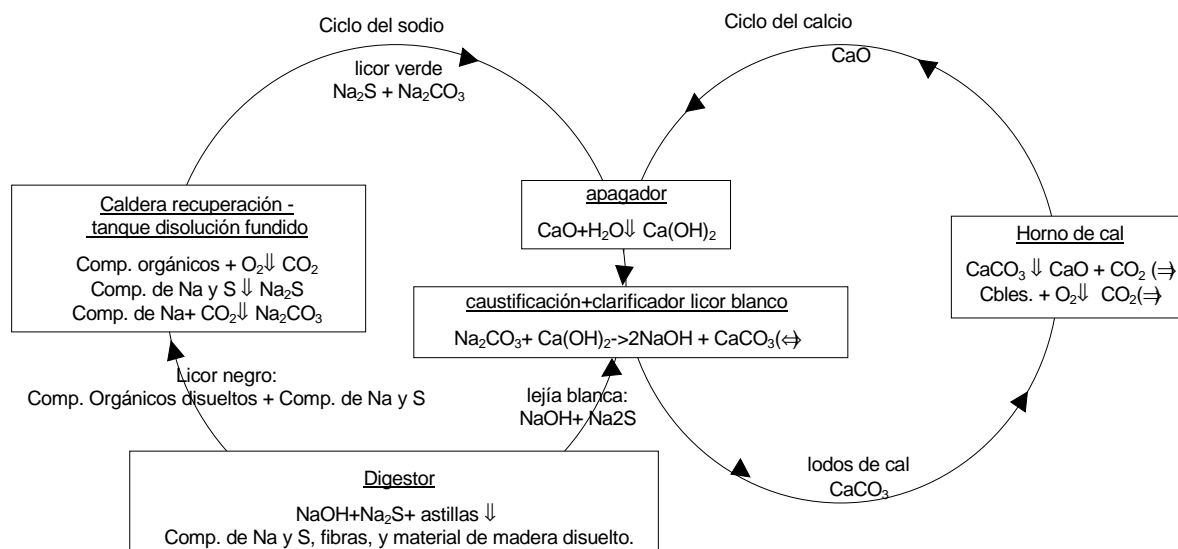
Esta reacción tiene lugar a temperaturas de en torno a 1000-1100°C, en un horno rotatorio que consume energía fósil (fuel óleo o gas natural).

Los principales compuestos emitidos al aire en el horno de cal, son los dióxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno, los compuesto reducidos de azufre y partículas.

La emisión de partículas puede controlarse mediante el uso de electrofiltros o filtros de mangas.

Además de los mencionados compuestos, en el proceso de decarbonatación se emite CO_2 pero estos carbonatos provienen de la reacción de los compuestos de sodio y del CO_2 de la biomasa en la caldera de recuperación, en consecuencia, se consideran neutros. (ver figura adjunta)

FIGURA 5. CICLOS DE SODIO Y CALCIO (FUENTE: WRI, GHG PROTOCOL).



2.2. KRAFT: factores de emisión

A continuación se recogen los factores de emisión de las distintas fuentes bibliográficas consultadas.

TABLA 2. NMVOC: FACTORES DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS ESPECÍFICOS DE PASTA KRAFT

NMVOC Procesos	Datos de actividad	BREF	CORINAIR (NCASI) [kg C orgánico]	CORINAIR EPA [kg S orgánico]
Pilas de astillas	Kg/m3 madera	0,2-0,3		
Digestión (sin captación de gases)	Kg/ADt			0,6
Lavado con condensados limpios	Kg/ADt		0,14 (0,0-0,27)	0,025
Lavado con condensados sucios	Kg/ADt		0,49 (0,45-0,52)	0,2
Blanqueo	Kg/ADt		0,05 (0,004-0,2)	
Gases no condensables, captados, no incinerados	Kg/ADt		1,57	
Producción aguarrás	Kg/ADt			0,25
Reactores deslignificación oxígeno			0,041 (0,016-0,075)	
Recuperación lejías celulósicas (tall oil)	Kg/Tm de lejía cel rec.		2,0 (0,1-4,9)	
Evaporadores de multiple efecto (cuando los gases no son capturados)	Kg/ADt			0,05
Oxidación licor negro	Kg/ADt		0,17 (0,12-0,22)	
Horno de recuperación con evaporador de contacto directo	Kg/ADt		1,66 (0,02-3,55)	1,5
Horno de recuperación sin evaporador de contacto directo	Kg/ADt		0,14	

NMVO Procesos	Datos de actividad	BREF	CORINAIR (NCASI) [kg C orgánico]	CORINAIR EPA [kg S orgánico]
Tanque disolución fundido	Kg/ADt		(0,-0,8)	
Recaustificación con condensados limpios	Kg/ADt		0,031 (0,00001-0,107)	0,01
Recaustificación con condensados sucios	Kg/ADt		0,88 (0,72-1,2)	0,15
Horno de cal	Kg/ADt			0,125

Nota:

ADt: Air Dried pukp ton. Tonelada de pasta seca al aire.

Fuente: CORINAR B462, junio 2005, los factores publicados en la edición de diciembre 2000 son factores EPA y factores NCASI y **no son comparables**.

Cuando una corriente de compuestos orgánicos volátiles se capta y sus gases son tratados en un sistema de reducción, como es el caso de incineración térmica, bien sea en un incinerador específico o la caldera o en el horno de cal, el cálculo de las emisiones para dicha etapa de proceso se lleva de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$FE' = FE_{\text{método incontrolado (tabla)}} \Delta(1 - 0,9)$$

Suponiendo una eficacia del 90% de reducción de las emisiones (fuente Karlsruhe)

Los factores de NCASI representan los **compuestos orgánicos volátiles distintos al metano**, incluyen por tanto, alcoholes, terpenos, alifáticos y todas las familias de compuesto orgánicos volátiles en forma gaseosa, incluidos entre ellos los sulfuros, disulfuros orgánicos y los mercaptanos ; y están expresados como **masa de carbono orgánico total**, es decir, kg C/ ADt

Los factores EPA sólo representan la suma de algunos **compuestos orgánicos volátiles reducidos de azufre (TRS)** presentes en este tipo de corrientes, de acuerdo al informe de la EPA, estos son el metil mercaptano (RSH), los dimetil sulfuro (RSR) y el dimetil disulfuros (RSSR), expresados como **masa de azufre en compuestos orgánicos** (AP-42; 10.2; 9/1990).

Para expresar dichos factores en masa de total de compuestos orgánicos volátiles, hace falta la especiación de los compuestos **orgánicos volátiles en cada una de las etapas** dado que los compuestos más característicos varían de una etapa de proceso a otra y es distinta, asimismo, de un tipo de instalación a otra.

TABLA 3. PM: FACTORES DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS ESPECÍFICOS DE PRODUCCIÓN DE PASTA KRAFT

PM	Tipo de control	BREF (IPPC)	EPA
Caldera de recuperación	electrofiltro	0,1-1,8 Kg/ADt	
Caldera de recuperación con evaporador de contacto directo	incontrolado		90 Kg/ADt
	Lavador venturi		24 Kg/ADt
	electrofiltro		1 Kg/ADt
	Lavador auxiliar		1,5-7,5 kg /ADt
Caldera de recuperación sin evaporador de contacto indirecto	incontrolado		115 Kg/ADt
	electrofiltro		1 Kg/ADt
Tanque disolución fundido	incontrolado		3,5
	lavador		0,5 Kg/ADt
	Lavador venturi		0,1
Horno de cal	incontrolado		28 Kg/ADt
	Venturi o electrofiltro	0,1-0,4 Kg/ADt	0,25 Kg/ADt

BREF pasta y papel 2001.
EPA, AP-42, 10.2, 1990

TABLA 4. NO_x: FACTORES DE EMISIÓN ESPECÍFICOS DE LA PRODUCCIÓN DE PASTA KRAFT

Procesos	NO _x	BREF (IPPC)	CORINAIR	IPCC	EPA
Horno de cal					
Fuelóleo	(0,2-0,3) (130-200)	Kg/ADt mg NO ₂ /MJ.	100-310 ¹⁾ mg NO ₂ /MJ	527 ²⁾ mg NO ₂ / MJ	0,5 ³⁾ Kg NO ₂ / ADt
Gas natural	(0,3-0,4) (200-320)	Kg/ADt mg NO ₂ /MJ.	50-111 ¹⁾ mg NO ₂ /MJ	1.111 ²⁾ mg NO ₂ / MJ 150 ³⁾ mg NO ₂ / MJ	1,4 ⁶⁾ Kg NO ₂ / ADt
caldera de recuperación					
Sin evap. Contacto directo	(0,6-1,8)	Kg NO ₂ /ADt	1,16 ⁴⁾ (0,85-2)	Kg NO ₂ /ADt	
Con evap. Contacto dir			0,9 ⁴⁾ (0,45-1,7)	Kg NO ₂ /ADt	1 ⁶⁾ Kg NO ₂ /ADt
Con evap. Contac indir					0,5 ⁶⁾ Kg NO ₂ /ADt
Caustificación					
			0,017 ⁴⁾ (<4E-4- 0,075))	Kg NO ₂ /BLS	

¹⁾CORINAIR, SNAP 030312 "Lime decarbonazing" como "fuentes de área" y no puntuales.

²⁾IPCC Tier 2, hornos de cal

³⁾IPCC Tier 1, valores generales para procesos industriales.

⁴⁾ CORINAIR, "paper pulp- Kraft process", NCASI

⁵⁾ CORINAIR, "paper pulp- Kraft process", US-EPA

⁶⁾ US-EPA, FIRE 6.25 valores para hornos de calcinación en cementeras

⁷⁾ US-EPA , AP42, suponiendo un consumo específico de 1,5-1,8 GJ/ADt (BREF , pasta y papel 2001) los valores que se obtienen están en el rango 277 mg/MJ –666 mg/MJ

TABLA 5. SO_x: FACTORES DE EMISIÓN DE SO_x ESPECÍFICOS DE LA PRODUCCIÓN DE PASTA KRAFT.

Procesos	SO _x	BREF (IPPC)	CORINAIR	EPA
Gases no condensables incinerados (I) (horno de cal)			3 ¹⁾ (1-10) Kg/ADt	
Horno de cal				
Fuelóleo sin incineración de gases no condensables (GNC)		2,5-16 0,003-0,02 mg/MJ kg/ADt		0,15 Kg/ADt
Fuelóleo con incineración de gases no condensables (GNC)		80-740 0,1-0,6 mg/MJ kg/ADt		
Horno de recuperación				
Sin scrubber y 63-65% de materia sólida en el licor negro (sin evaporador contacto directo)		60-250 mg/MJ		
Con scrubber y 63-65% de materia sólida en el licor negro		1-4 kg/ADt	2,1 ¹⁾ (0,005-43) Kg/ADt	
Con evaporador de contacto directo y 63-65% de materia sólida en el licor negro		10-25 0,1-0,4 mg/MJ kg/ADt		
Sin scrubber y 72-80% de materia sólida en el licor negro		12-30 0,2-0,5 mg/MJ kg/ADt	1,7 ¹⁾ (0,02-8,6) Kg/ADt	3,5 Kg/ADt
Recaustificación /Tanque disolución fundido			0,008 ¹⁾ (0 -0,038) Kg/Tm BLS ²⁾	0,1 Kg/Tm BLS ²⁾

¹⁾Fuente: CORINAIR; NCASI 1993

²⁾BLS: black liquor solids (materia sólida presente en el licor negro)

Nota: no se especifica el contenido en sólidos del licor negro de los factores EPA, dado que la guía original es de 1990, o anterior se ha asumido las premisa de que su contenido edl 63-65%.o

TABLA 6. CH₄. FACTORES DE EMISIÓN ESPECÍFICOS DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE PASTA KRAFT.

CH ₄	CORINAIR	IPCC	EPA	NCASI
Procesos				
Horno de cal		1,0-1,1 Kg/TJ	ND	2,7 ¹⁾ Kg/TJ 0,004 Kg/ADt 3,57 mg/Nm ³
Caldera recuperación	1-17,7 Kg /TJ	ND	ND	<1 Kg CH ₄ / TJ Fortum 2001 (Finlandia) 2,5 ¹ Kg CH ₄ / TJ JPA 2002 (Japón) 30 Kg CH ₄ / TJ EPA sueca 2001

¹⁾ Kg/TJ. Derivado del factor de emisión 3,57 mg/Nm³, suponiendo un consumo de 1,5 GJ/ADt y 1000 Nm³/ADt.

²⁾ Kg/TJ; TJ que entran al horno de recuperación

TABLA 7. CO: FACTORES DE EMISIÓN ESPECÍFICOS DE PRODUCCIÓN DE PASTA KRAFT.

CO	BREF (IPPC)	CORINAIR ³⁾	EPA
Procesos			
Horno de recuperación			
Con evaporador de contacto directo			5,5 ¹⁾ Kg /ADt
Sin evaporador de contacto directo			5,5 ¹⁾ Kg/ADt
Tanque disolución fundido incontrolado			
Scrubber eficacia media			0,003205 ²⁾ Kg/Tm sólidos de licor negro quemado
electrofiltro			0,955 ²⁾ Kg/Tm sólidos de licor negro quemado
Horno de cal			0,05 ¹⁾ Kg/ADt

¹⁾ US EPA AP 42

²⁾ US EPA FIRE 6.23: factores de emisión con una calidad de dato U, no hay información suficiente para clasificarlo como calidad de dato A - E.

³⁾ no hay disponibles factores de emisión de CO en el capítulo específico B-462, junio 2005, de pasta kraft.

TABLA 8. EMISIONES DE CO₂ DE LOS AGENTES DE REPOSICIÓN

CO ₂ Reposición de agentes químicos	FE	Unidades FE	Fuente FE
Descarbonatación de CaCO ₃	440	Kg CO ₂ / Tm CaCO ₃	IPCC
Descarbonatación de Na ₂ CO ₃	415	Kg CO ₂ / Tm Na ₂ CO ₃	NCASI

Fuentes de los factores de emisión:

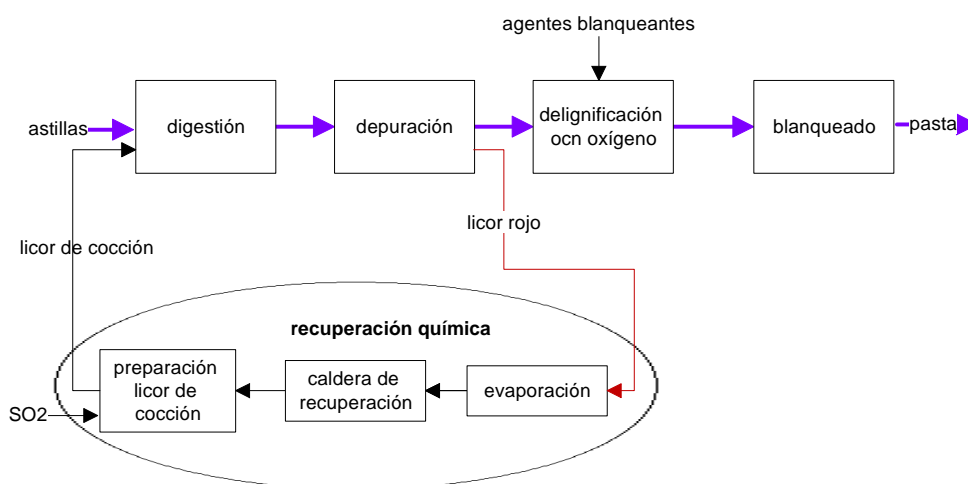
1. IPCC método Tier 1, factores de emisión por defecto del gas natural y el fuel oil, suponiendo que todo el carbono de los combustibles se oxida a CO₂.
2. NCASI: Relación de peso molecular CO₂ / Na₂CO₃ , CO₂/CaCO₃

3. Pasta al sulfito

La producción de pasta al sulfito, pasta química, es muy inferior a la de pasta kraft, y las pastas así obtenidas son generalmente destinadas a la fabricación de papeles especiales. (BREF pasta y papel 2001)

El proceso de producción al ácido de sulfito es similar al del proceso Kraft, excepto en los agentes químicos utilizados en la cocción. en lugar de utiliza una solución cáustica para disolver la lignina de la madera, se utiliza una solución acuosa de SO_2 . Para tamponar la solución de cocción se utiliza bisulfito de sodio, magnesio, calcio o amoniaco.

**FIGURA 6. ESQUEMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PASTA AL SULFITO
(FUENTE BREF)**



La digestión se lleva a cabo a elevada presión y temperatura, en los digestores, que al igual que en la pasta Kraft, pueden ser continuos como por lotes. Una vez completada la cocción, el producto de cocción se descarga a elevada presión al recipiente de soplado, donde su contenido es bombeado a un tanque de menor presión. El licor de sulfito agotado, denominado licor rojo, se drena por la parte inferior del tanque y se trata mediante incineración con objeto de recuperar los agentes químicos y el calor o bien se envía directamente a una planta externa de recuperación,.

Una vez separado el licor de cocción del haz de fibras, la pasta se lava y procesa a través de filtros y se centrifuga con objeto de eliminar los nudos, y otras impurezas; posteriormente, se puede blanquear, se prensa y seca para producir papel.

3.1. Pasta al sulfito: Emisiones a la atmósfera

El principal contaminante emitido a la atmósfera es el SO_2 . El digestor y el tanque de soplado son las mayores fuentes de emisión del dióxido de azufre, si bien, también se emite en el lavado de la pasta, tamizado y depuración, así como de los evaporadores y de las torres de absorción. En el caso de las instalaciones de sulfito de magnesio, la principal fuente de dióxido de azufre es la caldera de recuperación.

Las partículas se emiten mayoritariamente en la caldera de recuperación, donde es habitual el uso de electrofiltros. Son fuente de VOCs además, la caldera de recuperación y las operaciones de lavado, si bien cabe esperar que sean una fuente menor.

3.2. Sulfito: factores de emisión

A continuación se recogen los factores de emisión de las distintas fuentes bibliográficas consultadas.

TABLA 9. PASTA AL SULFITO,: FACTORES DE EMISIÓN.

Proceso	Base	Sistema de control	PM EPA		SO ₂ EPA	Calidad del FE	NO _x CORINAIR	VOC CORINAIR		
			kg/ADUt						Kg/ADt	Kg/ADt
Digestor/tanque soplado	todos	Incontrolado	Desp.	C	5 - 35	C	0,0	D-E	Desp.	D-E
	MgO	Cambio de proceso	Desp.	C	1 - 3	C	0,0	D-E	Desp.	D-E
	MgO	Scrubber	Desp.	B	0,5	B	0,0	D-E	Desp.	D-E
	MgO	Cambio de proceso y scrubber	Desp.	B	0,1	B	0,0	D-E	Desp.	D-E
	MgO	Captación y venteo de los gases a la caldera de recuración	Desp.	A	0	A	0,0	D-E	Desp.	D-E
Sistema de recuperación*	NH3	Cambio de proceso	Desp.	D	12,5	D	0,0	D-E	Desp.	D-E
	NH3	Cambio de proceso y scrubber Process change and scrubber	Desp.	B	0,2	B	0,0	D-E	Desp.	D-E
	Na	Cambio de proceso y scrubber Process change and scrubber	Desp.	C	1	C	0,0	D-E	Desp.	D-E
	Ca	desconocido	Desp.	C	33,5	C	0,0	D-E	Desp.	D-E
	MgO	Multiciclones y lavador venturi	1	A	4,5	A	*		1.8	D-E
Planta de ácido	NH3	Absorción en amoniaco y eliminador de	0.35	B	3,5	B	*		1.8	D-E
	Na	Lavador de sodio carbonato	2	C	1	C	*		1.8	D-E
	NH3	lavador	Desp.	C	0,2	C	0	D-E	0	D-E
	Na	desconocido	Desp.	D	0,1	D	0	D-E	0	D-E
Otros	Ca	Jensen scrubber	Desp.	C	4	C	0	D-E	0	D-E
	todos	ninguno	Desp.	D	6	D	0	D-E	Desp.	D-E

Nota: los factores EPA-AP42,10.2 también se publican en el CORINAIR.

Desp. despreciable

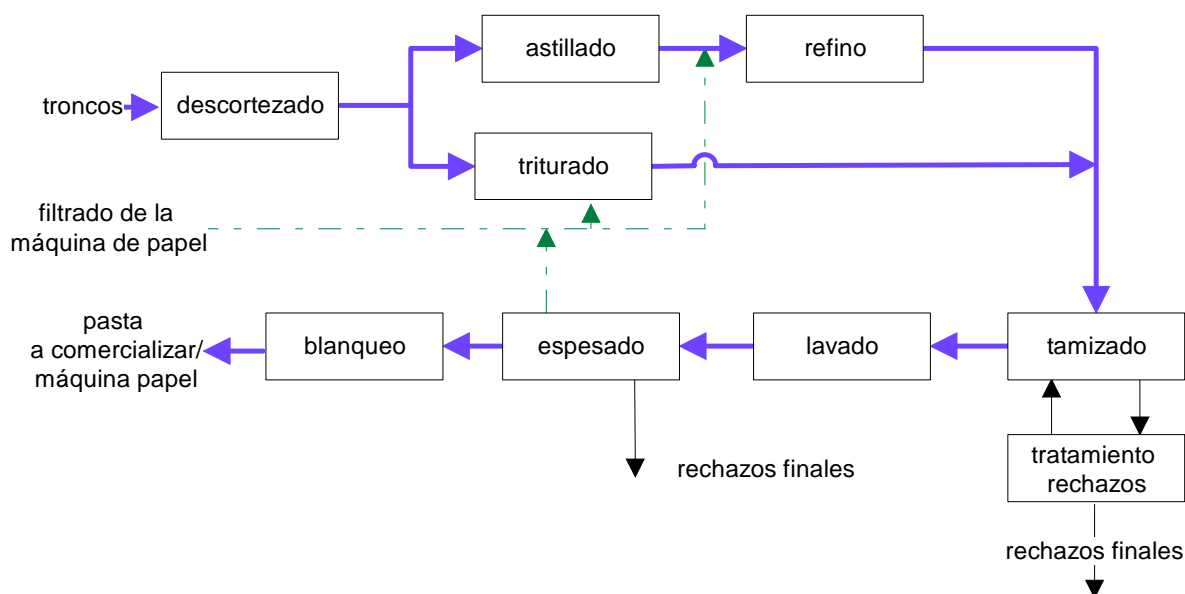
* de acuerdo a la tabla 8.3 de la guía del CORINAIR, debido a las bajas temperaturas de operación, cabe esperar que no haya emisiones de NO_x. Sin embargo el sistema de recuperación incluye las emisiones de la caldera de recuperación, y de acuerdo a la misma guía CORINAIR, cabe esperar que la emisión específica del horno de recuperación de pasta al sulfito sea superior a la de Kraft debido a la mayor temperatura de operación. En consecuencia estos factores de emisión no se han incluido

4. Pasta mecánica

El principio de fabricación de las pastas mecánicas consiste en deshacer, por medios puramente mecánicos, los paquetes de fibras que forman la madera. Las máquinas empleadas para ello, están formadas por elementos giratorios (muelas), que actúan ejerciendo presión contra la madera y en su movimiento de giro ejercen una acción de desgaste en la superficie de la misma a la vez que se libera gran cantidad de energía. Esta energía, calienta la madera facilitando la separación de haces leñosos de su superficie.

Y se obtiene finalmente una mezcla con consistencia de papilla, formada por haces leñosos de fibras en suspensión acuosa y restos de madera que son necesarios eliminar.

FIGURA 7. ESQUEMA GENERAL DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE PASTAS MECÁNICAS (FUENTE BREF PASTA Y PAPEL 2001).



La masa anterior se somete a un proceso de cribado secuencial para eliminar progresivamente los restos de madera y haces de fibras de tamaño más grosero, hasta la obtención de una papilla constituida por los haces leñosos de tamaño deseado, denominada pasta.

La suspensión de pasta se espesa eliminando el agua y en caso necesario se procede a su blanqueo. Posteriormente se prensa y seca antes de expedirla al cliente final.

El producto final, pasta mecánica, es de menor resistencia que las pastas químicas, y se suele utilizar principalmente como papel de periódico u otros bienes de papel no permanentes.

4.1. Pasta mecánica emisiones a la atmósfera.

Las emisiones atmosféricas que tienen lugar en una instalación durante la producción de pastas mecánicas y semimecánicas son inferiores a las emisiones de una instalación de pasta Kraft de capacidad similar.

TABLA 10. PRINCIPALES CONTAMINANTES EMITIDOS EN CADA PROCESO (FUENTE CORINAIR)

	CH ₄	CO	CO ₂	NMVOCS	NO _x	SO _x	PM
descortezado							
Triturado/desfibrado				x			
Astillado							
Refino				x			
Lavado astillas							
Tamizado							
lavado							
Espesado							
Blanqueo				x			
Máquina de papel							
Calderas (emisiones asociadas a procesos de combustión, estudiadas en otro apartado)	X	X	X	X	x	x	x

4.1.1.NMVOC.

Los NMVOC susceptibles de emitirse en la producción de pasta mecánica son los compuestos volátiles de la madera de las especies utilizadas; como los ácidos acéticos, ácido fórmico, etanol, pinenos y terpenos.

Las principales fuentes de emisión son el lavador de astillas, y el triturador, donde el agua de enfriamiento que se evapora puede arrastrar NMVOC.

También pueden ser focos de emisión, las pilas de astillas, así como las calderas de combustión y el tratamiento de agua de proceso (estudiadas en el apartado 7 de instalaciones auxiliares)

La emisión de volátiles dependerá en gran medida de la calidad de la materia prima, del grado de humedad de esta y de las técnicas aplicadas.

TABLA 11. NMVOC: FACTORES DE EMISIÓN DE LA INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE PASTA MECÁNICA

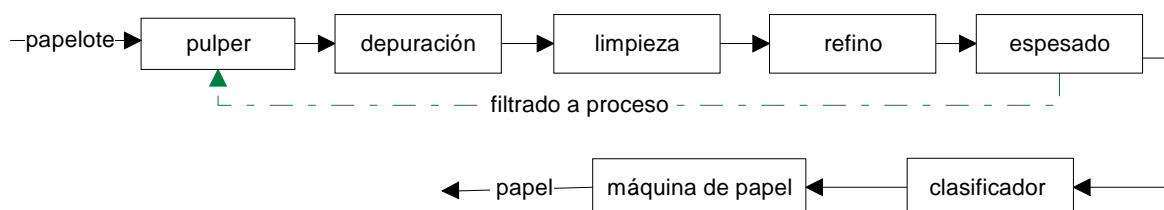
NMVOC	Tipo de control	BREF	EPA
Procesos			
Gases de proceso	Incontrolado	N.D.	ND
	incineración	1 Kg/ADt	ND

5. Instalaciones de fabricación de pasta y papel a partir de papeles reciclados

La utilización de papeles reciclados como fuente de fibras para la fabricación de papel se está volviendo una práctica cada vez más habitual., y el producto obtenido se utiliza en otras aplicaciones en la fabricación de papel de periódico, papel de impresión y escritura, papel para revistas, papel coarrugado para embalaje..

FIGURA 8. ESQUEMA GENERAL DE UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE PAPEL A PARTIR DE PAPEL RECUPERADO

FIGURA 9. ESQUEMA DE GENERAL DE LAS ETAPAS QUE SE LLEVAN A CABO EN LA FABRICACIÓN DE PAPEL A PARTIR DE PAPELES RECICLADOS



Las principales etapas que se llevan a cabo durante su fabricación son:

Desfibrado del papel seco recuperado: desintegración en fibras del papel recuperado por la adición de agua caliente o agua blanca (agua de proceso utilizada en la fabricación de papel) y agitación, que dan como resultado una papilla de fibras sueltas. En esta etapa se pueden adicionar agentes destintantes y NaOH.

Eliminación mecánica de impurezas, esta se basa generalmente en la diferencia de características físicas de tamaño y peso específico entre las fibras celulósicas y las impurezas o contaminantes que las acompañan. Para realizar esta depuración se utilizan depuradores de agujero o ranura (screens) o de tipo ciclónico, siendo

Destintado: flotación de tintas: tratamiento con aditivos para favorecer el desprendimiento y la posterior flotación de tintas mediante la inyección de aire, que provoca la flotación de tintas que habían sido incorporadas al papel.

Espesado: tras el destintado la pasta se espesa y lava. Para ello, se utilizan tamices prensas, espesadores de disco, prensas de tornillo, y lavadores. Tras los procesos de lavado, la pasta aún puede contener pequeñas cantidades de impurezas (tintas remanentes, ceras o pegamentos). Estas impurezas se dispersan finamente con un agente dispersante, haciéndose imperceptibles para el ojo humano. Dado que la dispersión requiere altas temperaturas y procesos de fricción, se requiere que el contenido en sólidos pase del valor inicial de 5-12% al 25-30%. Tras la dispersión, la pasta se vuelve a diluir de nuevo.

Blanqueo: blanqueo de la pasta por adición de agentes químicos, el más común el peróxido de hidrógeno. La blancura finalmente obtenida depende tanto de la materia prima original, como del proceso y de las etapas de blanqueo.

Purificación de agua de proceso

El agua de proceso residual se puede clarificar en una unidad de microfiltración, permitiendo ser reutilizada en el proceso. Los lodos que se forman en esta unidad, se espesan y posteriormente pueden ser depositados en un vertedero o incinerados.

Lavado final y espesado.

Eliminación de los contaminantes residuales antes de que la pasta diluida se lleve a la máquina de papel. El espesado/desecado permite obtener la consistencia de pasta deseada.

Rechazos y lodos.

El procesado de papel reciclado genera diferentes tipos de rechazos y lodos que deben ser tratados y eliminados, bien sea por incineración, o disposición en vertedero

5.1. Emisiones atmosféricas derivadas de la producción de pasta a partir de papel reciclado.

Las emisiones atmosféricas, están principalmente asociadas a los procesos de combustión para la generación de energía y eliminación de residuos (en aquellos casos en los que se practique la incineración), más que al proceso de manufactura en si.

Las emisiones a estas, se estudiarán en el apartado 7 “instalaciones auxiliares”.

TABLA 12. PRINCIPALES CONTAMINANTES EMITIDOS EN CADA PROCESO

	CH ₄	CO	CO ₂	NMVOC's	NO _x	SO _x	PM ₁₀
almacenamiento							
repulpeado							
cribado							
Flotación tintas							
blanqueo							
lavado							
Purificación agua proceso							
Calderas (Emisiones asociadas a procesos de combustión , estudiadas en otro apartado)	X	X	X	X			

Las emisiones de las calderas se explican con mayor detalle en el apartado instalaciones auxiliares.

6. Instalaciones de fabricación de papel

A pesar de que existen multitud de productos y distintos procesos , prácticamente todas las instalaciones constan de las siguientes etapas.

Preparación de la pasta

Maquina de papel

Y dependiendo de la calidad del producto final, existen procesos o unidades adicionales al que el papel se somete como el calandrado, etapas de recubrimiento, bobinado....

6.1. Emisiones atmosféricas derivadas de la producción de papel.

Las emisiones de la producción de papel están principalmente relacionadas con los procesos de combustión que se llevan a cabo para la generación de vapor y calor necesarios en los procesos de secado. (ver apartado 7)

7. Instalaciones auxiliares en los centros de pasta y papel

La industria de pasta y papel es una industria caracterizada por la gran demanda de energía y vapor, pero a su vez como una industria energéticamente eficiente debido a la progresiva implantación de la cogeneración en este sector (CEPI, Energy Profile 2001).

En una planta de cogeneración, la energía liberada en la caldera al quemar los combustibles, se transfiere al agua. El vapor de agua a alta presión y temperatura se expande en la turbina que mueve el generador para producir energía eléctrica. El vapor de agua que sale de la turbina (menor presión y menor temperatura) se aprovecha como calor de proceso.

Para abastecerse de energía, muchas instalaciones queman combustibles fósiles y/o residuos de madera en una o varias calderas industriales, donde se produce el vapor necesario para sus unidades de proceso. En las instalaciones que fabrican pasta a partir del método al sulfato, también es posible la producción de vapor si se aprovecha el calor producido al quemar el licor negro durante su recuperación (las emisiones de la caldera de recuperación son analizadas en el capítulo de "Pasta Kraft", 2.2).

El proceso de combustión se define como una oxidación rápida de los combustibles con evolución de calor. Las calderas utilizan el calor generado en la combustión para producir agua caliente, vapor o ambos.

El agua y el CO₂ son los principales productos de combustión.

La parte no combustible permanece como residuo sólido o cenizas. La parte más gruesa, pesada, permanece en la cámara de combustión como cenizas, y la parte más volátil sale del horno con la corriente de gases residuales.

Los productos de combustión pueden incluir hidrocarburos parcialmente oxidados, CO, SO₂, SO₃, NO_x, ácidos como el ácido hidroclórico y orgánicos halógenos como las dióxinas y furanos. (EPA, EIIP V II, Ch2). La formación de estos compuestos durante la combustión está condicionada por el tipo de combustible, horno, configuración del horno y las condiciones de operación de la caldera, y los sistemas de tratamiento de los gases de escape.

Las calderas de generación y calor, son la principal fuente de emisión de la industria de la pasta y papel junto con las fuentes de emisión asociadas al proceso de producción de pasta por el método al sulfato. (CORINAIR B3321-1996).

Entre los diferentes combustibles que se queman en las calderas de la industria de pasta y papel, se incluyen los restos de madera, cortezas, licor negro y cualquier otro residuo orgánico de proceso, que de no ser quemado, supondría un problema de vertidos de residuos sólidos.

Biomasa

La cantidad de humedad que contiene las cortezas o residuos de madera que se queman determinan en gran medida, el poder calorífico por unidad de masa del combustible. Las cortezas y residuos orgánicos de las operaciones de fabricación de pasta pueden llegar a tener más de un 70% en peso de humedad (los restos de maderas derivados de la fabricación de muebles pueden llegar a tener un contenido entre un 2-20% en peso de humedad). (EPA AP42, 1.6, 2001). Cuanto menor sea la humedad, mayor será la capacidad calorífica de los estos.

Para hallar el poder calorífico de la biomasa a cualquier humedad se aplicará la siguiente relación:

$$PCI_{\% \text{ base húmeda}} = (1 - \%_1 \text{ humedad}) \times PCI_{\text{en base seca}} - (\%_1 \text{ humedad}) \times \zeta$$

Donde:

$PCI_{\% \text{ base húmeda}}$: representa el poder calorífico del combustible en con un % de humedad determinado

$\%_1$: representa la fracción de humedad del combustible en base húmeda

$PCI_{\text{en base seca}}$: el poder calorífico en base seca

ζ : representa el calor latente de vaporización del agua a 25 C y 1 atmósfera. .

TABLA 13. NO_x : FACTORES DE EMISIONES EN COMBUSTIÓN EN CALDERAS Y EN PROCESOS DE SECADO DE LAS INSTALACIONES DE PASTA Y PAPEL.

NO _x	CORINAIR ⁽¹⁾	BREF	EPA	karlsruhe
Combustible	g/GJ			
Desechos de madera (cortezas..)	115-200 ¹	40 ⁽⁸⁾ (70)-100	100 ⁽³⁾	
Gas natural	60-100		47 ⁽⁴⁾	60
Fuelóleo	123-180	60-150	141,8 ⁽⁵⁾	215
Gasóleo C	80		77,6 ⁽⁶⁾	
GLP's	20-100		99 ⁽⁷⁾	

⁽¹⁾ CORINAIR B3321 "*Paper mill drying process*", valores correspondientes a "area sources"

⁽²⁾ valores del BREF Pasta y papel para 45% humedad de las cortezas y con una capacidad calorífica de 7-8 GJ/Tm.

⁽³⁾ EPA AP42, 1.6, 2001, aplicando relación PCI/PCS=0,95 para combustibles sólidos

⁽⁴⁾ EPA, AP-42, 1.4, 1998, aplicando relación PCI/PCS=0,90

⁽⁵⁾ EPA, AP-42, 1.3, 1998, aplicando relación PCI/PCS=0,95, suponiendo fuelóleo-Nº 4, oil fired normal firing

⁽⁶⁾ EPA, AP-42, 1.3, 1998, aplicando relación PCI/PCS=0,95, suponiendo gasóleo C -Nº 2, oil fired

⁽⁷⁾ EPA, AP-42, 1.5, 1996, aplicando relación PCI/PCS=0,90

⁽⁸⁾ el menor valor representa condiciones óptimas de combustión o el uso de urea como agente de reducción selectiva no catalítica (SNCR). Cuando sólo se usan cortezas los valores de emisión oscilan entre 70-100 mg/MJ, pero en caso de que se utilice junto con un derivado de petróleo, las emisiones ascienden a 100-150 mg/MJ. BREF Pasta y papel 2001.

TABLA 14. SO_x : FACTORES DE EMISIONES EN COMBUSTIÓN EN CALDERAS Y EN PROCESOS DE SECADO DE LAS INSTALACIONES DE PASTA Y PAPEL.

SO_x Combustible	CORINAIR⁽¹⁾	BREF	EPA	A partir del contenido máximo de azufre de los combustibles
	g/GJ			
Desechos de madera (cortezas..)	5,2	5-15	11,35	
Gas natural	0,5-8		-	despreciable
Fuelóleo	28-149		-	802
Gasóleo C	80		-	173,32
GLP's	2		-	despreciable

Nota: Contenidos máximos de azufre en los combustibles de acuerdo al RD 287/2001 de 28 de Marzo:

Gasóleo de uso marítimo y calefacción 0,2% masa (0,1% a partir del 2008)

Fuelóleos 1% masa

Se ha asumido que todo el azufre de los combustibles se emite en forma de SO_2 .

TABLA 15. CH₄ : FACTORES DE EMISIONES EN COMBUSTIÓN EN CALDERAS Y EN PROCESOS DE SECADO DE LAS INSTALACIONES DE PASTA Y PAPEL.

CH ₄ Combustible	CORINAIR ⁽¹⁾	IPCC ⁽⁵⁾	EPA	NCASI
	g/GJ			
Desechos de madera (cortezas..)	30	15		12
Gas natural	4	1,4	1,1 ⁽³⁾	
Fuelóleo	1-3	3,0	0,16 ⁽²⁾	
Gasóleo C	1-1,5	0,2	0,17 ⁽²⁾	
GLP's	1-4	ND	1 ⁽⁴⁾	

⁽¹⁾ En muchos casos, las condiciones de combustión de las calderas que queman cortezas y combustibles fósiles, se asemejan más a las calderas de combustión de biomasa que a las calderas de combustibles fósiles. A menos que existan experiencias en otras calderas similares quemando una mezcla comparable de combustibles, se recomienda calcular la emisión de la combinación de combustibles, a partir de las entradas totales de combustibles y utilizando los factores de emisión de CH₄ para la biomasa.

⁽²⁾ EPA, AP-42; 1.3, 1998, estos factores de emisión pueden aumentar en ordenes de magnitud cuando las condiciones de operación no son las más adecuadas o cuando no se ha llevado un mantenimiento periódico.

⁽³⁾ EPA, AP-42; 1.4, 1998, factores de emisión para calderas en general, no específicas para instalaciones de pasta y papel.

⁽⁴⁾ EPA, AP-42; 1.5, 1996, factores de emisión para calderas en general, no específicas para instalaciones de pasta y papel.

⁽⁵⁾ IPCC RM, Ch. 1, método Tier 2 factores de emisión para calderas industriales, y en el caso de los residuos de madera se ha adoptado el factor de emisión correspondiente a los Stoker boilers", no están disponibles los FE para los "Dutch Oven".

TABLA 16. CO: FACTORES DE EMISIONES EN COMBUSTIÓN EN CALDERAS Y EN PROCESOS DE SECADO DE LAS INSTALACIONES DE PASTA Y PAPEL..

CO	CORINAIR ⁽¹⁾	IPCC ⁽²⁾	EPA
Combustible	g/GJ	g/GJ	g/GJ
Desechos de madera (cortezas..)	(30 ⁽³⁾) 10	290 ⁽⁴⁾	271 ⁽⁵⁾
Gas natural	13	18	39,4 ⁽⁶⁾
Euelóleo	5-15	15	15 ⁽⁷⁾
Gasóleo C	12	16	16 ⁽⁷⁾
GLP's	13	17-16	16,8

⁽¹⁾ CORINAIR B3321, "Paper mill Industry"

⁽²⁾ IPCC RM Ch1. Método Tier 2 factores de emisión para calderas industriales, La fuente de estos valores es la EPA 1995.

⁽³⁾ Valor facilitado por el CORINAIR para la combustión de biomasa (madera) para "fuentes de área". El valor 10 se corresponde con el factor de emisión para la combustión de residuos en fuentes puntuales.

⁽⁴⁾ FE para los "Dutch Oven".

⁽⁵⁾ EPA AP-42, Ch. 1.6, 2001 suponiendo relación PCI/PCS=0,95

⁽⁶⁾ EPA AP-42, Ch. 1.4, 1998 suponiendo relación PCI/PCS=0,90

⁽⁷⁾ EPA AP-42, Ch. 1.3, 1998 suponiendo relación PCI/PCS=0,95

TABLA 17. N₂O: FACTORES

N ₂ O	CORINAIR ⁽¹⁾	IPCC ⁽⁵⁾	EPA	NCASI
Combustible	g/GJ			
Desechos de madera (cortezas..)	4-14	ND	5,6	
Gas natural		ND	1	
Euelóleo	2,5-14	0,3	1,6	
Gasóleo C	14	0,4	0,8	
GLP´s	60-65	ND	4,25-4,7	

⁽¹⁾ En muchos casos, las condiciones de combustión de las calderas que queman cortezas y combustibles fósiles, se asemejan más a las calderas de combustión de biomasa que a las calderas de combustibles fósiles. A menos que existan experiencias en otras calderas similares quemando una mezcla comparable de combustibles, se recomienda calcular la emisión de la combinación de combustibles, a partir de las entradas totales de combustibles y utilizando los factores de emisión de N₂O para la biomasa.

⁽²⁾ EPA, AP-42; 1.3, 1998, aplicando relación PCI/PCS=0,95, suponiendo fuelóleo–Nº 4, oil fired normal firing

⁽³⁾ EPA, AP-42; 1.4, 1998, . aplicando relación PCI/PCS=0,90

⁽⁴⁾ EPA, AP-42; 1.5, 1996, aplicando relación PCI/PCS=0,90factores de emisión para calderas en general, no específicas para instalaciones de pasta y papel.

⁽³⁾ EPA AP42, 1.6, 2001, aplicando relación PCI/PCS=0,95 para combustibles sólidos

⁽⁴⁾ EPA, AP-42, 1.4 , 1998,

⁽⁵⁾ EPA, AP-42, 1.3 , 1998,

⁽⁶⁾ EPA, AP-42, 1.3 , 1998, aplicando relación PCI/PCS=0,95, suponiendo gasóleo C –Nº 2, oil fired

⁽⁷⁾ EPA, AP-42, 1.5 , 1996,

⁽⁵⁾ IPCC RM, Ch. 1, método Tier 2 factores de emisión para calderas industriales, y en el caso de los residuos de madera se ha adoptado el factor de emisión correspondiente a los Stoker boilers”, no están disponibles los FE para los “Dutch Oven”.

TABLA 18. CO₂: FACTORES DE EMISIONES EN COMBUSTIÓN EN CALDERAS Y EN PROCESOS DE SECADO DE LAS INSTALACIONES DE PASTA Y PAPEL.

Las instalaciones de pasta y papel están afectadas por la Directiva de Comercio de Derechos de Emisión, de forma que les aplica la Decisión de la Comisión 2004/156/CE en la que se establecen las directrices para el seguimiento y notificación de las emisiones de efecto invernadero de conformidad con la “Directiva 2003/87/CE del parlamento Europeo y del Consejo”

La tabla siguiente sólo recoge los factores de emisión del nivel 1 de cálculo. (cuadro 4 de dicha decisión).

	CO ₂ [t CO ₂ /TJ]	Fuente del factor de emisión	Factor de oxidación
A) Combustibles fósiles líquidos			
Combustibles primarios			
Petróleo bruto	73,3	IPCC, 1996	0,995
Orimulsión	80,7	IPCC, 1996	0,995
Líquidos de gas natural	63,1	IPCC, 1996	0,995
Combustibles/productos secundarios			
Gasolina	69,3	IPCC, 1996	0,995
Queroseno ⁽⁹⁾	71,9	IPCC, 1996	0,995
Aceite de esquisto bituminoso	77,4	Comunicación nacional de Estonia, 2002	0,995
Gasoil	74,1	IPCC, 1996	0,995
Fueloil residual	77,4	IPCC, 1996	0,995
Gas licuado de petróleo	63,1	IPCC, 1996	0,995
Etano	61,6	IPCC, 1996	0,995
Nafta	73,3	IPCC, 1996	0,995
Alquitrán	80,7	IPCC, 1996	0,995
Lubricantes	73,3	IPCC, 1996	0,995
Coque de petróleo	100,8	IPCC, 1996	0,995
Materias primas de refinería	73,3	IPCC, 1996	0,995
Otros aceites	73,3	IPCC, 1996	0,995
B) Combustibles fósiles sólidos			
Combustibles primarios			
Antracita	98,3	IPCC, 1996	0,99
Carbón para coque	94,6	IPCC, 1996	0,99
Otros carbones bituminosos	94,6	IPCC, 1996	0,99
Carbón subbituminoso	96,1	IPCC, 1996	0,99
Lignito	101,2	IPCC, 1996	0,99
Esquisto bituminoso	106,7	IPCC, 1996	0,99
Turba	106,0	IPCC, 1996	0,99
Combustibles secundarios			
Briquetas de lignito y aglomerados	94,6	IPCC, 1996	0,99
Coque de gas/Hornos de coque	108,2	IPCC, 1996	0,99
C) Fósil gaseoso			
Monóxido de carbono	155,2	Basado en un VCN de 10,12 TJ/t. ⁽¹⁰⁾	0,995
Gas natural (seco)	56,1	IPCC, 1996	0,995
Metano	54,9	Basado en un VCN de 50,01 TJ/t. ⁽¹¹⁾	0,995
Hidrógeno	0	Sustancia sin carbono	0,995

8. Principales fuentes de obtención de datos para el sector en estudio. Prioridad de las fuentes.

1. European Integrated Prevention and Pollution Control Bureau. "Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry" (December 2.001.)
2. European Environment Agency. European Monitoring and Evaluation Programme – Core Inventory of Air Emissions in Europe (EMEP-CORINAIR). Atmospheric Emission Inventory Guidebook – 3rd Edition,
3. Environmental Protection Agency. Air CHIEF - Compilation of Air Pollutant Emission Factors – AP 42.
4. Environmental Protection Agency. -. Emission Inventory Improvement Program,
5. Environmental Protection Agency.– “ Chemical recovery combustion sources at Kraft and Soda pulp mills”
6. Environmental Protection Agency.– “Pulp and paper industry, Sector Notebook”
7. Environmental Protection Agency- Pulp and paper NESHAP:
8. Intergovernmental Panel on Climate Change –. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories-.
9. Intergovernmental Panel on Climate Change – Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories
10. French-German Institute for Environmental Research. University of Karlsruhe – Germany. September 1.999
11. National Atmospheric Emissions Inventory. NAEI-UK. January 2.002
12. National Pollutant Inventory (Australia’s national public database of pollutant emissions). 2.000 – 2.001.

13. National Council for Air and Stream Improvement: "Calculation Tools For Estimating Greenhouse Gas Emissions From Pulp And Paper Mills" 2002 July.
14. IHOBE: "Libro Blanco para la minimización de residuos y emisiones. Pasta y papel", julio 2000 metodología de cálculo de las emisiones
15. IHOBE: "Guía Técnica para la estimación, medición y cálculo de las emisiones al aire - Sector Pasta y Papel"
16. Ministerio De Medio Ambiente- "Documento de orientación sectorial para la medición, cálculo y estimación de emisiones de sustancias EPER. Sector pasta y papel "

CAPÍTULO 10

INVENTARIO DE EMISIONES DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Objetivos

Identificar las metodologías, problemáticas y alcances para estimar las emisiones de los contaminantes atmosféricos generados por el tráfico rodado, el tráfico aéreo, y el tráfico portuario, con particular y especial referencia al contexto de aplicación en España.

La resolución es un aspecto fundamental, que se enmarca en la clásica dicotomía entre: 1) los inventarios de carácter agregado, orientados a un ámbito geográfico nacional, con un marcado sesgo administrativo y con una resolución temporal normalmente anual; y 2) los inventarios desagregados espacialmente (1 km^2) y temporalmente (1 hora), más orientados y fundamentales para su uso en modelos de calidad del aire. Los primeros permiten tener una visión global e integrada de un territorio y permite su desarrollo en el tiempo definir tendencias de comportamiento general; los segundos deben permitir introducir las emisiones en los modelos de transporte químico, el análisis detallado de situaciones y la determinación de actuaciones concretas (por ejemplo, analizar el uso de nuevos combustibles más limpios en una flota de vehículos), permitiendo un análisis espacial y temporal, más cerca de la realidad, de los problemas de calidad del aire.

Este documento se orienta especialmente a los inventarios desagregados, tanto espacialmente como temporalmente.

INVENTARIO DE EMISIONES DEL TRÁFICO RODADO

Metodología

La metodología para la estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes del tráfico rodado actualmente utilizada en la Unión Europea (UE) fue desarrollada por Nztiachristos and Samaras (2000) y EEA (2005). Esta metodología ha sido implementada en el modelo COPERT III "*Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport*" (existe una versión en desarrollo: COPERT 4, que debería estar disponible en este año 2006):



This report describes the methodology and relevant emission factors which are suggested to be used for the calculation of emission estimates from road transport. The methodology is fully incorporated in the computer programme COPERT III, which facilitates its application. The development of COPERT III was financed by the European Environment Agency, in the framework of the activities of the European Topic Centre on Air Emissions. It is proposed to be used by EEA member countries for the compilation of CORINAIR emission inventories. To that aim, a special function exists to export results from COPERT III directly to the CollectEIR format. In principle, COPERT III methodology can be applied for the calculation of traffic emission estimates at a relatively high aggregation level, both temporally and spatially, on a yearly basis for NUTS 0. However, it has been shown that the methodology can also be used with a sufficient degree of certainty at a higher resolution too, for the compilation of urban emission inventories with a spatial resolution of 1x1 km² and a temporal resolution of 1 hour.

This report is the third update of the initial version prepared in 1989 for the CORINAIR 1985 emissions inventory (Eggleston et al., 1989) and firstly updated in 1991 for the CORINAIR 1990 inventory (Eggleston et al., 1993) and included in the Atmospheric Emissions Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR, 1996). The second update of the methodology (Abvik et al., 1997) was introduced in the software tool COPERT II (Ntziachristos and Samaras, 1997) and a further update of the Guidebook was prepared.

En Estados Unidos se utiliza el modelo de emisiones debidas a tráfico: **Mobile 6**. Se debe tener en consideración que existen diferencias sustanciales entre los tipos de vehículos, sus características, desarrollo urbanístico, factores de emisión, etc.

También mencionar a nivel europeo, los trabajos desarrollados en el Reino Unido por el TRL (Transport Research Laboratory) y en Suiza por el SAEFL (Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscapes) en colaboración con Alemania y Austria. Con metodologías totalmente diferentes. La británica con una orientación empírica, y la suizo-austriaca-alemana, profundizando en el comportamiento real de circulación de los vehículos.

Tipos de emisión consideradas

Los tipos de emisiones a considerar son:

- **Emisiones en caliente (Hot Exhaust Emissions).** Son aquellas que provienen del tubo de escape de los vehículos, cuando los motores alcanzan una estabilidad en su temperatura de funcionamiento; es decir, cuando la temperatura del agua de refrigeración es superior a 70°C.
- **Emisiones en frío (Cold Exhaust Emissions).** Son aquellas que provienen del tubo de escape de los vehículos antes de que el agua de refrigeración del motor haya alcanzado los 70°C.

- **Emisiones evaporativas (Evaporatives Emissions).** Aquellas emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) que proceden de la evaporación del combustible (esencialmente de la gasolina) desde otros dispositivos diferentes del tubo de escape (tanque de almacenamiento de combustible y cárter, principalmente).
- **Emisiones debidas a los neumáticos.** Aquellas debidas a factores de rodadura, esencialmente consisten en la emisión de material particulado.

Conviene que solo recientemente, han tomado importancia, especialmente en climas secos, las **emisiones por resuspensión** directamente desde el suelo, que en los entornos urbanos pueden ser significativas, y que los sistemas de limpieza tiende a disminuir o minimizar.

Características específicas del inventario de tráfico rodado

Conviene matizar entre las emisiones por tráfico rodado en autopistas y carreteras, de las que se producen en las vías urbanas. Ya que ambos entornos presentan características de funcionamiento e información muy diferentes.

Fuentes de información en España

Las diferentes fuentes de información se reparten según el nivel administrativo considerado.

1) Nivel estatal:

a. Dirección General de Tráfico (DGT) – Ministerio del Interior.

Desde 1970, el Parque Nacional de Vehículos (PNV) ha variado significativamente, tanto en el número total como en la composición de vehículos, hasta sobrepasar los 28 millones de vehículos en el año 2004.

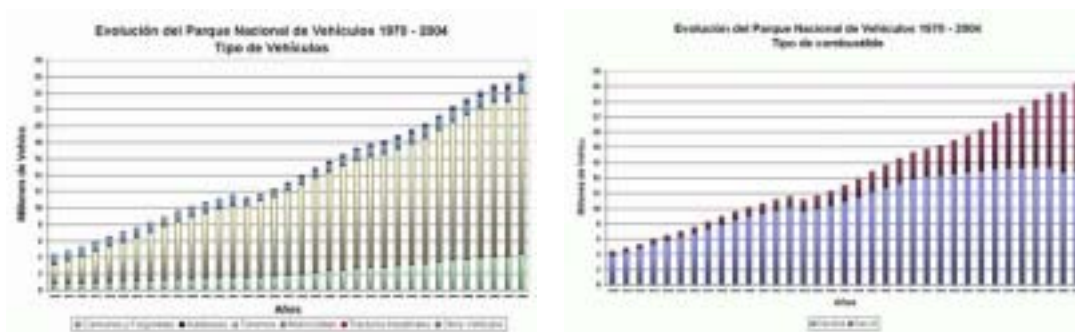


Figura 1 Evolución del PNV 1970-2004, según el tipo de vehículo y el tipo de combustible (DGT Ministerio del Interior – 2004).

b. Dirección General de Carreteras – Ministerio de Fomento.

La Red de Carreteras del Estado (RCE), formada por autopistas de peaje, autopistas libres, autovías y carreteras nacionales, se extiende por más de 25.255 km de vía. La RCE forma el primer nivel de circulación a escala nacional. Información recogida en el *Mapa de Tráfico 2004*.

2) **Nivel autonómico:** la red de carreteras autonómicas se extiende por más de 70.501 km de vía, formando el segundo nivel de circulación a escala nacional.

3) **Nivel provincial:** la red de carreteras provinciales junto con los cabildos insulares se extiende a lo largo de 69.496 km de vía, formando el tercer nivel de circulación a escala nacional.

4) Nivel urbano-municipal:

La red de carreteras urbanas constituye el cuarto nivel de circulación y tiene especial relevancia en la emisión de contaminantes.

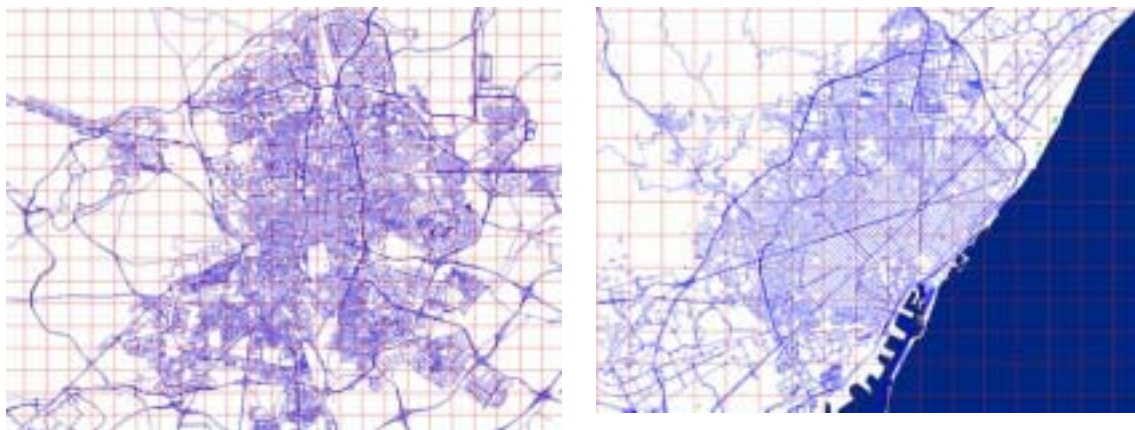


Figura 2 Arañas de Tráfico 2004 de las ciudades de Madrid y Barcelona (Aytos. de Barcelona y Madrid).

5) Otros:

a. Cartografía TELE ATLAS.

Cartografía detallada de las vías interurbanas y de las principales vías urbanas de España, además de aportar el callejero completo de las ciudades de Barcelona y Madrid.

b. Sociedades concesionarias.

Información de las características del tráfico registrado en las autopistas de peaje y que se puede utilizar para contrastar los datos aportados por el Mapa de Tráfico 2004.

Distribución de la red de carreteras interurbanas según el nivel de circulación (Ministerio de Fomento – Dirección General de Carreteras – 2004):



Figura 3 Distribución de los diferentes tipos de vía (Ministerio de Fomento – 2004).

Cobertura de España

En el marco del Inventario de Emisiones HERMES que se está desarrollando en el Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) para toda España, la información sobre tráfico, en este momento, consiste en más de 17.000 aforos para vías interurbanas, abarcando el 67,24% de la red nacional de carreteras; y en más de 8.000 aforos en vías urbanas, abarcando las principales ciudades de España con especial énfasis en Barcelona y Madrid (véanse la tabla nº 1 y la figura nº 4).

Vías Interurbanas	Fuente de información	Red viaria gestionada [km]	Red viaria aforada [km]	% Aforo red viaria	Nº puntos de control de tráfico
	Estado	25,155	25,155	100.00%	6,126
	Comunidades Autónomas	70,501	67,321	95.49%	6,963
	Diputaciones Provinciales y Cabildos Insulares	69,496	18,564	26.71%	4,255
	Total	165,152	111,040	67.24%	17,344
Vías Urbanas	Ayuntamientos	489,698	12,007	2.45%	8,173

Tabla 1 Balance de la cobertura del tráfico en España.

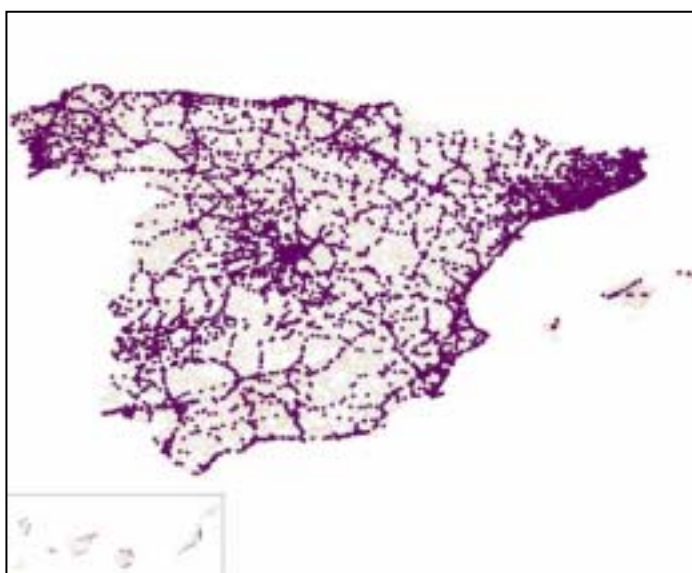


Figura 4 Distribución de los aforos de tráfico en España.

Emisión de contaminantes atmosféricos

A continuación se indica cual es el resultado que se obtienen en el caso de un inventario agregado versus a uno desagregado.

Los resultados habituales en el caso de un inventario de tipo agregado, se ilustra en la siguiente figura, donde se ha representado el resultado del inventario de emisiones de España para el año 2003.

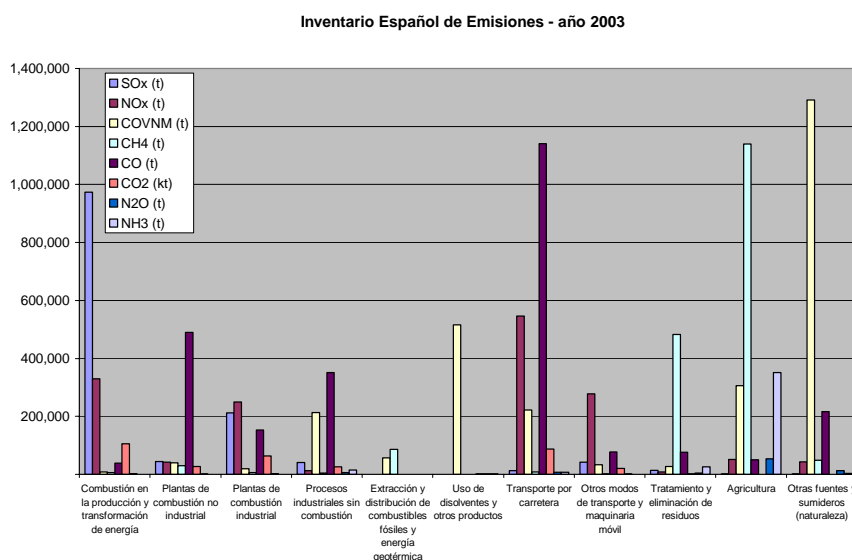


Figura 5 Distribución las emisiones en España por sectores (fuente: MMA).

En el caso de los inventarios desagregados, la temporalidad es un factor determinante en la evolución de las emisiones de contaminantes atmosféricos ya que determina la cantidad de contaminante generado según el tipo de día considerado: laborable o festivo.

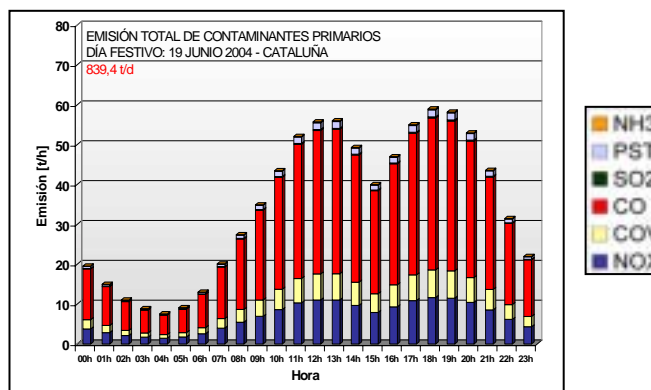
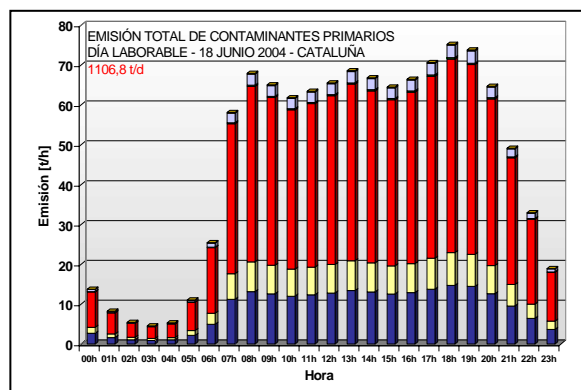


Figura 5 Distribución temporal de la emisión de contaminantes primarios en Cataluña 2004

A su vez, la distribución espacial de las emisiones atmosféricas es muy importante. La utilización de una cartografía detallada permite ubicar la emisión de contaminantes con alta resolución espacial y temporal, tal y como se muestra a continuación.

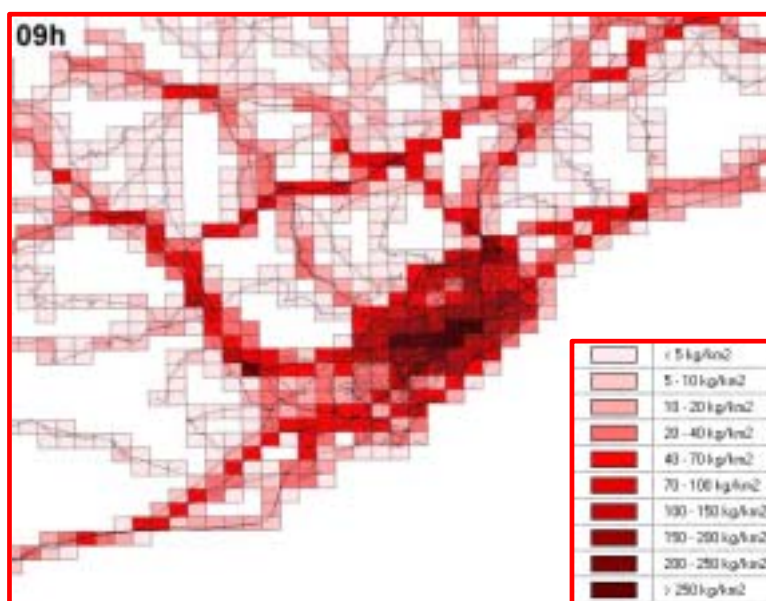


Figura 6 Distribución espacial de la emisión horaria de CO en la región de Barcelona, a las 09h00 del 18 de junio del 2004.

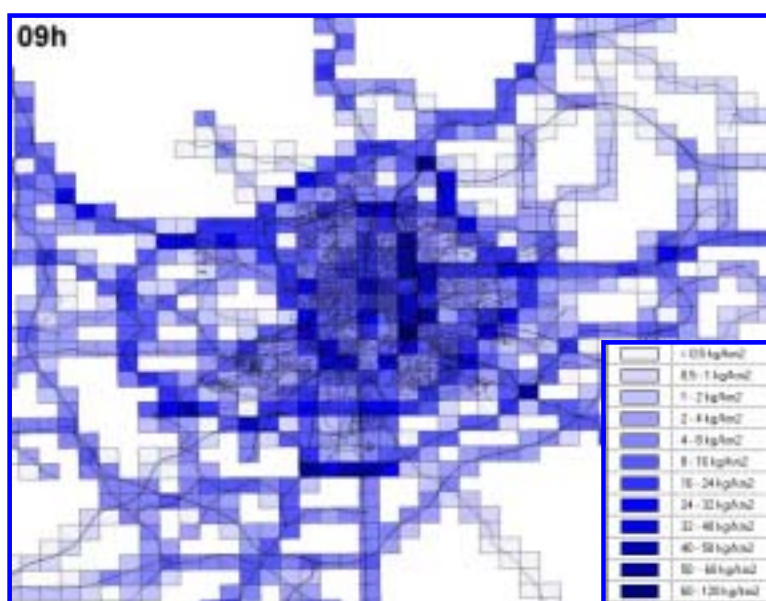


Figura 7 Distribución espacial de la emisión horaria de NO_x en la región de Madrid, a las 09h00 del 18 de junio del 2004.

Consideraciones generales

Es evidente el crecimiento del parque de vehículos y del importante cambio en la composición y categorías del mismo que ha habido en España en los últimos años. Pasando a ser el sector del tráfico terrestre el sector emisor dominante, desplazando al sector industrial y de generación eléctrica.

Se debe tener en consideración, la diferencias de objetivos, de necesidad de datos e información, de orientación y metodológicas entre los inventarios agregados versus los inventarios desagregados.

Actualmente, se puede y debe distinguir entre un número elevado de diferentes categorías de vehículos consideradas, dado el desarrollo de las directivas sobre valores límites de emisión para vehículos (Euro I, etc., hasta Euro 5 para el año 2008/2009).

Indicar, que existe una falta de disponibilidad y fiabilidad de los factores de emisión para combustibles alternativos: CNG (gas natural comprimido), biodiesel, bioetanol, etc.

Otra carencia significativa es la disponibilidad de la distribución de la flota de vehículos en sus distintas categorías, con una mayor resolución territorial, no solo a nivel nacional, sino también autonómico, provincial y de las ciudades. Se puede introducir otro nivel de exigencia en la precisión de los datos al distinguir entre la flota existente versus la flota circulante.

Otro elemento importante, especialmente para los inventarios de tipo desagregado, es el conocimiento de las variaciones mensuales, diarias y horarias en los distintos tipos de vía.

Así mismo, es importante resaltar, que las necesidades de cálculo en los casos de los inventarios agregados son limitadas, en cambio, en el caso de los inventarios de tipo desagregados, en función de la resolución espacial y de la dimensión del dominio de cálculo es necesario el uso de medios de computación intensivos. Así como, la necesidad

de manejar toda esta información en bases de datos y con sistemas de información geográfica (SIG) potentes.

Otro tema muy importante y clave, especialmente en el caso de los inventarios desagregados para su uso en los modelos de calidad del aire, es la especiación de las emisiones, tanto para los compuestos orgánicos volátiles como para el material particulado.

INVENTARIO DE EMISIONES DEL TRÁFICO AEROPORTUARIO

Objeto

La inclusión de las actividades aeroportuarias en un inventario de emisiones es relativamente reciente en comparación con otros sectores de actividad como la industria o el tráfico rodado. Se basa esencialmente en el número de operaciones realizadas en los aeropuertos, y en los tipos de avión y motor. La dicotomía entre inventario agregado y desagregado también existe en este sector.

Metodología

En primer lugar se debe distinguir en el conjunto de operaciones que realizan los aviones, entre dos tipos, en función del lugar donde se producen:

1. Con objeto de estimar las emisiones atmosféricas producidas en un aeropuerto, debidas a los movimientos realizados por los aviones en el aeropuerto (operaciones de aterrizaje, acercamiento a las terminales, aceleraciones, despegues, etc.), lo que se conoce como el ciclo LTO;
2. Al tráfico aéreo propiamente dicho (cuando los aviones ya han despegado), que se realizan ya en altura

Este apartado, se refiere a las primeras, que son las que contribuyen a deteriorar la calidad del aire a nivel local y regional, mientras que las segundas siendo también importantes, intervienen especialmente a nivel del cambio climático.

Desde un punto metodológico, se pueden identificar principalmente dos metodologías:

- € EMEP/CORINAIR, 2005a. Emission Inventory Guidebook – 2005. Considera tres metodologías distintas en función de los recursos y de la información disponible: la Muy Simple, la Simple y la Detallada.
- € USEPA, 2005. Esta metodología está indicada para estimar las emisiones atmosféricas debidas a todos aquellos tipos de aviones de un uso público, privado o militar. Esto incluye cuatro tipos de aviación: comercial, air taxis, general y militar.



Figura 8. Foto aérea del aeropuerto de Madrid-Barajas, y de su entorno de autopistas

Características de los factores de emisión

Características de los factores de emisión y contaminantes considerados

Fuente	Características	Contaminantes considerados
USEPA, 2005	Estos factores de emisión dependen únicamente de la clase de avión, es decir, dependen de si el avión pertenece a la clase de <i>Aviación Comercial</i> , <i>Air Taxi</i> , <i>Aviación General</i> o si se trata de vuelos militares pero no diferencia entre tipos de aviones.	VOC, NO _x , CO, SO _x , PM ₁₀ y PM _{2.5} .
ICAO Engine Data Bank (2005).	Estos factores de emisión dependen del tipo de motor del avión. Disponibles para alguno motores Turbo Fan, sin incluir motores de Turbo Propulsión.	HC, CO, NO _x y el consumo de fuel
EMEP/CORINAIR Emission	Estos factores de emisión dependen del tipo o modelo de	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, NMVOC, SO ₂ y el consumo de

<i>Inventory Guidebook (2005a).</i>	avión. Consideran los factores de emisión de 20 tipos de avión genéricos, pero además se indica un listado de aviones que pueden ser asignados dentro de estos aviones genéricos.	fuel.
<i>IPCC (2002).</i>	Estos factores de emisión dependen del tipo o modelo de avión. Son muy parecidos a los factores de EMEP/CORIANIR.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, NMVOC, SO ₂ y el consumo de fuel.

Fuentes de información

La fuente de información principal respecto a las características de los aeropuertos y operaciones es AENA. En España funcionan 44 aeropuertos de actividad civil.

En el caso de la información referente a las operaciones realizadas en los aeropuertos, la información puede venir expresada de diferentes maneras:

- movimientos en función de los aterrizajes y despegues,
- movimientos totales, por tipo de aviación, por tipo de avión o por tipo de motor,
- movimientos en función del origen y destino,
- movimientos mensuales, diarios u horarios,
- perfiles semanales o horarios,
- ...

En el caso de la información geográfica se pueden tener en cuenta diferentes características físicas de los aeropuertos como:

- localización geográfica de los aeropuertos,
- número de pistas,

- localización de las pistas,
- ángulos de aterrizaje y de despegue,
- el uso que se hace de las pistas,
- ...

Tipos de emisiones

En el caso de aeropuertos, la parte más local se realizan a lo largo del ciclo LTO (*Land - Take Over*), se han considerado principalmente dos tipos de emisiones:

- Emisiones en altura durante las fases de despegue, de elevación y de aterrizaje, mediante la implementación de una capa a 1000 m de altitud.
- Emisiones superficiales durante el rodaje de entrada y el rodaje de salida, mediante la implementación de una capa a 0 m de altitud.

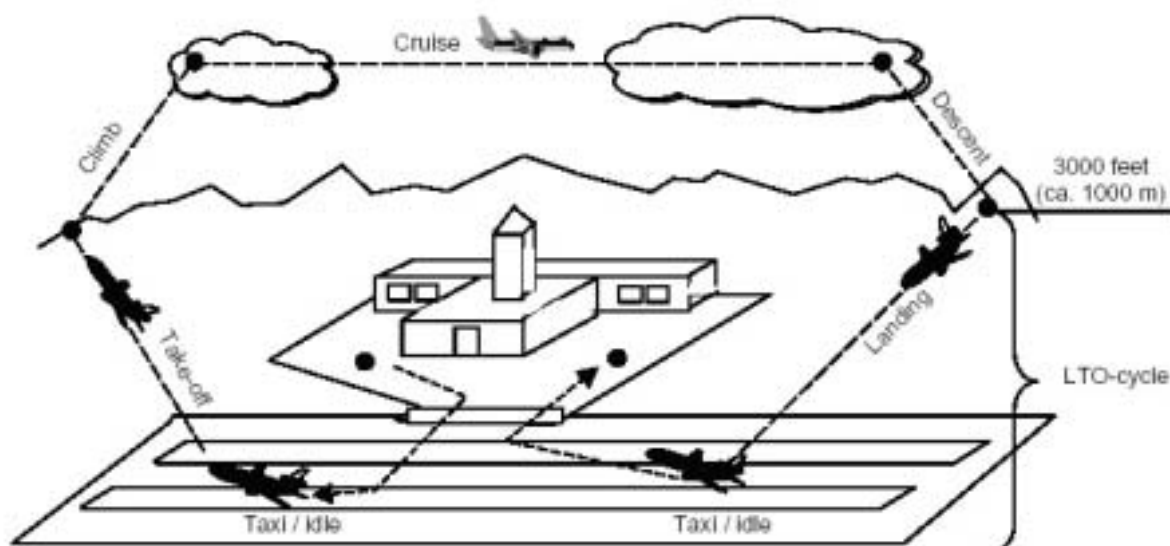


Figura 9 Esquema de las diferentes fases de un ciclo LTO

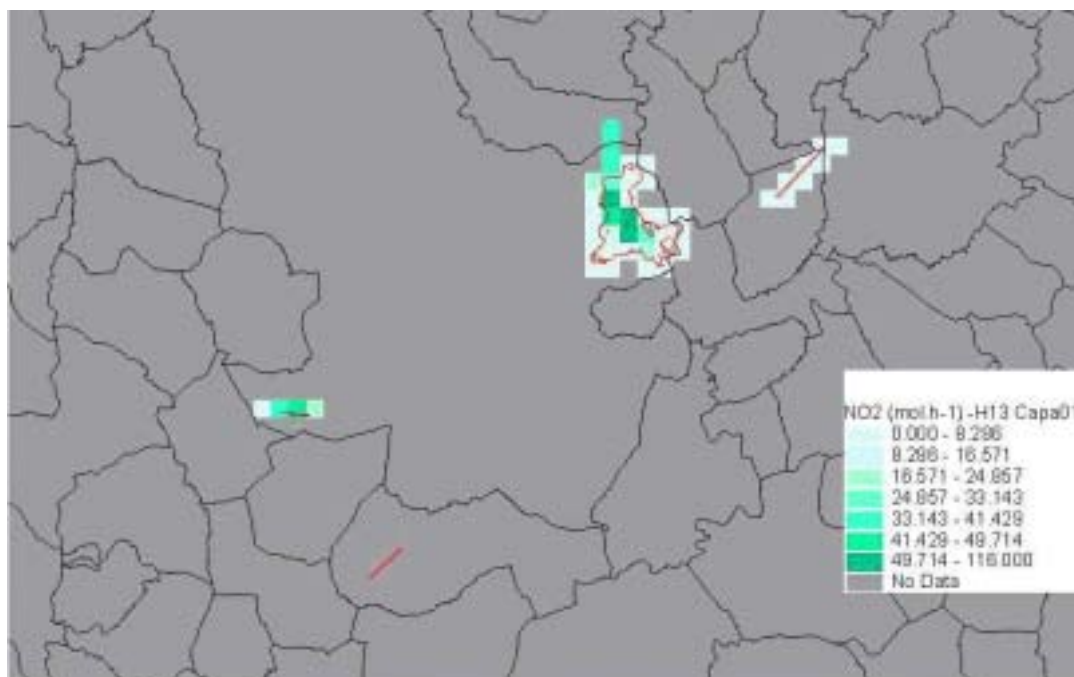


Figura 10. Estimación de las emisiones para los aeropuertos del área metropolitana de Madrid, en la capa superficial

INVENTARIO DE EMISIONES DEL TRÁFICO PORTUARIO

Objeto

El objetivo de este apartado es analizar las metodológicas para realizar un inventario de emisiones atmosféricas provenientes del tráfico marítimo y portuario en la Península Ibérica, de los principales contaminantes primarios y gases de efecto invernadero, para su utilización en modelos fotoquímicos con alta resolución espacial (1 km²) y temporal (1h).

Para la realización del inventario de emisiones atmosféricas para el tráfico marítimo y actividades portuarias en la Península Ibérica se considerarán, en primera fase, los puertos de la península Ibérica en los que se realice actividad mercantil.

España tiene 44 puertos pertenecientes a las 28 Autoridades Portuarias españolas. Una Autoridad Portuaria puede estar compuesta por más de un puerto como puede verse en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Autoridades españolas y sus puertos

Autoridad Portuaria	Puertos	Autoridad Portuaria	Puertos
- A Coruña - Alicante - Almería	Almería Carboneras	- La Palmas	Las Palmas Salinetas Puerto Rosario Arrecife
- Avilés - Bahía de Algeciras - Bahía de Cádiz	Cádiz Puerto de Santa María Zona Franca Cabezuela	- Málaga - Marín y Ría de Pontevedra - Melilla - Motril - Pasajes - Santander - Sevilla - Sta. C. de Tenerife	Sta. C. de Tenerife Sta. C. de la Palma S.S. de la Gomera El Hierro Los Cristianos
- Baleares	Palma de Mallorca Alcudia Mahón Ibiza	- Tarragona - Valencia	Valencia Gandía Sagunto
- Barcelona - Bilbao - Cartagena - Castellón - Ceuta - Ferrol- S.Cibrao	Ferrol San Cibrao	- Vigo - Vilagarcía de Arousa	
- Gijón - Huelva			

Fuente: Puertos de Estado, 2005

En la Figura siguiente puede verse la localización de las Autoridades Portuarias españolas.



Figura 2.1. Autoridades Portuarias españolas

De Portugal se consideran sus cinco puertos principales: Aveiro, Leixoes, Lisboa, Setúbal y Sines

Tipos de barcos

Existe una gran variedad de barcos diferentes y por este motivo suelen clasificarse en función del tipo de actividad que realizan. No obstante, los barcos incluidos en un mismo tipo pueden ser bastante diferentes entre ellos, variando el tamaño, capacidad de carga, etc. Los tipos de barcos que realizan actividad comercial son los citados a continuación:

Granelero	Son barcos usados para el transporte de productos a granel como minerales, fertilizantes, madera, o grano.
Tanques	Son barcos destinados al transporte de mercancías líquidas.
Carga General	Son barcos destinados a transportar mercancías como hierro, comida paletizada y mercancía pesada.
Porta contenedores	Son barcos que transportan mercancías dentro de containeres de tamaño estandarizado.
Ro-Ro	Son barcos destinados a transportar carga rodada así como equipos todo terreno, trailers o vagones de tren. Ro-Ro es un acrónimo de "roll-on/roll off". Existen dos tipos de Ro-Ro, los de mercancías y los mixtos que además de transportar mercancías pueden transportar pasajeros.
Pasajeros	Barcos destinados al transporte de pasajeros.
Barcos congelador	Son barcos destinados al transporte de mercancías perecederas que

	requieren un transporte a temperatura controlada, como frutas, carne, pescado, vegetales y otros productos.
Remolcadores	Barcos destinados al remolque de otros barcos, principalmente para ayudar en las maniobras de entrada y de salida de los puertos.
Pesqueros	Barcos destinados a la pesca.

Modos de operación

Desde el punto de vista de consumo de fuel y de emisiones, durante la navegación de un barco existen cuatro modos de operación:

- Crucero: el barco navega a la velocidad de crucero.
- Crucero lento o aproximación: el barco se va aproximando al puerto y va reduciendo su velocidad.
- Maniobra: Se refiere a las operaciones de entrada y de salida de los puertos.
- Hotelling: estancia del barcos en el puerto.

Durante el tiempo en que el barco se encuentra en el puerto (hotelling) los motores principales no suelen estar en funcionamiento, no obstante los barcos necesitan generar energía para poder electricidad, calefacción, refrigeración, ventilación, etc., y para ello los barcos suelen usar los motores de refuerzo o motores auxiliares. Una excepción son algunos tipos de ferries, los cuales usan sus motores principales aún estando amarrados en puerto.

El tráfico de barcos entre puertos puede representarse por el esquema de la Figura 2.10. En esta Figura pueden verse representados dos tipos de navegación:

Ejemplo 1. Un típico buque de carga, porta contenedor o similar, el cual debe permanecer en puerto algunos días,

Ejemplo 2. Un tráfico de pasajeros, cuya estancia en puerto acostumbra a ser prácticamente nula.

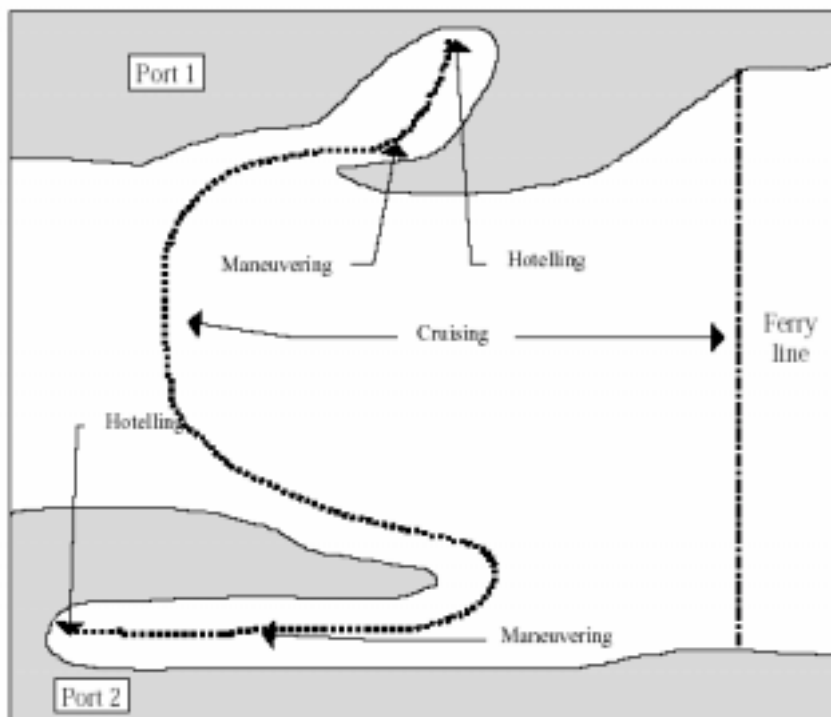


Figura 2.10. Representación del tráfico de barcos.

Metodologías

Con objeto de estimar las emisiones atmosféricas producidas en los puertos y en las diferentes rutas marítimas, se han identificado tres metodologías, las cuales permiten el cálculo de las emisiones producidas en alta mar durante el cruce del barco, durante las maniobras de entrada y salida de los barcos a puerto y durante la estancia de los barcos en el puerto. Estas metodologías son: Techne RF98, USEPA (2000) y EMEP/CORINAIR (2005b).

La mayor diferencia entre la metodología detallada y la simple es que la metodología detallada tiene en cuenta las emisiones producidas en los diferentes modos de operación y por tanto se tienen en cuenta:

- las emisiones durante el cruce,
- las emisiones durante la estancia en puerto (*hotelling*),
- las emisiones de los motores auxiliares,
- las emisiones de carga y descarga de los tanques, y

- las emisiones para motores de embarcaciones de recreo.

De acuerdo con las metodologías identificadas y teniendo en cuenta que se pretende desarrollar un inventario de emisiones con alta resolución geográfica y temporal, la información base necesaria para la elaboración del inventario es: información geográfica de cada puerto e información referente al movimiento de barcos entre puertos.

En el caso de la información referente al movimiento de barcos entre puertos, la información requerida en función de la metodología puede ser:

- información detallada para cada barco, por tipo de barco o para el total de barcos,
- origen y destino de los barcos,
- hora de llegada y salida de los puertos,
- GT o DWT de cada barco, por tipo de barco o para el total de barcos,

En el caso de la información geográfica se pueden tener en cuenta diferentes características de los puertos:

- localización geográfica de los puertos,
- velocidad de aproximación y de entrada a puertos permitida,
- uso o no de remolcadores,

Conclusiones

Como se puede observar, es posible desarrollar un inventario con una alta resolución espacial (1km^2) y temporal (1 hora) para la península Ibérica, y en particular para los sectores de transporte: tráfico terrestre, aéreo y marítimo, que progresivamente se han convertido en el sector emisor más importante, y con un alto carácter de desagregación espacial.

Dicho inventario no solo es necesario y posible, si que además debe ser integrado con el inventario nacional, al objeto de poder integrar toda la cadena de información asociada al territorio. Es decir ambos enfoques son absolutamente complementarios.

Es cierto que dicho tipo de inventario exige una dedicación de tiempo elevada y una gestión de la información compleja, tanto en el uso de criterios de calidad para asegurarse la fiabilidad de la información utilizada, como de instrumentos de gestión de datos, tales como bases de datos y sistemas de información geográfica, que aseguren dicha calidad y que permitan una utilización ágil de la misma.

También exige la cooperación de un número elevado de organismos, punto siempre clave, pero que cada día más, con el uso de Internet, hace que ello sea más asequible. No obstante, en determinados casos los déficits no se encuentran en las propuestas metodológicas, sino en la disponibilidad de determinada información.

Siguiendo el ejemplo, de otros países, caso del Reino Unido (UK), debería existir un inventario nacional de emisiones por fuentes, con un alto nivel de desagregación espacial y temporal con información georeferenciada.

Referencias

EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (2005). Technical Report nº 30

Ntziachristos, L., Samaras, Z. (2000). COPERTIII Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors (Version 2.1). EEA. Technical report No 49.

Techne (1998a): Trozzi, C., Vaccaro, R.: Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Ships. Task 6.3 – Future non-road emissions - ship traffic. MEET RF98b.

USEPA (2005): Documentation for aircraft, commercial marine vessel, locomotive and other non road components of the national emissions inventory. Volume I: methodology.

USEPA (2000): Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and fuel Consumption Data. Preparado por Energy and Environmental Analysis, INC, 2000.

CAPÍTULO 11

METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DEL TRÁFICO POR CARRETERA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Metodología	1
2.1. Contaminantes considerados	2
2.2. Clasificación de vehículos	3
2.3. Pautas de conducción	5
2.4. Métodos de estimación de las Emisiones	6
2.4.1. Grupo A: emisiones de CO, NO _x , COV, y PST	7
2.4.1.1. Emisiones en caliente.....	7
2.4.1.2. Emisiones en frío.....	8
2.4.2. Grupo B: emisiones de CH ₄ , N ₂ O, NH ₃ , HAP y DIOX.....	9
2.4.3. Grupo C: emisiones de SO ₂ , CO ₂ y metales pesados	9
2.4.4. Grupo D: emisiones de COVNM por evaporación	11
2.4.5. Grupo E: desgaste de neumáticos y frenos y abrasión del pavimento	17
2.4.6. Influencia de la carga en los vehículos pesados	19
3. Información de base.....	20
3.1. Información territorial.....	21
3.1.1. Líneas de contornos municipales y de núcleos urbanos	21
3.1.2. Infraestructuras viarias.....	26
3.2. Parque de vehículos.....	31
3.2.1. Ámbito nacional	31
3.2.2. Ámbito provincial.....	36
3.2.3. Ámbito municipal.....	39
3.3. Tráfico rodado	39
3.4. Consumo de carburantes	44
3.5. Información meteorológica	45
4. Aplicación de la metodología	49
4.1. Distribución en clases COPERT y territorial del parque de vehículos.....	49
4.2. Recorridos	55

4.2.1. Red de carreteras del estado.....	55
4.2.2. Red autonómica y de las diputaciones	57
4.2.3. Distribución de los recorridos según carburante y antigüedad (normativa) del vehículo.....	59
4.2.4. Recorridos en núcleos urbanos	59
4.3. Otras variables	66
4.4. Factores de emisión	68
5. Estimación de las emisiones.....	75
6. Referencias	85

1. Introducción

En este capítulo se describe el procedimiento seguido para el cálculo de las emisiones de contaminantes debidas al tráfico de vehículos automóviles dentro de la Comunidad Valenciana cuya finalidad principal es el transporte de viajeros o mercancías (grupo 07 de la nomenclatura SNAP). Han sido excluidos de este capítulo los conjuntos de vehículos autopropulsados que, aunque realizan o pueden realizar un servicio de transporte, se clasifican y utilizan preferentemente como maquinaria de uso industrial o agroforestal; estos vehículos son objeto de tratamiento en el grupo 08 de la nomenclatura SNAP.

Las actividades de este grupo SNAP 07 se corresponden con la categoría CRF-IPCC 1A3b, a excepción del subgrupo SNAP 07.07 (*Desgaste de neumáticos y frenos*) y del subgrupo 07.08 (*abrasión del pavimento*).

El capítulo se ha dividido en cuatro epígrafes sustantivos e incluye un apartado final con las referencias bibliográficas. En el primer epígrafe se presentan los elementos conceptuales, y la guía metodológica que se desprende de ellos, establecidos en el proyecto europeo EMEP/CORINAIR y desarrollados por su grupo de trabajo sobre “*Transporte*”. En el segundo se describe la información de base utilizada para la estimación de las emisiones, así como los aspectos más específicos de la desagregación espacial, tanto sobre los tramos del viario como sobre celdas de la malla y otras unidades geográficas de interés. El tercero se dedica al plan de aplicación de la metodología conforme a los algoritmos y datos relacionados en los dos epígrafes anteriores. En el cuarto se presentan las emisiones estimadas conforme a lo expuesto en los anteriores epígrafes.

2. Metodología

La metodología expuesta en este capítulo sigue esencialmente la desarrollada para EMEP/CORINAIR en los informes siguientes:

- COPERT III: Metodología y factores de emisión, versión 2.1 noviembre de 2000¹. Por conveniencia esta referencia se indicará en lo sucesivo como COPERT. Esta se considera la referencia metodológica principal de este capítulo.
- CEPMEIP: Base de datos de factores de emisión de partículas desarrollada por el programa EMEP para el Convenio de Ginebra de Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia². Información complementaria para partículas.

- Libro Guía EMEP/CORINAIR. Actualización 2005. Referencia utilizada especialmente para los apartados 07.07 y 07.08.

2.1. Contaminantes considerados

En la tabla 1 se presenta la lista de contaminantes que han sido objeto de estimación. Dentro de los compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM) es posible la especiación de determinadas sustancias reactivas tales como el benceno, tomando los coeficientes de ponderación que figuran en las tablas 5.36A, 5.36B y 5.37. Asimismo los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) pueden desagregarse en subconjuntos de especial interés utilizando los factores que figuran en la tabla 5.38; entre estos subconjuntos destacan los denominados: HAP4 que recoge las cuatro sustancias consideradas en el protocolo CEPE sobre compuestos orgánicos persistentes (benzo[a]pireno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno e indeno[123cd]pireno), HAP6 de Borneff que recoge las sustancias anteriores y añade otras dos (fluoranteno y benzo[ghi]perileno), HAP6 de la Agencia internacional para la investigación del cáncer (IARC) que recoge las cuatro sustancias HAP4 y añade otras dos (benzo[a]antraceno y benzo[ghi]perileno), y, por último, las 16 sustancias consideradas por la Agencia de protección ambiental de EE.UU. (EPA) (naftaleno, acenaftileno, acenapteno, fluoreno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, pireno, benzo[a]antraceno, criseno, benzo[a]pireno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, dibenceno[ah]antraceno, indeno[123cd]pireno y benzo[ghi]perileno).

TABLA 1.
CONTAMINANTES CONSIDERADOS

GRUPO	CONTAMINANTE	
Acidificadores, precursores del ozono y gases de efecto invernadero	CH ₄	Metano
	CO	Monóxido de carbono
	CO ₂	Dióxido de carbono
	COVNM	Compuestos orgánicos volátiles excepto metano
	N ₂ O	Óxido nitroso
	NH ₃	Amoniaco
	NO _x	Óxidos de nitrógeno (NO+NO ₂ expresado en masa de NO ₂)
	SO ₂	Dióxido de azufre (SO ₂ +SO ₃ expresado en masa de SO ₂)
Metales	Cd	Cadmio

¹ Véase "Technical Report No. 49" (COPERT III Versión 2.1) noviembre 2001. Agencia Europea de Medio Ambiente.

² CEPMEIP: Acrónimo en inglés Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance (CEPMEIP)

	Cr	Cromo
	Cu	Cobre
	Ni	Níquel
	Pb	Plomo
	Se	Selenio
	Zn	Zinc
Partículas	PM 2,5	Partículas en suspensión de diámetro aerodinámico \leq que 2,5 μ
	PM 10	Partículas en suspensión de diámetro aerodinámico \leq que 10 μ
	PST	Partículas en suspensión totales
Dioxinas y furanos		
Hidrocarburos aromáticos policíclicos		

2.2. Clasificación de vehículos

Las primeras regulaciones de las emisiones de contaminantes a la atmósfera de los vehículos automóviles en Europa se produjeron por iniciativa de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE), siendo su expresión formal las normativas *ECE*³ 15/00 a 04. Con el paso del tiempo la Comunidad Europea asumió progresivamente la responsabilidad sobre la regulación de las emisiones, por medio del Grupo de Emisiones de los Vehículos Automóviles (MVEG), dando lugar al conjunto de regulaciones del cual se presenta, en la tabla 2, un extracto relevante a efectos del inventario⁴.

Las Directivas de la Unión Europea (UE) son de obligado cumplimiento para los países firmantes del Tratado de Roma, lo cual permite a los Gobiernos respectivos impedir la comercialización en su territorio de vehículos no conformes con las exigencias medioambientales planteadas en ellas. De acuerdo con ello, la estimación de las emisiones en España se ha realizado considerando que el año de matriculación de los vehículos es un indicador de las características medioambientales de los mismos y que, por tanto, es posible construir una correspondencia entre la estructura de edades del parque vivo de automóviles y las categorías definidas por la metodología EMEP/CORINAIR.

TABLA 2.

SUMARIO DE LAS DIRECTIVAS Y REGULACIONES DE LA UNIÓN EUROPEA ACERCA DE LAS EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES

DIRECTIVA	EQUIVALENTE ECE	TIPOS DE VEHÍCULO	CARBURANTE	CONTROL DE LAS EMISIONES
70/156/EEC				Directiva marco
70/220/EEC	ECE 15/00	TURISMOS y	GASOLINA	Emisiones por el tubo de escape

³ ECE, acrónimo inglés de Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas.

⁴ No es posible en este volumen ofrecer una información detallada del conjunto de Directivas, de los contaminantes a los que afectan y de las categorías de vehículos implicadas. Para ello se remite a los documentos: *MOTOR VEHICLE EMISSION REGULATIONS AND FUEL SPECIFICATIONS PART 2 DETAILED INFORMATION AND HISTORIC REVIEW (1970-1996) and (1996-2000)* preparados por the CONCAWE Automotive Emissions Management Group by its Special Task Force, AE/STF-3.

TABLA 2.
SUMARIO DE LAS DIRECTIVAS Y REGULACIONES DE LA UNIÓN EUROPEA
ACERCA DE LAS EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES

DIRECTIVA	EQUIVALENTE ECE	TIPOS DE VEHÍCULO	CARBURANTE	CONTROL DE LAS EMISIONES
		LIGEROS		
72/306/EEC	ECE 24/03	PESADOS	GASÓLEO	Emisiones por el tubo de escape de humo negro
74/290/EEC	ECE 15/01	TURISMOS y LIGEROS	GASOLINA	Emisiones por el tubo de escape
77/102/EEC	ECE 15/02	TURISMOS y LIGEROS	GASOLINA	Emisiones por el tubo de escape
78/665/EEC	ECE 15/03	TURISMOS y LIGEROS	GASOLINA	Emisiones por el tubo de escape
83/351/EEC	ECE 15/04	TURISMOS y LIGEROS	GASOLINA y GASÓLEO	Emisiones por el tubo de escape
87/77/EEC	ECE 49/01	PESADOS	GASÓLEO	Emisiones por el tubo de escape
88/77/EEC	ECE 49/01	PESADOS	GASÓLEO	Emisiones por el tubo de escape
91/441/EEC	ECE 83/01	TURISMOS	GASOLINA y GASÓLEO	Emisiones por el tubo de escape más evaporativas
91/542/EEC	-	PESADOS	GASÓLEO	Emisiones por el tubo de escape
93/59/EEC	-	LIGEROS	GASOLINA y GASÓLEO	Emisiones por el tubo de escape
COM(94)558	-	LIGEROS	GASOLINA y GASÓLEO	Emisiones por el tubo de escape
94/12/EC	-	TURISMOS	GASOLINA y GASÓLEO	Emisiones por el tubo de escape
-	ECE 40	MOTOCICLETAS	GASOLINA	Emisiones por el tubo de escape
-	ECE 47	CICLOMOTORES	GASOLINA	Emisiones por el tubo de escape

TABLA 3.
CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

Vehículo	Carburante		Normativa			
Coches de pasajeros	Gasolina	EURO I EURO II EURO III EURO IV		< 1,4l	>=1,4l y <=2,0l	> 2,0l
			PRE ECE	- 1971	- 1971	- 1971
			ECE 15/00-01	1972 – 1977	1972 - 1977	1972 - 1977
			ECE 15/02	1978 – 1979	1978 - 1979	1978 - 1979
			ECE 15/03	1980 – 1984	1980 - 1984	1980 - 1984
			ECE 15/04	1985 – 1992	1985 - 1992	1985 - 1989
			91/441/CEE	1993 – 1996	1993 - 1996	1990 - 1996
			94/12/CE	1997 – 1999	1997 - 1999	1997 - 1999
			98/69/CE S 2000	2000 – 2004	2000 - 2004	2000 - 2004
			98/69/CE S 2005	2005 -	2005 -	2005 -
	Motor dos tiempos					
	Gasóleo	EURO I EURO II EURO III EURO IV		<=2,0l	> 2,0l	
			Convencional	- 1992	- 1992	
			91/441/CEE	1993 – 1996	1993 – 1996	
			94/12/CE	1997 – 1999	1997 – 1999	
			98/69/CE S 2000	2000 – 2004	2000 – 2004	
			98/69/CE S 2005	2005 -	2005 -	
	GLP	EURO I EURO II	Convencional	- 1992		
			91/441/CEE	1993 - 1996		
			94/12/CE	1997 - 1999		

TABLA 3.
CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

Vehículo	Carburante	EURO III EURO IV	Normativa				
			98/69/CE S 2000	2000 - 2004			
			98/69/CE S 2005	2005 -			
Ligeros < 3,5t	Gasolina	EURO I EURO II EURO III EURO IV	Convencional	- 1992			
			93/59/CEE	1993 - 1996			
			96/69/CE	1997 - 2000			
			98/69/CE S 2000	2001 - 2005			
			98/69/CE S 2005	2006 -			
	Gasóleo	EURO I EURO II EURO III EURO IV	Convencional	- 1992			
			93/59/CEE	1993 - 1996			
			96/69/CE	1997 - 2000			
			98/69/CE S 2000	2001 - 2005			
			98/69/CE S 2005	2006 -			
Pesados > 3,5t	Gasolina		Convencional				
	Gasóleo	EURO I EURO II EURO III EURO IV EURO V		<=7,5t	7,5t- 16t	16t - 32t	>32t
			Convencional	- 1991	- 1991	- 1991	- 1991
			91/542/CEE S I	1992 - 1994	1992 - 1994	1992 - 1994	1992 - 1994
			91/542/CEE S II	1995 - 1999	1995 - 1999	1995 - 1999	1995 - 1999
			99/96/CE	2000 - 2004	2000 - 2004	2000 - 2004	2000 - 2004
			COM(1998) 776	2005 - 2007	2005 - 2007	2005 - 2007	2005 - 2007
			COM(1998) 776	2008 -	2008 -	2008 -	2008 -
	Autobuses		EURO I EURO II EURO III EURO IV EURO V		Urbanos		Autocares
Convencional				- 1991		- 1991	
91/542/CEE S I				1992 – 1994		1992 - 1994	
91/542/CEE S II				1995 – 1999		1995 - 1999	
99/96/CE				2000 – 2004		2000 - 2004	
COM(1998) 776				2005 – 2007		2005 - 2007	
COM(1998) 776				2008 -		2008 -	
Ciclomotores < 50cm ³			Convencional	- 1998			
			97/24/CE S I	1999			
			97/24/CE S II	2000 -			
Motocicletas				2 tiempos > 50cm ³	4 tiempos 50 – 250cm ³	4 tiempos 250–750cm ³	4 tiempos > 750cm ³
			Convencional	- 1998	- 1998	- 1998	- 1998
			97/24/CE	1999 -	1999 -	1999 -	1999 -

2.3. Pautas de conducción

Como se verá más adelante la velocidad de circulación influye decisivamente en la magnitud de las emisiones de los vehículos. En EMEP/CORINAIR se aborda el problema de distribuir los recorridos según velocidades distinguiendo tres pautas de conducción: *interurbana*, *rural* y *urbana*, sin que exista una norma europea estricta para la elección de las velocidades representativas de cada pauta; a este respecto, en el inventario de emisiones del estado español que realiza el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) se adopta una elección de las velocidades que se consideran particularmente representativas de la circulación de cada categoría de vehículos en cada una de las pautas de conducción definidas en la metodología (ver tabla siguiente)

TABLA 4.
PAUTAS DE CONDUCCIÓN

CATEGORÍA	VELOCIDAD (km./h) SEGÚN PAUTA DE CONDUCCIÓN		
	INTERURBANA	RURAL	URBANA
AUTOCARES	95	60	25
CICLOMOTORES	NO APLICABLE	45	25
LIGEROS	100	65	25
MOTOCICLETAS	105	65	25
PESADOS	95	60	25
TURISMOS	105	65	25

No obstante, esta tabla de velocidades medias del inventario nacional no ha sido utilizada en el cálculo de las emisiones del tráfico rodado del inventario de la comunidad valenciana (ésta es una de las diferencias de mayor importancia entre ambos inventarios) dado que se ha dispuesto de información detallada sobre las velocidades de circulación de los vehículos por tramos de carretera y kilómetros recorridos. Una consecuencia de ello, como se verá más adelante, es que no es posible una asignación directa, o al menos equivalente a la que se hace en el inventario nacional, de las emisiones a cada una de las actividades del grupo 07 de la clasificación SNAP relacionadas con dichas pautas, a cambio se obtiene el beneficio, que compensa con creces ese inconveniente, de una estimación más precisa de las emisiones.

2.4. Métodos de estimación de las Emisiones

Dependiendo del método de estimación de las emisiones se puede clasificar los contaminantes emitidos por el tráfico rodado en cinco grupos:

1. El formado por el monóxido de carbono (**CO**), los óxidos de nitrógeno (**NO_x**), los compuestos orgánicos volátiles (**COV**) y las partículas en suspensión (**PST**, **PM10** y **PM2.5**)
2. El formado por el metano (**CH₄**), el óxido nitroso (**N₂O**), el amoníaco (**NH₃**) los hidrocarburos aromáticos policíclicos (**HAP**) y dioxinas y furanos (**DIOX**)
3. El formado por el dióxido de azufre (**SO₂**), el dióxido de carbono (**CO₂**) y los metales pesados: plomo (**Pb**), cadmio (**Cd**), cromo (**Cr**), selenio (**Se**), cobre (**Cu**), níquel (**Ni**) y zinc (**Zn**).
4. El formado por las emisiones de compuestos orgánicos volátiles a excepción del metano (**COVNM**) debidas a la evaporación de gasolina.
5. Los contaminantes procedentes del desgaste de neumáticos y frenos y de la abrasión del pavimento: partículas en suspensión, metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

2.4.1. Grupo A: emisiones de CO, NO_x, COV, y PST

En el cálculo de la emisión de los contaminantes de este grupo debe distinguirse entre dos posibles regímenes de funcionamiento del motor: **en frío** y **en caliente**. La naturaleza de las emisiones en cada caso es muy distinta, lo cual se refleja en las respectivas funciones de emisión y en las diferentes variables implicadas. La fórmula general de cálculo para estos contaminantes puede expresarse de la siguiente manera:

$$E_{i,j}^T = E_{i,j}^c + E_{i,j}^f$$

donde:

- $E_{i,j}^T$ Son las emisiones totales del contaminante j producidas por los vehículos de la clase i .
- $E_{i,j}^c$ Son las emisiones del contaminante j producidas por los vehículos de la clase i circulando con el motor caliente.
- $E_{i,j}^f$ Son las emisiones del contaminante j producidas por los vehículos de la clase i circulando con el motor frío.

2.4.1.1. Emisiones en caliente

Dependiendo de la información existente y de los contaminantes implicados, las emisiones con el motor en caliente se han calculado, o bien directamente a partir de la aplicación de factores de emisión a la longitud recorrida por el vehículo, o bien a partir del consumo de carburantes previamente estimado sobre la base de dicha longitud.

En función de la longitud recorrida las emisiones con motor en caliente se expresan por medio de la siguiente fórmula:

$$E_{i,j}^c = e_{i,j}^c R_i$$

donde:

- $E_{i,j}^c$ Representa a las emisiones del contaminante j (unidades de masa del factor de emisión) producidas por los vehículos de la clase i circulando con el motor caliente.
- $e_{i,j}^c = f(v)$ Es una función de la velocidad que devuelve la masa del contaminante j por unidad de longitud recorrida, emitida por los vehículos de la clase i circulando con el motor caliente a la velocidad v .

- R_i Es el recorrido total de los vehículos de la clase i en la unidad de tiempo (normalmente el año)

Asimismo, las emisiones a partir del consumo de carburante se estiman considerando el consumo medio por unidad de longitud recorrida para cada clase de vehículo y velocidad; la expresión para las emisiones es en este caso:

$$E_{i,j}^c \mid e_f c_{i,j} R_i$$

donde:

- $E_{i,j}^c$ y R_i Tienen el significado señalado más arriba
- e_f Es la emisión de contaminante por unidad de masa del carburante f .
- $c_{i,j} \mid g(v)$ Es el consumo medio de combustible por unidad de longitud recorrida de los vehículos de la clase i circulando a la velocidad v (masa de combustible/longitud)

2.4.1.2. Emisiones en frío

Las emisiones producidas con el motor frío se estiman como emisiones adicionales a las producidas con el motor en caliente. Aunque estas emisiones tienen lugar en todas las pautas de conducción y categorías de vehículos, en la metodología EMEP/CORINAIR solamente se dispone de factores de emisión para vehículos ligeros destinados al transporte de pasajeros o mercancías y en pauta de conducción urbana⁵.

La forma en que se expresan las emisiones con el motor en frío es la siguiente:

$$E_{i,j}^f \mid \eta e_{i,j}^c R_i \left(\frac{e_{i,j}^f}{e_{i,j}^c} 4.1 \right)$$

donde:

- $E_{i,j}^f$ Son las emisiones del contaminante j (unidades de masa del factor de emisión) producidas por los vehículos de la clase i circulando con el motor frío⁶.
- R_i y $e_{i,j}^c$ Tienen el significado explicado anteriormente

⁵ El intervalo de velocidades correspondiente con la llamada *pauta de conducción urbana* es muy variable en el ámbito de la UE; de hecho oscila entre 20 y 80km/h según consta en los documentos que informan de las estimaciones realizadas por los expertos de los diferentes países. No obstante se considera que el intervalo comprendido entre 10 y 35 km./h es un dominio válido para la aplicación de las funciones de emisión con el motor en frío.

- $\eta | f(\bar{R}, \bar{T})$ Es una función, de la longitud media de los viajes (\bar{R}) y de la temperatura ambiente (\bar{T}), que devuelve la fracción del viaje que se realiza con el motor frío. Se utiliza la siguiente expresión:
- $\eta | 0,6474 - 0,025\bar{R} - (0,00974 - 0,000385\bar{R})\bar{T}$
- $\frac{e_{i,j}^f}{e_{i,j}^c}$ Es la relación entre la emisión del contaminante j con el motor frío y con el motor caliente para los vehículos de la clase i .

2.4.2. Grupo B: emisiones de CH₄, N₂O, NH₃, HAP y DIOX

Para el grupo de contaminantes formado por el metano (**CH₄**), el óxido nitroso (**N₂O**), el amoníaco (**NH₃**) los hidrocarburos aromáticos policíclicos (**HAP**) y dioxinas y furanos (**DIOX**) el cálculo de las emisiones totales se realiza directamente por medio de la aplicación de los correspondientes factores de emisión en la siguiente fórmula:

$$E_{i,j}^T | e_{i,j}^T R_i$$

donde:

- $E_{i,j}^T$ Son las emisiones totales del contaminante j producidas por los vehículos de la clase i
- $e_{i,j}^T | f(v)$ Es una función de la velocidad que devuelve la masa del contaminante j por unidad de longitud recorrida, emitida por los vehículos de la clase i
- R_i Es el recorrido total de los vehículos de la clase i en la unidad de tiempo (normalmente longitud/año)

2.4.3. Grupo C: emisiones de SO₂, CO₂ y metales pesados

Las emisiones de los contaminantes de este grupo dependen básicamente de la composición y cantidad de carburante utilizado y, en un segundo término, de las condiciones de circulación del vehículo.

⁶ En la metodología se considera que el motor está frío cuando la temperatura del agua del circuito de refrigeración se encuentra por debajo de los 70°C.

De acuerdo con la metodología COPERT se considera que la totalidad de los metales pesados contenidos en el carburante es emitida a la atmósfera (con la sola excepción del plomo del que se emite únicamente un 75%), así como la totalidad del azufre y del carbono los cuales contribuyen a la formación de SO₂ y CO₂ respectivamente.

La fórmula general de cálculo de la emisión de metales pesados es la siguiente:

$$E_{f,j}^T \mid e_{f,j}^T k_{f,j} Q_f$$

donde:

- $E_{f,j}^T$ Son las emisiones totales del metal pesado j producidas por el consumo del carburante f
- $e_{f,j}^T$ Es la proporción del metal pesado j , del total contenido en el carburante f , que se emite a la atmósfera.
- $k_{f,j}$ Es la fracción de la masa total del carburante f que corresponde al metal pesado j
- Q_f Es el consumo total del carburante f

La fórmula para el SO₂ es semejante a la de los metales pesados sólo que es preciso tener en cuenta el proceso de combinación del azufre con el oxígeno; la fórmula es:

$$E_{f,SO_2}^T \mid 2k_{f,S} Q_f$$

donde:

- E_{f,SO_2}^T Son las emisiones totales de SO₂ producidas por el consumo del carburante f
- $k_{f,S}$ Es la fracción de la masa total del carburante f que corresponde al azufre.
- Q_f Es el consumo total del carburante f

En cuanto al CO₂, es preciso distinguir entre las emisiones **inmediatas**⁷, es decir, las producidas en el punto de salida de los gases, y las emisiones **finales**⁸ u obtenidas bajo el supuesto de que en última instancia todo el contenido de carbono del carburante terminará combinándose con oxígeno para formar CO₂ (excepto que se especifique lo contrario la referencia a las emisiones de

⁷ "end of pipe emissions" en la terminología EMEP-CORINAIR

⁸ "ultimate emissions" en la terminología EMEP-CORINAIR

CO₂ será como emisiones finales, de acuerdo con la metodología de IPCC y de EMEP/CORINAIR).

La fórmula de cálculo de las emisiones finales es:

$$E_{f,CO_2}^F = 44,011 \frac{Q_f}{12,011 + 2 \cdot 1,008 r_{H/C}}$$

donde:

- E_{f,CO_2}^F Son las emisiones finales de CO₂ producidas por el consumo del carburante f
- Q_f Es el consumo total del carburante f
- $r_{H/C}$ Es la relación entre el número de átomos de hidrógeno y carbono en el carburante f (1,8 para la gasolina y 2,0 para el gasóleo).

Las emisiones inmediatas se calculan restando de las finales las emisiones de los otros contaminantes compuestos de carbono. La fórmula general es:

$$E_{f,CO_2}^I = E_{f,CO_2}^F - 44,011 \left\{ \frac{E_{f,CO}}{28,011} + 2 \frac{E_{f,COV}}{13,85} + 2 \frac{E_{f,PST}}{12,011} \right\}$$

donde:

- E_{f,CO_2}^I Son las emisiones inmediatas de CO₂ producidas por el consumo del carburante f
- E_{f,CO_2}^F Tiene el significado anterior.
- $E_{f,CO}$, $E_{f,COV}$ y $E_{f,PST}$ son las emisiones de CO, COV y partículas respectivamente.

2.4.4. Grupo D: emisiones de COVNM por evaporación

La evaporación de compuestos orgánicos volátiles excepto metano se produce en alguna de las siguientes circunstancias⁹:

1. Pérdidas diurnas
2. Pérdidas al apagar el motor caliente

⁹ Las pérdidas generadas durante el proceso de avituallamiento en estaciones de servicio están excluidas de este apartado ya que se recogen en la actividad 050503 de la nomenclatura SNAP.

3. Pérdidas en marcha

Expresadas en gramos por unidad de tiempo las emisiones por evaporación totales serán:

$$E_{COVNM}^V = E_{COVNM}^D + 2 E_{COVNM}^A + 2 E_{COVNM}^R$$

Donde: E_{COVNM}^D , E_{COVNM}^A y E_{COVNM}^R son las emisiones del total de vehículos por unidad de tiempo correspondientes a las pérdidas diurnas, por apagado del motor, y en la circulación, respectivamente.

Al igual que en el caso de las emisiones con el motor frío, las emisiones por evaporación se producen en todas las clases de vehículos, pautas de conducción y carburantes, pero sólo se dispone de estimadores razonables de los factores de emisión para los turismos, vehículos ligeros y motocicletas, que utilizan gasolina para la propulsión. Para esta clase de vehículos, las emisiones de cada una de las categorías anteriores se estiman de la siguiente manera:

1. Las emisiones generadas en las pérdidas diurnas son una función de la temperatura ambiente y de la volatilidad del carburante. La fórmula general de cálculo en vehículos carentes de sistema de control de las pérdidas por evaporación es:

$$e_{COVNM}^{DU} = 9,1 \exp^{0,0158(RVP - 461,2) + 0,0574(T - 22,5) + 0,0614(\bar{T} - 11,7)}$$

donde:

- e_{COVNM}^{DU} Es la masa de COVNM emitida en las pérdidas diurnas por cada vehículo sin sistema de control de la evaporación expresada en g/día.
- RVP Es la presión de vapor Reid de la gasolina expresada en kPa.
- T Es la temperatura mínima del día expresada en $^{\circ}\text{C}$
- \bar{T} Es el incremento medio de temperatura en el día expresado en $^{\circ}\text{C}$

Se considera que la eficacia media de los sistemas de control de las pérdidas por evaporación oscila alrededor del 80%, de modo que las emisiones en este caso pueden ser estimadas por medio de la fórmula:

$$e_{COVNM}^{DC} = 0,2 e_{COVNM}^{DU}$$

donde:

- e_{COVNM}^{DU} Tiene el significado señalado más arriba, y,

- e_{COVNM}^{DC} Es la masa de COVNM emitida en las pérdidas diurnas por cada vehículo dotado de sistema de control de las pérdidas por evaporación expresada en g/día.

Se sigue inmediatamente que la emisión del total de vehículos será:

$$E_{COVNM}^D = N u e_{COVNM}^{DU} + (1-u) e_{COVNM}^{DC}$$

donde:

- E_{COVNM}^D Es la emisión total debida a las pérdidas diurnas.
- N Es el número total de vehículos.
- u Es la proporción que el número de vehículos carentes de sistema de control de las pérdidas por evaporación representa sobre el total.

2. Las emisiones generadas en las pérdidas por evaporación al apagar el motor son una función de la temperatura y de la volatilidad del carburante.

En la estimación de estas emisiones, adicionalmente a la separación entre vehículos con o sin control de las pérdidas por evaporación, es preciso distinguir entre los vehículos dotados de carburador convencional y los vehículos con sistema de inyección.

Las fórmulas generales son en cada caso las siguientes:

A) Vehículos dotados de carburador convencional:

a) vehículos carentes de sistema de control de las pérdidas por evaporación:

i) Apagado del motor frío:

$$e_{COVNM}^{CAFU} = \exp \left(\Psi \left(1,644 + 2 \cdot 0,01993 RVP + 2 \cdot 0,07521 T \right) \right) \beta$$

ii) Apagado del motor caliente:

$$e_{COVNM}^{CACU} = 3,0042 \exp \left(\Psi \left(0,02 RVP \right) \right) \beta$$

b) vehículos dotados de sistema de control de las pérdidas por evaporación:

i) Apagado del motor frío:

$$e_{COVNM}^{CAFC} = 0,2 \exp \left(\Psi \left(2,41 + 2 \cdot 0,02302 RVP + 2 \cdot 0,09408 T \right) \right) \beta$$

ii) Apagado del motor caliente:

$$e_{COVNM}^{CACC} = 0,3 \exp \left(\Psi \left(2,41 + 2 \cdot 0,02302 RVP + 2 \cdot 0,09408 T \right) \right) \beta$$

B) Vehículos dotados de sistema de inyección:

La estimación de la emisión se realiza, en este caso, conjuntamente para el apagado del motor en caliente o frío, asumiendo que en cada operación de apagado se emiten 0,7 g. de COVNM, es decir:

$$e_{COVNM}^{IAU} | 0,7$$

No existe emisión en los vehículos dotados de sistema de control de las pérdidas por evaporación.

donde:

$$e_{COVNM}^{CAFU}$$

Es la masa de COVNM emitida en el apagado del motor frío por cada vehículo dotado de carburador convencional y sin sistema de control de la evaporación, expresada en g/operación.

$$e_{COVNM}^{CACU}$$

Es la masa de COVNM emitida en el apagado del motor caliente por cada vehículo dotado de carburador convencional y sin sistema de control de la evaporación, expresada en g/operación.

$$e_{COVNM}^{CAFC}$$

Es la masa de COVNM emitida en el apagado del motor frío por cada vehículo dotado de carburador convencional y con sistema de control de la evaporación, expresada en g/operación.

$$e_{COVNM}^{CACC}$$

Es la masa de COVNM emitida en el apagado del motor caliente por cada vehículo dotado de carburador convencional y con sistema de control de la evaporación, expresada en g/operación.

$$e_{COVNM}^{IAU}$$

Es la masa de COVNM emitida en el apagado del motor caliente o frío por cada vehículo dotado de sistema de inyección y sin sistema de control de la evaporación, expresada en g/operación.

RVP

Como ya se ha señalado más arriba, es la presión de vapor Reid de la gasolina expresada en kPa.

\bar{T}

Es la temperatura media del día expresada en $^{\circ}\text{C}$

Se desprende de lo anterior que, para cada vehículo con carburador convencional, la emisión total debida a este proceso es:

$$E_{COVNM}^{CA} = O_F e_{COVNM}^{CAF} + O_C e_{COVNM}^{CAC}$$

donde:

E_{COVNM}^{CA}

Son las emisiones totales por unidad de tiempo de cada vehículo con carburador convencional por operaciones de parada del motor.

e_{COVNM}^{CAF} y e_{COVNM}^{CAC}

Son las emisiones, antes citadas, por operación de parada del motor, tengan, o no, sistema de control los vehículos.

O_F y O_C

Son el número de operaciones de parada del motor por unidad de tiempo (normalmente el día) con el motor frío y caliente respectivamente.

Es generalmente difícil obtener una buena estimación del número de operaciones de apagado y de su distribución entre motor frío y motor caliente. Un modo de hacerlo es utilizar la variable longitud recorrida en cada viaje y, en ausencia de otra información, suponer que se distribuye uniformemente, es decir, que todas las longitudes son igualmente probables; así, la probabilidad de apagar el motor en frío podría estimarse por medio de la variable $\eta | f(\bar{R}, \bar{T})$, ya explicada, que representa la fracción del viaje realizada con el motor en frío. La fórmula quedaría:

$$E_{COVNM}^{CA} = O \left[\eta e_{COVNM}^{CAF} + (1-\eta) e_{COVNM}^{CAC} \right]$$

donde:

O

Es el número de operaciones de parada del motor por unidad de tiempo (normalmente el día). Este valor puede, a su vez, ser considerado aproximadamente igual al número medio de viajes realizado en la unidad de tiempo por cada vehículo.

Por último, la evaporación total tras apagar el motor, considerando tanto los vehículos con carburador convencional como los vehículos con sistema de inyección, sería:

$$E_{COVNM}^A = NO \left[q e_{COVNM}^{IAU} + (1-q) E_{COVNM}^{CA} \right]$$

Donde N y q son, respectivamente, el número total de vehículos y el porcentaje de los mismos con sistema de inyección.

3. Las emisiones por evaporación generadas durante la marcha del vehículo son especialmente significativas en periodos en los que la temperatura ambiente es elevada. Al igual que las anteriores, estas emisiones son también una función de la temperatura y de la volatilidad del carburante, distinguiéndose entre la emisión con el motor frío y caliente.

En vehículos carentes de sistema de control de la evaporación:

- A)** Cuando el vehículo circula sin que el motor haya alcanzado su temperatura normal de funcionamiento las emisiones se expresan:

$$e_{COVNM}^{RFU} = 0,1 \exp \left[\Psi \left(5,967 + 0,04259 RVP + 0,1773 \bar{T} \right) \right]$$

- B)** Mientras que cuando la circulación se produce con el motor caliente:

$$e_{COVNM}^{RCU} = 0,136 \exp \left[\Psi \left(5,967 + 0,04259 RVP + 0,1773 \bar{T} \right) \right]$$

La reducción de la emisión en los vehículos dotados de sistema de control de la evaporación se estima en un 90% tanto con el motor frío como caliente, de modo que las emisiones respectivas son este caso:

$$e_{COVNM}^{RFC} = 0,1 e_{COVNM}^{RFU}$$

$$e_{COVNM}^{RCC} = 0,1 e_{COVNM}^{RCU}$$

donde:

$$e_{COVNM}^{RFU}$$

Es la masa de COVNM emitida en la circulación con el motor frío por cada vehículo sin sistema de control de la evaporación, expresada en g/km.

$$e_{COVNM}^{RCU}$$

Es la masa de COVNM emitida en la circulación con el motor caliente por cada vehículo sin sistema de control de la evaporación, expresada en g/km.

$$e_{COVNM}^{RFC}$$

Es la masa de COVNM emitida en la circulación con el motor frío por cada vehículo con sistema de control de la evaporación, expresada en g/km.

$$e_{COVNM}^{RCC}$$

Es la masa de COVNM emitida en la circulación con el motor caliente por cada vehículo con sistema de control de la evaporación, expresada en g/km.

RVP y \bar{T}

Tienen el significado expresado más arriba.

Las emisiones totales debidas a las pérdidas por evaporación durante la circulación serán:

$$\begin{aligned} E_{COVNM}^{RU} &= \eta e_{COVNM}^{RFU} 2/14 \eta 0 e_{COVNM}^{RCU} \\ E_{COVNM}^{RC} &= 0,1 E_{COVNM}^{RU} \\ E_{COVNM}^R &= N \bar{R} \Psi E_{COVNM}^{RU} 2/14 u 0 E_{COVNM}^{RC} \beta \end{aligned}$$

donde:

$\eta \mid f(\bar{R}, \bar{T})$

Es la función de la longitud del viaje (\bar{R}) y de la temperatura ambiente (\bar{T}) que devuelve la fracción del viaje que se realiza con el motor frío.

E_{COVNM}^R

Es la emisión total debida a las pérdidas durante la circulación expresada en gramos por unidad de tiempo

E_{COVNM}^{RU} y E_{COVNM}^{RC}

son las emisiones debidas a los vehículos con y sin sistema de control respectivamente,

N , \bar{R} y u

tienen el significado ya explicado

2.4.5. Grupo E: desgaste de neumáticos y frenos y abrasión del pavimento

La estimación de emisiones producidas por el desgaste de neumáticos y frenos se calcula, de acuerdo con las especificaciones del *Libro guía EMEP/CORINAIR*, a partir del recorrido realizado aplicando:

$$E_{i,j} = \left(F_{e,i,j}/v, LF \right) 02 N_{e,i,j}/v, LF \left(R_i \right)$$

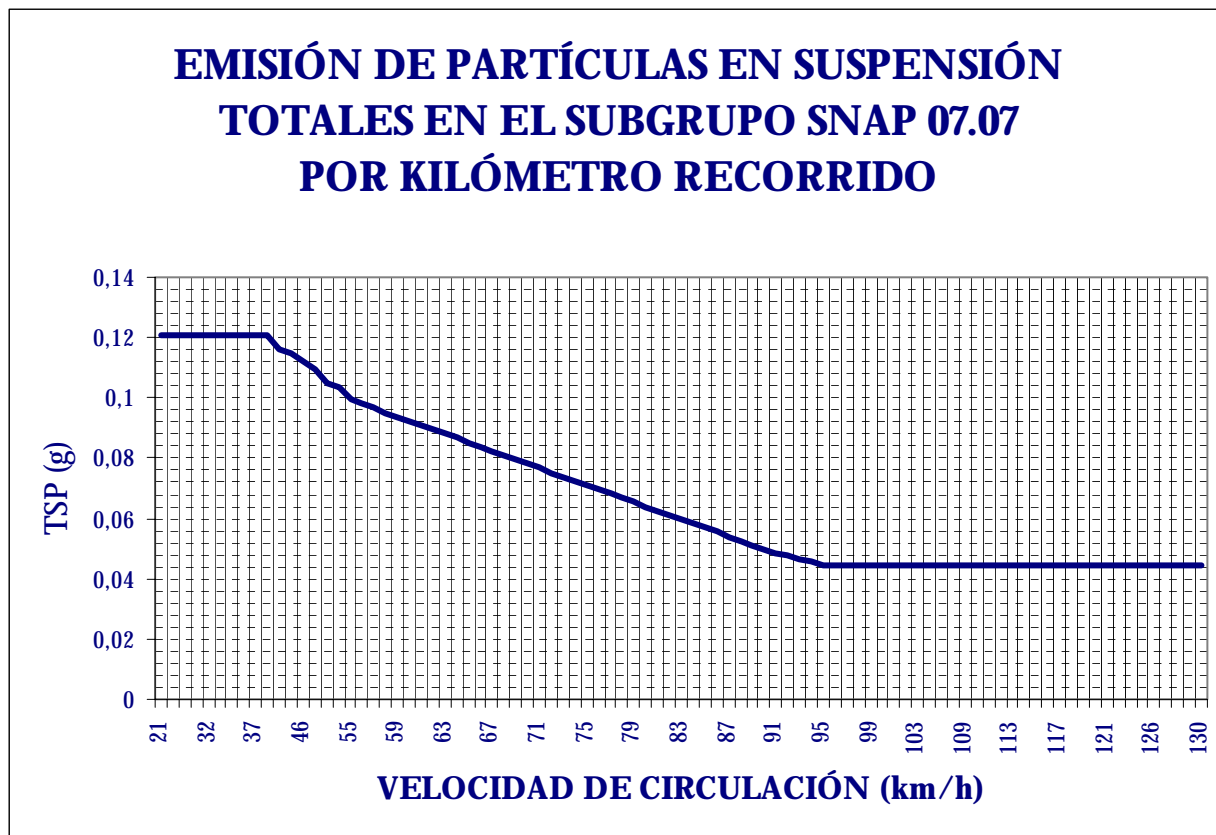
donde:

- $E_{i,j}$ Son las emisiones totales del contaminante j producidas por los vehículos de la categoría i

- v Es la velocidad de circulación
- LF Es el factor de carga explicado anteriormente y de importancia en las emisiones de los vehículos pesados
- $Fe_{i,j}/v, LF$ y $Ne_{i,j}/v, LF$ Son funciones dependientes de la categoría del vehículo, el contaminante, la velocidad de circulación y el factor de carga, que devuelve la emisión del contaminante j por unidad de longitud recorrida, debidas al desgaste de frenos y neumáticos respectivamente
- R_i Es el recorrido total de los vehículos de la clase i

Los contaminantes emitidos son partículas en suspensión de todas las clases diamétricas especiadas en metales pesados (Cd, Cr, Cu, Ni y Zn), hidrocarburos aromáticos policíclicos y tetracloroetileno. En la gráfica presentada a continuación puede apreciarse la dependencia de las emisiones de partículas en suspensión totales respecto de la velocidad de circulación en las funciones correspondientes a los vehículos pesados.

FIGURA 1.
EMISIÓN DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN



Por otra parte, se estiman adicionalmente las emisiones debidas a la abrasión de pavimento como funciones de la categoría del vehículo implicado con independencia de la velocidad de circulación del mismo y de su nivel de carga. Las emisiones en este caso son de partículas en suspensión de todas las granulometrías, sin que de momento exista una especiación media de las mismas como en el caso del desgaste de neumáticos y frenos.

2.4.6. Influencia de la carga en los vehículos pesados

Los algoritmos de cálculo de la emisión ya citados han sido estimados para un nivel de carga de aproximadamente el 50% de la capacidad total del vehículo. La corrección que se aplica por este concepto para cada contaminante es una función del nivel de carga de la forma:

$$\hat{e}_{i,j}^l = e_{i,j}^{l|50\%} \left(\frac{f_j}{2} \right)^{\frac{l-50}{100}}$$

donde:

- $\hat{e}_{i,j}^l$ Es la emisión del contaminante j producidas por los vehículos de la clase i con el nivel de carga l expresada en las unidades del factor de emisión $e_{i,j}^{l|50\%}$

- $e_{i,j}^{l|50\%}$ Es la emisión del contaminante j por unidad de longitud recorrida, producida por los vehículos de la clase i circulando con un nivel de carga del 50% de la capacidad total.
- f_j Es el factor de corrección característico de las emisiones del contaminante j .

3. Información de base

Como ya se ha señalado, el modelo de inventario de la comunidad valenciana contempla tanto el cálculo del monto total de emisiones como su distribución territorial según las divisiones administrativas habituales: núcleos urbanos, municipios, comarcas, zonas de control de la calidad del aire y provincias, y las celdas de una malla regular en el plano de la proyección UTM (*Universal Transverse Mercator*) del huso 30 de 5 kilómetros de lado que cubre todo el territorio de la comunidad.

La metodología de cálculo elegida ha sido la de *abajo/arriba*, es decir, se ha partido de la información territorial y de tráfico del mayor desglose disponible, se han calculado las emisiones en las unidades territoriales de menor nivel: tramos de carretera, celdas de la malla, y núcleos urbanos, y, en consecuencia, se han obtenido las emisiones de los niveles superiores por agregación directa de las de los niveles inferiores que los componen.

La información de base recabada para la aplicación de los procedimientos de cálculo ha sido la siguiente:

1. Información territorial y de infraestructuras viarias

- i) Líneas de los contornos municipales y de sus núcleos de población de la Base cartográfica nacional a escala 1:200.000 (BCN200) del Instituto geográfico nacional (IGN)
- ii) Líneas de los ejes de carretera, componentes también de la BCN200
- iii) Teselas de las superficies artificiales correspondientes a núcleos urbanos del mapa de usos del suelo CORINE Land cover 2000.

2. Parque de vehículos

- i) Distribución del parque nacional de vehículos según sus edades, cilindradas y capacidad de carga, proporcionada en el anuario estadístico de la Dirección General de Tráfico (DGT)

- ii) Parque provincial de vehículos según categorías: turismos, pesados, etc., y carburantes: gasolina y gasóleo, disponibles asimismo en el anuario estadístico de la DGT.
- iii) Parque municipal por categorías de vehículos, proporcionado por el Instituto valenciano de estadística (IVE)

3. Tráfico rodado

- i) Intensidades y velocidades medias diarias según categorías de vehículos y tramos de las carreteras de la red del estado (RCE), proporcionadas por el Ministerio de fomento (MFOM)
- ii) Intensidades medias diarias y medianas de las velocidades de circulación de los vehículos ligeros y pesados por tramos de las carreteras autonómicas, proporcionadas por la Consellería de infraestructuras y territorio de la Generalitat de la comunidad valenciana (CIT)
- iii) Intensidades medias diarias de los vehículos ligeros y pesados por los tramos de las tres redes de carreteras de las diputaciones: Castellón, Valencia y Alicante.

4. Consumo de carburantes

- i) Ventas de carburante en las estaciones de servicio y otros puntos de venta de la Comunidad valenciana, según la publicación *“Estadísticas de consumo de productos petrolíferos”* de la Subdirección general de hidrocarburos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITC)

5. Información meteorológica

- i) Temperaturas diarias y horarias medidas en las estaciones climatológicas del Instituto meteorológico nacional (INM)

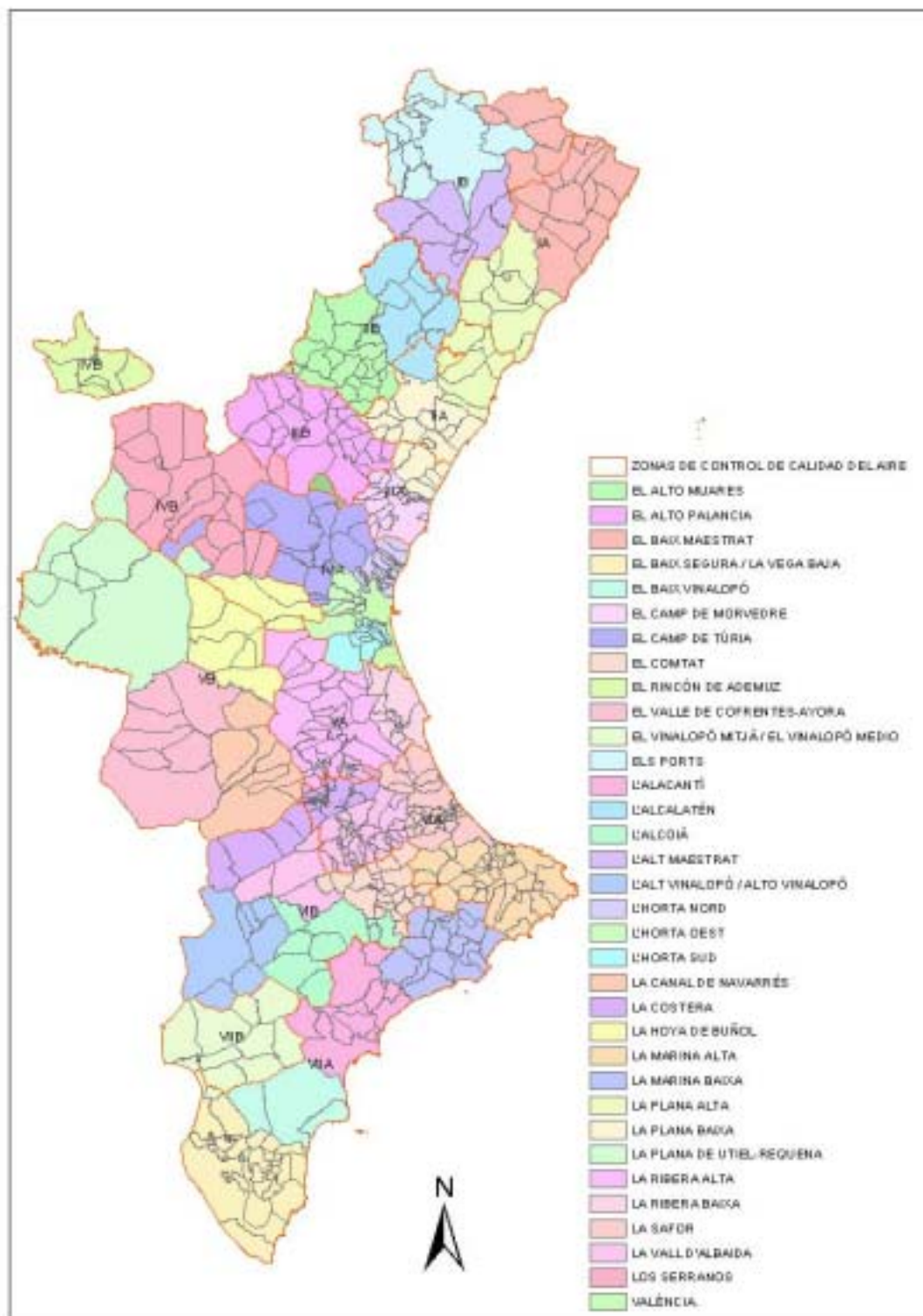
3.1. Información territorial

3.1.1. Líneas de contornos municipales y de núcleos urbanos

La BCN200 ha sido la cartografía adoptada como base para la representación de los contornos de las divisiones administrativas principales con la sola excepción de los núcleos de población. A partir de ella se han obtenido los contornos comarcales, provinciales y de las zonas de control de

la calidad del aire, consiguiendo de este modo una imagen espacial coherente de la comunidad autónoma, como puede verse en el mapa presentado a continuación.

FIGURA 2.
MUNICIPIOS, COMARCAS Y ZONAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AIRE



En lo que se refiere a los núcleos de población se ha preferido la representación proporcionada en el mapa de usos del suelo CORINE Land cover 2000, no porque sea más completa o precisa que la de la BCN2000 (la comparación entre ellas ofrece en esos aspectos resultados bastante

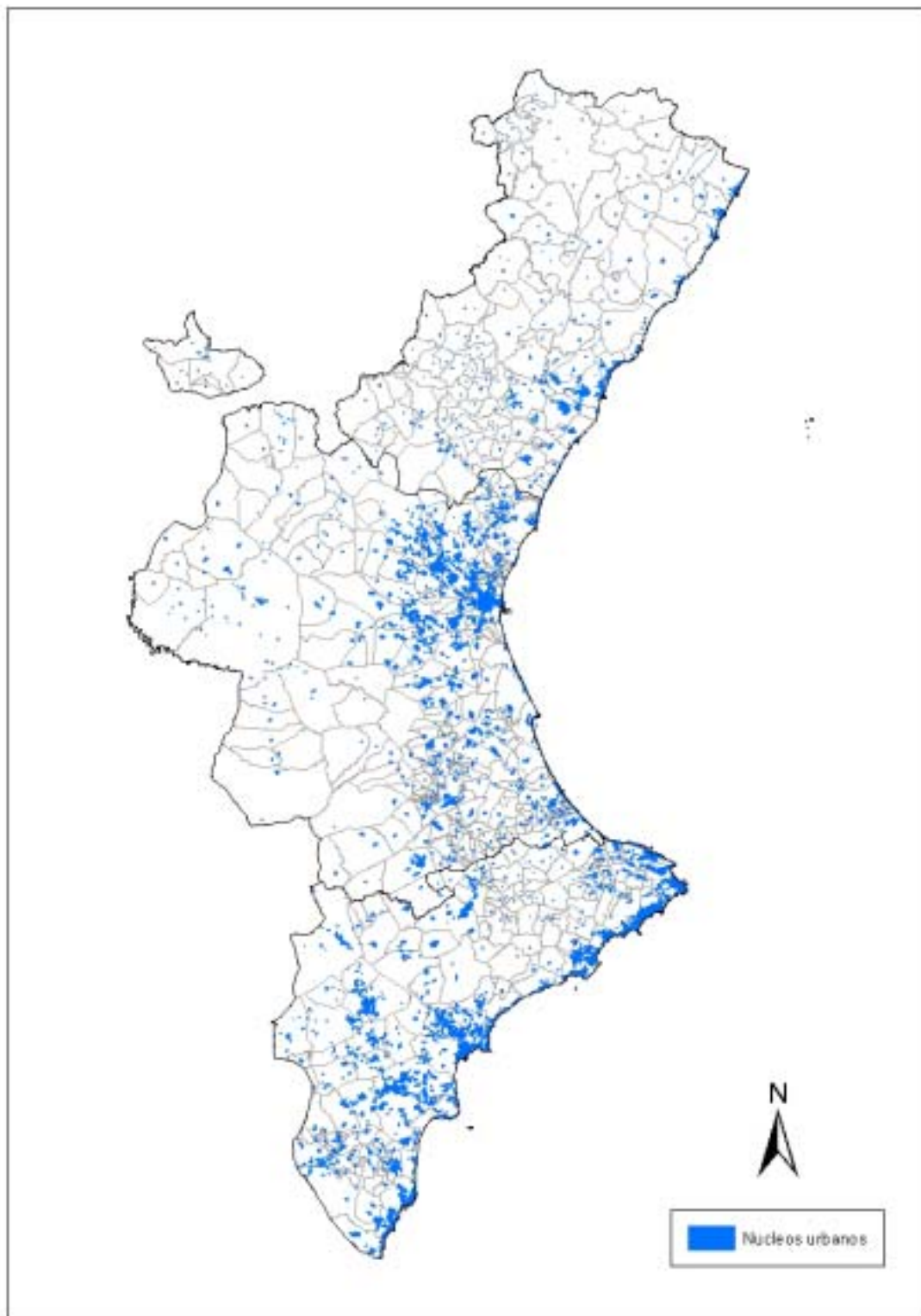
similares) sino porque CORINE Land cover se proporciona con la topología de polígonos ya construida y, lo que es más importante, distingue entre los diferentes usos del suelo de lo que en su terminología se llaman *superficies artificiales* (ver tabla 5). Esto permite utilizar una sola base cartográfica para las emisiones antropogénicas calculadas en el resto de áreas del inventario de emisiones global de la comunidad valenciana: emisiones de la combustión residencial e industrial, del tráfico ferroviario, portuario y aeroportuario, etc.

TABLA 5.
SUPERFICIES ARTIFICIALES
MAPA DE USOS DEL SUELO CORINE LAND COVER 2000

USO	DESCRIPCIÓN
11100	Tejido urbano continuo
11210	Estructura urbana abierta
11220	Urbanizaciones exentas o ajardinadas
12110	Zonas industriales
12120	Grandes superficies de equipamientos y servicios
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados
12220	Complejos ferroviarios
12300	Zonas portuarias
12400	Aeropuertos
13100	Zonas de extracción minera
13200	Escombreras y vertederos
13300	Zonas en construcción
14100	Zonas verdes urbanas
14210	Campos de golf
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas

En la figura 3 siguiente puede verse la cartografía resultante de la superposición de los contornos municipales de la BCN200 y de los núcleos de población de CORINE Land cover; como es habitual la identificación administrativa de cada núcleo de población ha sido realizada por medio de operaciones de análisis espacial entre ambos mapas, y, necesariamente, de modificaciones manuales cuando aquéllas no han producido un resultado unívoco o correcto.

FIGURA 3.
NÚCLEOS DE POBLACIÓN DE CORINE LAND COVER



3.1.2. Infraestructuras viarias

La cartografía de ejes de carreteras adoptada ha sido la incluida en la BCN200. Esta cartografía ha debido ser corregida y adaptada a las necesidades del inventario de emisiones, necesidades que exceden con mucho, aunque incluyen, los objetivos de la representación gráfica precisa de los ejes viarios y de la rotulación de sus identificadores administrativos con el fin de producir mapas humanamente interpretables.

En lo que sigue se presenta un resumen de las tareas de corrección y adaptación realizadas en la BCN200 con el propósito manifiesto de servir de indicación a los responsables de la misma sobre las mejoras que, de ser por ellos realizadas, la convertirían en un mejor instrumento para el análisis territorial. Estas tareas se agrupan en tres conjuntos que deben ser aplicados en el orden en que se presentan a continuación:

1. Asignación de un identificador administrativo a cada tramo de carretera de la cartografía.

Aunque puede parecer una obviedad debe señalarse que la identificación administrativa (nombre oficial) de los tramos de carretera y las relaciones de conexión entre ellos, son características de la cartografía indispensables para el inventario de emisiones, dada la necesidad de poner en correspondencia la base cartográfica con las informaciones sobre aforos del tráfico rodado de las administraciones públicas. No obstante, en el desarrollo del inventario no se ha dispuesto de una cartografía con dichas características sino que ha sido necesario construirlas.

En la BCN200 se proporcionan de un lado, los ejes de carretera en un conjunto de tramos elementales sin identificación ni relaciones de conexión administrativas explícitas, y de otro un conjunto de literales con los identificadores asignables a cada tramo, cuya ubicación está condicionada por el objetivo de que la rotulación de los textos produzca una imagen visualmente interpretable; es decir, la correspondencia entre los tramos y sus identificadores se proporciona como una relación espacial implícita, no como una determinación explícita previa en la que se puede tolerar cierta independencia de las relaciones espaciales.

En una primera aproximación puede pensarse que es posible la asignación a cada tramo de carretera de su identificador administrativo por medio de operaciones de análisis espacial basadas únicamente en los datos de la propia base cartográfica, pero no se tarda mucho en apreciar que no puede ser así. La asignación de un identificador administrativo a cada tramo de carretera debe ser determinada explícitamente, no existen operaciones espaciales que puedan realizarlo a partir de las relaciones espaciales implícitas del mapa. Esta asignación se ha realizado por tanto combinando operaciones de superposición espacial y análisis

Como resultado del cotejo entre fuentes se han sustituido los literales presentes en la BCN200 por las denominaciones oficiales correspondientes al año 2003, se han eliminado los tramos a los que no ha sido posible asignarles un nombre y de baja importancia en el tráfico rodado (caminos, accesos, etc.), se han dividido tramos de carretera de trazado erróneo y asignado los identificadores correctos a los tramos resultantes, y, por último, se han dibujado nuevos tramos que carecían de trazado.

2. Determinación del conjunto mínimo de poligonales que forman una carretera y puesta en correspondencia del orden de sus vértices con el sentido creciente de los puntos kilométricos

El resultado del paso anterior (cada tramo de carretera correctamente identificado y corregidos los errores de trazado) ha sido procesado para obtener el conjunto mínimo de poligonales que forman cada carretera¹⁰. Estas poligonales han sido reorientadas para que todas cuenten con el mismo sentido de dibujo, haciendo éste coincidente con el relacionado en el listado de carreteras del CIT citado más arriba; como puede suponerse esta última operación sólo ha podido ser desarrollada manualmente.

3. Determinación de las coordenadas geográficas de los puntos kilométricos

La asignación de los puntos kilométricos ha constado de dos pasos:

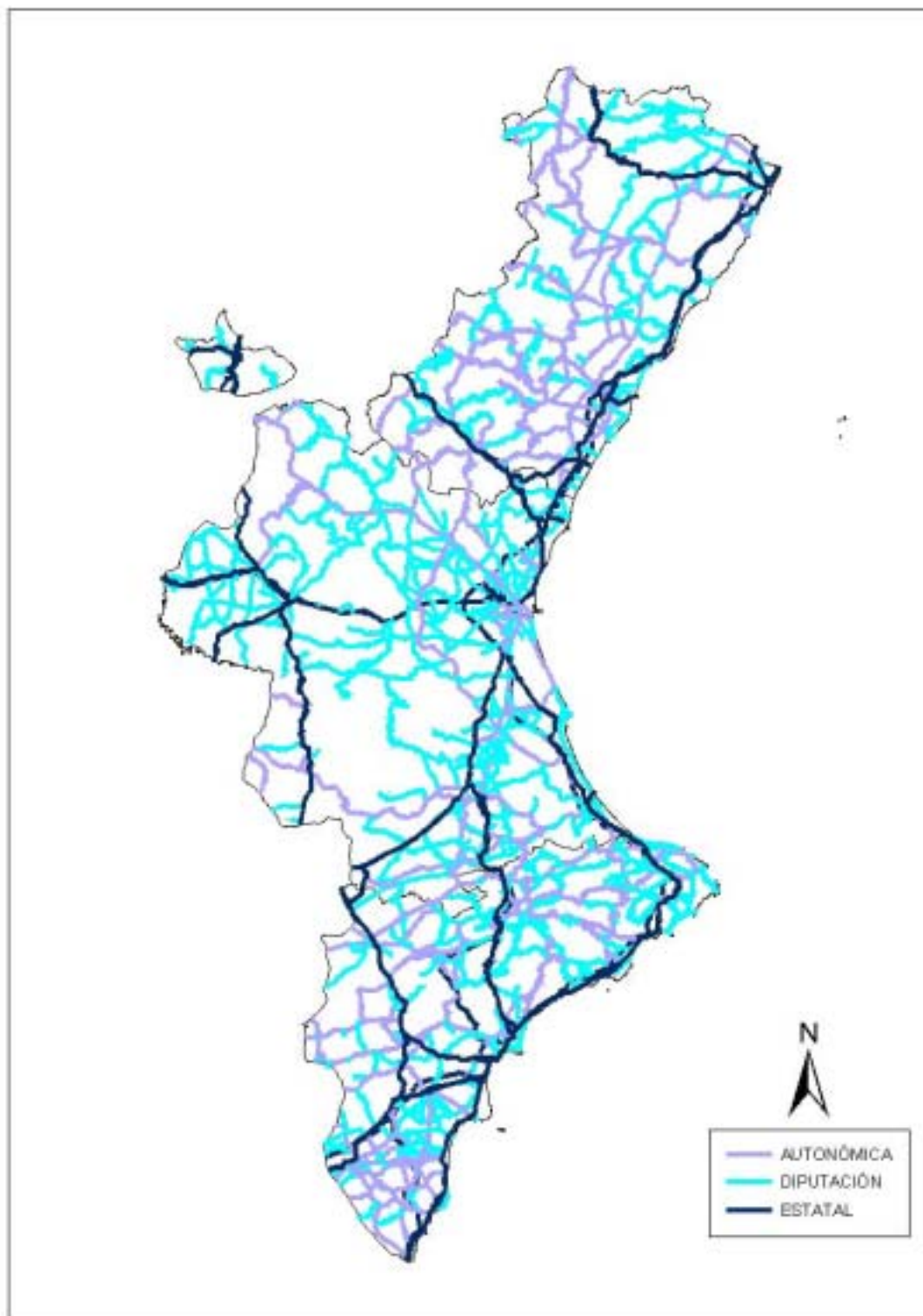
- i) Determinación del punto kilométrico inicial de las poligonales origen de cada carretera. Se ha procedido distinguiendo entre las redes autonómica y de las diputaciones, de un lado, y la red de carreteras del estado, de otro. En cuanto a las primeras se ha asignado el punto kilométrico cero al primer vértice de la poligonal origen de la carretera, entendiendo que estas carreteras tienen su origen dentro de los límites de la comunidad valenciana. Para la red de carreteras del estado se han utilizado los puntos kilométricos iniciales que, en cada provincia, vienen relacionados en el listado de la CIT.
- ii) Asignación de los puntos kilométricos interiores de cada carretera. Como ya se ha dicho, en general cada carretera está compuesta por un conjunto de tramos formados a su vez por poligonales disjuntas. No se ha podido determinar si entre el punto kilométrico final de una poligonal y el del comienzo de la siguiente debe existir una diferencia o no, por lo que se ha tenido que optar por realizar una

¹⁰ Debe notarse que, en general, una carretera no está formada por una sola poligonal; las carreteras tienen puntos de discontinuidad, a veces sus tramos están separados varios kilómetros, y no puede determinarse sin el conocimiento explícito previo si un punto de discontinuidad es real u obedece a problemas de precisión de la cartografía.

asignación de puntos coincidente con la resultante de la cartografía. Esto puede parecer a primera vista evidente pero no lo es. Los puntos kilométricos de las carreteras no reflejan en general la distancia recorrida desde el inicio de la misma sino que son algo parecido a la numeración de las direcciones postales. Si inicialmente, cuando se construyó la carretera, los puntos kilométricos reflejaban realmente la distancia recorrida desde el origen de la misma, con el paso del tiempo, las rectificaciones de trazado los han convertido en no más que referencias que pueden distar hasta varios kilómetros del punto al que se supone representan.

Como puede deducirse no se ha podido en este aspecto subsanar completamente las carencias de información, pero con todo la aproximación construida puede ser sin duda considerada coherente.

FIGURA 5.
CARTOGRAFÍA FINAL DE CARRETERAS POR TITULARIDAD



3.2. Parque de vehículos

En el “*Anuario estadístico general*” que publica la DGT se proporciona información acerca del parque *vivo* -en la terminología de la DGT aunque parece que realmente es el parque registrado- de vehículos según la siguiente clasificación en lo que a los vehículos autopropulsados se refiere (en aquí en adelante llamada *clasificación DGT*):

1. Autobuses

Se incluyen en esta categoría todos los vehículos automóviles especialmente diseñados para el transporte de viajeros con capacidad mayor de nueve plazas incluyendo al conductor.

2. Camiones

Vehículos automóviles especialmente diseñados para el transporte de mercancías, con excepción de las motocicletas de tres ruedas cuya tara no exceda de 400 kilogramos.

3. Motocicletas

Son motocicletas los vehículos de dos ruedas, con o sin sidecar.

4. Turismos

Automóviles concebidos para el transporte de personas con capacidad de hasta nueve plazas incluyendo al conductor.

5. Tractores industriales

Automóviles concebidos para el arrastre de remolques o semirremolques.

6. Ciclomotores

Vehículos de dos ruedas de cilindrada menor que 50cc.

La información se publica con diferentes grados de desglose por clase de vehículo y antigüedad según el ámbito espacial al que corresponda.

3.2.1. Ámbito nacional

Para el ámbito nacional la DGT proporciona el parque *vivo* de las categorías de vehículos antes mencionadas desglosando cada una de ellas, a excepción de los ciclomotores, según el carburante utilizado y el año de matriculación del vehículo, es decir, para cada año del parque informado se proporciona el número de vehículos de una categoría matriculados en un año en

particular (hasta una antigüedad de veinte años) que no han sido aún dados de baja y con indicación del carburante: gasolina o gasóleo, utilizado, tal y como puede verse en las tablas 6 y 7 que sigue, donde se presentan el número total de vehículos en el estado español así como la distribución porcentual de los mismos.

TABLA 6.
DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE VEHÍCULOS A 31/12/2004
POR CLASE DE VEHÍCULO, TIPO DE CARBURANTE Y AÑOS DE ANTIGÜEDAD

AÑO MATRICULACIÓN	AUTOBUSES		CAMIONES		MOTOCICLETAS		TRACTORES		TURISMOS		TOTAL	
	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo
1983	231	7.046	156.070	268.131	402.986	1.656	210	8.262	1.876.104	125.731	2.435.601	410.826
1984	3	444	15.656	19.608	21.830	29	6	717	110.678	38.249	148.173	59.047
1985	12	563	20.112	30.969	25.815	41	6	976	141.402	44.337	187.347	76.886
1986	11	888	24.924	47.116	31.187	63	10	1.325	209.334	40.810	265.466	90.202
1987	10	1.366	33.725	73.963	42.837	68	31	2.332	322.067	58.856	398.670	136.585
1988	45	1.684	44.048	97.179	57.758	161	63	3.582	429.048	70.947	530.962	173.553
1989	60	2.335	49.528	124.031	80.404	46	105	4.604	540.426	81.283	670.523	212.299
1990	19	2.148	45.960	133.243	92.780	6	106	4.292	526.399	88.316	665.264	228.005
1991	67	2.270	47.558	128.420	96.406	7	97	3.768	550.965	84.424	695.093	218.889
1992	55	2.417	50.593	139.647	84.463	5	55	3.220	646.106	135.842	781.272	281.131
1993	40	1.680	34.472	102.569	42.918	3	32	1.845	487.984	141.948	565.446	248.045
1994	39	1.576	27.661	123.418	30.383	3	57	3.184	561.885	206.101	620.025	334.282
1995	40	2.309	20.233	138.806	28.757	2	90	6.549	459.210	242.236	508.330	389.902
1996	22	2.644	17.632	161.371	27.343	4	96	6.829	481.371	333.317	526.464	504.165
1997	30	3.015	19.056	199.781	38.572	2	166	9.758	528.549	432.119	586.373	644.675
1998	24	3.446	19.180	233.388	52.475	6	223	12.333	582.946	577.103	654.848	826.276
1999	29	3.741	20.681	277.896	65.122	6	234	16.118	661.570	715.527	747.636	1.013.288
2000	71	3.202	19.127	269.598	67.082	11	207	17.461	615.632	727.900	702.119	1.018.172
2001	61	3.376	20.924	257.268	62.513	11	173	18.093	660.092	724.061	743.763	1.002.809
2002	78	3.025	16.326	247.837	61.210	16	160	17.912	542.079	744.085	619.853	1.012.875
2003	36	3.185	16.392	283.317	74.859	35	148	19.394	542.215	851.404	633.650	1.157.335
2004	23	3.591	17.166	323.459	122.116	85	151	20.399	559.035	1.042.225	698.491	1.389.759
TOTAL	1.006	55.951	737.024	3.681.015	1.609.816	2.266	2.426	182.953	12.035.097	7.506.821	14.385.369	11.429.006

Fuente: "Anuario Estadístico General. 2004". Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

TABLA 7.
PORCENTAJE DEL PARQUE DE VEHÍCULOS A 31/12/2004
POR CLASE DE VEHÍCULO, TIPO DE CARBURANTE Y AÑOS DE ANTIGÜEDAD

AÑO MATRICULACIÓN	AUTOBUSES		CAMIONES		MOTOCICLETAS		TRACTORES		TURISMOS		TOTAL	
	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo
1983	23,0	12,6	21,2	7,3	25,0	73,1	8,7	4,5	15,6	1,7	16,9	3,6
1984	0,3	0,8	2,1	0,5	1,4	1,3	0,2	0,4	0,9	0,5	1,0	0,5
1985	1,2	1,0	2,7	0,8	1,6	1,8	0,2	0,5	1,2	0,6	1,3	0,7
1986	1,1	1,6	3,4	1,3	1,9	2,8	0,4	0,7	1,7	0,5	1,8	0,8
1987	1,0	2,4	4,6	2,0	2,7	3,0	1,3	1,3	2,7	0,8	2,8	1,2
1988	4,5	3,0	6,0	2,6	3,6	7,1	2,6	2,0	3,6	0,9	3,7	1,5
1989	6,0	4,2	6,7	3,4	5,0	2,0	4,3	2,5	4,5	1,1	4,7	1,9
1990	1,9	3,8	6,2	3,6	5,8	0,3	4,4	2,3	4,4	1,2	4,6	2,0
1991	6,7	4,1	6,5	3,5	6,0	0,3	4,0	2,1	4,6	1,1	4,8	1,9
1992	5,5	4,3	6,9	3,8	5,2	0,2	2,3	1,8	5,4	1,8	5,4	2,5
1993	4,0	3,0	4,7	2,8	2,7	0,1	1,3	1,0	4,1	1,9	3,9	2,2
1994	3,9	2,8	3,8	3,4	1,9	0,1	2,3	1,7	4,7	2,7	4,3	2,9
1995	4,0	4,1	2,7	3,8	1,8	0,1	3,7	3,6	3,8	3,2	3,5	3,4
1996	2,2	4,7	2,4	4,4	1,7	0,2	4,0	3,7	4,0	4,4	3,7	4,4
1997	3,0	5,4	2,6	5,4	2,4	0,1	6,8	5,3	4,4	5,8	4,1	5,6
1998	2,4	6,2	2,6	6,3	3,3	0,3	9,2	6,7	4,8	7,7	4,6	7,2
1999	2,9	6,7	2,8	7,5	4,0	0,3	9,6	8,8	5,5	9,5	5,2	8,9
2000	7,1	5,7	2,6	7,3	4,2	0,5	8,5	9,5	5,1	9,7	4,9	8,9
2001	6,1	6,0	2,8	7,0	3,9	0,5	7,1	9,9	5,5	9,6	5,2	8,8
2002	7,8	5,4	2,2	6,7	3,8	0,7	6,6	9,8	4,5	9,9	4,3	8,9
2003	3,6	5,7	2,2	7,7	4,7	1,5	6,1	10,6	4,5	11,3	4,4	10,1
2004	2,3	6,4	2,3	8,8	7,6	3,8	6,2	11,1	4,6	13,9	4,9	12,2
SUMA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: "Anuario Estadístico General. 2004". Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

Respecto de los vehículos de carga la DGT proporciona también el desglose de las cifras de la tabla anterior según tramos de carga útil aunque, como puede verse en la tabla 8 siguiente, sin indicación del carburante utilizado.

TABLA 8.
PARQUE NACIONAL DE CAMIONES A 31/12/2004, SEGÚN CARGA ÚTIL Y AÑOS DE ANTIGÜEDAD

AÑO MATRIC.	Hasta 999	1.000 a 1.499	1.500 a 2.999	3.000 a 4.999	5.000 a 6.999	7.000 a 9.999	Más de 9.999	SUMA
1983	59,3	20,6	5,1	3,6	2,2	3,0	6,1	100
1984	73,8	13,0	5,2	2,4	1,0	1,6	3,1	100
1985	76,9	11,5	4,0	1,9	0,9	1,5	3,2	100
1986	79,0	9,7	4,1	1,9	0,8	1,3	3,2	100
1987	75,2	11,5	5,1	2,3	0,8	1,4	3,7	100
1988	73,2	12,5	5,4	2,5	1,0	1,6	3,7	100
1989	72,0	13,3	5,4	2,8	1,1	1,7	3,7	100
1990	72,4	13,3	4,9	2,9	1,2	1,8	3,5	100
1991	73,7	13,9	4,5	2,3	1,1	1,6	2,9	100
1992	78,1	12,0	3,8	2,0	0,8	1,3	1,9	100
1993	81,5	10,6	3,3	1,5	0,7	1,1	1,2	100
1994	81,0	11,1	3,3	1,6	0,6	1,0	1,4	100
1995	78,7	11,7	4,1	1,9	0,9	1,3	1,5	100
1996	80,7	10,3	4,1	1,7	0,8	1,2	1,2	100
1997	79,8	10,9	4,1	1,7	0,8	1,3	1,5	100
1998	79,1	11,1	4,2	1,6	0,8	1,3	1,8	100
1999	78,6	11,1	4,3	1,6	0,9	1,5	2,1	100
2000	77,0	11,8	5,0	1,5	0,9	1,5	2,2	100
2001	76,5	11,9	5,0	1,5	0,9	1,6	2,5	100
2002	75,7	13,3	4,4	1,4	0,9	1,7	2,6	100
2003	74,5	15,8	3,5	1,2	0,8	1,5	2,6	100
2004	74,4	16,4	3,6	1,1	0,8	1,2	2,4	100

Fuente: "Anuario Estadístico General. 2004". Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

Lo análogo para los turismos y motocicletas es lo presentado en las tablas 9 y 10 donde se desglosan las cifras de turismos y motocicletas, respectivamente, de cada año de matriculación por tramos de cilindrada.

TABLA 9.
PORCENTAJE DEL PARQUE NACIONAL DE TURISMOS A 31/12/2004, SEGÚN CILINDRADA Y AÑOS DE ANTIGÜEDAD

AÑO MATRIC.	Hasta 1.199 cc	1.200 a 1.599 cc	1.600 a 1.999 cc	Más de 1.999 cc	SUMA
1983	57,5	26,8	8,2	7,5	100
1984	32,3	35,8	17,5	14,5	100
1985	26,7	38,4	23,6	11,3	100
1986	23,5	44,0	24,0	8,5	100
1987	20,7	43,6	27,2	8,5	100
1988	20,2	43,4	28,7	7,7	100
1989	18,7	42,8	30,6	7,9	100
1990	19,6	40,3	31,6	8,5	100
1991	19,5	39,2	33,5	7,8	100
1992	17,3	32,8	41,7	8,2	100
1993	13,9	32,7	44,5	8,9	100
1994	14,5	35,0	43,3	7,2	100
1995	11,9	34,0	45,2	8,9	100

TABLA 9.
PORCENTAJE DEL PARQUE NACIONAL DE TURISMOS A 31/12/2004,
SEGÚN CILINDRADA Y AÑOS DE ANTIGÜEDAD

AÑO MATRIC.	Hasta 1.199 cc	1.200 a 1.599 cc	1.600 a 1.999 cc	Más de 1.999 cc	SUMA
1996	9,6	35,3	45,3	9,7	100
1997	9,4	34,1	46,1	10,3	100
1998	7,7	32,3	50,0	10,1	100
1999	7,5	30,3	54,0	8,2	100
2000	5,9	29,9	55,4	8,7	100
2001	6,4	30,8	52,7	10,1	100
2002	6,3	30,9	52,0	10,8	100
2003	6,0	32,6	50,0	11,4	100
2004	5,5	36,0	47,7	10,9	100

Fuente: "Anuario Estadístico General. 2004". Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

TABLA 10.
PORCENTAJE DEL PARQUE NACIONAL DE MOTOCICLETAS A 31/12/2004
SEGÚN CILINDRADA Y AÑOS DE ANTIGÜEDAD

AÑO MATRIC.	Hasta 75 cc	75 a 124 cc	125 a 249 cc	250 a 499 cc	Más de 500 cc	SUMA
1983	17,9	14,8	48,8	12,3	6,2	100
1984	27,3	14,1	33,6	8,1	16,9	100
1985	25,4	15,5	34,5	8,7	15,8	100
1986	28,9	19,5	25,3	9,2	17,0	100
1987	29,0	26,7	16,9	7,8	19,6	100
1988	31,5	22,3	16,4	8,4	21,3	100
1989	28,9	20,3	14,6	8,3	27,9	100
1990	27,2	15,4	14,7	9,3	33,4	100
1991	22,9	17,5	12,1	10,7	36,8	100
1992	19,6	15,8	12,9	11,3	40,5	100
1993	18,7	19,1	11,9	10,3	40,1	100
1994	16,3	17,9	20,8	9,5	35,4	100
1995	16,3	23,4	22,9	6,5	31,0	100
1996	9,2	30,1	22,4	6,2	32,1	100
1997	3,2	32,0	28,9	5,1	30,8	100
1998	1,0	33,6	30,3	4,4	30,6	100
1999	0,5	33,3	27,4	5,7	33,1	100
2000	0,4	29,2	28,9	5,6	35,9	100
2001	0,3	24,3	31,2	7,1	37,1	100
2002	0,2	21,1	31,1	7,8	39,8	100
2003	0,1	21,5	30,0	9,2	39,1	100
2004	0,1	31,4	24,5	8,6	35,3	100

Fuente: "Anuario Estadístico General. 2004". Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

3.2.2. Ámbito provincial

En el ámbito provincial la DGT informa del número de vehículos del parque vivo existentes en cada provincia según categoría y carburante utilizado, como se muestra para la comunidad valenciana en las tablas que siguen.

TABLA 11.
PARQUE DE VEHÍCULOS A 31/12/2002
SEGÚN PROVINCIAS Y TIPO DE CARBURANTE

PROVINCIA	AUTOBUSES		CAMIONES		MOTOCICLETAS		TRACTORES INDUSTRIALES		TURISMOS		CICLM.
	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina
ALICANTE	18	1.478	30.424	127.815	67.538	124	99	4.457	543.884	207.415	109.584
CASTELLÓN	4	435	12.912	53.582	20.482	28	38	3.124	146.576	79.527	33.336
VALENCIA	16	2.311	37.722	183.389	97.334	337	201	13.304	655.350	387.169	140.491
TOTAL	38	4.224	81.058	364.786	185.354	489	338	20.885	1.345.810	674.111	283.411

Fuente: "Anuario Estadístico General. 2002". Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

TABLA 12.
PARQUE DE VEHÍCULOS A 31/12/2003
SEGÚN PROVINCIAS Y TIPO DE CARBURANTE

PROVINCIA	AUTOBUSES		CAMIONES		MOTOCICLETAS		TRACTORES INDUSTRIALES		TURISMOS		CICLM.
	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina
ALICANTE	18	1.481	29.039	134.447	68.212	124	95	4.682	527.024	235.771	113.690
CASTELLÓN	2	441	12.072	55.930	20.498	29	37	3.233	144.024	88.209	34.329
VALENCIA	17	2.328	35.478	189.320	96.147	310	178	13.777	622.758	425.255	145.201
TOTAL	37	4.250	76.589	379.697	184.857	463	310	21.692	1.293.806	749.235	293.220

Fuente: "Anuario Estadístico General. 2003". Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

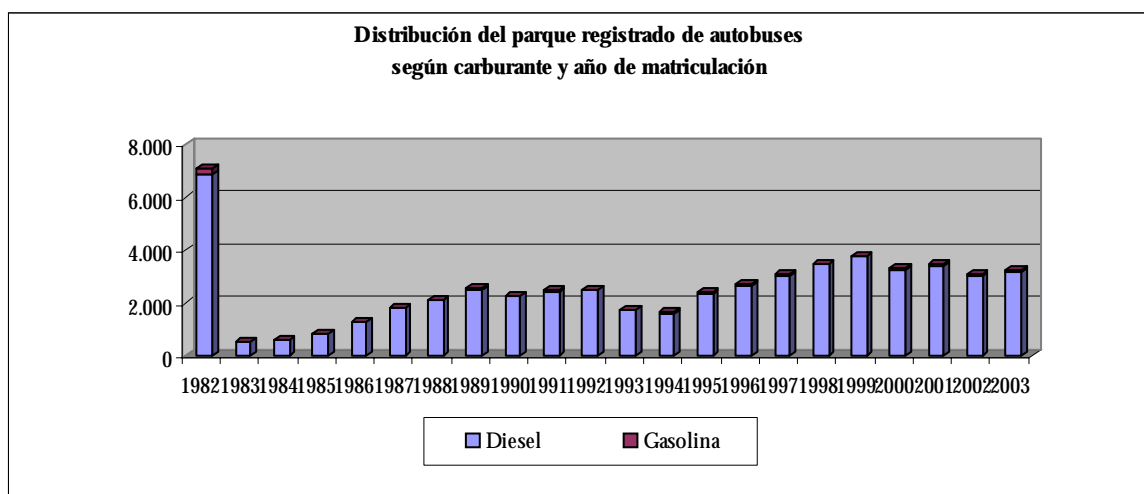
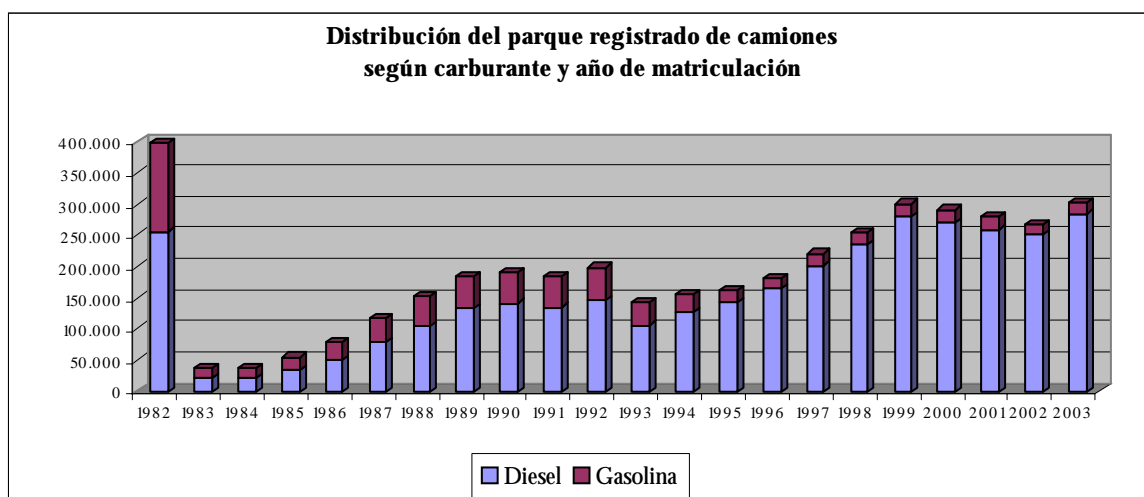
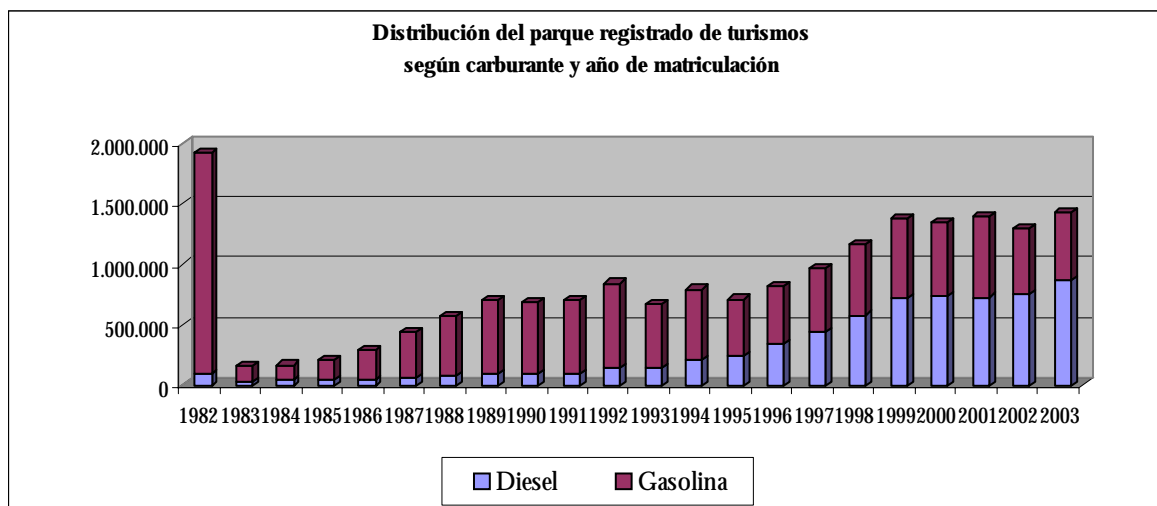
TABLA 13.
PARQUE DE VEHÍCULOS A 31/12/2004
SEGÚN PROVINCIAS Y TIPO DE CARBURANTE

PROVINCIA	AUTOBUSES		CAMIONES		MOTOCICLETAS		TRACTORES INDUSTRIALES		TURISMOS		CICLM.
	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina
ALICANTE	18	1.513	28.801	145.233	73.474	125	104	5.025	537.526	273.937	118.221
CASTELLÓN	2	423	11.664	59.742	21.496	30	42	3.374	143.379	99.483	35.121
VALENCIA	20	2.379	34.535	200.240	102.677	312	166	14.835	619.024	477.089	149.338
TOTAL	40	4.315	75.000	405.215	197.647	467	312	23.234	1.299.929	850.509	302.680

Fuente: "Anuario Estadístico General. 2004". Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

A continuación se muestran las figuras donde aparece la distribución del parque registrado de turismos, camiones y autobuses, en función del año de matriculación y el carburante utilizado.

FIGURA 6.
DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE VEHÍCULOS SEGÚN CARBURANTE Y AÑO



3.2.3.Ámbito municipal

Por último, en el ámbito municipal, el IVE presenta en el apartado indicadores municipales de su página WEB el desglose municipal del parque según categorías de vehículos sin indicación de carburante, información que ha sido utilizada en el inventario con el fin de obtener una mejor aproximación a las emisiones en circuito urbano, de acuerdo con los requerimientos de resolución espacial del inventario.

3.3. Tráfico rodado

Las fuentes de información que han suministrado datos del tráfico rodado han sido las cinco administraciones públicas competentes: central, autonómica y las tres diputaciones de las provincias de la comunidad autónoma, con diferente cobertura espacial y de detalle en cada una de ellas, según se presentan a continuación en orden creciente de detalle de ambas características.

1. Por lo que respecta a las tres diputaciones provinciales, los datos proporcionados se limitan a la intensidad media diaria de vehículos ligeros y pesados por tramos de carretera, más generalmente en carreteras completas, sin indicación de las velocidades de circulación; los totales obtenidos se muestran en la tabla 14 siguiente:¹¹

TABLA 14.
RECORRIDOS EN LAS CARRETERAS
DE LAS DIPUTACIONES
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

AÑO	Alicante	Castellón	Valencia	Total
2002	915.927	85.825	1.903.147	2.904.899
2003	937.267	85.825	2.115.026	3.138.118
2004	990.000	82.900	1.858.500	2.931.400

Fuente: Diputación de Alicante, Diputación de Castellón, Diputación de Valencia.

2. Por su parte, la CIT ha suministrado las intensidades medias diarias y medianas de las velocidades de circulación de los vehículos ligeros y pesados, por tramos de carretera, aunque esta última información, la relativa a las velocidades, no ha estado siempre disponible y cuando lo ha estado sólo ha sido la correspondiente a los vehículos ligeros (ver tabla 15 siguiente)

¹¹

Los datos aportados por la diputación de Castellón no se han sido actualizados, de modo que se ha optado por mantener los últimos disponibles como puede verse en la citada tabla.

TABLA 15.
RECORRIDOS EN LAS CARRETERAS
DE LA RED AUTONÓMICA
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

AÑO	Alicante	Castellón	Valencia	Total
2002	1.660.000	994.000	2.253.000	4.907.000
2003	1.652.000	1.020.000	2.487.000	5.159.000
2004	1.861.500	1.063.900	2.700.900	5.626.300

Fuente: Dirección General de Obras Públicas. Conselleria de Infraestructuras y Transportes

3. La información más completa es la correspondiente a la red de carreteras del estado dependiente del Ministerio de Fomento. De esta red se han recabado las intensidades medias diarias por categorías de vehículos: autocares, vehículos de carga ligeros y pesados, motocicletas y turismos, por tramos de carretera, con indicación asimismo de la velocidad media de circulación en cada tramo. En la tabla y gráficos que siguen se presentan tanto los recorridos totales, como las frecuencias absolutas y relativas al recorrido total de cada intervalo de velocidades de circulación.

TABLA 16.
RECORRIDOS EN LAS CARRETERAS
DE LA RED ESTATAL
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

AÑO	Alicante	Castellón	Valencia	Total
2002	5.146.100	2.261.576	6.483.458	13.891.135
2003	5.623.937	2.370.245	7.085.145	15.079.326
2004	5.829.000	2.593.000	7.091.000	15.513.000

Fuente: Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento

FIGURA 7.
HISTOGRAMA DE VELOCIDADES EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO
(FRECUENCIA RELATIVA Y ACUMULADA)

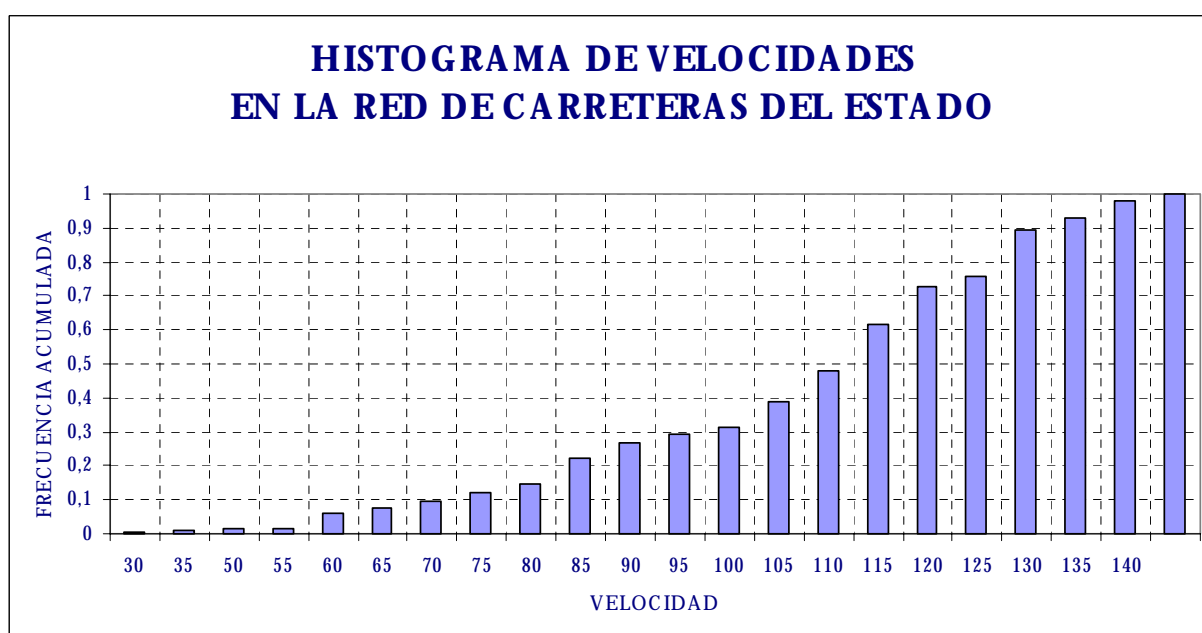
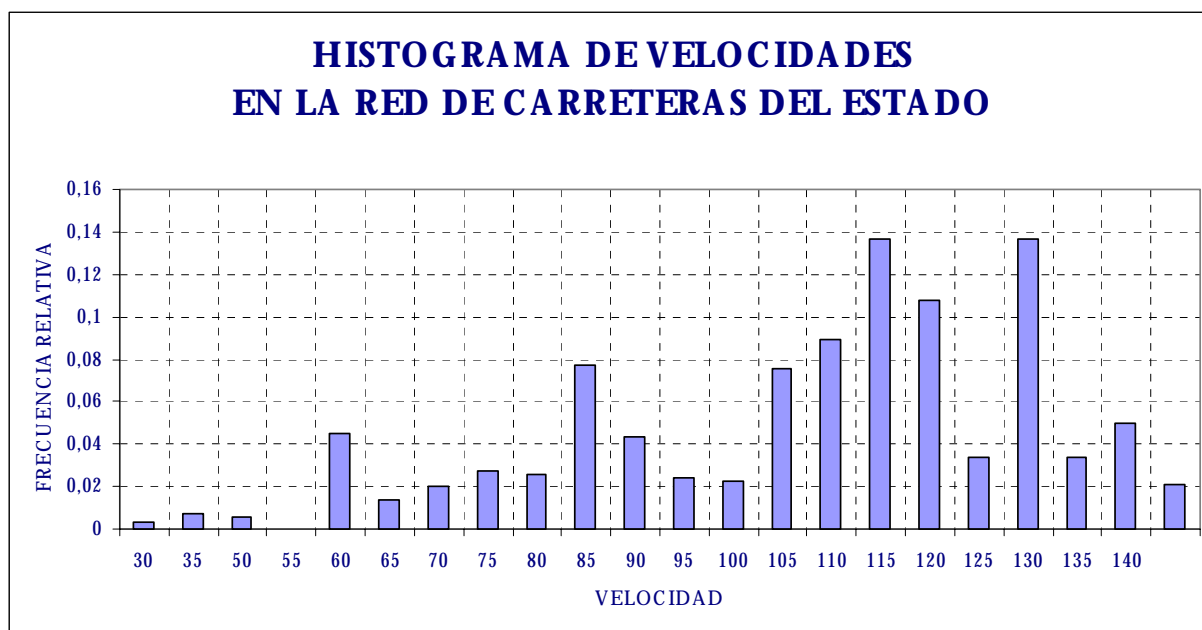


FIGURA 8.
RECORRIDOS EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO SEGÚN CLASE DE VEHÍCULO
(AÑO 2002 Y 2003)

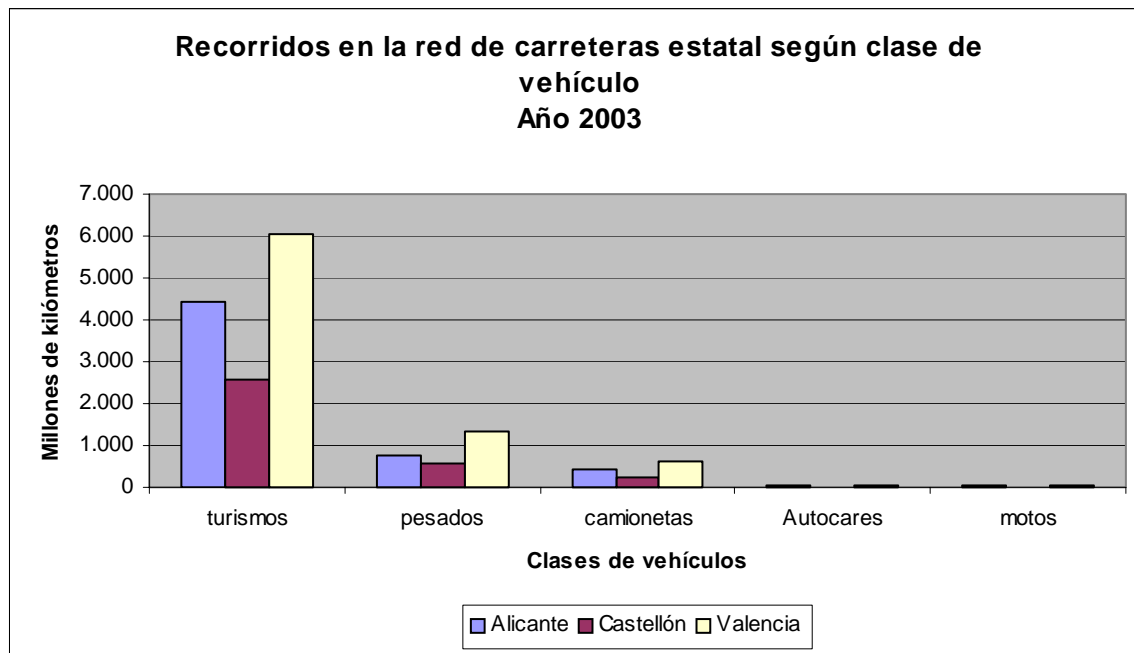
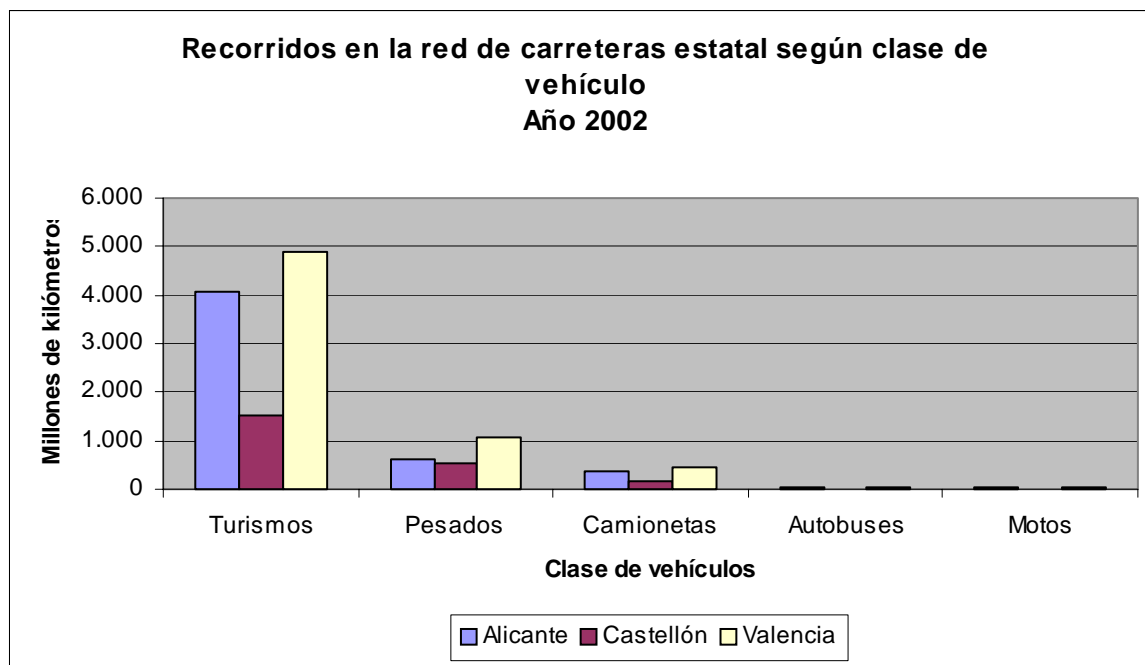
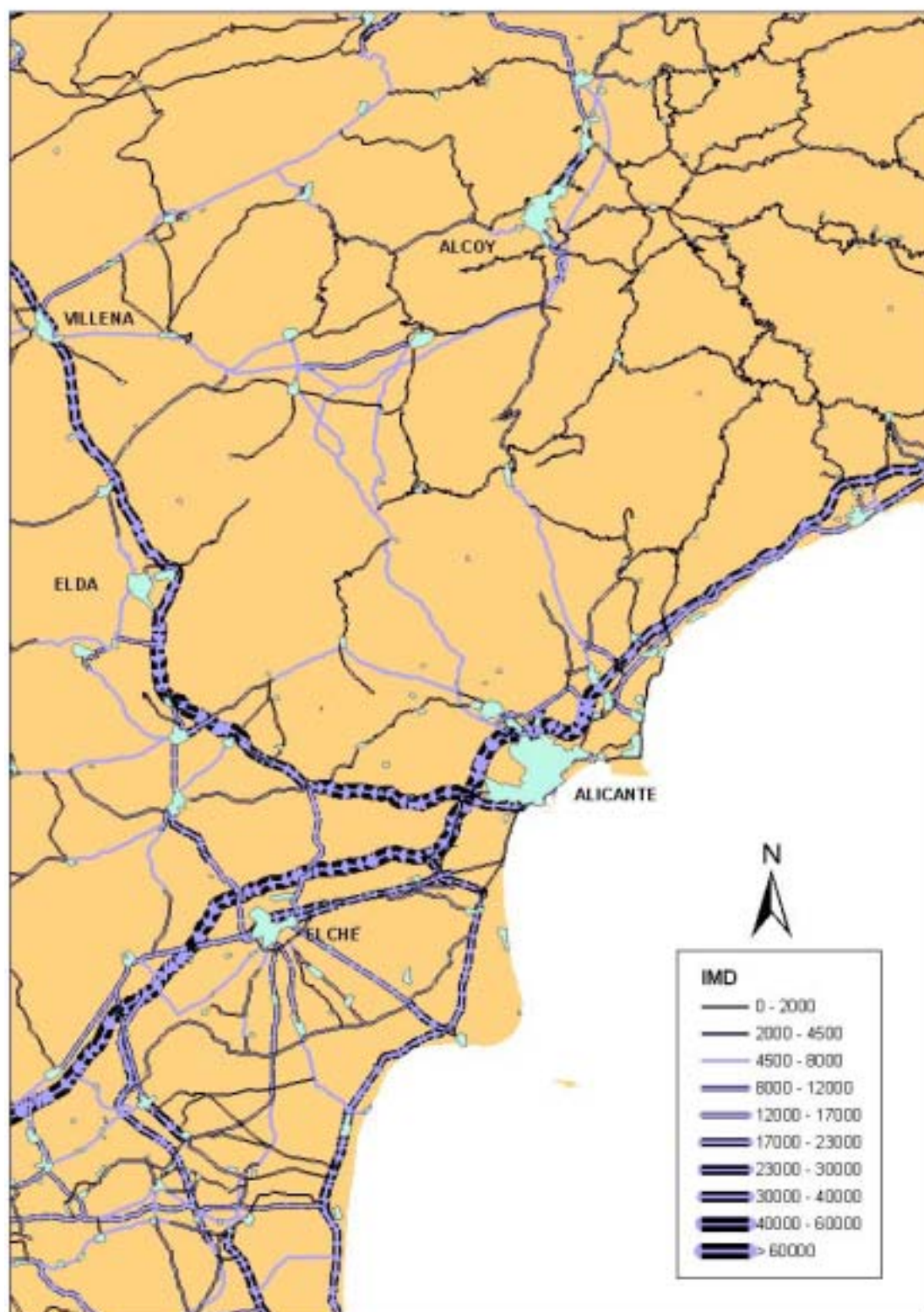


FIGURA 9.
INTENSIDAD MEDIA DIARIA (DETALLE)



3.4. Consumo de carburantes

La información sobre el consumo de carburantes, que se muestra en la tabla 17 siguiente y en las figuras 10 y 11, ha sido elaborada por el equipo de trabajo del inventario tomando como base la información de la siguiente fuente:

“*Estadísticas de Consumo de Productos Petrolíferos*” de la Subdirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio¹².

TABLA 17.
VENTAS DE CARBURANTES
EN LA COMUNIDAD VALENCIANA
(CIFRAS EN TONELADAS)

Año	Provincia	Gasolina 97	Gasolina 95	Gasolina 98	Gasóleo A
2002	Alicante	63.647	261.722	33.739	604.936
	Castellón	23.249	74.473	10.790	277.512
	Valencia	80.200	262.008	29.188	1.100.775
	Total	167.096	598.203	73.717	1.983.223
2003	Alicante	49.240	276.542	34.612	672.585
	Castellón	17.578	79.320	10.787	304.293
	Valencia	61.629	280.397	30.418	1.156.349
	Total	128.447	636.259	75.817	2.133.227
2004	Alicante	33.727	290.197	40.014	742.765
	Castellón	11.571	81.277	10.483	326.057
	Valencia	40.857	297.330	31.724	1.262.166
	Total	86.155	668.804	82.221	2.330.988

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Subdirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

A continuación se muestran dos gráficos que representan las cantidades y distribuciones del consumo de carburantes por provincia y tipo de carburante.

¹²

Como ya se ha observado, esta fuente proporciona los datos de ventas de carburantes en las estaciones de servicio de la comunidad valenciana no los consumos, que por supuesto pueden realizarse dentro o fuera del territorio de la comunidad. No obstante se ha considerado que estas cifras son, en el momento actual, una buena aproximación al consumo, posiblemente la mejor, dado que es esperable que los consumos de carburante vendido en la comunidad valenciana y realizados fuera de su territorio se compensen con sus simétricos: los de carburante comprado fuera del territorio de la comunidad y consumido dentro del mismo.

FIGURA 10.
CONSUMO DE CARBURANTE POR PROVINCIA (AÑO 2003)

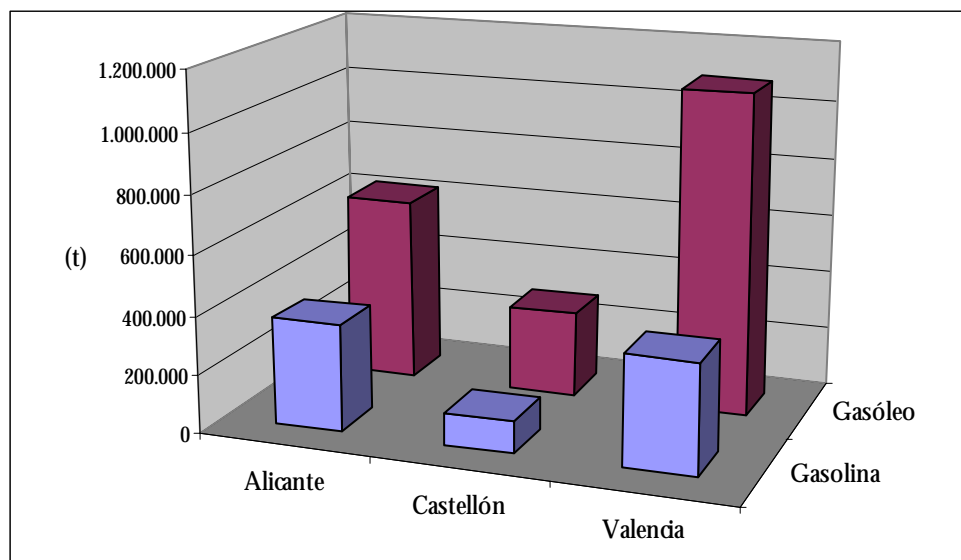
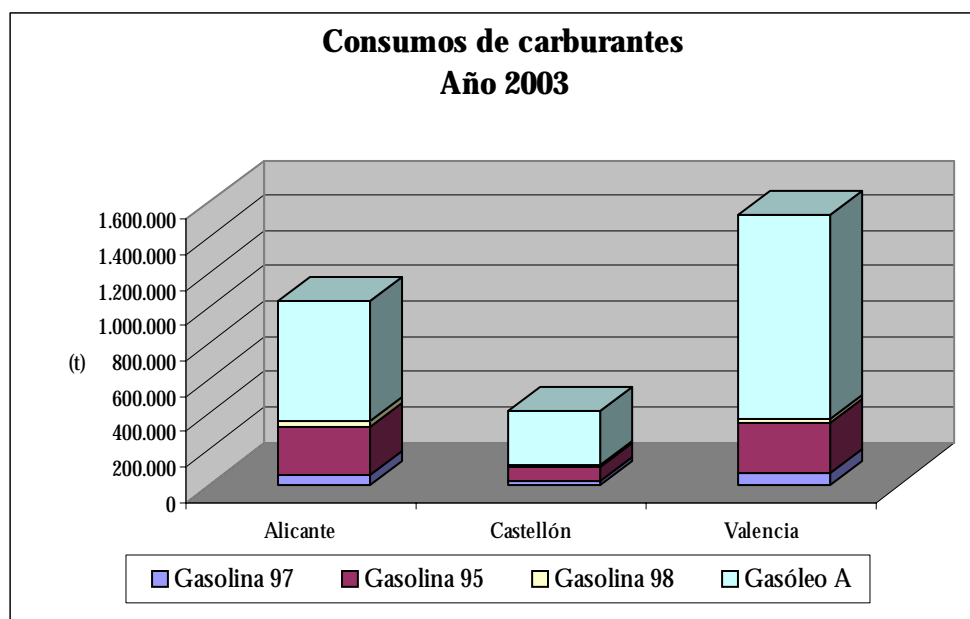


FIGURA 11.
DESGLOSE DEL CONSUMO DE CARBURANTE POR PROVINCIA (AÑO 2003)



3.5. Información meteorológica

Como se puede apreciar en el apartado dedicado a los algoritmos de estimación de las emisiones, se requieren cuatro variables meteorológicas relacionadas con la temperatura para el cálculo de los distintos factores de emisión, las temperaturas: ambiente (se ha considerado que la media de

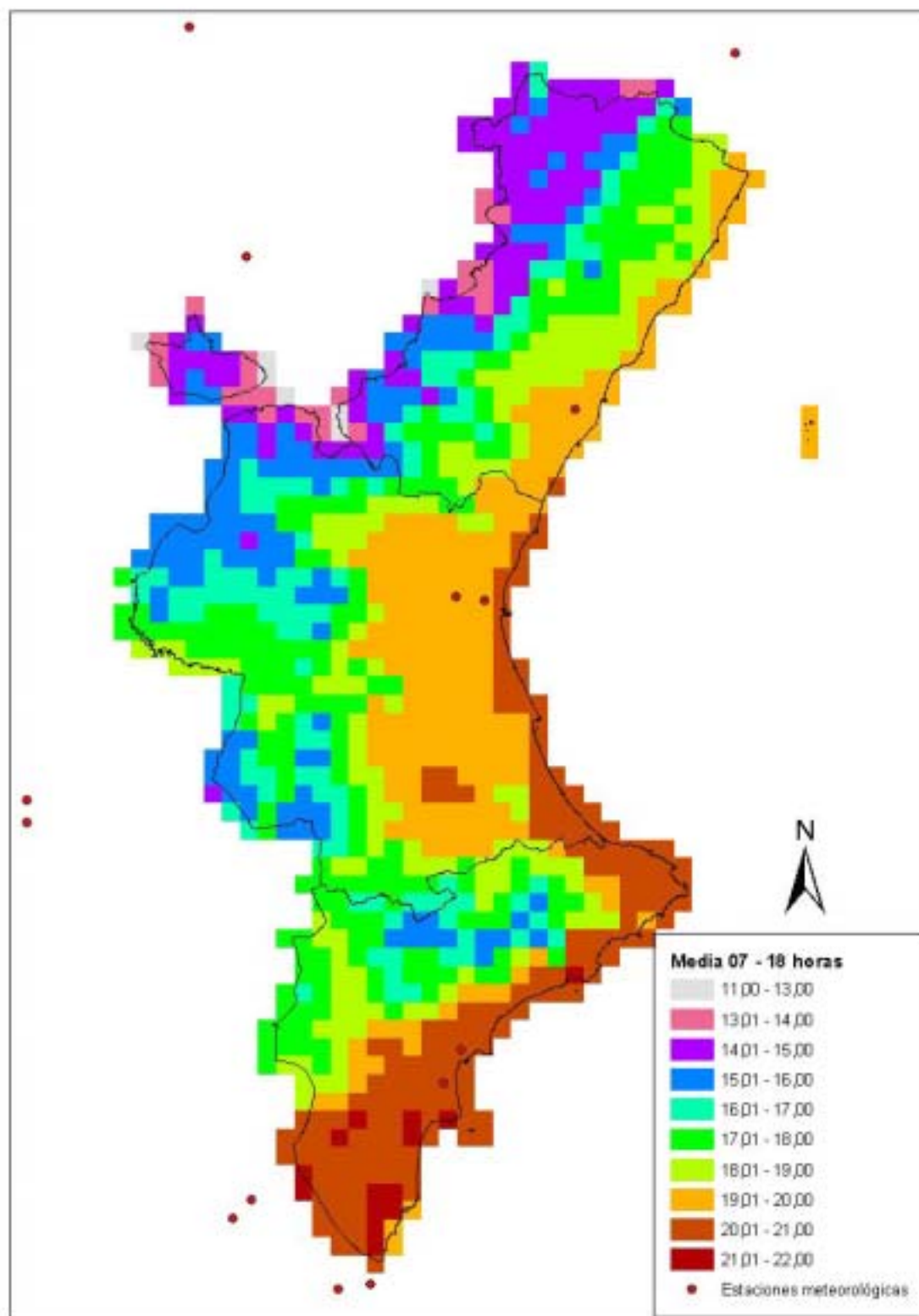
las temperaturas entre las 07 y las 18 horas puede ser una buena aproximación a esta variable), media, máxima y mínima, diarias. Para construirlas se ha recurrido tanto a los partes climatológicos de las estaciones climatológicas completas del INM, como a los datos horarios proporcionados por las estaciones sinópticas en el periodo de interés para el estudio.

En la tabla 18 siguiente se presenta la relación de estaciones meteorológicas cuyos datos han sido utilizados en el inventario. Los procedimientos de extensión de las variables a todo el territorio de la comunidad (asignación de temperaturas horarias y diarias a cada celda de la malla) y la confección de estadísticos temporales representativos quedan fuera del alcance de este documento, baste decir que han sido realizados con el fin de obtener un mapa de temperaturas de la comunidad útil para el conjunto del inventario de emisiones, estando documentados en el informe global del mismo. Como orientación, se presenta a continuación el mapa de temperaturas medias anuales entre las 07 y las 18 horas correspondiente al año 2004.

TABLA 18.
ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Nombre de la estación	Provincia	Municipio	Altitud	Coord. X	Coord. Y
Murcia	Murcia	Murcia	62	660.726	4.207.774
Murcia - Alcantarilla	Murcia	Alcantarilla	89	655.528	4.202.678
Alicante - El Altet	Alicante	Elche	31	713.886	4.240.151
Teruel	Teruel	Teruel	900	659.426	4.468.558
Valencia - Manises	Valencia	Manises	62	717.195	4.374.459
Valencia	Valencia	Valencia	11	725.260	4.373.393
Calamocha "San Roque"	Teruel	Calamocha	889	643.564	4.531.971
Reus - Base aérea	Tarragona	Reus	76	849.080	4.563.370
Torre-Pacheco Torre Blanca	Murcia	Torre-Pacheco	38	684.581	4.183.297
Alicante - Ciudad Jardín	Alicante	Alicante	82	718.495	4.249.530
Cuenca	Cuenca	Cuenca	956	573.508	4.435.588
Albacete - Base aérea Los Llanos	Albacete	Albacete	704	598.522	4.312.161
Albacete - Observatorio	Albacete	Albacete	674	598.639	4.318.237
Castellón - Almazora	Castellón	Almazora	35	750.199	4.426.391
Tortosa - Observatorio del Ebro	Tarragona	Tortosa	50	794.467	4.524.784
Murcia - San Javier	Murcia	San Javier	2	693.538	4.184.489

FIGURA 12.
ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y TEMPERATURAS POR CELDA DE LA MALLA



En las tablas 19 a 22 se muestran, a título de orientación, las medias provinciales para el periodo 1998-2003 y el perfil mensual de las temperaturas obtenido.

TABLA 19.
TEMPERATURAS MEDIAS DEL PERIODO 1998-2003

Provincia	Mínima	Máxima	Media min.	Media max.	Media	Media 07:00 a 18:00
Alicante	0,6	36,4	9,2	29,4	18,3	20,4
Castellón	0,8	35,4	8,9	28,1	17,8	19,9
Valencia	0,0	38,4	8,5	29,8	18,1	20,1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología

TABLA 20.
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES DE ALICANTE
PERIODO 1998-2003

Mes	Mínima	Máxima	Media min.	Media max.	Media	Media 07:00 a 18:00
1	1,9	22,9	6,2	17,4	11,3	13,2
2	2,8	24,8	7,0	18,4	12,4	14,3
3	4,6	27,4	9,4	20,7	14,8	16,9
4	7,4	28,0	11,4	22,3	16,6	18,9
5	11,0	30,8	14,8	24,8	19,5	21,6
6	15,3	34,2	18,7	28,9	23,5	25,8
7	17,3	34,8	21,0	30,8	25,7	27,9
8	18,9	34,9	21,7	31,5	26,3	28,4
9	15,7	33,9	19,2	29,0	23,8	25,8
10	9,3	30,4	14,6	25,2	19,5	21,5
11	3,9	26,5	9,5	20,2	14,5	16,4
12	1,6	24,1	6,7	18,0	11,9	13,8

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología

TABLA 21.
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES DE CASTELLÓN
PERIODO 1998-2003

Mes	Mínima	Máxima	Media min.	Media max.	Media	Media 07:00 a 18:00
1	2,1	21,3	6,7	15,5	10,7	12,2
2	2,7	22,8	7,2	17,0	11,7	13,6
3	4,3	26,0	9,6	19,7	14,3	16,5
4	5,8	28,4	11,2	21,5	16,3	18,6
5	8,5	29,6	14,8	23,9	19,3	21,6
6	15,3	33,7	18,7	28,1	23,5	25,9
7	18,2	34,0	21,1	30,1	25,8	28,0
8	18,4	34,7	21,6	30,7	26,1	28,3
9	14,8	32,3	18,7	27,9	23,0	25,1
10	9,6	28,8	14,7	23,7	18,9	20,7
11	4,0	24,9	8,9	18,4	13,4	15,3
12	2,8	20,6	7,0	15,8	10,8	12,5

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología

TABLA 22.
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES DE VALENCIA
PERIODO 1998-2003

Mes	Mínima	Máxima	Media min.	Media max.	Media	Media 07:00 a 18:00
-----	--------	--------	------------	------------	-------	------------------------

1	1,0	23,1	6,1	17,0	11,1	12,6
2	1,9	25,2	6,8	18,7	12,2	14,1
3	4,2	27,3	9,4	20,9	14,8	16,8
4	6,3	28,9	11,3	22,4	16,6	18,7
5	10,0	31,7	14,7	24,9	19,5	21,5
6	14,6	35,0	18,6	28,8	23,5	25,7
7	18,0	36,5	21,1	31,0	25,8	27,9
8	18,3	35,9	21,4	31,5	26,3	28,3
9	14,5	33,8	18,8	28,8	23,4	25,3
10	9,2	30,5	14,4	25,0	19,2	21,0
11	3,0	26,1	8,9	19,8	13,9	15,7
12	1,5	23,1	6,4	17,4	11,3	13,1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología

4. Aplicación de la metodología

A la vista de lo expuesto en los epígrafes anteriores, se puede concluir que la información directa disponible sólo se corresponde parcialmente con los requerimientos de información de la metodología COPERT. El primer paso para su aplicación ha sido, en consecuencia, la construcción a partir de la información disponible de las variables de base imprescindibles en el cálculo de las emisiones.

4.1. Distribución en clases COPERT y territorial del parque de vehículos

Con el fin de satisfacer los requisitos de resolución espacial del inventario se ha procedido a obtener una aproximación a la distribución del parque de vehículos por las unidades territoriales del inventario combinando los distintos desgloses de los parques nacional, provincial y municipal suministrados por la DGT y el IVE.

1. Obtención del número de turismos según la distribución en cilindradas de la metodología COPERT.

Como se pone de manifiesto en las tablas presentadas en los epígrafes anteriores, la DGT no informa acerca de la distribución conjunta de cilindradas y carburante utilizado, sino que sólo publica sus distribuciones marginales, es decir, se informa del número de vehículos de gasolina y gasóleo, así como del número total de vehículos por cilindrada, en cada año de matriculación, pero no del número de vehículos de gasolina y gasóleo por cilindrada, partición que es necesario obtener dadas las distintas funciones de emisión de la metodología COPERT en cada caso.

Para obtener dicha distribución en cada año del parque se ha supuesto que todos los vehículos de cilindrada menor que 1.200 cc son de gasolina, y a continuación se han

distribuido los vehículos de mayores cilindradas entre gasolina y gasóleo proporcionalmente al número total de vehículos de cada carburante en cada año de matriculación, es decir:

$$V_{A,gasolina,1200}^P \mid V_{A,1200}^P$$

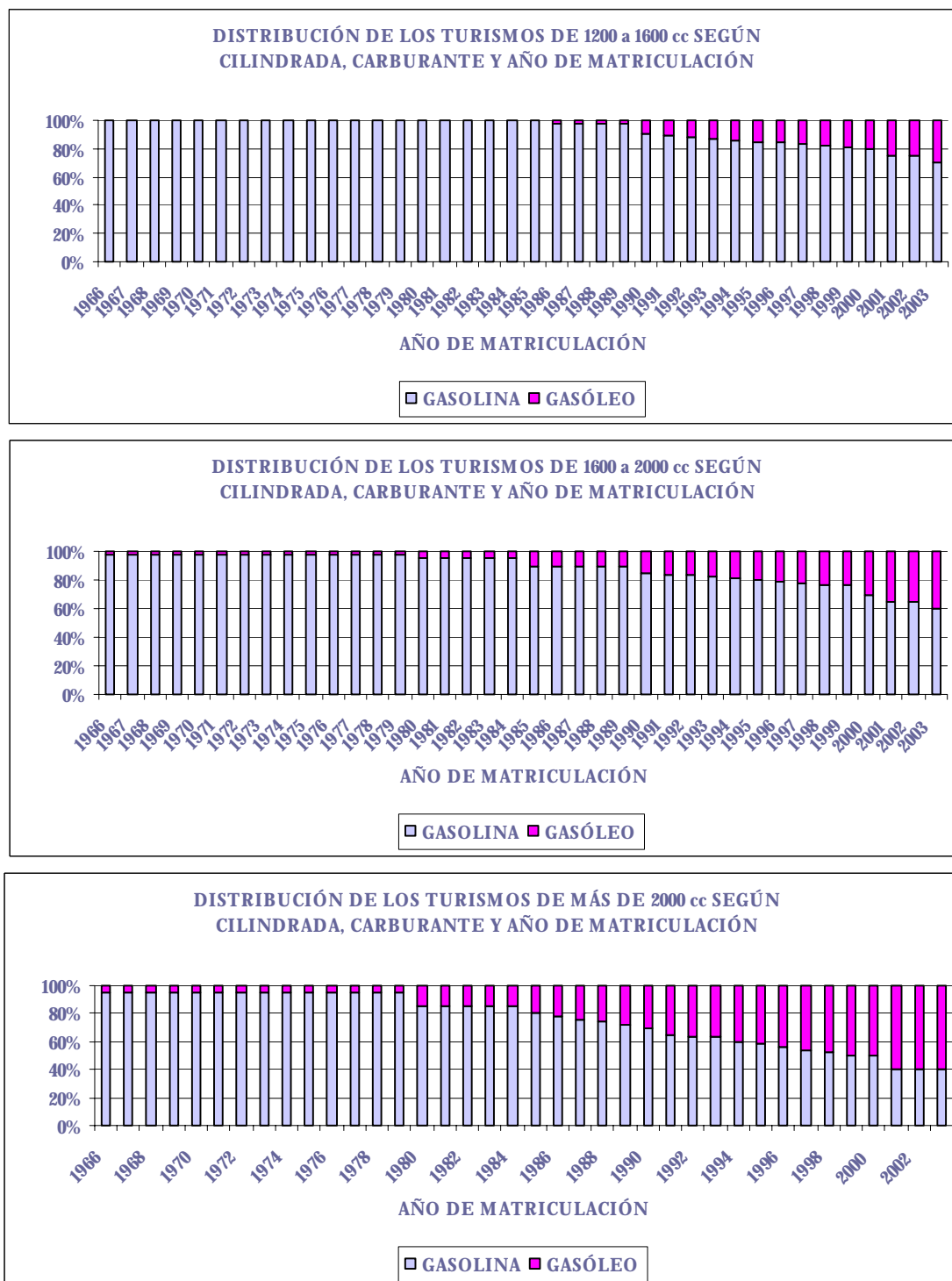
$$V_{A,gasolina,cc}^P \mid \frac{\frac{V_{A,gasolina}^P}{V_A^P} \frac{4 V_{A,1200}^P}{4 V_{A,1200}^P} 0}{\frac{V_{A,1200}^P}{4 V_{A,1200}^P} 0} V_{A,cc}^P$$

$$V_{A,gasóleo,cc}^P \mid V_{A,cc}^P \frac{4 V_{A,gasolina,cc}^P}{4 V_{A,gasolina,cc}^P}$$

donde V es el número de vehículos, el superíndice P y el subíndice A indican los años del parque y de matriculación respectivamente y, por último, el subíndice cc indica la cilindrada. La asignación a los intervalos de cilindrada de la clasificación COPERT se ha realizado a continuación suponiendo que un 50% de los vehículos de gasolina pertenecientes al intervalo de cilindradas comprendido entre 1.200 y 1.600cc son de menos de 1.400cc, adjudicando, como es obvio, el 50% restante a la clase 1.400-2.000cc; para el gasóleo la asignación es directa dado que la partición COPERT sólo distingue entre cilindradas mayores o iguales y menores que 2.000cc.

En las figuras que se muestran a continuación se representa el porcentaje de cada carburante por años para los turismos en función de la cilindrada.

FIGURA 13.
DISTRIBUCIÓN DE LOS TURISMOS SEGÚN CILINDRADA, CARBURANTE Y AÑO



- Obtención del número de motocicletas según la distribución en cilindradas de la metodología COPERT

En cuanto a las motocicletas solamente se han tomado en consideración las de gasolina¹³. (las únicas con funciones de emisión COPERT) En el Anuario de la DGT no se informa sobre el cruce entre la clase de motor (dos o cuatro tiempos) y la distribución en cilindradas, de modo que ha sido necesario recurrir a la opinión de expertos del sector con el fin de obtener una distribución a priori razonablemente fiable; en la tabla siguiente se presenta el vector de coeficientes que aplicado al número de motocicletas de gasolina de cada cilindrada considerada produce la descomposición del conjunto de motocicletas en clases COPERT.

TABLA 23.
COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS
MOTOCICLETAS DE GASOLINA

Motor	Cilindrada	Fracción
2 tiempos		0,5 de las de menos de 500 cm ³
4 tiempos	50 cm ³ - 250 cm ³	0,5 de las de menos de 250 cm ³
	250 cm ³ - 750 cm ³	0,5 del total de 250 a 500 cm ³ + 0,625 de las de más de 500 cm ³
	>750 cm ³	0,375 de las de más de 500 cm ³

3. Parque y antigüedad de los ciclomotores

El año 2002¹⁴ es el primero del que se tiene información registrada sobre ciclomotores, sin que se cuente además con información alguna sobre su estructura de edades, por lo que ha sido necesario recurrir a algunos supuestos sobre la evolución de las matriculaciones y de la tasa de reposición de esta clase de vehículos.

La descomposición del total de estos vehículos en un año del parque según edades se ha realizado bajo la hipótesis de que siguen una pauta similar a la de las motocicletas de cilindrada menor que 75cc., con la restricción adicional de que su vida máxima no exceda los cinco años, es decir:

$$C_A^P \mid C^P \frac{M_{A,75}^P}{a \mid 4} - M_{A4a}^P$$

$a \mid 0$

donde los índices P y A indican lo mismo que en el caso anterior, y C y M₇₅ representan el número de ciclomotores y motocicletas de cilindrada menor o igual a 75 cc respectivamente.

¹³

Como puede verse en las tablas anteriores el número de motocicletas de gasóleo es despreciable.

¹⁴

El 2001 fue el primer año en el que la matriculación de ciclomotores se hizo obligatoria.

4. Vehículos de carga ligeros y pesados

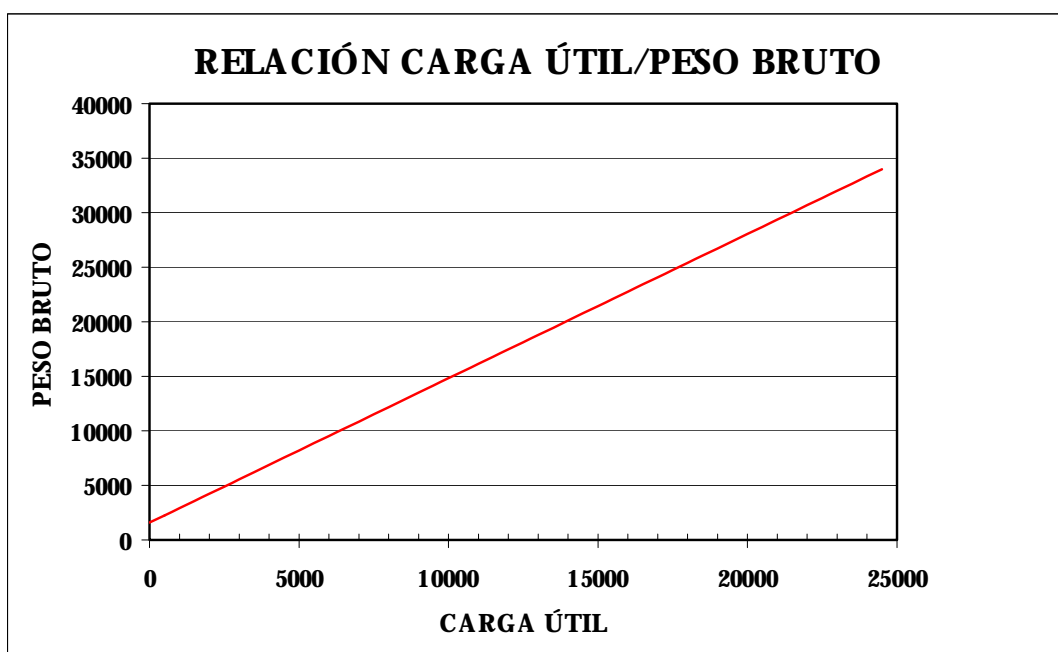
En la clasificación SNAP se consideran *ligeros* aquellos vehículos de carga cuyo peso bruto no exceda de 3,5t, siendo *pesados* los restantes. No obstante, en el anuario de la DGT el desglose en clases de los vehículos de carga no se produce según ese criterio, sino según la carga útil transportada, por lo que, al igual que en el caso de las motocicletas, ha sido necesario recurrir al juicio de los especialistas del sector y a la experiencia de otros países para obtener la distribución objetivo.

La función que expresa la dependencia que se ha supuesto entre carga útil y peso bruto puede verse en la figura 14, donde se representa la gráfica de la función:

$$GW = 1,3228LC + 21592$$

donde GW y LC son el peso bruto y la carga útil respectivamente.

FIGURA 14.
RELACIÓN ENTRE LA CARGA ÚTIL Y EL PESO BRUTO



Aplicando esta función y teniendo presentes las limitaciones del Anuario en cuanto a la finura del desglose, el número de vehículos de cada clase COPERT se ha obtenido de la manera siguiente:

- Han sido considerados *ligeros*, en el sentido COPERT, los vehículos con capacidad de carga útil menor que 1,5t en la clasificación DGT.

La división de éstos entre gasolina y gasóleo se ha realizado de acuerdo con el supuesto de que a una mayor carga útil debe corresponderle un mayor porcentaje de vehículos de

gasóleo, de modo que la asignación ha sido realizada atribuyendo la gasolina a los vehículos pertenecientes a los estratos inferiores de carga.

- A su vez, el desglose de los *pesados* en intervalos de peso bruto COPERT se ha realizado por medio de las siguientes correspondencias:

$$P_{3,547t} | CT_{1,545t}$$

$$P_{7,5416t} | CT_{5410t}$$

$$P_{16432t} | 0,9CT_{10t}$$

$$P_{>32t} | 0,1CT_{10t}$$

donde P identifica al número de vehículos pesados COPERT, es decir, clasificados según peso bruto, y CT a los camiones y tractores industriales de la DGT desglosados según carga útil.

En cuanto al carburante, se ha considerado que los vehículos pesados de gasolina que quedan después de haber asignado los ligeros pertenecen a la categoría inferior de carga, siendo el resto de gasóleo. Los tractores industriales, tanto de gasolina como de gasóleo, han sido asignados en su totalidad a la clase de cargas COPERT >32t.

5. Autocares y autobuses

La distribución de los autocares del Anuario entre autocares (circuito interurbano) y autobuses (circuito urbano) se ha realizado, al igual que en los casos anteriores, recurriendo a la opinión de expertos. La convención acordada ha consistido en considerar el 44 por ciento de los autocares a la categoría urbanos.

6. Asignación de normativas

La partición de cada clase de vehículos según normativas de fabricación se ha realizado poniendo en relación el año de entrada en vigor de cada una de ellas y la estructura de edades de cada clase de vehículos del parque, según puede verse en las tablas 3 y 6, lo que implica el supuesto razonable de que todos o la gran mayoría de los vehículos matriculados en un año se han fabricado respetando las exigencias de las normativas que entran en vigor en ese año, con independencia del momento del año en particular en que lo hagan.

7. Distribución territorial

Dada la información disponible el grado de detalle real del parque de vehículos es distinto según la unidad territorial de que se trate.

Como puede deducirse de lo dicho anteriormente, el desglose en clases de vehículos COPERT sólo se obtiene con el máximo detalle (véanse los supuestos y limitaciones mencionados más arriba) a escala nacional. En el ámbito provincial el detalle alcanza hasta el desglose de categorías de vehículos según carburante utilizado, mientras que en el municipal se queda en el desglose por categorías de vehículos. Esto, no obstante, consideramos que es una buena aproximación a los parques de vehículos de la comunidad valenciana bajo la hipótesis muy razonable de que los hábitos valencianos de consumo no difieren significativamente de la media nacional en este aspecto; en cuanto al desglose municipal por carburante parece aún más razonable que se aproxime bien a la media de cada provincia.

4.2. Recorridos

4.2.1. Red de carreteras del estado

La información sobre recorridos por la red de carreteras del estado, aun siendo muy completa, adolece de lagunas en la información sobre velocidades de algunos tramos por lo que ha sido necesario establecer mecanismos de relleno en esos casos.

Cuando en algún tramo, delimitado por sus puntos kilométricos inicial y final, no ha constado la velocidad media de circulación, se le ha asignado la media de las velocidades de los tramos más cercanos (en los que se disponga de información) ponderadas de acuerdo con las distancias que los separan de él:

$$V_T^C = \frac{V_I^C / P_D^C + 2 V_D^C / P_T^C + V_I^C / P_I^C}{P_D^C + 2 P_T^C + P_I^C}$$

donde el superíndice C denota la carretera, T, I, y D denotan el tramo T (que carece de velocidad media) y los tramos a su izquierda y derecha respectivamente, V denota la velocidad de circulación y P el punto kilométrico medio de cada tramo. Los mapas de recorridos y velocidades resultantes pueden verse en las figuras que siguen.

FIGURA 15.
RECORRIDOS EN LAS CARRETERAS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA

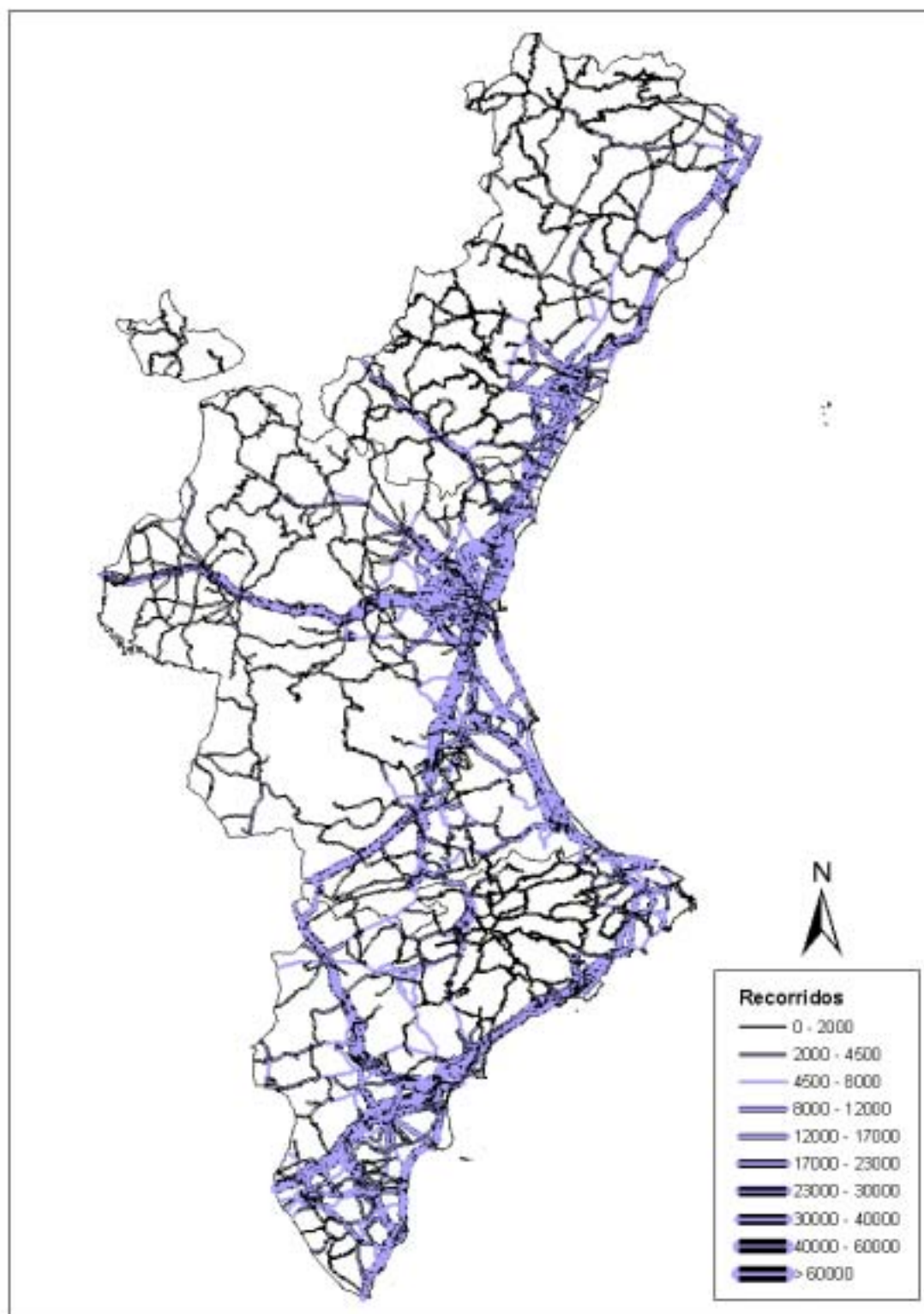
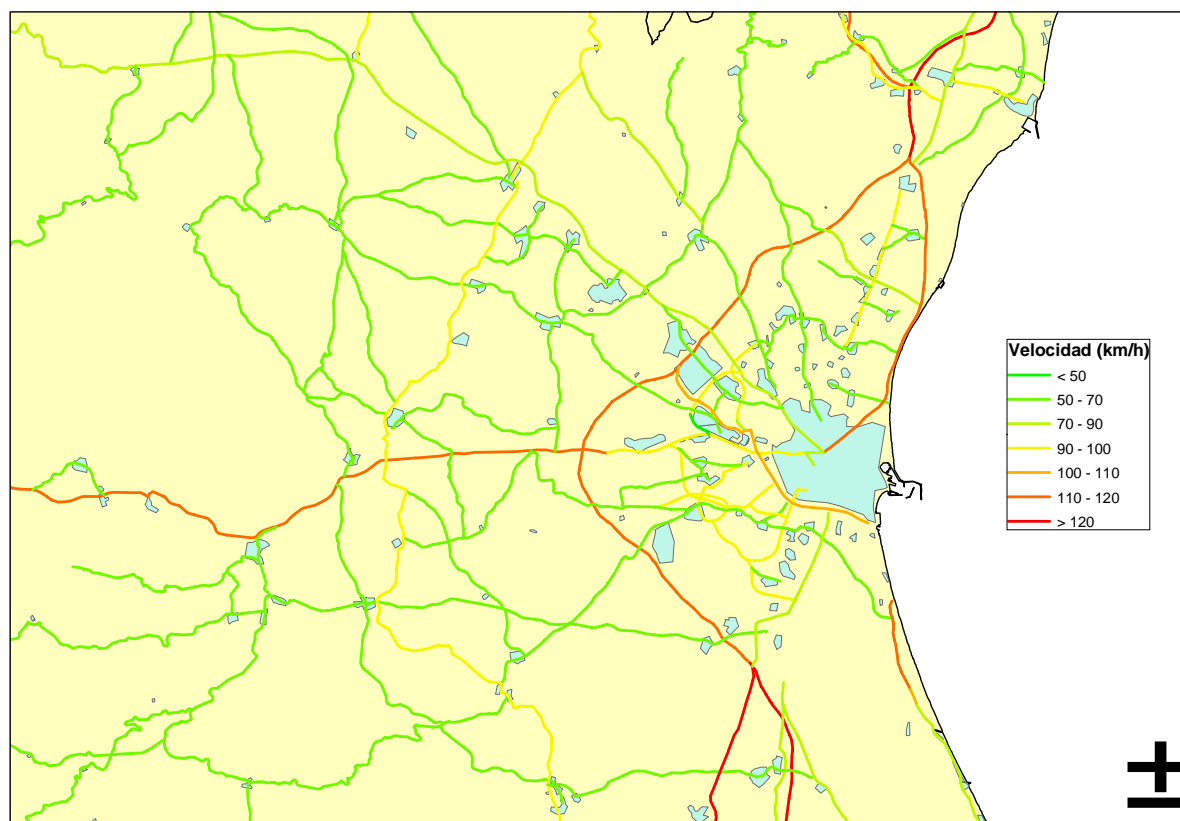


FIGURA 16.
VELOCIDADES POR TRAMOS (DETALLE)



Por último, si en alguna carretera no se ha dispuesto de velocidad de circulación en ningún tramo se le ha asignado la mediana de las velocidades de circulación en la comunidad valenciana, velocidad próxima a los 105 km/h.

4.2.2. Red autonómica y de las diputaciones

En las carreteras autonómicas no se dispone de desglose de los recorridos por categorías de vehículos, solamente se distingue entre *ligeros* y *pesados*, como ya se ha señalado. En este caso se ha optado por suponer que las proporciones observadas en la RCE entre las diferentes clases de vehículos *ligeros* (o *pesados*) son a su vez representativas de las proporciones en que ambas clases de vehículos circulan por las carreteras de la autonomía:

En cuanto a los datos faltantes, tanto de intensidades medias diarias como de velocidades en algunos tramos, se ha adoptado un criterio análogo al aplicado en la RCE.

En las carreteras de las diputaciones se ha adoptado un procedimiento similar, con la sola diferencia de la velocidad aplicada que ha sido de 70 km/h uniformemente en las tres redes.

TABLA 24.
RECORRIDOS EN LAS CARRETERAS DE LA C. VALENCIANA SEGÚN COMPETENCIA
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

Año	Provincia	Red estatal	Red autonómica	Red provincial	Total Redes
2002	Alicante	4.905.253	1.897.500	988.250	7.791.003
	Castellón	2.242.581	1.148.448	90.431	3.481.460
	Valencia	6.197.823	2.455.245	1.699.477	10.352.545
	Total	13.345.657	5.501.193	2.778.157	21.625.008
2003	Alicante	5.431.438	1.943.390	1.014.002	8.388.830
	Castellón	2.410.187	1.180.089	94.520	3.684.796
	Valencia	6.813.765	2.582.401	1.808.668	11.204.834
	Total	14.655.390	5.705.879	2.917.191	23.278.459
2004	Alicante	5.641.811	2.195.855	1.067.628	8.905.294
	Castellón	2.637.080	1.234.215	89.226	3.960.521
	Valencia	6.820.711	2.812.555	1.878.967	11.512.233
	Total	15.099.602	6.242.626	3.035.821	24.378.049

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por las administraciones competentes

TABLA 25.
RECORRIDOS EN LAS CARRETERAS
DE LA C. VALENCIANA SEGÚN CLASE DE VEHÍCULO (GASOLINA)
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

Año	Provincia	Autocares	Ligeros	Motocicletas	Pesados	Turismos	Total
2002	Alicante	0	123.807	77.929	3.899	4.115.838	4.321.473
	Castellón	0	56.876	14.433	2.989	1.662.893	1.737.191
	Valencia	0	160.127	65.270	6.641	5.291.410	5.523.449
	Total	0	340.810	157.633	13.529	11.070.142	11.582.114
2003	Alicante	0	133.639	72.279	3.975	4.165.090	4.374.983
	Castellón	0	52.038	22.157	2.979	1.662.380	1.739.553
	Valencia	0	161.349	71.815	7.069	5.356.627	5.596.860
	Total	0	347.026	166.250	14.023	11.184.097	11.711.396
2004	Alicante	0	133.521	82.969	3.974	4.231.359	4.451.824
	Castellón	0	52.323	22.119	2.929	1.734.073	1.811.444
	Valencia	0	158.846	73.809	7.246	5.209.135	5.449.036
	Total	0	344.691	178.897	14.149	11.174.567	11.712.304

TABLA 26.
RECORRIDOS EN LAS CARRETERAS
DE LA C. VALENCIANA SEGÚN CLASE DE VEHÍCULO (GASÓLEO)
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

Año	Provincia	Autocares	Ligeros	Motocicletas	Pesados	Turismos	Total
2002	Alicante	53.481	472.666	0	881.789	2.061.593	3.469.529
	Castellón	18.238	217.139	0	675.961	832.931	1.744.268
	Valencia	65.523	611.328	0	1.501.816	2.650.429	4.829.096
	Total	137.242	1.301.132	0	3.059.566	5.544.954	10.042.894
2003	Alicante	48.319	566.491	0	987.075	2.411.962	4.013.846
	Castellón	22.422	220.589	0	739.564	962.667	1.945.243
	Valencia	66.885	683.954	0	1.755.167	3.101.969	5.607.974
	Total	137.626	1.471.034	0	3.481.806	6.476.598	11.567.063
2004	Alicante	48.232	620.753	0	1.015.997	2.768.488	4.453.471
	Castellón	22.446	243.256	0	748.808	1.134.567	2.149.077
	Valencia	64.189	738.490	0	1.852.291	3.408.226	6.063.196
	Total	134.867	1.602.499	0	3.617.096	7.311.282	12.665.744

TABLA 27.
RECORRIDOS EN LAS CARRETERAS
DE LA C. VALENCIANA SEGÚN CLASE DE VEHÍCULO (TOTAL)
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

Año	Provincia	Autocares	Ligeros	Motocicletas	Pesados	Turismos	Total
2002	Alicante	53.481	596.473	77.929	885.688	6.177.431	7.791.003
	Castellón	18.238	274.015	14.433	678.950	2.495.825	3.481.460
	Valencia	65.523	771.455	65.270	1.508.457	7.941.840	10.352.545
	Total	137.242	1.641.942	157.633	3.073.095	16.615.096	21.625.008
2003	Alicante	48.319	700.130	72.279	991.050	6.577.052	8.388.830
	Castellón	22.422	272.628	22.157	742.543	2.625.047	3.684.796
	Valencia	66.885	845.302	71.815	1.762.236	8.458.596	11.204.834
	Total	137.626	1.818.060	166.250	3.495.829	17.660.695	23.278.459
2004	Alicante	48.232	754.274	82.969	1.019.972	6.999.847	8.905.294
	Castellón	22.446	295.580	22.119	751.737	2.868.640	3.960.521
	Valencia	64.189	897.336	73.809	1.859.537	8.617.361	11.512.233
	Total	134.867	1.947.190	178.897	3.631.245	18.485.849	24.378.048

4.2.3. Distribución de los recorridos según carburante y antigüedad (normativa) del vehículo

La distribución de los recorridos por las redes de las cinco administraciones según carburante y antigüedad de los vehículos se ha realizado de modo uniforme, es decir, sin importar su antigüedad, cilindrada o carburante utilizado.

4.2.4. Recorridos en núcleos urbanos

En esta edición del inventario no se ha dispuesto de información directa sobre recorridos realizados en núcleos urbanos, ni siquiera para los núcleos principales de la comunidad. Éstos se

han calculado a partir de la estimación de los consumos de carburantes en núcleos urbanos como diferencia entre el consumo total de cada clase de carburante y el empleado en los recorridos por carreteras interurbanas, estimado a su vez por medio de las funciones de consumo de carburante de la metodología COPERT.

En cuanto a la distribución por categorías y clases de vehículos, se ha supuesto que todos los vehículos de la misma categoría realizan el mismo recorrido, con independencia de la antigüedad, cilindrada, carga útil o carburante, distinguiéndose entre categorías por medio de coeficientes de ponderación que reflejan la importancia, a priori, que se ha asignado a cada una de ellas en el estudio. Más específicamente, tomando como unidad el recorrido de un turismo, se ha supuesto que un autobús urbano realiza diariamente un recorrido equivalente al de diez turismos, un ciclomotor el equivalente al de cinco turismos, un vehículo ligero de carga el equivalente al de tres turismos, y, por último, se ha considerado que las motocicletas y los vehículos de carga pesados el equivalente al de un turismo¹⁵.

Se ha tomado como velocidad representativa del circuito urbano en la comunidad valenciana 25 km/h.

TABLA 28.
RECORRIDOS URBANOS SEGÚN USO DEL SUELO
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

Año	Provincia	Urbano continuo	Urbano abierto	Urbanizaciones	Total
2002	Alicante	1.531.675	16.356	2.060.141	3.608.172
	Castellón	592.990	10.151	467.605	1.070.746
	Valencia	4.214.228	42.631	1.020.181	5.277.040
	Total	6.338.893	69.138	3.547.927	9.955.958
2003	Alicante	1.547.711	16.641	2.047.826	3.612.178
	Castellón	592.326	10.200	471.811	1.074.336
	Valencia	4.172.055	42.827	1.030.324	5.245.206
	Total	6.312.091	69.669	3.549.960	9.931.720
2004	Alicante	1.761.161	18.982	2.333.902	4.114.045
	Castellón	665.195	11.486	529.592	1.206.273
	Valencia	4.683.643	48.174	1.156.660	5.888.478
	Total	7.110.000	78.642	4.020.153	11.208.795

15

Las proporciones relacionadas han sido obtenidas a partir de los datos y experiencias del estudio "Inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera del municipio de Madrid"

TABLA 29.
RECORRIDOS URBANOS SEGÚN CARBURANTE
GASOLINA
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

Año	Provincia	Autocares urbanos	Ciclomotores motocicletas	Ligeros	Pesados	Turismos	Total
2002	Alicante	0	714.186	101.348	110	624.136	1.439.780
	Castellón	0	216.478	42.052	40	168.749	427.319
	Valencia	0	1.097.267	143.707	255	878.630	2.119.859
	Total	0	2.027.932	287.107	405	1.671.515	3.986.958
2003	Alicante	0	787.967	102.791	110	637.471	1.528.339
	Castellón	0	236.131	41.789	44	176.117	454.081
	Valencia	0	1.202.074	143.982	241	893.744	2.240.041
	Total	0	2.226.172	288.562	394	1.707.333	4.222.461
2004	Alicante	0	820.615	101.705	120	648.512	1.570.952
	Castellón	0	244.138	40.706	53	176.639	461.537
	Valencia	0	1.248.449	140.935	223	893.081	2.282.689
	Total	0	2.313.203	283.347	396	1.718.232	4.315.178

Fuente:

TABLA 30.
RECORRIDOS URBANOS SEGÚN CARBURANTE
GASÓLEO
(CIFRAS EN MILES DE KILÓMETROS)

Año	Provincia	Autocares urbanos	Ciclomotores motocicletas	Ligeros	Pesados	Turismos	Total
2002	Alicante	29.130	0	1.214.938	88.927	835.397	2.168.391
	Castellón	6.517	0	369.954	30.414	236.541	643.427
	Valencia	43.440	0	1.547.831	136.198	1.429.712	3.157.181
	Total	79.087	0	3.132.723	255.539	2.501.651	5.969.000
2003	Alicante	25.599	0	1.143.726	80.054	834.461	2.083.839
	Castellón	6.075	0	350.562	27.627	235.991	620.256
	Valencia	39.331	0	1.440.372	122.123	1.403.338	3.005.165
	Total	71.005	0	2.934.661	229.804	2.473.790	5.709.259
2004	Alicante	28.688	0	1.361.634	91.739	1.061.031	2.543.093
	Castellón	6.403	0	414.422	31.366	292.545	744.735
	Valencia	44.335	0	1.689.146	139.591	1.732.716	3.605.789
	Total	79.426	0	3.465.202	262.696	3.086.293	6.893.617

Fuente:

TABLA 31.
CONSUMOS DE GASOLINA EN LA C. VALENCIANA
EN RECORRIDOS URBANOS
(CIFRAS EN TONELADAS)

Año	Provincia	Autocares	Urbanos	Ciclomotores	Ligeros	Motocicletas	Pesados	Turismos
2002	Alicante	0	0	11.028	11.797	2.852	27	49.237
	Castellón	0	0	3.344	4.907	861	10	13.340
	Valencia	0	0	16.715	16.739	4.860	63	69.363
	Total	0	0	31.087	33.443	8.574	99	131.940
2003	Alicante	0	0	8.725	11.965	3.057	27	50.526
	Castellón	0	0	2.616	4.876	911	11	13.989
	Valencia	0	0	13.165	16.778	5.088	59	70.908
	Total	0	0	24.507	33.619	9.057	97	135.423
2004	Alicante	0	0	8.029	11.865	3.261	29	51.718
	Castellón	0	0	2.393	4.760	957	13	14.115
	Valencia	0	0	12.073	16.455	5.424	55	71.281
	Total	0	0	22.494	33.080	9.642	97	137.114

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 32.
CONSUMOS DE GASÓLEO EN LA C. VALENCIANA
EN RECORRIDOS URBANOS
(CIFRAS EN TONELADAS)

Año	Provincia	Autocares	Urbanos	Ciclomotores	Ligeros	Motocicletas	Pesados	Turismos
2002	Alicante	1.111	8.829	0	114.318	0	25.382	57.237
	Castellón	249	1.975	0	34.870	0	8.681	16.233
	Valencia	1.657	13.166	0	145.713	0	38.875	98.011
	Total	3.017	23.970	0	294.901	0	72.938	171.481
2003	Alicante	976	7.759	0	107.178	0	23.127	56.879
	Castellón	232	1.841	0	32.908	0	7.981	16.111
	Valencia	1.500	11.921	0	135.076	0	35.281	95.724
	Total	2.709	21.521	0	275.162	0	66.390	168.715
2004	Alicante	1.094	8.695	0	127.313	0	26.682	72.090
	Castellón	244	1.941	0	38.813	0	9.123	19.907
	Valencia	1.691	13.437	0	158.033	0	40.600	117.800
	Total	3.030	24.073	0	324.159	0	76.405	209.798

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas 33 y 34 se presenta, para el total del territorio de la Comunidad Valenciana en el año 2003, los recorridos y consumos respectivamente, realizados por las diferentes clases de vehículos consideradas en la metodología COPERT.

TABLA 33.
RECORRIDOS SEGÚN TITULARIDAD Y PAUTA DE CONDUCCIÓN URBANA
AÑO 2003

					RECORRIDO (miles de kilómetros)				
CATEGORÍA Y CLASE DE VEHÍCULO				NÚM. VEH.	TOTAL	ESTADO	AUTON.	DIPUTAC.	RURAL
A	GASÓLEO	AUTOCAR	CONVENCIONAL	912	55.864	36.694	9.846	6.249	3.075
			EURO I - 91/542/EEC S I	250	15.294	10.046	2.696	1.711	842
			EURO II - 91/542/EEC S II	661	40.466	26.580	7.132	4.526	2.227
			EURO III - COM(97) 627	556	34.019	22.345	5.996	3.805	1.873
		URBANO	CONVENCIONAL	717	24.160	0	0	0	24.160
			EURO I - 91/542/EEC S I	196	6.615	0	0	0	6.615
			EURO II - 91/542/EEC S II	519	17.501	0	0	0	17.501
			EURO III - COM(97) 627	436	14.713	0	0	0	14.713
			TOTAL	4.247	208.630	95.665	25.670	16.291	71.005
C	GASOLINA	CICLOMOTOR	97/24/EC SI	102.788	692.685	0	0	0	692.685
			97/24/EC SII	190.434	1.283.328	0	0	0	1.283.328
			TOTAL	293.222	1.976.013	0	0	0	1.976.013
L	GASÓLEO	LIGERO	CONVENCIONAL	96.757	1.312.981	269.673	112.855	55.868	874.585
			EURO I - 93/59/EEC	53.361	724.102	148.723	62.239	30.811	482.329
			EURO II - 96/69/EC	96.949	1.315.587	270.208	113.079	55.979	876.321
			EURO III - 98/69/EC S 2000	77.600	1.053.023	216.280	90.511	44.807	701.425
	GASOLINA	LIGERO	CONVENCIONAL	52.541	436.010	146.438	61.282	30.338	197.952
			EURO I - 93/59/EEC	10.490	87.051	29.237	12.235	6.057	39.522
			EURO II - 96/69/EC	8.038	66.703	22.403	9.375	4.641	30.284
			EURO III - 98/69/EC S 2000	5.522	45.824	15.390	6.441	3.188	20.805
			TOTAL	401.258	5.041.281	1.118.352	468.017	231.690	3.223.222
M	GASOLINA	DOS TIEMPOS	CONVENCIONAL	10.868	24.483	5.969	2.546	1.260	14.708
			97/24/EC	26.967	60.748	14.810	6.317	3.127	36.495
		250 - 750	CONVENCIONAL	11.412	25.707	6.267	2.673	1.323	15.444
			97/24/EC	49.024	110.436	26.924	11.483	5.684	66.344
		50 - 250	CONVENCIONAL	5.656	12.741	3.106	1.325	656	7.654
			97/24/EC	11.882	26.767	6.526	2.783	1.378	16.080
		>750	CONVENCIONAL	12.854	28.955	7.059	3.011	1.490	17.395
			97/24/EC	56.188	126.572	30.858	13.161	6.515	76.039
			TOTAL	184.851	416.410	101.519	43.298	21.433	250.160
P	GASÓLEO	16 - 32	CONVENCIONAL	6.081	294.189	194.550	49.758	31.667	18.215
			EURO I - 91/542/EEC S I	757	36.615	24.214	6.193	3.941	2.267
			EURO II - 91/542/EEC S II	1.890	91.431	60.464	15.464	9.842	5.661
			EURO III - COM(97) 627	2.813	136.101	90.005	23.020	14.650	8.427
		>32	CONVENCIONAL	5.416	262.005	173.266	44.314	28.202	16.222
			EURO I - 91/542/EEC S I	1.027	49.682	32.855	8.403	5.348	3.076
			EURO II - 91/542/EEC S II	2.642	127.810	84.522	21.617	13.758	7.913
			EURO III - COM(97) 627	3.064	148.224	98.022	25.070	15.955	9.177
		<=7,5	CONVENCIONAL	12.443	601.944	398.071	101.810	64.794	37.269

TABLA 33.
RECORRIDOS SEGÚN TITULARIDAD Y PAUTA DE CONDUCCIÓN URBANA
AÑO 2003

CATEGORÍA Y CLASE DE VEHÍCULO				NÚM. VEH.	RECORRIDO (miles de kilómetros)				
					TOTAL	ESTADO	AUTON.	DIPUTAC.	RURAL
			EURO I - 91/542/EEC S I	2.880	139.324	92.136	23.565	14.997	8.626
			EURO II - 91/542/EEC S II	7.294	352.855	233.346	59.680	37.982	21.847
			EURO III - COM(97) 627	7.445	360.160	238.177	60.916	38.768	22.299
		7,5 - 16	CONVENCIONAL	4.889	236.496	156.397	40.000	25.457	14.643
			EURO I - 91/542/EEC S I	1.267	61.298	40.537	10.368	6.598	3.795
			EURO II - 91/542/EEC S II	7.129	344.874	228.068	58.330	37.122	21.353
			EURO III - COM(97) 627	9.687	468.600	309.889	79.257	50.440	29.013
	GASOLINA	PESADO	CONVENCIONAL	309	14.416	9.885	2.528	1.609	394
			TOTAL	77.033	3.726.024	2.464.404	630.294	401.129	230.197
T	GASÓLEO	<=2	CONVENCIONAL	84.157	1.005.349	447.983	186.955	92.544	277.868
			EURO I - 91/441/EEC	96.548	1.153.373	513.942	214.481	106.170	318.780
			EURO II - 94/12/EC	177.351	2.118.655	944.071	393.985	195.026	585.573
			EURO III - 98/69/EC S 2000	310.827	3.713.175	1.654.588	690.502	341.805	1.026.281
		>2	CONVENCIONAL	11.491	137.273	61.169	25.527	12.636	37.941
			EURO I - 91/441/EEC	10.651	127.238	56.697	23.661	11.712	35.167
			EURO II - 94/12/EC	20.095	240.057	106.969	44.641	22.098	66.349
			EURO III - 98/69/EC S 2000	38.110	455.266	202.866	84.661	41.908	125.831
	GASOLINA	<1,4	ECE 15/03	45.079	449.160	239.961	100.142	49.571	59.486
			ECE 15/04	201.638	2.009.113	1.073.355	447.938	221.734	266.086
			EURO I - 91/441/EEC	126.638	1.261.811	674.114	281.325	139.258	167.113
			EURO II - 94/12/EC	115.972	1.155.535	617.337	257.630	127.529	153.038
			EURO III - 98/69/EC S 2000	159.024	1.584.508	846.513	353.271	174.873	209.851
		1,4 - 2	ECE 15/03	160.990	1.604.093	856.976	357.638	177.034	212.445
			ECE 15/04	174.046	1.734.187	926.478	386.643	191.392	229.675
			EURO I - 91/441/EEC	75.365	750.929	401.179	167.422	82.875	99.453
			EURO II - 94/12/EC	58.654	584.421	312.223	130.299	64.499	77.400
			EURO III - 98/69/EC S 2000	73.070	728.067	388.965	162.325	80.352	96.425
		>2	ECE 15/03	15.445	153.893	82.216	34.311	16.984	20.382
			ECE 15/04	15.010	149.559	79.901	33.345	16.506	19.807
			EURO I - 91/441/EEC	32.672	325.543	173.919	72.581	35.928	43.115
			EURO II - 94/12/EC	16.505	164.455	87.859	36.666	18.150	21.780
			EURO III - 98/69/EC S 2000	23.701	236.156	126.165	52.652	26.063	31.276
			TOTAL	2.043.039	21.841.817	10.875.446	4.538.600	2.246.648	4.181.123
			TOTAL	3.003.650	33.210.176	14.655.386	5.705.879	2.917.191	9.931.720

TABLA 34.
CONSUMOS DE CARBURANTE SEGÚN TITULARIZAD
Y PAUTA DE CONDUCCIÓN URBANA
AÑO 2003

					CONSUMO (toneladas)				
CATEGORÍA Y CLASE DE VEHÍCULO				NÚM. VEH.	TOTAL	ESTADO	AUTON.	DIPUTAC.	RURAL
A	GASÓLEO	AUTOCAR	CONVENCIONAL	912	13.687	9.304	2.082	1.262	1.039
			EURO I - 91/542/EEC S I	250	3.747	2.547	570	346	284
			EURO II - 91/542/EEC S II	661	9.915	6.740	1.508	914	753
			EURO III - COM(97) 627	556	8.335	5.666	1.268	769	633
		URBANO	CONVENCIONAL	717	8.255	0	0	0	8.255
			EURO I - 91/542/EEC S I	196	2.260	0	0	0	2.260
			EURO II - 91/542/EEC S II	519	5.979	0	0	0	5.979
			EURO III - COM(97) 627	436	5.027	0	0	0	5.027
			TOTAL	4.247	57.205	24.257	5.428	3.291	24.229
C	GASOLINA	CICLOMOTOR	97/24/EC SI	102.788	8.591	0	0	0	8.591
			97/24/EC SII	190.434	15.916	0	0	0	15.916
			TOTAL	293.222	24.507	0	0	0	24.507
L	GASÓLEO	LIGERO	CONVENCIONAL	96.757	122.870	28.292	9.145	3.429	82.004
			EURO I - 93/59/EEC	53.361	67.762	15.603	5.043	1.891	45.225
			EURO II - 96/69/EC	96.949	123.113	28.348	9.163	3.436	82.166
			EURO III - 98/69/EC S 2000	77.600	98.543	22.691	7.334	2.750	65.768
	GASOLINA	LIGERO	CONVENCIONAL	52.541	40.516	11.602	3.997	1.854	23.063
			EURO I - 93/59/EEC	10.490	8.089	2.316	798	370	4.605
			EURO II - 96/69/EC	8.038	6.198	1.775	612	284	3.528
			EURO III - 98/69/EC S 2000	5.522	4.258	1.219	420	195	2.424
			TOTAL	401.258	471.349	111.846	36.512	14.210	308.781
M	GASOLINA	DOS TIEMPOS	CONVENCIONAL	10.868	861	206	86	37	532
			97/24/EC	26.967	2.137	511	213	92	1.321
		250 - 750	CONVENCIONAL	11.412	904	216	90	39	559
			97/24/EC	49.024	3.885	929	388	166	2.402
		50 - 250	CONVENCIONAL	5.656	448	107	45	19	277
			97/24/EC	11.882	941	225	94	40	582
		>750	CONVENCIONAL	12.854	1.019	244	102	44	630
			97/24/EC	56.188	4.453	1.065	444	191	2.753
			TOTAL	184.851	14.648	3.503	1.461	627	9.057
P	GASÓLEO	16 - 32	CONVENCIONAL	6.081	79.935	56.190	11.978	6.504	5.262
			EURO I - 91/542/EEC S I	757	9.949	6.994	1.491	810	655
			EURO II - 91/542/EEC S II	1.890	24.843	17.463	3.723	2.021	1.635
			EURO III - COM(97) 627	2.813	36.980	25.995	5.541	3.009	2.434
		>32	CONVENCIONAL	5.416	71.190	50.043	10.668	5.793	4.687
			EURO I - 91/542/EEC S I	1.027	13.499	9.489	2.023	1.098	889
			EURO II - 91/542/EEC S II	2.642	34.727	24.411	5.204	2.826	2.286
			EURO III - COM(97) 627	3.064	40.274	28.311	6.035	3.277	2.651
		<=7,5	CONVENCIONAL	12.443	163.554	114.970	24.509	13.308	10.767

TABLA 34.
CONSUMOS DE CARBURANTE SEGÚN TITULARIZAD
Y PAUTA DE CONDUCCIÓN URBANA
AÑO 2003

				CONSUMO (toneladas)					
CATEGORÍA Y CLASE DE VEHÍCULO				NÚM. VEH.	TOTAL	ESTADO	AUTON.	DIPUTAC.	RURAL
			EURO I - 91/542/EEC S I	2.880	37.856	26.611	5.673	3.080	2.492
			EURO II - 91/542/EEC S II	7.294	95.875	67.395	14.367	7.801	6.312
			EURO III - COM(97) 627	7.445	97.859	68.790	14.664	7.963	6.442
	7,5 - 16		CONVENCIONAL	4.889	64.258	45.170	9.629	5.229	4.230
			EURO I - 91/542/EEC S I	1.267	16.655	11.708	2.496	1.355	1.096
			EURO II - 91/542/EEC S II	7.129	93.705	65.870	14.042	7.625	6.169
			EURO III - COM(97) 627	9.687	127.324	89.502	19.079	10.360	8.382
	GASOLINA	PESADO	CONVENCIONAL	309	2.569	1.759	450	263	97
			TOTAL	77.033	1.011.051	710.671	151.572	82.322	66.486
T	GASÓLEO	<=2	CONVENCIONAL	84.157	56.084	24.610	8.627	3.896	18.951
			EURO I - 91/441/EEC	96.548	64.341	28.233	9.897	4.469	21.741
			EURO II - 94/12/EC	177.351	118.189	51.862	18.181	8.210	39.937
			EURO III - 98/69/EC S 2000	310.827	207.140	90.894	31.864	14.388	69.993
		>2	CONVENCIONAL	11.491	7.657	3.360	1.178	532	2.588
			EURO I - 91/441/EEC	10.651	7.098	3.115	1.092	493	2.398
			EURO II - 94/12/EC	20.095	13.391	5.876	2.060	930	4.525
			EURO III - 98/69/EC S 2000	38.110	25.397	11.144	3.907	1.764	8.582
	GASOLINA	<1,4	ECE 15/03	45.079	25.511	13.772	4.806	2.215	4.718
			ECE 15/04	201.638	114.113	61.605	21.495	9.907	21.106
			EURO I - 91/441/EEC	126.638	71.668	38.690	13.500	6.222	13.255
			EURO II - 94/12/EC	115.972	65.632	35.432	12.363	5.698	12.139
			EURO III - 98/69/EC S 2000	159.024	89.996	48.585	16.953	7.813	16.645
		1,4 - 2	ECE 15/03	160.990	91.109	49.186	17.162	7.910	16.851
			ECE 15/04	174.046	98.498	53.175	18.554	8.552	18.217
			EURO I - 91/441/EEC	75.365	42.651	23.025	8.034	3.703	7.888
			EURO II - 94/12/EC	58.654	33.194	17.920	6.253	2.882	6.139
			EURO III - 98/69/EC S 2000	73.070	41.352	22.324	7.790	3.590	7.648
		>2	ECE 15/03	15.445	8.741	4.719	1.647	759	1.617
			ECE 15/04	15.010	8.495	4.586	1.600	738	1.571
			EURO I - 91/441/EEC	32.672	18.490	9.982	3.483	1.605	3.420
			EURO II - 94/12/EC	16.505	9.341	5.043	1.760	811	1.728
			EURO III - 98/69/EC S 2000	23.701	13.413	7.241	2.527	1.165	2.481
			TOTAL	2.043.039	1.231.500	614.379	214.731	98.252	304.138
			TOTAL	3.003.650	2.810.260	1.464.656	409.704	198.702	737.198

4.3. Otras variables

Además de las variables ya descritas, el método de estimación incluye una serie de parámetros que matizan o condicionan los factores de emisión. Bajo esta categoría se incluyen:

1) Características de los combustibles:

Para el cálculo de las emisiones de SO₂ y Pb se parte, respectivamente, del contenido de azufre y plomo en el combustible. La legislación obliga a unos contenidos máximos de ambos elementos que con los años se van haciendo más restrictivos. En la tabla 35 se muestran los valores medios asumidos en los cálculos, así como la volatilidad de la

gasolina, necesaria para la estimación de las emisiones de COVNM por evaporación de gasolina.

TABLA 35.
ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES

Combustible	Años	PVR (kPa)		Azufre (g/kg)	Plomo (mg/kg)
		Invierno	Verano		
Gasolina convencional	1990	67	56	1,04	426,67
	1991	67	56	1,04	266,67
	1992 – 2001	67	56	1,04	160
Gasolina sin plomo	1990 – 1995	67	56	0,8	13,68
	1996 – 1999	63	53	0,4	13,87
	2000 – 2003	65	53	0,12	5,33
Gasóleo	1990 – 1994			2,4	
	1995 – 1996			1,6	
	1997 – 1999			0,4	
	2000 – 2003			0,28	

2) Longitud media del viaje:

Esta variable es necesaria para el cálculo del parámetro η . Se ha asumido el valor de 12 km de acuerdo con las estimaciones medias realizadas en el resto de países europeos (ver tabla 4.4 del documento COPERT Methodology and Emission Factors ya citado)

3) Porcentaje de vehículos con **motor de inyección y porcentaje de vehículos dotados de **control de evaporación**:**

Estas constantes son necesarias para la estimación de las emisiones producidas por evaporación. Dada la dificultad de establecer cifras precisas para estos porcentajes se han asumido las resultantes de la aplicación de las siguientes directrices:

- Se asume que los vehículos fabricados antes de la Directiva 91/441/CEE están provistos de carburador convencional (motor sin inyección) y no están dotados de control de evaporación.
- A los vehículos posteriores a dicha directiva, pero anteriores a la 94/12/CE, se les supone dotados de motor de inyección pero no de control de evaporación.
- Los vehículos correspondientes a la Directiva 94/12/CE y posteriores están dotados tanto de motor de inyección como de control de evaporación.

4) Influencia de la carga de vehículos:

Para corregir las emisiones estimadas para vehículos pesados se ha asumido que la carga media de los mismos es el 75% de su capacidad total.

4.4. Factores de emisión

En cuanto a las fuentes de información sobre los factores de emisión se distingue, por un lado, las de las emisiones asociadas a la combustión y que salen por el tubo de escape y las emisiones evaporativas, y, por otro lado, las de las emisiones asociadas al desgaste de frenos y neumáticos y a la erosión del pavimento.

Para las emisiones salidas por el tubo de escape, así como para las evaporativas, la fuente de referencia es el Manual de COPERT. Se precisa aquí que por lo que respecta a las partículas (que COPERT reseña como PM) se asume, según comunicación personal facilitada por la dirección del equipo de COPERT, que toda la emisión se concentra en la granulometría de $PM_{2,5}$, resultando por ello coincidentes las emisiones de $PM_{2,5}$, PM_{10} y PST. Por lo que respecta a los HAP se han considerado sólo las cuatro sustancias del Protocolo: benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno y indeno(123cd)pireno.

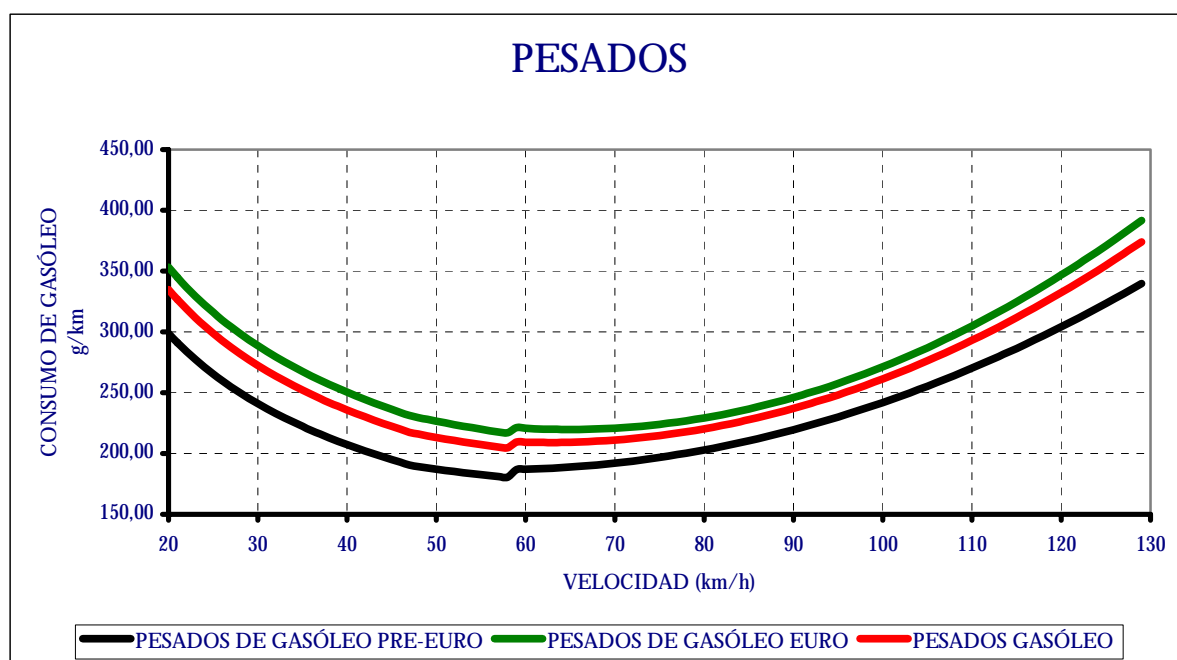
Para las emisiones asociadas a desgaste de frenos y neumáticos, y erosión de pavimentos (en las que las emisiones relevantes corresponden a partículas y metales), se han tomado las dos fuentes siguientes:

- Los factores de metales se han tomado del documento de PARCOM-ATMOS, "Emission factors manual PARCOM-ATMOS. Emissions factors for air pollutants 1992" (véase las tablas 2.10.1 y 2.10.2 del apartado 2.10.3, páginas 40 y 41). Al no proporcionar una información pormenorizada de contaminante por categoría de vehículo se hizo precisa una elaboración por parte del equipo de trabajo del inventario, estableciendo factores de ajuste para aquellas categorías no contempladas en el citado informe (turismos y motocicletas y ciclomotores). Así, con relación a los vehículos ligeros, los factores de corrección aplicados para los turismos suponen una reducción por kilómetro recorrido del 20% en las emisiones de metales generadas por neumáticos o frenos (factor de ajuste del 0,8); mientras que, para las motocicletas y ciclomotores, el descenso alcanzaría el 60% (factor de ajuste de 0,4), es decir, la mitad de las emisiones por kilómetro estimadas para los turismos. Asimismo, se hace notar que el citado Manual proporciona unos factores de emisión generales para el desgaste de frenos por contaminante, sin aclarar las categorías de vehículos a las que se asocian; estos valores se han tomado como factores medios tanto para los vehículos pesados como los ligeros.

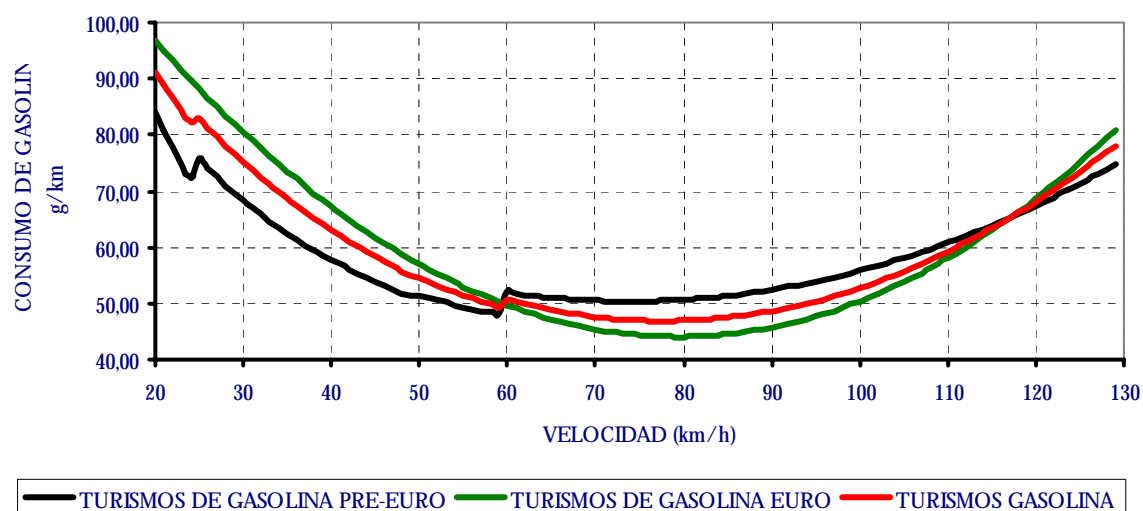
- La fuente de referencia para los factores de emisión de partículas por desgaste de neumáticos, frenos y pavimento es el Libro Guía EMEP/CORINAIR, edición agosto 2003 (véase capítulo B770 del documento). Se han seleccionado los factores de PST por clase de vehículo recogidos en las Tablas 9, 10 y 11 del apartado 8.2, aplicando a continuación, para la determinación de los factores PM_{10} y $PM_{2,5}$, las distribuciones granulométricas sugeridas por fuente de emisión en las Tablas 5, 6 y 7 del apartado 5.

A continuación se muestran las gráficas que relacionan los consumos o emisiones en función de la velocidad de los vehículos, para turismos de gasolina y gasóleo, así como la misma gráfica sobre consumo, para pesados.

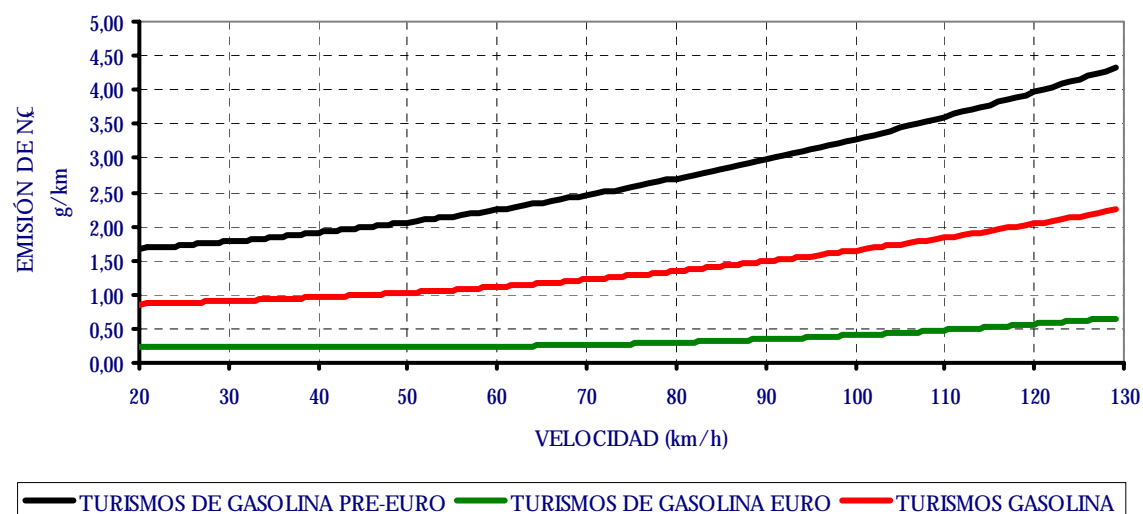
FIGURA 17.
RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO DE CARBURANTE Y LA VELOCIDAD



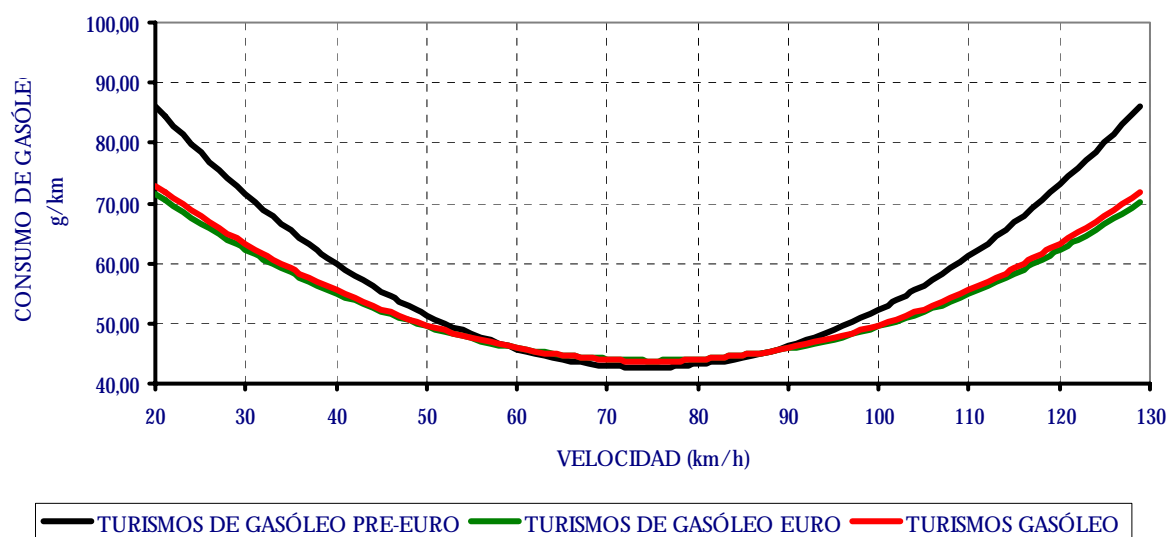
TURISMOS



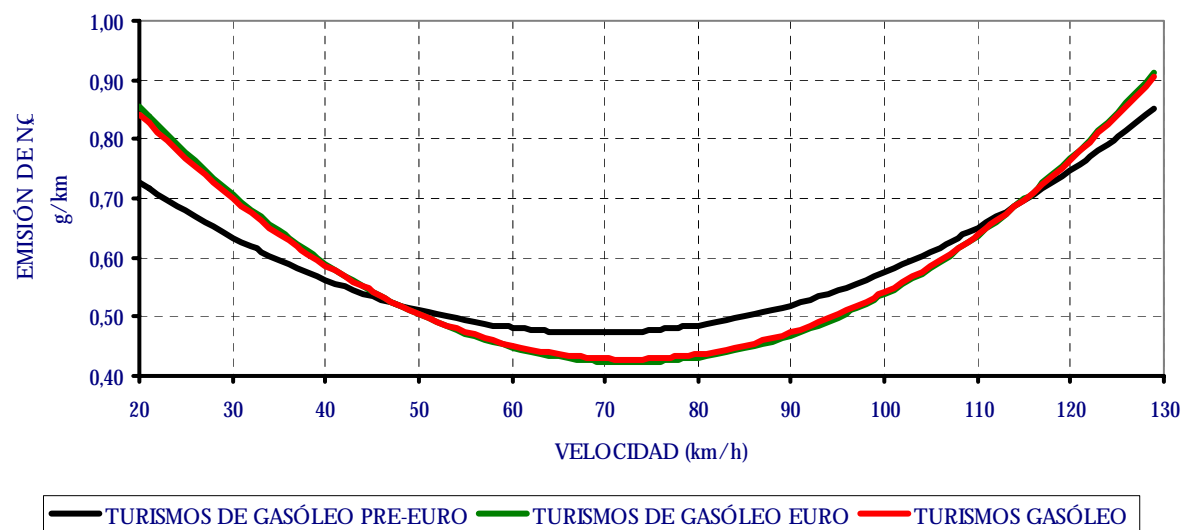
TURISMOS



TURISMOS



TURISMOS



Finalmente, cabe indicar que dada la extensión que tendría el detallar aquí los factores de emisión utilizados con el nivel de desglose aplicado en los cálculos, se muestran en esta sección los factores de emisión medios por grandes grupos de vehículos obtenidos, como ejemplo, para el año 2003 del inventario. Estos factores de emisión se presentan tanto por kilómetro recorrido como por kilogramo de carburante consumido.

TABLA 36.
FACTORES DE EMISIÓN MEDIOS POR KILÓMETRO RECORRIDO SEGÚN
CATEGORÍA DE VEHÍCULOS

		ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO							
AÑO	CLASE DE VEHÍCULO	SO ₂ (g/km)	NO _x (g/km)	COVNM (g/km)	CH ₄ (g/km)	CO (g/km)	CO ₂ (kg/km)	N ₂ O (g/km)	NH ₃ (g/km)
2003	A GASÓLEO	0,1371	5,8054	0,6369	0,0782	1,1018	0,7688	0,0300	0,0030
	U GASÓLEO	0,1911	11,3909	1,2223	0,1750	3,2893	1,0720	0,0300	0,0030
	C GASOLINA	0,0030	0,0169	2,7056	0,2190	3,6033	0,0395	0,0010	0,0010
	L GASÓLEO	0,0509	1,6095	0,1379	0,0050	0,8471	0,2852	0,0170	0,0010
	GASOLINA	0,0217	2,3999	1,6558	0,0702	21,5345	0,2884	0,0169	0,0285
	M GASOLINA	0,0084	0,1533	4,8334	0,1813	24,2630	0,1120	0,0020	0,0020
	P GASÓLEO	0,1520	4,8597	0,6169	0,0479	1,2772	0,8525	0,0300	0,0030
	GASOLINA	0,0427	8,0819	4,0329	0,0807	61,2466	0,5672	0,0060	0,0020
	T GASÓLEO	0,0308	0,6475	0,0646	0,0083	0,4139	0,1725	0,0270	0,0010
	GASOLINA	0,0135	1,6578	0,6019	0,0390	5,9496	0,1798	0,0201	0,0515

TABLA 37.
FACTORES DE EMISIÓN MEDIOS POR KILÓMETRO RECORRIDO SEGÚN
CATEGORÍA DE VEHÍCULOS

		METALES PESADOS						
AÑO	CLASE DE VEHÍCULO	Cd (µg/km)	Cr (µg/km)	Cu (µg/km)	Ni (µg/km)	Pb (mg/km)	Se (µg/km)	Zn (µg/km)
2003	A GASÓLEO	2,4496	12,2509	416,5271	17,1509		2,4496	245,0156
	U GASÓLEO	3,4164	17,0832	580,8259	23,9164		3,4164	341,6622
	C GASOLINA	0,1240	0,6201	21,0837	0,8682	0,0496	0,1240	12,4022
	L GASÓLEO	0,9090	4,5452	154,5365	6,3633		0,9090	90,9038
	GASOLINA	0,9058	4,5301	154,0274	6,3422	0,3624	0,9058	90,6043
	M GASOLINA	0,3507	1,7589	59,8090	2,4625	0,1407	0,3507	35,1818
	P GASÓLEO	2,7171	13,5855	461,9075	19,0197		2,7171	271,7103
	GASOLINA	1,7433	8,8785	302,8825	12,4476	0,7127	1,7433	178,1678
	T GASÓLEO	0,5498	2,7490	93,4672	3,8487		0,5498	54,9807
	GASOLINA	0,5648	2,8238	96,0107	3,9534	0,2259	0,5648	56,4769

TABLA 38.
FACTORES DE EMISIÓN MEDIOS POR KILÓMETRO RECORRIDO SEGÚN
CATEGORÍA DE VEHÍCULOS

AÑO	CLASE DE VEHÍCULO		COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES		PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN		
			DIOX (pg/km)	HAP (µg/km)	PST (g/km)	PM10 (g/km)	PM25 (g/km)
2003	A	GASÓLEO	1,2840	15,7966	0,1994	0,1994	0,1994
	U	GASÓLEO	5,1756	15,7992	0,4623	0,4623	0,4623
	L	GASÓLEO	0,8929	7,8842	0,1725	0,1725	0,1725
		GASOLINA	24,8935	3,6137	0,0277	0,0277	0,0277
	M	GASOLINA	22,7804		0,0699	0,0699	0,0699
	P	GASÓLEO	9,5667	15,8000	0,2054	0,2054	0,2054
		GASOLINA	0,0000	15,6574	0,4160	0,4160	0,4160
	T	GASÓLEO	1,1122	9,0936	0,0916	0,0916	0,0916
		GASOLINA	31,1487	3,0830	0,0121	0,0121	0,0121

TABLA 39.
FACTORES DE EMISIÓN MEDIOS POR EVAPORACIÓN DE GASOLINA

AÑO	COVNM		
	EVAPORACIÓN DIURNA (g/vehículo/día)	APAGADO DEL MOTOR (g/operación)	PÉRDIDAS EN RECORRIDO (g/km)
2002	3,432	2,085	0,136
2003	3,473	2,161	0,173
2004	3,187	2,181	0,135

TABLA 40.
FACTORES DE EMISIÓN POR DESGASTE DE NEUMÁTICOS, FRENOS

AÑO	METALES PESADOS					PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN		
	Cd (µg/km)	Cr (µg/km)	Cu (µg/km)	Ni (µg/km)	Zn (µg/km)	PST (µg/km)	PM10 (µg/km)	PM25 (µg/km)
2002	0,185	7,012	520,45	5,346	234,45	29.848	21.753	12.233
2003	0,181	6,814	505,26	5,211	232,31	29.609	21.496	12.141
2004	0,184	6,972	517,33	5,322	234,74	29.896	21.758	12.255

TABLA 41.
FACTORES DE EMISIÓN POR ABRASIÓN DEL PAVIMENTO

AÑO	PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN		
	PST (µg/km)	PM10 (µg/km)	PM25 (µg/km)
2002	26.412	13.206	7.131
2003	26.962	13.481	7.280
2004	26.691	13.345	7.207

TABLA 42.
**FACTORES DE EMISIÓN MEDIOS POR CONSUMO DE CARBURANTE SEGÚN
CATEGORÍA DE VEHÍCULOS**

			ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO							
AÑO	CLASE DE VEHÍCULO		SO ₂ (g/kg)	NO _x (g/kg)	COVNM (g/kg)	CH ₄ (g/kg)	CO (g/kg)	CO ₂ (kg/kg)	N ₂ O (g/kg)	NH ₃ (g/kg)
2003	A	GASÓLEO	0,5594	23,6939	2,5994	0,3193	4,4969	3,1376	0,1224	0,0122
	C	GASOLINA	0,5594	33,3395	3,5776	0,5122	9,6275	3,1376	0,0878	0,0088
	L	GASÓLEO	0,2397	1,3664	218,1573	17,6582	290,5347	3,1833	0,0806	0,0806
		GASOLINA	0,5434	17,1991	1,4734	0,0534	9,0517	3,0478	0,1817	0,0107
	M	GASOLINA	0,2338	25,8257	17,8181	0,7549	231,7407	3,1038	0,1818	0,3064
	P	GASÓLEO	0,2397	4,3569	137,3838	5,1540	689,6470	3,1833	0,0568	0,0568
		GASOLINA	0,5594	17,8855	2,2704	0,1764	4,7005	3,1376	0,1104	0,0110
	T	GASÓLEO	0,2397	45,3609	22,6354	0,4527	343,7558	3,1833	0,0335	0,0110
		GASOLINA	0,5513	11,6063	1,1583	0,1491	7,4196	3,0924	0,4840	0,0179

TABLA 43.
FACTORES DE EMISIÓN MEDIOS POR CONSUMO DE CARBURANTE SEGÚN
CATEGORÍA DE VEHÍCULOS

			METALES PESADOS						
AÑO	CLASE DE VEHÍCULO		Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Zn (mg/kg)
2003	A	GASÓLEO	0,0100	0,0500	1,7000	0,0700		0,0100	1,0000
	C	GASOLINA	0,0100	0,0500	1,7000	0,0700		0,0100	1,0000
	L	GASÓLEO	0,0100	0,0500	1,7000	0,0700	4,0000	0,0100	1,0000
		GASOLINA	0,0097	0,0486	1,6514	0,0680		0,0097	0,9714
	M	GASOLINA	0,0097	0,0488	1,6575	0,0683	3,9001	0,0097	0,9750
	P	GASÓLEO	0,0100	0,0500	1,7000	0,0700	4,0000	0,0100	1,0000
		GASOLINA	0,0100	0,0500	1,7000	0,0700		0,0100	1,0000
	T	GASÓLEO	0,0098	0,0498	1,7000	0,0699	4,0000	0,0098	1,0000
		GASOLINA	0,0099	0,0493	1,6755	0,0690		0,0099	0,9856

TABLA 44.
FACTORES DE EMISIÓN MEDIOS POR CONSUMO DE CARBURANTE SEGÚN
CATEGORÍA DE VEHÍCULOS

			COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES		PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN		
AÑO	CLASE DE VEHÍCULO		DIOX (pg/kg)	HAP (µg/kg)	PST (g/km)	PM10 (g/km)	PM25 (g/km)
2003	A	GASÓLEO	5,2403	64,4720	0,8137	0,8137	0,8137
	L	GASÓLEO	9,5419	84,2498	1,8437	1,8437	1,8437
		GASOLINA	267,8876	38,8885	0,2980	0,2980	0,2980
	M	GASOLINA	647,5064		1,9862	1,9862	1,9862
	P	GASÓLEO	35,2093	58,1501	0,7558	0,7558	0,7558
		GASOLINA		87,8794	2,3348	2,3348	2,3348
	T	GASÓLEO	19,9380	163,0109	1,6426	1,6426	1,6426
		GASOLINA	548,4149	54,2796	0,2135	0,2135	0,2135

5. Estimación de las emisiones

En las tablas siguientes se muestran las emisiones estimadas, agregadas por categoría de vehículos, carburante y provincia, para el año 2004.

TABLA 45.
EMISIONES ESTIMADAS

		ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO							
Provincia	CLASE DE VEHÍCULO	SO2 (t)	NOX (t)	COVNM (t)	CH4 (t)	CO (t)	CO2 (kt)	N2O (t)	NH3 (t)
Alicante	A GASÓLEO	7,0	282,5	32,5	4,1	55,9	39,3	1,5	0,2
	C GASOLINA	1,9	7,2	1.445,2	159,8	1.094,8	25,6	0,7	0,7
	L GASÓLEO	100,1	3.099,1	267,5	9,9	1.603,5	561,2	33,7	2,0
	GASOLINA	5,1	553,2	375,4	15,9	4.909,0	67,5	4,1	7,2
	M GASOLINA	1,4	27,2	779,7	31,5	3.954,8	18,8	0,3	0,3
	P GASÓLEO	167,0	5.180,2	693,2	55,6	1.404,7	936,7	33,2	3,3
	GASOLINA	0,2	33,0	16,8	0,3	251,1	2,3	0,0	0,0
	T GASÓLEO	116,8	2.419,1	240,3	31,1	1.561,7	655,3	103,4	3,8
	GASOLINA	65,7	7.464,8	2.806,4	184,3	28.349,2	871,9	102,5	269,1
	TOTAL	465,2	19.066,3	6.657,2	492,7	43.184,7	3.178,5	279,5	286,7
Castellón	A GASÓLEO	3,2	126,6	13,3	1,7	23,2	18,0	0,7	0,1
	C GASOLINA	0,6	2,2	430,7	47,6	326,3	7,6	0,2	0,2
	L GASÓLEO	33,2	1.016,1	87,5	3,3	536,1	186,5	11,2	0,7
	GASOLINA	2,0	219,0	150,3	6,3	1.961,5	26,7	1,6	2,9
	M GASOLINA	0,4	8,6	221,9	8,8	1.188,4	5,5	0,1	0,1
	P GASÓLEO	115,4	3.540,3	459,4	36,1	954,7	647,0	23,4	2,3
	GASOLINA	0,1	24,2	11,9	0,2	182,2	1,7	0,0	0,0
	T GASÓLEO	43,2	897,9	81,3	12,5	538,5	242,2	38,5	1,4
	GASOLINA	25,6	2.990,9	998,9	68,4	10.250,7	340,3	40,2	106,9
	TOTAL	223,8	8.825,7	2.455,2	185,0	15.961,6	1.475,6	116,0	114,5
Valencia	A GASÓLEO	9,5	382,6	43,1	5,5	74,4	53,4	2,1	0,2
	C GASOLINA	2,9	10,9	2.173,1	240,4	1.646,3	38,4	1,1	1,1
	L GASÓLEO	123,1	3.816,5	329,6	12,1	1.977,7	690,5	41,3	2,4
	GASOLINA	6,6	704,7	504,9	21,1	6.509,3	87,4	5,4	9,1
	M GASOLINA	1,9	33,4	1.072,5	40,8	5.268,8	25,4	0,4	0,4
	P GASÓLEO	310,2	9.409,4	1.183,4	97,1	2.431,9	1.740,1	59,8	6,0
	GASOLINA	0,3	60,3	30,0	0,6	457,6	4,2	0,0	0,0
	T GASÓLEO	160,1	3.335,7	348,7	41,5	2.276,3	898,0	138,8	5,1
	GASOLINA	83,1	9.491,1	3.577,4	234,7	36.580,7	1.104,0	130,9	335,8
	TOTAL	697,8	27.244,5	9.262,7	693,8	57.223,0	4.641,4	379,8	360,2
TOTAL COMUNIDAD		1.386,8	55.136,4	18.375,0	1.371,5	116.369,3	9.295,4	775,3	761,5

TABLA 46.
EMISIONES ESTIMADAS

Provincia	CLASE DE VEHÍCULO		METALES PESADOS						
			Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)
Alicante	A	GASÓLEO	0,1	0,6	21,3	0,9	0,0	0,1	12,5
	C	GASOLINA	0,1	0,4	13,6	0,6	32,1	0,1	8,0
	L	GASÓLEO	1,8	8,9	304,1	12,5	0,0	1,8	178,9
		GASOLINA	0,2	1,1	36,0	1,5	84,8	0,2	21,2
	M	GASOLINA	0,1	0,3	10,0	0,4	23,6	0,1	5,9
	P	GASÓLEO	3,0	14,9	507,5	20,9	0,0	3,0	298,5
		GASOLINA	0,0	0,0	1,2	0,1	2,9	0,0	0,7
	T	GASÓLEO	2,1	10,4	355,0	14,6	0,0	2,1	208,8
		GASOLINA	2,7	13,7	465,6	19,2	1.095,6	2,7	273,9
		TOTAL	10,1	50,4	1.714,5	70,6	1.239,0	10,1	1.008,5
Castellón	A	GASÓLEO	0,1	0,3	9,8	0,4	0,0	0,1	5,8
	C	GASOLINA	0,0	0,1	4,1	0,2	9,6	0,0	2,4
	L	GASÓLEO	0,6	3,0	101,0	4,2	0,0	0,6	59,4
		GASOLINA	0,1	0,4	14,2	0,6	33,5	0,1	8,4
	M	GASOLINA	0,0	0,1	2,9	0,1	6,9	0,0	1,7
	P	GASÓLEO	2,1	10,3	350,6	14,4	0,0	2,1	206,2
		GASOLINA	0,0	0,0	0,9	0,0	2,1	0,0	0,5
	T	GASÓLEO	0,8	3,9	131,3	5,4	0,0	0,8	77,2
		GASOLINA	1,1	5,3	181,7	7,5	427,6	1,1	106,9
		TOTAL	4,7	23,4	796,5	32,8	479,7	4,7	468,5
Valencia	A	GASÓLEO	0,2	0,9	28,9	1,2	0,0	0,2	17,0
	C	GASOLINA	0,1	0,6	20,5	0,8	48,3	0,1	12,1
	L	GASÓLEO	2,2	11,0	374,1	15,4	0,0	2,2	220,1
		GASOLINA	0,3	1,4	46,7	1,9	109,8	0,3	27,4
	M	GASOLINA	0,1	0,4	13,5	0,6	31,9	0,1	8,0
	P	GASÓLEO	5,5	27,7	942,8	38,8	0,0	5,5	554,6
		GASOLINA	0,0	0,1	2,3	0,1	5,3	0,0	1,3
	T	GASÓLEO	2,9	14,3	486,6	20,0	0,0	2,9	286,2
		GASOLINA	3,5	17,3	589,6	24,3	1.387,3	3,5	346,8
		TOTAL	14,7	73,7	2.505,0	103,1	1.582,5	14,7	1.473,5
TOTAL COMUNIDAD			29,5	147,5	5.016,0	206,5	3.301,2	29,5	2.950,6

TABLA 47.
EMISIONES ESTIMADAS

			COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES		PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN		
Provincia	CLASE DE VEHÍCULO		DIOX (g)	HAP (kg)	PST (t)	PM10 (t)	PM25 (t)
Alicante	A	GASÓLEO	0,00	0,8	9,8	9,8	9,8
	L	GASÓLEO	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
		GASOLINA	0,00	16,1	319,2	319,2	319,2
	M	GASOLINA	0,01	0,8	6,3	6,3	6,3
	P	GASÓLEO	0,00	0,0	12,1	12,1	12,1
		GASOLINA	0,01	17,5	223,0	223,0	223,0
	T	GASÓLEO	0,00	0,1	1,7	1,7	1,7
		GASOLINA	0,00	35,5	325,4	325,4	325,4
		TOTAL	0,15	14,6	55,1	55,1	55,1
Castellón	A	GASÓLEO	0,00	0,4	4,0	4,0	4,0
	L	GASÓLEO	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
		GASOLINA	0,00	5,3	108,4	108,4	108,4
	M	GASOLINA	0,00	0,3	2,5	2,5	2,5
	P	GASÓLEO	0,00	0,0	3,4	3,4	3,4
		GASOLINA	0,01	12,3	149,5	149,5	149,5
	T	GASÓLEO	0,00	0,0	1,2	1,2	1,2
		GASOLINA	0,00	13,2	123,1	123,1	123,1
		TOTAL	0,06	5,7	21,1	21,1	21,1
Valencia	A	GASÓLEO	0,00	1,1	13,0	13,0	13,0
	L	GASÓLEO	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
		GASOLINA	0,00	19,7	392,8	392,8	392,8
	M	GASOLINA	0,01	1,1	8,0	8,0	8,0
	P	GASÓLEO	0,01	0,0	15,6	15,6	15,6
		GASOLINA	0,02	31,5	384,2	384,2	384,2
	T	GASÓLEO	0,00	0,1	3,1	3,1	3,1
		GASOLINA	0,01	47,7	452,0	452,0	452,0
		TOTAL	0,19	18,2	68,9	68,9	68,9
TOTAL COMUNIDAD			0,40	38,5	145,1	145,1	145,1

FIGURA 18.
EMISIONES DE CO₂ SOBRE MALLA KILOMÉTRICA (KILOTONELADAS)

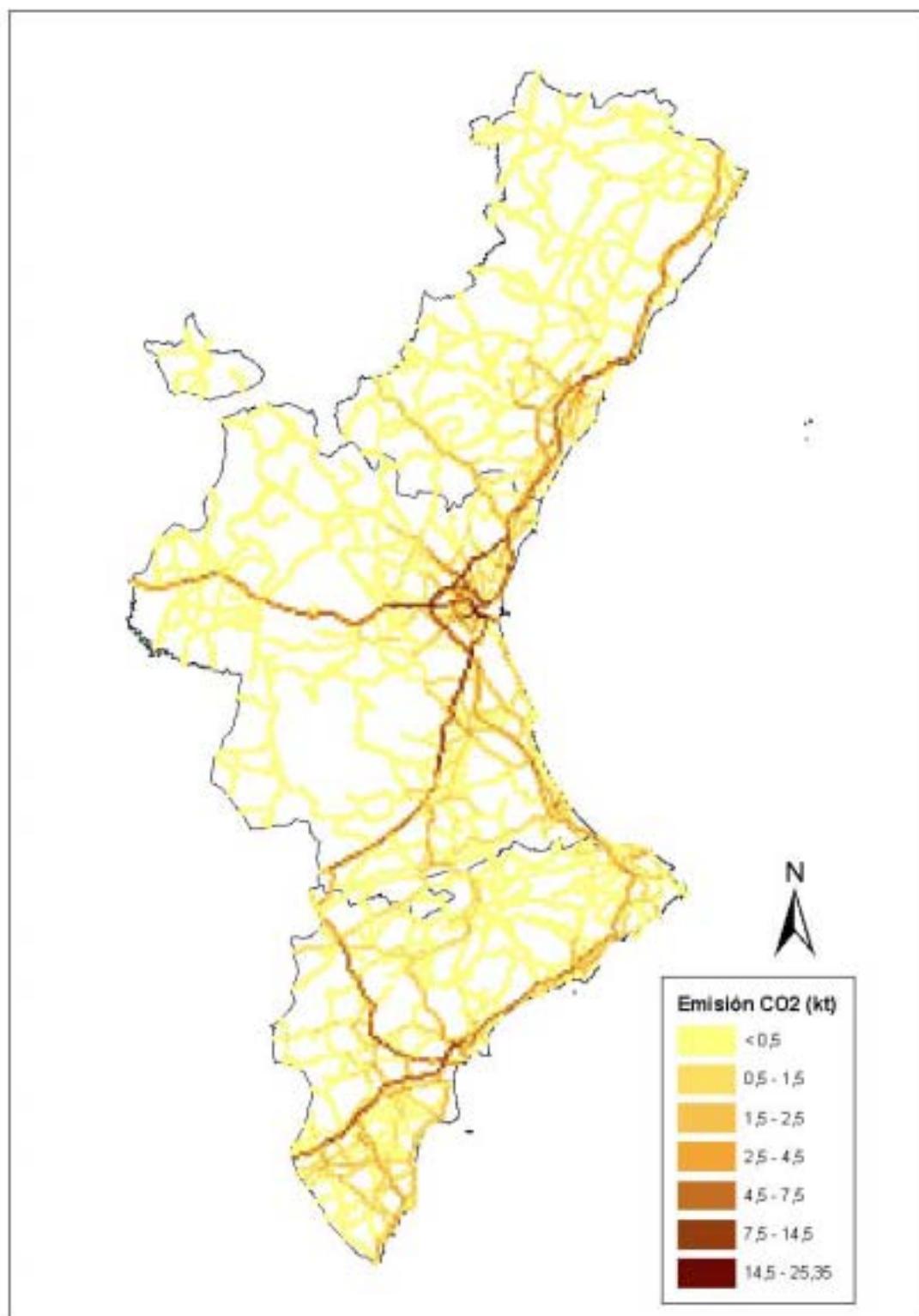


FIGURA 19.
EMISIONES DE NO₂ SOBRE MUNICIPIOS (TONELADAS)

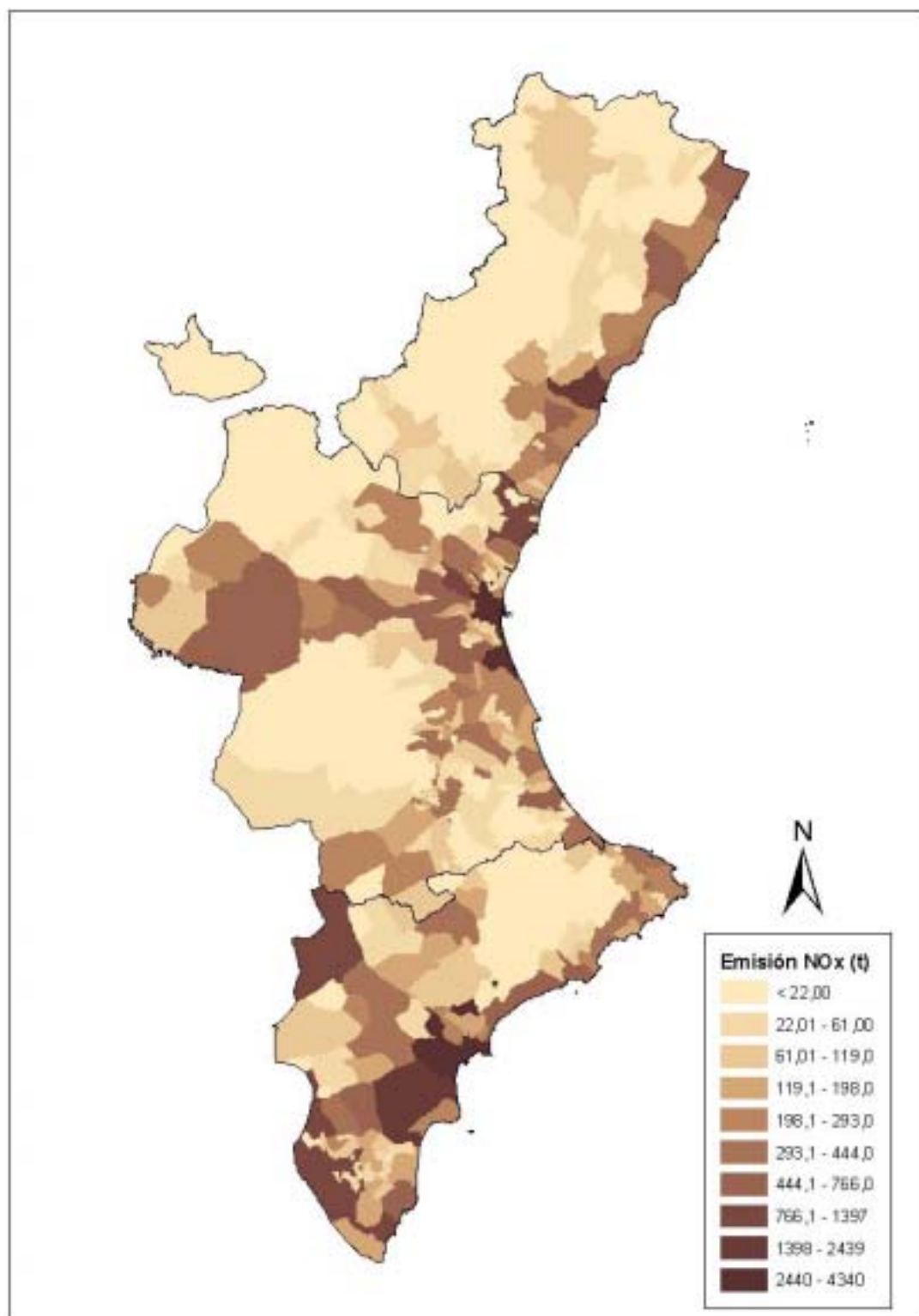


FIGURA 20.
EMISIONES DE CO₂ POR ZONAS DE CALIDAD DEL AIRE (KILOTONELADAS)

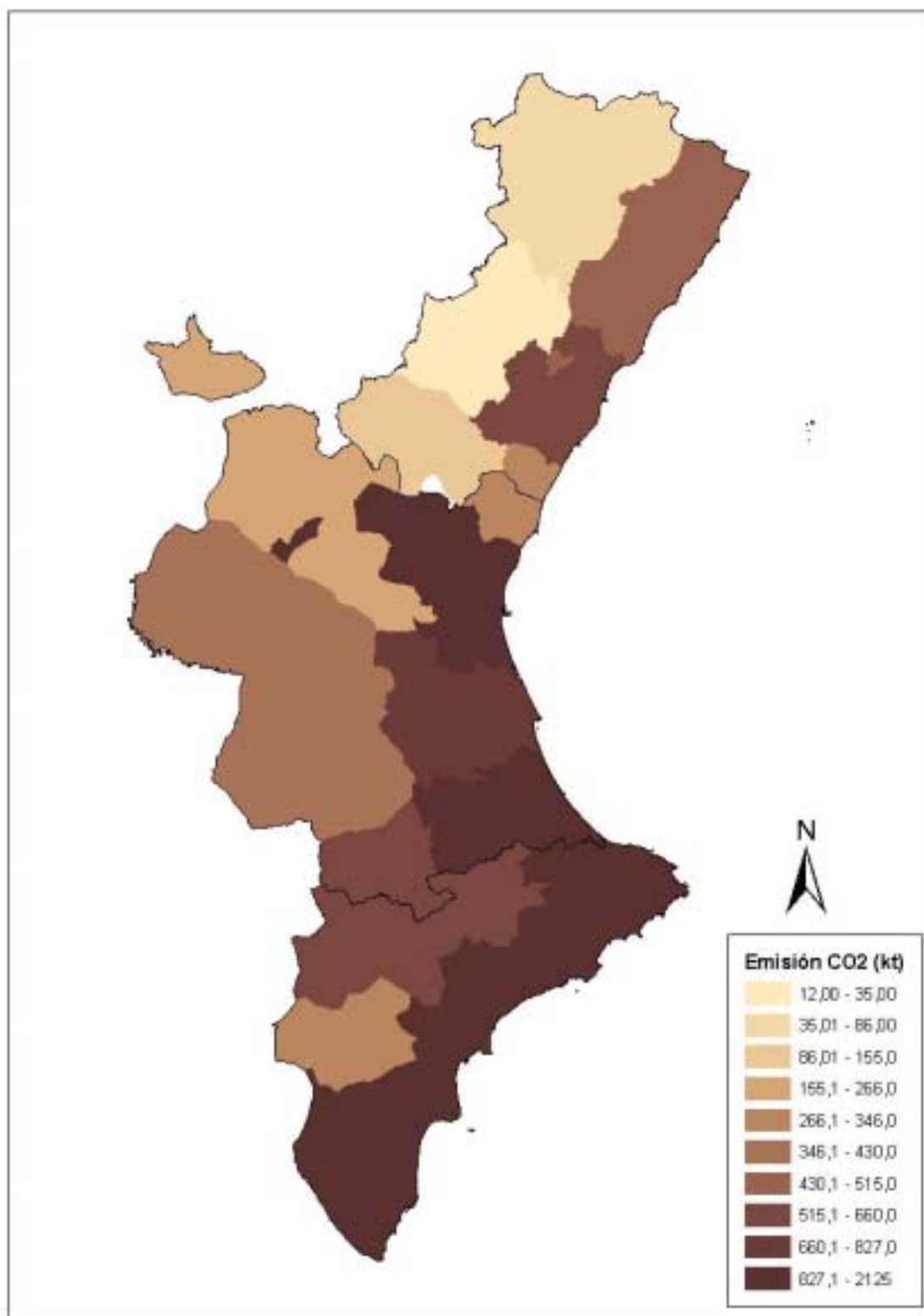


TABLA 48.
EMISIONES ESTIMADAS
EVAPORACIÓN DE GASOLINA

COVNM					
AÑO	PROVINCIA	EVAPORACIÓN DIURNA (t)	APAGADO (t)	PÉRDIDAS EN RECORRIDO (t)	TOTAL (t)
2002	ALICANTE	960.488	976.447	869.414	2.806.349
	CASTELLÓN	257.905	287.759	251.960	797.624
	VALENCIA	1.156.818	1.433.816	993.119	3.583.753
	TOTAL	2.375.211	2.698.022	2.114.493	7.187.726
2003	ALICANTE	961.490	1.041.462	1.118.955	3.121.907
	CASTELLÓN	255.334	307.143	330.378	892.855
	VALENCIA	1.126.667	1.520.617	1.302.457	3.949.741
	TOTAL	2.343.491	2.869.222	2.751.790	7.964.503
2004	ALICANTE	904.710	1.063.732	889.035	2.857.478
	CASTELLÓN	236.547	310.289	265.652	812.488
	VALENCIA	1.046.486	1.540.258	1.013.311	3.600.055
	TOTAL	2.187.743	2.914.279	2.167.999	7.270.021

TABLA 49.
EMISIONES ESTIMADAS
DESGASTE DE NEUMÁTICOS, FRENOS Y PAVIMENTO

AÑO		METALES PESADOS					PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN			HAP (kg)
		Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Ni (kg)	Zn (kg)	PM25 (t)	PM10 (t)	PST (t)	
2002	Alicante	1,691	64,669	4.804,350	49,169	2.121,486	110.502,512	197.353,930	269.772,367	3.119
	Castellón	0,674	24,999	1.850,462	19,226	883,708	46.326,671	81.379,366	112.868,897	1.336
	Valencia	2,325	88,289	6.553,915	67,295	2.945,107	153.630,234	273.336,985	374.885,126	4.358
	TOTAL	4,690	177,957	13.208,726	135,689	5.950,300	310.459,417	552.070,281	757.526,390	8.813
2003	Alicante	1,712	64,814	4.809,548	49,458	2.178,330	113.706,440	201.963,099	277.406,194	3.233
	Castellón	0,705	26,083	1.930,273	20,072	925,819	48.550,756	85.211,362	118.274,933	1.402
	Valencia	2,395	90,207	6.689,765	68,968	3.070,426	160.448,906	284.181,970	391.306,550	4.579
	TOTAL	4,812	181,103	13.429,586	138,498	6.174,576	322.706,102	571.356,431	786.987,677	9.214
2004	Alicante	1,889	71,869	5.336,150	54,744	2.387,073	124.473,280	221.677,745	303.773,530	3.527
	Castellón	0,762	28,258	2.091,937	21,723	996,257	52.215,453	91.775,758	127.224,914	1.505

TABLA 49.
EMISIONES ESTIMADAS
DESGASTE DE NEUMÁTICOS, FRENOS Y PAVIMENTO

AÑO		METALES PESADOS					PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN			HAP (kg)
		Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Ni (kg)	Zn (kg)	PM25 (t)	PM10 (t)	PST (t)	
	Valencia	2,611	98,922	7.341,249	75,463	3.318,208	173.177,376	307.728,657	422.518,371	4.921
	TOTAL	5,262	199,049	14.769,336	151,930	6.701,537	349.866,109	621.182,160	853.516,815	9.953

TABLA 50.
TOTAL EMISIONES ESTIMADAS

		ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO							
Provincia	Combustible	SO2 (t)	NOX (t)	COVNM (t)	CH4 (t)	CO (t)	CO2 (kt)	N2O (t)	NH3 (t)
Alicante	GASÓLEO	390,9	10.980,9	1.233,6	100,8	4.625,8	2.192,4	171,9	9,3
	GASOLINA	74,3	8.085,5	5.423,5	391,9	38.558,9	986,0	107,7	277,4
	TOTAL	465,2	19.066,4	6.657,1	492,7	43.184,7	3.178,4	279,6	286,7
Castellón	GASÓLEO	195,0	5.580,9	641,5	53,7	2.052,5	1.093,8	73,8	4,5
	GASOLINA	28,8	3.244,8	1.813,7	131,4	13.909,1	381,8	42,2	110,0
	TOTAL	223,8	8.825,7	2.455,2	185,1	15.961,6	1.475,6	116,0	114,5
Valencia	GASÓLEO	603,0	16.944,2	1.904,8	156,3	6.760,3	3.382,0	241,9	13,8
	GASOLINA	94,9	10.300,3	7.357,9	537,5	50.462,7	1.259,4	137,9	346,5
	TOTAL	697,9	27.244,5	9.262,7	693,8	57.223,0	4.641,4	379,8	360,3

TABLA 51.
TOTAL EMISIONES ESTIMADAS

Provincia	COMBUSTIBLE, NEUMÁTICOS, FRENOS Y PAVIMENTO	METALES PESADOS						
		Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)
Alicante	GASÓLEO	7,0	34,9	1.187,9	48,9		7,0	698,8
	GASOLINA	3,1	15,5	526,6	21,7	1.239,0	3,1	309,7
	SNAP 07.07	1,7	64,8	4.809,5	49,4	2.178,3	1,7	64,8
	TOTAL	11,8	115,2	6.524,0	120,0	3.417,3	11,8	1.073,3
Castellón	GASÓLEO	3,5	17,4	592,6	24,4		3,5	348,6
	GASOLINA	1,2	6,0	203,9	8,4	479,7	1,2	119,9
	SNAP 07.07	0,7	26,1	1.930,3	20,1	925,8	0,7	26,1
	TOTAL	5,4	49,5	2.726,8	52,9	1.405,5	5,4	494,6
Valencia	GASÓLEO	10,8	53,9	1.832,4	75,5		10,8	1.077,9
	GASOLINA	4,0	19,8	672,6	27,7	1.582,5	4,0	395,6
	SNAP 07.07	2,4	90,2	6.689,7	68,9	3.070,4	2,4	90,2
	TOTAL	17,2	163,9	9.194,7	172,0	4.652,9	17,1	1.563,7

TABLA 52.
TOTAL EMISIONES ESTIMADAS

Provincia	COMBUSTIBLE	COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES		PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN		
		DIOX (g)	HAP (kg)	PST (t)	PM10 (t)	PM25 (t)
Alicante	GASÓLEO	0,0	70,0	877,4	877,4	877,4
	GASOLINA	0,2	15,5	75,2	75,2	75,2
	TOTAL	0,2	85,5	952,6	952,6	952,6
Castellón	GASÓLEO	0,0	31,3	385,0	385,0	385,0
	GASOLINA	0,1	6,1	28,2	28,2	28,2
	TOTAL	0,1	37,4	413,2	413,2	413,2
Valencia	GASÓLEO	0,0	100,0	1.242,0	1.242,0	1.242,0
	GASOLINA	0,2	19,4	95,7	95,7	95,7
	TOTAL	0,2	119,4	1337,7	1337,7	1337,7

6. Referencias

- “Anuario Estadístico General”. Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.
- CEPMEIP: Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance <http://www.air.sk/tno/cepmeip/>
- COPERT III. Versión 2.1 (2000). “Computer programme to calculate emissions from road transport”. Technical Report no. 49. European Environment Agency. November 2000.
- Libro Guía EMEP/CORINAIR Actualización 2005.
<http://reports.eea.europa.eu/EMEPCORINAIR4/en/page016.html>
- Energy Balance Sheets”. EUROSTAT.
- “Energy Statistics of OECD countries”. Agencia Internacional de la Energía.
- Libro Guía EMEP/CORINAIR. “Atmospheric Emission Inventory Guidebook”. Third Edition. 2001. UNECE-convention on long-range transboundary air pollution & European Environmental Agency.
- “Los Transportes y las Comunicaciones. Informe Anual”. Ministerio de Fomento.
- PARCOM-ATMOS (1992). “Emission Factors Manual. PARCOM-ATMOS. Emission factors for air pollutants. 1992”. P.F.J. van der Most and C. Veldt, eds., TNO Environmental and Energy Research, TNO Rept. 92-235, Apeldoorn, the Netherlands.
- CONCAWE (1997). “Motor vehicle emission regulations and fuel specifications: part 2 detailed information and historic review (1970-1996)”.
- CONCAWE (2001). “Motor vehicle emission regulations and fuel specifications: parts 1 and 2 detailed information and historic review (1996-2000)”.