

## FABRICACIÓN DE CEMENTO (COMBUSTIÓN)

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
SNAP 97	03.03.11
CRF	1A2f
NFR	1A2f

### Descripción de los procesos generadores de emisiones

El cemento se obtiene de la molienda de su componente principal, el clínker, junto con yeso y otros compuestos. Para la producción de clínker se calina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), a unos  $900^\circ\text{C}$  para generar óxido de calcio o cal ( $\text{CaO}$ ), liberando dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en el proceso. Posteriormente el  $\text{CaO}$  reacciona en el horno a altas temperaturas (entre  $1400\text{-}1500^\circ\text{C}$ ) con sílice ( $\text{SiO}_2$ ), alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y óxidos de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), para formar silicatos, aluminatos y ferritas de calcio, principales constituyentes del clínker. El horno se calienta mediante la combustión de diferentes tipos de combustibles, generando emisiones asociadas a la combustión. Además, durante la fabricación de cemento ocurren actividades emisoras de partículas como son la manipulación de materias primas, la molienda del clínker o los procesos de almacenaje y envasado. También ocurren emisiones de partículas en la actividad de obtención de materias primas que alimentan el proceso.

En esta ficha se describe la metodología para la estimación de las emisiones derivadas de la combustión en el horno de clínker. Se incluye también en la metodología empleada para la estimación de emisiones en la producción de cemento natural.

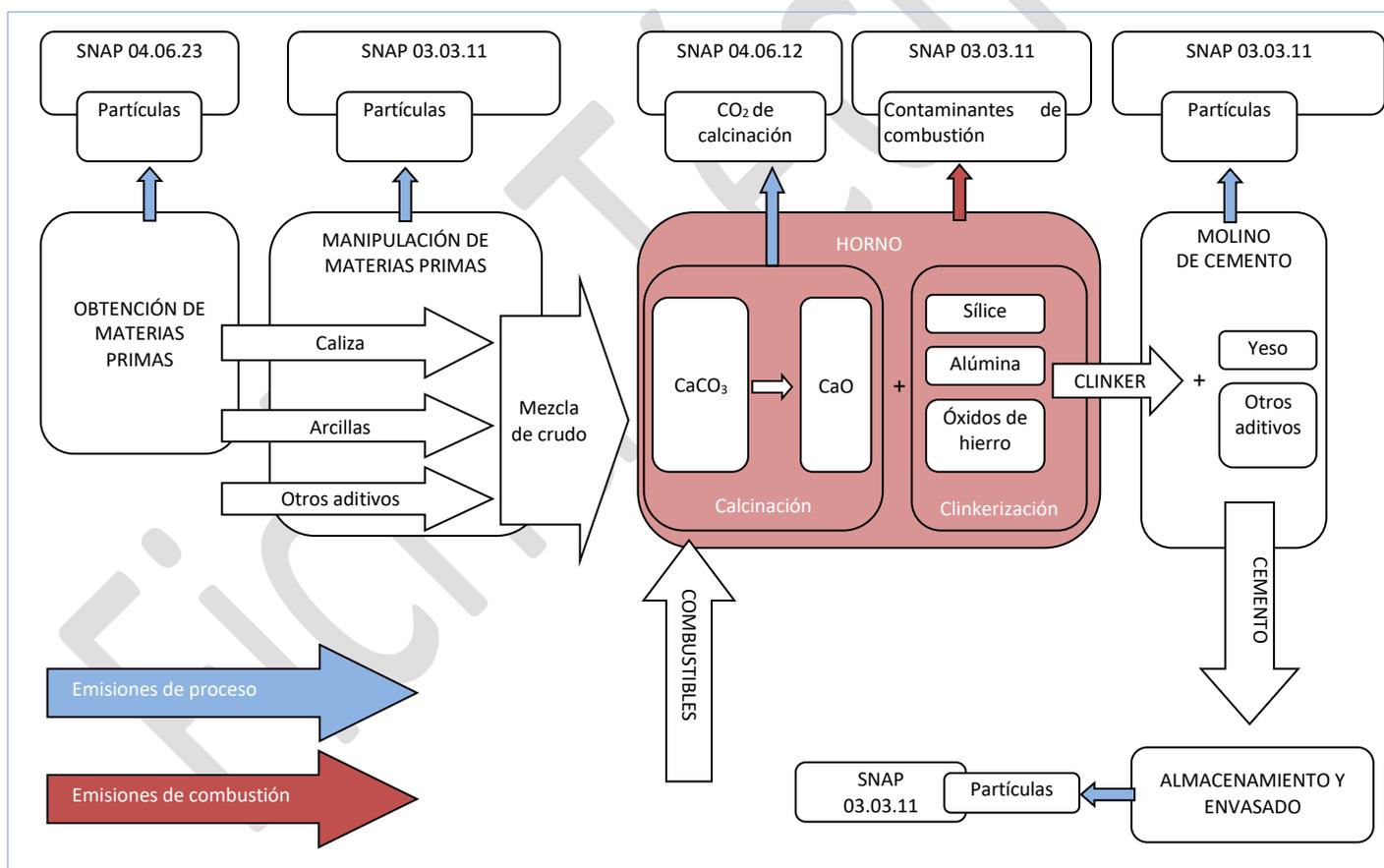


Figura 1. Diagrama de las fuentes de emisión en la fabricación de cemento (elaboración propia a partir de EMEP/EEA 2016)

Como puede apreciarse en la figura 1, las emisiones de partículas derivadas de la manipulación de materias primas, molienda del clínker o los procesos de envasado están también incluidas en la SNAP 03.03.11 al emplearse factores de emisión derivados de emisiones medidas de las plantas.

## Contaminantes inventariados

### Gases de efecto invernadero

CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>
✓	✓	✓	NA	NA	NA

#### OBSERVACIONES:

- *Notation Keys* correspondientes al último reporte a UNFCCC
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> se refieren a la combustión, las debidas a la descarbonatación de la caliza se incluyen en una ficha independiente

### Contaminantes atmosféricos

Contaminantes principales				Material particulado				Otros	Metales pesados prioritarios			Metales pesados adicionales					Contaminantes orgánicos persistentes				
NOx	NM VOC	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAH	HCB	PCB
✓	✓	✓	NE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓

#### OBSERVACIONES:

- *Notation Keys* correspondientes al último reporte a CLRTAP

## Sectores del Inventario vinculados

Las actividades del Inventario relacionadas con la presente ficha metodológica son las siguientes:

RELACIÓN CON OTRAS FICHAS METODOLÓGICAS			
ACTIVIDAD SNAP	ACTIVIDAD CRF	ACTIVIDAD NFR	DESCRIPCIÓN
04.06.12	2A1	2A1	Fabricación de cemento (proceso de descarbonatación)

Actualmente, las emisiones de partículas que ocurren durante la obtención materias primas no son estimadas por el Inventario. De hacerlo en un futuro, se incluirían dentro de la actividad SNAP 04.06.23 *Explotación de canteras*.

## Descripción metodológica general

### Clínker

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
CO <sub>2</sub>	T2	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Apartado 2.3.1.2	Aplicación de un factor de emisión sobre los consumos de los distintos combustibles empleados. Los distintos factores de emisión de CO <sub>2</sub> se han estimado aplicando el algoritmo basado en el contenido de carbono fósil de los combustibles utilizados, y el cálculo estequiométrico para el paso a masa de CO <sub>2</sub> , asumiendo un factor de oxidación de 1
CH <sub>4</sub>	T2/T3	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Apartados 2.3.1.2 y 2.3.1.3	Aplicación de un factor de emisión por defecto específico para el sector industrial (T2) sobre los consumos de los distintos tipos de combustibles empleados. Para los combustibles para los que IPCC 2006 proporciona factores de emisión específicos para hornos de clínker, éstos han sido empleados (T3)
N <sub>2</sub> O	T2	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Apartado 2.3.1.2	Aplicación de un factor de emisión por defecto sobre los consumos de los distintos tipos de combustibles empleados

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
NOx	T3	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Apartado 3.4	Aplicación de un factor de emisión nacional basado en mediciones sobre la producción de clínker
NMVOC			
SO <sub>2</sub>			
TSP			
CO			
Pb			
Cd			
Hg			
As			
Cr			
Cu			
Ni			
Se			
Zn			
DIOX			
PCB			
PM <sub>2.5</sub>	T2	EMEP/CORINAIR 2007. Capítulo B-3311. Apartado 8.2	Aplicación sobre el FE de TSP basado en mediciones, el ratio PM <sub>10</sub> /TSP derivado de la fuente citada y multiplicado por la producción de clínker
PM <sub>10</sub>			Aplicación sobre el FE de TSP basado en mediciones, el ratio PM <sub>2.5</sub> /TSP derivado de la fuente citada y multiplicado por la producción de clínker
BC	T1	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Apartado 3.2	Aplicación de un porcentaje por defecto por tipo de combustible sobre el factor de emisión de PM <sub>2.5</sub>
PAH	T2	EMEP/CORINAIR 2007. Parte B. Capítulo "Estimation of PAH Emissions"	Aplicación de un factor de emisión por defecto genérico de combustión sobre el consumo de combustible

#### Cemento natural

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
CO <sub>2</sub>	T2	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Apartado 2.3.1.2	Aplicación de un factor de emisión sobre los consumos de los distintos combustibles empleados. Los distintos factores de emisión se han estimado mediante balance de masas a partir de las características por defecto de los combustibles utilizados
SO <sub>2</sub>	T1	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A1. Apartado 3.4.2	
CH <sub>4</sub>	T2/T3	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Apartados 2.3.1.2 y 2.3.1.3	Aplicación de un factor de emisión por defecto específico para el sector industrial (T2) sobre los consumos de los distintos tipos de combustibles empleados. Para los combustibles para los que IPCC 2006 proporciona factores de emisión específicos para hornos de clínker, éstos han sido empleados (T3)
N <sub>2</sub> O	T2	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Apartado 2.3.1.2	Aplicación de un factor de emisión por defecto sobre los consumos de los distintos tipos de combustibles empleados

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
PM <sub>2.5</sub>	T2	EMEP/CORINAIR 2007. Capítulo B-3311. Apartado 8.2	Aplicación de un factor de emisión por defecto sobre la producción de cemento natural
PM <sub>10</sub>			
TSP			
As			
Cd			
Cr			
Hg			
Ni			
Pb			
Se			
Zn			
BC	T1	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Apartado 3.2	Aplicación de un porcentaje por defecto por tipo de combustible sobre el factor de emisión de PM <sub>2.5</sub>
NOX	T2	EMEP/CORINAIR 2007. Capítulo B-3311. Apartado 8.2	Aplicación de un factor de emisión por defecto sobre los consumos de los distintos tipos de combustibles empleados
NMVOC			
CO			
DIOX	T3	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Apartado 3.4	Aplicación sobre la producción de cemento natural de un factor de emisión nacional basado en mediciones
PAH	T2	EMEP/CORINAIR 2007. Parte B. Capítulo "Estimation of PAH Emissions"	Aplicación de un factor de emisión por defecto genérico de combustión sobre el consumo de combustible

## Variable de actividad

Producto	Variable final	Variable intermedia	Descripción
Clínker	Consumo de combustibles en unidades de energía (GJ)	PCI (GJ/t)	Permite transformar el consumo de combustible de unidades de masa a unidades de energía
		Producción de clínker (t)	Permite calcular el requerimiento energético (GJ/t clínker), y con él poder relacionar factores de emisión referidos a producción de clínker con el consumo de combustible en GJ
		Producción de cemento (t)	-
		Ratio de clínker/cemento	Permite estimar la producción de clínker a partir de la producción de cemento cuando la producción de clínker no ha estado disponible en algún año de la serie
Cemento natural	Consumo de combustibles en unidades de energía (GJ)	PCI (GJ/t)	Permite transformar el consumo de combustible de unidades de masa a unidades de energía
		Producción de cemento natural (t)	Para los años en los que el consumo de combustibles no ha estado disponible se ha realizado una estimación tendencial a partir de la producción de cemento natural

## Fuentes de información sobre la variable de actividad

PCI	
Periodo	Fuente
1990-2015	Varias fuentes: Guías IPCC 2006, OFICEMEN, ENAGAS (para gas natural)

## Clínker

Producción de clínker, producción de cemento y consumo de inputs energéticos	
Periodo	Fuente
1990-1998	Publicación "Industrias del Cemento" (MINER). Datos de producción de clínker con desagregación provincial.
1999-2015	OFICEMEN

## Cemento natural

Según información facilitada en ediciones pasadas del Inventario por la entonces Dirección General de Industria del MITYC, desde el año 2007 no se fabrica cemento natural en España.

Consumo de inputs energéticos	
Periodo	Fuente
1990-1998	Publicación "Industrias del Cemento" (MINER). Datos de producción de clínker con desagregación provincial.
1999-2006	Estimación tendencial a partir de las producciones de cemento natural

Producción de cemento natural	
Periodo	Fuente
1990-1998	Publicación "Industrias del Cemento" (MINER). Datos de producción de clínker con desagregación provincial.
1999-2002	MINECO (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad)
2003	Interpolación a partir de años 2002 y 2004, al no haberse podido disponer de la producción.
2004	MINECO (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad)
2005-2006	Datos replicados de 2004 ante la ausencia de información

## Fuente de los factores de emisión

### Clínker

Contaminante	Combustible	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gas natural</li> <li>– GLP</li> <li>– Fuelóleo</li> <li>– Aceite mineral usado (asimilado a lubricantes)</li> <li>– Residuos de hidrocarburos líquidos (asimilado a fuelóleo)</li> <li>– Gasóleo</li> <li>– Coque de carbón</li> </ul>	1990-2015	D	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Tabla 2.3	Factores de emisión por defecto por tipo de combustible
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Neumáticos</li> <li>– Serrín impregnado</li> <li>– Residuos industriales varios (lodos industriales, otros sólidos alternativos no biomasa, residuos procedentes de vehículos, textil)</li> <li>– CDR-RU</li> <li>– Plásticos</li> </ul>		D	WBSCD-CSI	Se parte del FE indicado por <i>World Business for Sustainable Development-Cement Sustainability Initiative. The Cement CO<sub>2</sub> and Energy Protocol, Version 3</i> y se aplica la ratio C fósil/C total <sup>1</sup> deducida de la información facilitada por las plantas cementeras para el Comercio de Derechos de Emisión
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hulla de importación</li> <li>– Hulla nacional</li> <li>– Carbón sub-bituminoso</li> <li>– Otros combustibles tradicionales</li> </ul>		CS	Estimación propia	Factores estimados según el contenido de carbono fósil de los combustibles

<sup>1</sup> Para los neumáticos, la fracción de carbono fósil diferenciada por años es: 1997-2007 = 70,13% (F.E. = 59,61 t CO<sub>2</sub>/TJ); 2008 y 2009 = 69,15% (F.E. = 58,78 t CO<sub>2</sub>/TJ); 2010 y 2011 = 75,28% (F.E. = 63,99 t CO<sub>2</sub>/TJ); 2012 = 69,98% (F.E. = 59,48 t CO<sub>2</sub>/TJ). A partir del año 2013, se emplea una fracción de carbono fósil fija de 71,11% (F.E. = 60,44 kg CO<sub>2</sub>/GJ) según las [recomendaciones de 22 de enero de 2014 del Grupo Técnico de Comercio de Emisiones de la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático \(CCPCC\)](#). Para el serrín impregnado: 2008-2011 = 66% (49,5 t CO<sub>2</sub>/TJ); 2012-2015 = 71,93% (F.E. = 53,95 t CO<sub>2</sub>/TJ)

Contaminante	Combustible	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
	(estériles de escombrera) – Residuos de hidrocarburos sólidos – Coque de petróleo – Disolventes, barnices, pinturas y mezclas – Otros líquidos alternativos no biomasa				
CH <sub>4</sub>	– Carbones – Fuelóleo y gasóleo – Gas natural	1990-2015	D	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Tabla 2.8	Factores de emisión por defecto por tipo de combustible específicos para hornos de clínker y cal
	– Resto de combustibles		D	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Tabla 2.3	Factores de emisión por defecto por tipo de combustible genérico de las industrias manufactureras y de la construcción
N <sub>2</sub> O	– Todos	1990-2015	D	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Tabla 2.3	Factores de emisión por defecto por tipo de combustible genérico de las industrias manufactureras y de la construcción

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
NO <sub>x</sub> CO Hg Cr Cu Ni Se Zn TSP	1990-2004	CS	OFICEMEN	Estimación mediante proyección lineal desde 2005 a 1990 considerando un % de reducción de las emisiones desde 1990 a 2005 (información facilitada por OFICEMEN)
	2005-2006			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España en 2005 y 2006
	2007-2009			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2007 y 2011
	2010			Interpolación lineal a partir de los valores de 2009 y 2011
	2011-2015			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2009 y 2013

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
NMVOC	1990-2006	CS	OFICEMEN	Estimación mediante interpolación lineal desde el valor de 1990 al valor de 2007. El valor de 1990 fue obtenido en una fase anterior a partir de la proyección lineal desde 2005 a 1990 considerando un % de reducción lineal de las emisiones desde 1990 a 2005 (información facilitada por OFICEMEN)
	2007-2009			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2007 y 2011
	2010			Interpolación lineal a partir de los valores de 2009 y 2011
	2011-2015			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2009 y 2013

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
SO <sub>2</sub> Pb As	1990-2004	CS	OFICEMEN	Estimación mediante proyección lineal desde 2005 a 1990 considerando un % de reducción de las emisiones desde 1990 a 2005 (información facilitada por OFICEMEN)
	2005			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España en 2005 y 2006
	2006			Interpolación lineal a partir de los valores de 2005 y 2007
	2007-2009			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2007 y 2011
	2010			Interpolación lineal a partir de los valores de 2009 y 2011
2011-2015	Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2009 y 2013			
Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
Cd	1990-2004	CS	OFICEMEN	Estimación mediante proyección lineal desde 2005 a 1990 considerando un % de reducción de las emisiones desde 1990 a 2005 (información facilitada por OFICEMEN)
	2005			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España en 2005 y 2006
	2006-2007			Interpolación lineal a partir de los valores de 2005 y 2007
	2008-2009			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2007 y 2011
	2010			Interpolación lineal a partir de los valores de 2009 y 2011
	2011-2015			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2009 y 2013

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
PM <sub>2.5</sub> PM <sub>10</sub>	1990-2015	CS/D	EMEP/CORINAIR 2007. Capítulo B-3311. Tabla 8.2g	FE estimado mediante la aplicación sobre el FE de TSP basado en mediciones, el ratio PM <sub>10</sub> /TSP y PM <sub>2.5</sub> /TSP de la fuente citada. Se asume que se tratan de instalaciones modernas con un nivel de eficiencia de reducción alto (filtros de mangas adicionales sobre la chimenea del horno; control efectivo de las emisiones fugitivas)

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
BC	1990-2015	D	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Tablas 3-2 a 3-5	Porcentaje por defecto por tipo de combustible (sólido, líquido, gas y biomasa) del FE de PM <sub>2.5</sub> empleado

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
DIOX	1990-2006	CS	CIEMAT	Factor de emisión tomado de un <a href="#">estudio realizado por el CIEMAT</a> para la industria cementera <sup>2</sup>
	2007-2009		OFICEMEN	Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2007 y 2011
	2010			Interpolación lineal a partir de los valores de 2009 y 2011
	2011-2015			Media de los valores de emisión reales de las fábricas en España entre 2009 y 2013

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
PAH	1990-2015	D	EMEP/CORINAIR 2007. Parte B. Capítulo "Estimation of PAH Emissions"	FE genéricos de combustión ante la ausencia de información específica para esta actividad, expresados por tonelada combustible empleado. Se ha realizado el supuesto de que son "plantas grandes" de combustión industrial con tecnologías de control de las emisiones

<sup>2</sup> Ruiz M. Luisa et al., 2005. Estudio y resultados de la Participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003). CIEMAT 2005

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
PCB	1990-2015	D	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Tabla 3-24	Factor de emisión por defecto por tonelada de clínker

Observaciones: D: por defecto (del inglés "Default"); CS: específico del país (del inglés "Country Specific"); PS: específico de la planta (del inglés "Plant Specific"); OTH: otros (del inglés "Other"); M: modelo (del inglés "Model")

El empleo de diferentes fuentes de información para los años 2006 y 2007 según el contaminante responde al criterio adoptado sobre homogeneidad de la serie temporal. En los casos de rupturas importantes de la serie por cambio de fuente, ha sido necesario emplear procedimientos de interpolación, tal y como recomiendan las guías metodológicas IPCC 2006 y EMEP/EEA 2016.

La proyección lineal realizada para alguno de los factores de emisión se llevó a cabo con el objetivo de establecer un procedimiento de estimación de factores de emisión homogéneo en el tiempo. Se requería proyectar retrospectivamente los factores de emisión anteriores hasta el año 1990. Para ello se consultó con OFICEMEN cuál habría sido la evolución previsible de la incorporación de tecnologías de abatimiento, así como su incidencia en las emisiones de los contaminantes considerados. El diagnóstico sobre este punto se presenta en el Anexo II (Datos de factores de emisión).

### Cemento natural

Contaminante	Combustible	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
CO <sub>2</sub>	– Coque de carbón	1990-2006	D	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Tabla 2.3	Factores de emisión por defecto por GJ y tipo de combustible
	– Hulla – Coque de petróleo		CS	Estimación propia	Factores estimados según el contenido de carbono fósil de los combustibles
CH <sub>4</sub>	– Coque de carbón	1990-2006	D	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Tabla 2.3	Factores de emisión por defecto por tipo de combustible genérico de las industrias manufactureras y de la construcción
N <sub>2</sub> O	– Hulla – Coque de petróleo				

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción	
SO <sub>2</sub>	1990-2006	CS	Estimación propia	FE calculados mediante balance de masas a partir de las características por defecto de los combustibles utilizados	
NO <sub>x</sub>		D	EMEP/CORINAIR 2007. Capítulo B-3311. Tabla 8.2a	Factores de emisión por defecto expresados por GJ de cada tipo de combustible empleado	
NMVO					
CO					
Pb					
Cd					
Hg					
As					
Cr					
Ni					
Se					
Zn					
PM <sub>2.5</sub>					CEPMEIP. SNAP 03- Production of cement
PM <sub>10</sub>					
TSP					

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
BC			EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Tablas 3-2 y 3-3	Porcentaje por defecto por tipo de combustible (sólido y líquido) del FE de PM <sub>2.5</sub> empleado
DIOX		CS	CIEMAT	Factor de emisión tomado de un <a href="#">estudio realizado por el CIEMAT</a> para la industria cementera <sup>3</sup> expresado en por tonelada de cemento producido
PAH		D	EMEP/CORINAIR 2007. Parte B. Capítulo "Estimation of PAH Emissions"	FE genéricos de combustión ante la ausencia de información específica para esta actividad, expresados por tonelada combustible empleado. Se ha realizado el supuesto de que son "plantas grandes" de combustión industrial con tecnologías de control de las emisiones

Observaciones: D: por defecto (del inglés "Default"); CS: específico del país (del inglés "Country Specific"); PS: específico de la planta (del inglés "Plant Specific"); OTH: otros (del inglés "Other"); M: modelo (del inglés "Model")

## Incertidumbres

La incertidumbre de esta actividad se calcula a nivel de CRF 1A2 y NFR 1A2f y es la recogida en la siguiente tabla:

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
CO <sub>2</sub> (combustibles sólidos)	5	15,1	<u>Variable de actividad:</u> para los combustibles sólidos, se estima que la incertidumbre de la variable de actividad se sitúa en torno al 5%, habiéndose tomado el límite superior de la Guía IPCC 2006 (vol. 2, cap. 2, tabla 2.15) para el cruce <i>sistema estadístico bien desarrollado y extrapolación</i> (rango: 3%-5%), ya que, si bien el consumo está localizado en un número no muy amplio de sectores y, en alguno de ellos en grandes plantas, de las que se obtiene información por cuestionario directo, la información debe ser complementada con extrapolaciones para estimar el resto de consumos (otros subsectores y plantas). <u>Factor de emisión:</u> se ha estimado como un como promedio de las incertidumbres, comparativamente más reducidas, asociadas al contenido de carbono de este tipo de combustible en fuentes puntuales, para las que se dispone de información directa de planta, con las propias de las fuentes de área, notablemente menos precisas
CO <sub>2</sub> (combustibles líquidos)	10	3,2	<u>Variable de actividad:</u> para los combustibles líquidos, y en lo que se refiere a la variable de actividad, el procedimiento de recopilación de información (cuestionarios directos a grandes plantas complementado con extrapolación al conjunto restante de plantas y sectores) se encuadra, atendiendo a la clasificación presentada en la Guía IPCC 2006 (vol. 2, cap. 2, tabla 2.15), dentro de un <i>sistema estadístico bien desarrollado con extrapolación</i> . En consecuencia, la incertidumbre asociada al consumo de esta clase de combustibles se ha cuantificado en un 10%, límite superior del rango propuesto por la citada guía para este tipo de sistema en la industria general (rango: 5%-10%). <u>Factor de emisión:</u> la incertidumbre asociada incorpora la propia incertidumbre del contenido de carbono, tomándose el valor de 3,2%
CO <sub>2</sub> (combustibles gaseosos)	5	1,5	<u>Variable de actividad:</u> con respecto a los combustibles gaseosos, que contempla únicamente el gas natural, la información referente a la variable de actividad, compilada por segmentos sectoriales y de cantidad en cuanto a tipos de tarifa, se enmarca dentro un sistema estadístico bien desarrollado y prácticamente exhaustivo, existiendo sin embargo una cierta indefinición en la combinación de consumo imputable a electricidad en cogeneración y resto de consumos por actividades sectoriales. Atendiendo a estas consideraciones se ha tomado para el consumo de gas natural una incertidumbre del 5%, límite superior del rango sugerido en la Guía IPCC 2006 (vol. 2, cap. 2, tabla 2.15) para sistemas bien desarrollados basados en encuestas (rango: 3-5%). <u>Factor de emisión:</u> la incertidumbre se sitúa en un 1,5% de acuerdo con la precisión elevada del contenido de carbono, calculada a partir de la composición molar anual facilitada por la empresa transportista del gas
CO <sub>2</sub> (otros combustibles)	17,5	5	<u>Variable de actividad:</u> Dada la heterogeneidad de los combustibles considerados dentro del grupo "Otros combustibles", junto con el menor desarrollo general observado en los sistemas de captura de información y la aplicación de extrapolación, se estima una incertidumbre en la variable de actividad del 17,5%, dentro del rango indicado en la Guía IPCC 2006 (vol. 2, cap. 2, tabla 2.15) para este cruce de sistema y origen de datos (rango: 15-20%). <u>Factor de emisión:</u> con base en la heterogeneidad ya citada, la incertidumbre global en el factor de emisión de CO <sub>2</sub> se estima del 5%, tal y como aparece reflejado en la Guía IPCC 2006 (vol. 2, cap. 2, tabla 2.13)

<sup>3</sup> Ruiz M. Luisa et al., 2005. Estudio y resultados de la Participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003). CIEMAT 2005

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
CH <sub>4</sub>	5	233	<u>Variable de actividad:</u> misma incertidumbre que la asignada a la variable de actividad para el CO <sub>2</sub> en combustibles sólidos y gaseosos. <u>Factor de emisión:</u> estimada a partir del valor por defecto y los valores de los extremos del intervalo de confianza del 95% reflejados en la Guía IPPC 2006 (vol. 2, cap. 2, tabla 2.3)
N <sub>2</sub> O	5	275	<u>Variable de actividad:</u> misma incertidumbre que la asignada a la variable de actividad para el CO <sub>2</sub> en combustibles sólidos y gaseosos. <u>Factor de emisión:</u> estimada a partir del valor por defecto y los valores de los extremos del intervalo de confianza del 95% reflejados en la Guía IPPC 2006 (vol. 2, cap. 2, tabla 2.3)
NO <sub>x</sub>	5,29	37,74	<u>Variable de actividad:</u> incertidumbre combinada de las incertidumbres individuales de cada tipo de combustible (sólido, líquido, gaseoso y otros) arriba indicadas para el CO <sub>2</sub> en el CRF 1A2. Como dato para ponderación de cada incertidumbre se ha empleado el consumo de cada tipo de combustible dentro del NFR 1A2f en el que se encuentra englobada la Fabricación de cemento. <u>Factor de emisión:</u> incertidumbre combinada de las incertidumbres individuales de los factores de emisión empleados en las actividades con más peso respecto a las emisiones de NO <sub>x</sub> de la categoría NFR 1A2f (fabricación de cemento, vidrio hueco y otros vidrios)
NM VOC	5,29	293	<u>Variable de actividad:</u> incertidumbre combinada de las incertidumbres individuales de cada tipo de combustible (sólido, líquido, gaseoso y otros) arriba indicadas para el CO <sub>2</sub> en el CRF 1A2. Como dato para ponderación de cada incertidumbre se ha empleado el consumo de cada tipo de combustible dentro del NFR 1A2f en el que se encuentra englobada la fabricación de cemento. <u>Factor de emisión:</u> incertidumbre combinada de las incertidumbres individuales de los factores de emisión empleados en las actividades de la categoría NFR 1A2f
SO <sub>2</sub>	5,29	42	<u>Variable de actividad:</u> incertidumbre combinada de las incertidumbres individuales de cada tipo de combustible (sólido, líquido, gaseoso y otros) arriba indicadas para el CO <sub>2</sub> en el CRF 1A2. Como dato para ponderación de cada incertidumbre se ha empleado el consumo de cada tipo de combustible dentro del NFR 1A2f en el que se encuentra englobada la fabricación de cemento. <u>Factor de emisión:</u> incertidumbre combinada de las incertidumbres individuales de los factores de emisión empleados en las actividades con más peso respecto a las emisiones de SO <sub>2</sub> de la categoría NFR 1A2f (fabricación de cemento, plantas de mezclas bituminosas y ladrillos y tejas)
PM <sub>2,5</sub> PM <sub>10</sub> TSP BC CO Pb Cd Hg As Cr Cu Ni Se Zn DIOX PAH PCB	-	-	Para estos contaminantes no se realiza análisis de incertidumbre. Para más información, consultar la metodología para el cálculo de incertidumbres del reporte a CLRTAP

## Coherencia temporal de la series

La serie se considera coherente al cubrir el conjunto de plantas del sector en el periodo inventariado y provenir la información directamente de las plantas, habiendo sido gestionada por la asociación empresarial del sector.

## Observaciones

No procede

## Criterio para la distribución espacial de las emisiones

La información sobre producción de clínker y consumo de combustibles es proporcionada a nivel provincial por la fuente, por lo que las emisiones son distribuidas provincialmente también. En aquellos años en los que no se ha podido disponer de la información con este desglose territorial, se ha calculado mediante la fórmula:

$$C_t * \frac{P_p}{P_E}$$

$C_t$  = consumo de combustibles en toneladas (t)

$P_p$  = producción de cemento en la provincia en cuestión (t)

$P_E$  = producción nacional de cemento (t)

## Juicio de experto asociado

No procede

## Fecha de actualización

Octubre 2017

Ficha Técnica

## ANEXO I

### Datos de la variable de actividad

#### Clínker. Consumo de combustibles (TJ)

Año	Carbón importación	Carbón nacional	Carbón sub-bituminoso	Estériles de escombrera	Coque de petróleo	Neumáticos	Residuos industriales	Serrín impregnado	Residuos de madera	Lodos de depuradora	Plásticos	Combustibles derivados de residuos	Harinas animales	Celulosa	Fuelóleo	Gasóleo	Disolventes	Aceites usados	Asfaltos	Res. Ind. de petróleo	Otros comb. Líquidos	Gas natural	G.L.P.	TOTAL
1990	49.855	625	-	-	32.752	-	-	-	470	-	-	-	-	-	3.428	-	-	-	-	-	-	214	-	87.346
1991	44.901	155	-	-	35.684	-	-	-	331	-	-	-	-	-	3.899	-	-	-	-	-	-	165	-	85.134
1992	31.746	124	-	-	39.402	-	-	-	238	-	-	-	-	-	3.497	-	-	-	-	-	-	194	-	75.202
1993	23.417	42	-	-	43.249	-	-	-	227	-	-	-	-	-	2.653	-	-	-	-	-	-	101	-	69.689
1994	18.862	64	-	-	56.126	-	-	-	166	-	-	-	-	-	2.723	-	-	-	-	-	-	82	-	78.024
1995	11.789	90	-	-	68.900	-	-	-	201	-	-	-	-	-	2.404	-	-	-	-	-	-	144	-	83.527
1996	10.576	98	-	-	70.789	-	-	-	46	-	-	-	-	-	1.926	-	-	217	-	-	-	116	-	83.768
1997	7.500	190	-	-	78.537	66	-	-	69	-	-	-	-	-	2.265	-	-	182	-	-	-	164	-	88.972
1998	8.131	190	-	-	84.165	102	-	-	62	-	-	-	-	-	2.804	-	-	305	-	-	-	132	-	95.891
1999	7.492	130	-	-	89.447	382	-	-	150	-	-	-	-	-	3.322	-	175	441	-	-	-	163	-	101.703
2000	7.650	236	-	-	90.065	405	-	-	95	-	-	-	-	-	2.576	-	347	355	-	-	-	203	-	101.930
2001	7.441	165	-	-	94.503	527	-	-	72	-	-	-	-	-	2.678	-	324	184	-	-	-	259	-	106.153
2002	6.029	199	-	-	99.712	942	-	-	51	-	-	-	-	-	2.021	-	323	169	-	-	-	250	-	109.696
2003	5.324	294	-	-	104.604	1.112	-	-	59	-	-	-	618	-	1.815	-	1.471	616	-	-	-	201	-	116.114
2004	3.778	341	-	-	105.864	1.244	-	-	177	-	-	-	849	-	1.891	-	979	1.225	-	-	-	24	-	116.372
2005	3.971	461	-	-	104.479	1.521	495	-	409	315	-	-	1.033	-	2.027	-	1.089	1.200	-	-	-	259	-	117.259
2006	3.636	310	-	-	106.117	1.319	837	-	616	142	-	-	1.332	-	1.969	-	1.087	1.046	-	-	-	201	-	118.611
2007	9.300	526	-	-	97.552	1.759	1.367	-	787	104	-	-	1.456	-	2.788	-	1.366	1.078	-	-	-	202	-	118.285
2008	6.046	1.988	35	29	83.361	1.614	353	608	344	292	22	8	1.245	19	1.359	24	1.923	528	266	117	329	194	-	100.705
2009	644	165	-	90	65.068	2.586	1.939	768	1.021	437	184	4	879	15	900	20	1.476	300	53	2	255	99	-	76.907
2010	736	156	-	140	62.201	3.650	2.644	878	1.128	703	438	-	835	25	722	13	1.299	465	34	167	621	90	-	76.944
2011	314	104	-	134	50.118	4.034	4.915	173	2.258	922	636	-	897	337	583	16	1.277	1.083	41	33	282	74	-	68.232
2012	263	165	-	74	44.258	3.753	592	149	2.117	803	487	4.718	955	604	520	19	737	97	3	0	608	133	0,22	61.056
2013	304	125	-	39	37.430	3.178	142	489	1.262	565	106	5.417	1.005	177	456	29	317	140	55	0	1.443	97	0,22	52.776
2014	304	41	-	36	45.441	3.626	865	347	1.190	338	260	5.544	973	-	522	33	410	651	-	259	618	123	-	61.580
2015	343	0,26	-	118	46.803	3.067	1.190	252	1.371	298	126	5.556	1.165	-	544	38	605	1.011	42	207	502	117	-	63.354

Clínker. Consumo de combustibles (kt)

Año	Carbón importación	Carbón nacional	Carbón sub-bituminoso	Estériles de escombrera	Coque de petróleo	Neumáticos	Residuos industriales	Serrín impregnado	Residuos de madera	Lodos de depuradora	Plásticos	Combustibles derivados de residuos	Harinas animales	Celulosa	Fuelóleo	Gasóleo	Disolventes	Aceites usados	Asfaltos	Res. Ind. de petróleo	Otros comb. Líquidos	Gas natural	G.L.P.
1990	1.953	27	-	-	1.008	-	-	-	36	-	-	-	-	-	85	-	-	-	-	-	-	4	-
1991	1.759	7	-	-	1.098	-	-	-	25	-	-	-	-	-	97	-	-	-	-	-	-	3	-
1992	1.243	5	-	-	1.212	-	-	-	18	-	-	-	-	-	87	-	-	-	-	-	-	4	-
1993	917	2	-	-	1.331	-	-	-	17	-	-	-	-	-	66	-	-	-	-	-	-	2	-
1994	739	3	-	-	1.727	-	-	-	13	-	-	-	-	-	68	-	-	-	-	-	-	2	-
1995	462	4	-	-	2.120	-	-	-	15	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	3	-
1996	414	4	-	-	2.178	-	-	-	3	-	-	-	-	-	48	-	-	5	-	-	-	2	-
1997	294	8	-	-	2.417	2	-	-	5	-	-	-	-	-	56	-	-	5	-	-	-	3	-
1998	318	8	-	-	2.590	3	-	-	5	-	-	-	-	-	70	-	-	8	-	-	-	3	-
1999	293	6	-	-	2.752	12	-	-	11	-	-	-	-	-	83	-	5	11	-	-	-	3	-
2000	300	10	-	-	2.771	13	-	-	7	-	-	-	-	-	64	-	10	9	-	-	-	4	-
2001	291	7	-	-	2.908	17	-	-	5	-	-	-	-	-	67	-	10	5	-	-	-	5	-
2002	236	9	-	-	3.068	30	-	-	4	-	-	-	-	-	50	-	10	4	-	-	-	5	-
2003	209	13	-	-	3.219	35	-	-	4	-	-	-	33	-	45	-	44	15	-	-	-	4	-
2004	148	15	-	-	3.257	40	-	-	13	-	-	-	45	-	47	-	29	30	-	-	-	0,50	-
2005	156	20	-	-	3.215	48	24	-	31	22	-	-	54	-	50	-	33	30	-	-	-	5	-
2006	142	13	-	-	3.265	42	40	-	47	10	-	-	70	-	49	-	33	26	-	-	-	4	-
2007	364	23	-	-	3.002	56	65	-	60	7	-	-	77	-	69	-	41	27	-	-	-	4	-
2008	237	86	4	9	2.565	51	17	48	26	20	0,92	0,63	66	0,75	34	0,56	58	13	10	4	17	4	-
2009	25	7	-	21	2.002	82	92	60	77	30	8	0,31	46	0,58	22	0,48	44	7	2	0,07	13	2	-
2010	29	7	-	32	1.914	116	126	69	86	48	18	-	44	0,98	18	0,32	39	12	1,32	5	32	2	-
2011	12	4	-	31	1.542	129	234	14	171	63	26	-	47	13	14	0,38	38	27	2	1,02	14	2	-
2012	9	6	-	18	1.362	119	28	11	161	55	21	235	64	27	13	0,45	40	2	0,12	0,02	31	3	0,005
2013	11	5	-	10	1.152	101	7	37	96	39	4	270	67	8	11	0,69	17	3	2	0,02	74	2	0,005
2014	11	2	-	9	1.398	115	41	26	90	23	11	277	65	-	13	0,78	22	16	-	8	32	3	-
2015	12	0,01	-	29	1.440	97	57	19	104	20	5	277	78	-	14	0,90	33	25	2	6	26	2	-

**Cemento natural. Consumo de combustibles (TJ)**

Año	Carbón nacional	Coque de petróleo	Coque	TOTAL
1990	98	29	38	165
1991	91	82	-	173
1992	85	67	-	152
1993	66	68	-	134
1994	39	73	-	111
1995	37	77	-	114
1996	34	70	-	104
1997	37	80	-	117
1998	37	78	-	115
1999	37	78	-	115
2000	37	78	-	114
2001	33	69	-	103
2002	36	77	-	113
2003	40	76	-	116
2004	44	75	-	119
2005	44	75	-	119
2006	44	75	-	119

**Cemento natural. Consumo de combustibles (t)**

Año	Carbón nacional	Coque de petróleo	Coque
1990	4.246	905	1.260
1991	3.954	2.509	-
1992	3.663	2.074	-
1993	2.869	2.093	-
1994	1.671	2.242	-
1995	1.592	2.378	-
1996	1.473	2.157	-
1997	1.596	2.466	-
1998	1.590	2.397	-
1999	1.601	2.411	-
2000	1.587	2.387	-
2001	1.436	2.137	-
2002	1.578	2.360	-
2003	1.746	2.327	-
2004	1.914	2.294	-
2005	1.914	2.294	-
2006	1.914	2.294	-

**Clínker. Producción (t) y requerimiento energético (GJ/t)**

Año	Producción de clínker (t)	Requerimiento energético (GJ/t)
1990	23.211.731	3,76
1991	22.118.675	3,85
1992	19.732.165	3,81
1993	18.740.185	3,72
1994	21.737.227	3,59
1995	23.373.454	3,57
1996	22.900.967	3,66
1997	24.104.979	3,69
1998	26.103.860	3,67
1999	27.280.915	3,73
2000	27.840.499	3,66
2001	28.382.550	3,74
2002	29.357.596	3,74
2003	30.316.646	3,83
2004	30.798.002	3,78
2005	31.742.484	3,69
2006	32.078.063	3,70
2007	32.045.543	3,69
2008	27.304.551	3,69
2009	21.594.604	3,56
2010	21.207.202	3,63
2011	18.242.700	3,74
2012	16.718.983	3,65
2013	14.649.827	3,60
2014	16.950.910	3,63
2015	17.649.533	3,59

**Cemento natural. Producción (t) y requerimiento energético (GJ/t)**

Año	Producción de cemento natural (t)	Requerimiento energético (GJ/t)
1990	58.341	2,83
1991	54.202	3,19
1992	47.342	3,21
1993	44.603	3,01
1994	57.134	1,95
1995	43.678	2,61
1996	39.850	2,61
1997	44.861	2,61
1998	43.914	2,61
1999	44.181	2,61
2000	43.750	2,61
2001	39.300	2,61
2002	43.341	2,61
2003	44.247	2,62
2004	45.152	2,63
2005	45.152	2,63
2006	45.152	2,63

Ficha Técnica

## ANEXO II

### Datos de factores de emisión

#### Clínker. Factores de emisión por combustible

COMBUSTIBLE	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	PAH <sup>4</sup>	BC <sup>5</sup>
	(kg/GJ)	(g/GJ)	(g/GJ)	(mg/t)	(% PM <sub>2.5</sub> )
Carbón de importación	101	1	1,5	260	6,4
Carbón nacional	98,55 - 99,42	1	1,5	260	6,4
Carbón sub-bituminoso	120,81	10	1,5	260	6,4
Estériles de escombrera	114,7 - 120,08	1	1,5	260	6,4
Coque de petróleo	99,3	3	0,6	-	56
Neumáticos	58,78 - 63,99	30	4	-	6,4
Residuos industriales	80	30	4	-	6,4
Serrín impregnado	49,5 - 53,95	30	4	5	6,4
Residuos de madera	0	30	4	5	28
Lodos de depuradora	0	30	4	-	28
Plásticos	75	30	4	-	6,4
Combustibles derivados de residuos	31,14	30	4	-	6,4
Harinas cárnicas	0	30	4	-	28
Celulosa	0	30	4	-	28
Fuelóleo	77,4	1	0,6	-	56
Gasóleo	74,1	1	0,6	-	56
Disolventes	85,08	30	4	-	6,4
Aceites usados	73,3	30	4	-	6,4
Asfaltos	94,49	3	0,6	-	56
Residuos industriales de petróleo	77,4	30	0,6	-	56
Otros residuos líquidos	73,6	30	4	-	56
Gas natural	56,1	1,1	0,1	-	4
G.L.P.	64,2	1	0,1	-	4

<sup>4</sup> Factor expresados en mg/t de combustible

<sup>5</sup> Factor expresado como % del factor de PM<sub>2.5</sub>

**Clínker. Factores de emisión por tonelada de clínker producido**

AÑO	NO <sub>x</sub>	NMVOG	SO <sub>2</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PCB
	(g/t)	(g/t)	(g/t)	(g/t)	(g/t)	(g/t)	(g/t)	(mg/t)	(ng/t)	(mg/t)								
1990	3.756,00	67,00	755,00	-	-	-	2.652,00	613,00	613,00	46,00	153,00	153,00	153,00	153,00	20,00	613,00	36,53	0,1030
1991	3.631,00	64,01	747,00	-	-	-	2.599,00	568,00	568,00	44,00	142,00	142,00	142,00	142,00	19,00	568,00	36,53	0,0971
1992	3.506,00	61,01	740,00	-	-	-	2.546,00	523,00	523,00	43,00	131,00	131,00	131,00	131,00	17,00	523,00	36,53	0,0912
1993	3.380,00	58,02	732,00	-	-	-	2.492,00	477,00	477,00	41,00	119,00	119,00	119,00	119,00	16,00	477,00	36,53	0,0853
1994	3.255,00	55,02	725,00	-	-	-	2.439,00	432,00	432,00	40,00	108,00	108,00	108,00	108,00	14,00	432,00	36,53	0,0794
1995	3.130,00	52,03	717,00	-	-	-	2.386,00	387,00	387,00	38,00	97,00	97,00	97,00	97,00	13,00	387,00	36,53	0,0735
1996	3.005,00	49,04	710,00	-	-	-	2.333,00	341,00	341,00	37,00	85,00	85,00	85,00	85,00	11,00	341,00	36,53	0,0676
1997	2.880,00	46,04	702,00	-	-	-	2.280,00	296,00	296,00	35,00	74,00	74,00	74,00	74,00	10,00	296,00	36,53	0,0617
1998	2.754,00	43,05	695,00	-	-	-	2.227,00	251,00	251,00	34,00	63,00	63,00	63,00	63,00	8,00	251,00	36,53	0,0558
1999	2.629,00	40,05	687,00	-	-	-	2.174,00	205,00	205,00	32,00	51,00	51,00	51,00	51,00	7,00	205,00	36,53	0,0499
2000	2.504,00	37,06	679,00	39,00	88,00	98,00	2.121,00	160,00	160,00	31,00	40,00	40,00	40,00	40,00	5,00	160,00	36,53	0,0440
2001	2.379,00	34,06	672,00	36,00	81,00	90,00	2.068,00	146,00	146,00	29,00	37,00	37,00	37,00	37,00	5,00	146,00	36,53	0,0381
2002	2.254,00	31,07	664,00	33,00	73,00	81,00	2.015,00	133,00	133,00	28,00	33,00	33,00	33,00	33,00	4,00	133,00	36,53	0,0322
2003	2.128,00	28,08	657,00	29,00	66,00	73,00	1.962,00	119,00	119,00	26,00	30,00	30,00	30,00	30,00	4,00	119,00	36,53	0,0263
2004	2.003,00	25,08	649,00	26,00	58,00	65,00	1.909,00	106,00	106,00	25,00	26,00	26,00	26,00	26,00	3,00	106,00	36,53	0,0204
2005	1.873,59	22,09	649,93	18,96	42,30	47,40	1.873,59	80,50	69,00	23,00	23,00	23,00	20,00	20,00	3,00	115,00	36,53	0,0145
2006	1.873,59	19,09	466,97	18,96	42,30	47,40	1.873,59	60,75	39,23	23,00	14,77	23,00	20,00	20,00	3,00	115,00	36,53	0,0086
2007	1.960,00	16,10	284,00	12,40	27,66	31,00	2.050,00	41,00	9,46	17,20	6,54	39,50	20,40	17,50	5,82	89,60	17,80	0,0027
2008	1.960,00	16,10	284,00	12,40	27,66	31,00	2.050,00	41,00	4,57	17,20	6,54	39,50	20,40	17,50	5,82	89,60	17,80	0,0027
2009	1.960,00	16,10	284,00	12,40	27,66	31,00	2.050,00	41,00	4,57	17,20	6,54	39,50	20,40	17,50	5,82	89,60	17,80	0,0027
2010	1.945,00	15,35	231,50	11,80	26,32	29,50	2.090,00	42,10	4,57	18,40	6,29	30,95	20,10	17,95	8,21	91,60	19,84	0,0029
2011	1.930,00	14,60	179,00	12,40	27,66	28,00	2.130,00	43,20	4,57	19,60	6,03	22,40	19,80	18,40	10,60	93,60	21,87	0,0031
2012	1.930,00	14,60	179,00	11,20	24,98	28,00	2.130,00	43,20	4,57	19,60	6,03	22,40	19,80	18,40	10,60	93,60	21,87	0,0031
2013	1.930,00	14,60	179,00	11,20	24,98	28,00	2.130,00	43,20	4,57	19,60	6,03	22,40	19,80	18,40	10,60	93,60	21,87	0,0031
2014	1.930,00	14,60	179,00	11,20	24,98	28,00	2.130,00	43,20	4,57	19,60	6,03	22,40	19,80	18,40	10,60	93,60	21,87	0,0031
2015	1.930,00	14,60	179,00	11,20	24,98	28,00	2.130,00	43,20	4,57	19,60	6,03	22,40	19,80	18,40	10,60	93,60	21,87	0,0031

**Clínker. Porcentajes de reducción de emisiones respecto a 1990 facilitada por OFICEMEN**

- Sustancias con reducción lineal a lo largo de los años (1990-2005):

Reducción con respecto a 1990	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOC <sup>6</sup>	CO
En 2005	15%	50%	15%	30%

- Sustancias con reducción lineal en dos intervalos diferenciados (1990-2005 y 2000-2005):

Reducción con respecto a 1990	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	TSP
En 2000	42,5%	42,5%	42,5%	42,5%	25%	42,5%	42,5%	42,5%	42,5%
En 2005	85%	85%	85%	85%	50%	85%	85%	85%	85%

**Cemento natural. Factores de emisión por combustible**

COMBUSTIBLE	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>	CO	BC <sup>7</sup>	DIOX	PAH <sup>8</sup>
	(kg/GJ)	(g/GJ)	(g/GJ)	(g/GJ)	(g/GJ)	(g/GJ)	(g/GJ)	(% PM <sub>2.5</sub> )	(ng/t)	(mg/t)
Coque de carbón	107	10	1,5	150	15	351	70	6,4	36,53	260
Hulla	99,4	10	1,5	150	15	493	70	6,4		43,3
Coque de petróleo	99,3	3	0,6	300	1,5	2.911	70	56		-

**Cemento natural. Factores de emisión por tonelada de cemento producido**

PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	PST	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Ni	Se	Zn
(g/t)	(g/t)	(g/t)	(mg/t)							
180	510	600	216	8	275	12	105	111	2	293

<sup>6</sup> La información original se refería a COT (Carbono Orgánico Total), que aquí se ha asimilado a NMVOC.

<sup>7</sup> Factor expresado como % del factor de PM<sub>2.5</sub>

<sup>8</sup> Factor expresados en mg/t de combustible

## ANEXO III

### Cálculo de emisiones

$$\text{Emisiones de As(kg) en la producción de clínker} = M_{cl} * FE / 1.000.000$$

$$\text{Emisiones de As 2015 (kg)} = 17.649.533 * \frac{6,03}{1.000.000} = 106,4$$

$M_{cl}$  = Masa de clínker producido (t)

$FE$  = Factor de emisión (mg As/t clínker)

Ficha Técnica

## ANEXO IV

### Emisiones

#### Clínker

AÑO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>
	(kt)	(t)	(t)	(kg)	(kg)	(kg)
1990	8.713,00	210,83	99,33	-	-	-
1991	8.482,05	200,92	92,67	-	-	-
1992	7.467,50	190,91	74,52	-	-	-
1993	6.915,19	184,75	63,65	-	-	-
1994	7.732,64	214,76	64,37	-	-	-
1995	8.255,74	244,27	61,42	-	-	-
1996	8.296,95	244,22	60,70	-	-	-
1997	8.789,71	266,25	61,30	-	-	-
1998	9.464,56	288,70	66,55	-	-	-
1999	10.000,91	323,23	71,71	-	-	-
2000	10.043,07	324,14	72,24	-	-	-
2001	10.459,18	332,98	74,17	-	-	-
2002	10.806,96	356,45	76,35	-	-	-
2003	11.351,64	439,19	87,80	-	-	-
2004	11.329,23	459,01	88,73	-	-	-
2005	11.310,80	502,99	94,82	-	-	-
2006	11.420,15	516,90	96,30	-	-	-
2007	11.331,08	544,43	106,63	-	-	-
2008	9.638,42	482,97	92,69	-	-	-
2009	7.162,28	493,32	80,51	-	-	-
2010	7.073,42	574,14	90,22	-	-	-
2011	6.007,91	657,14	98,61	-	-	-
2012	5.072,90	602,58	90,13	-	-	-
2013	4.362,89	540,75	80,52	-	-	-
2014	5.249,58	589,77	87,62	-	-	-
2015	5.407,70	602,18	90,76	-	-	-

AÑO	Contaminantes principales				Material particulado				Otros	Metales pesados prioritarios			Metales pesados adicionales						Contaminantes orgánicos persistentes			
	NOx	NMVOc	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAH	HCB	PCB
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	g I-TEQ	kg	kg	kg
1990	87.019	1.552	17.492	-	-	-	-	-	61.441	14.202	14.202	1.066	3.545	3.545	3.545	3.545	463	14.202	0,8463	516,66	-	2,3863
1991	80.150	1.413	16.489	-	-	-	-	-	57.370	12.538	12.538	971	3.134	3.134	3.134	3.134	419	12.538	0,8064	460,10	-	2,1434
1992	69.041	1.201	14.572	-	-	-	-	-	50.137	10.299	10.299	847	2.580	2.580	2.580	2.580	335	10.299	0,7194	325,48	-	1,7959
1993	63.220	1.085	13.691	-	-	-	-	-	46.611	8.922	8.922	767	2.226	2.226	2.226	2.226	299	8.922	0,6833	239,48	-	1,5955
1994	70.654	1.194	15.737	-	-	-	-	-	52.941	9.377	9.377	868	2.344	2.344	2.344	2.344	304	9.377	0,7929	193,28	-	1,7235
1995	73.059	1.214	16.736	-	-	-	-	-	55.693	9.033	9.033	887	2.264	2.264	2.264	2.264	303	9.033	0,8527	121,47	-	1,7156
1996	68.732	1.122	16.239	-	-	-	-	-	53.362	7.800	7.800	846	1.944	1.944	1.944	1.944	252	7.800	0,8355	109,13	-	1,5462
1997	69.331	1.108	16.899	-	-	-	-	-	54.887	7.126	7.126	843	1.781	1.781	1.781	1.781	241	7.126	0,8794	78,94	-	1,4853
1998	71.804	1.122	18.121	-	-	-	-	-	58.064	6.544	6.544	886	1.643	1.643	1.643	1.643	209	6.544	0,9524	85,37	-	1,4549
1999	71.640	1.091	18.721	-	-	-	-	-	59.242	5.586	5.586	872	1.390	1.390	1.390	1.390	191	5.586	0,9954	78,13	-	1,3598
2000	69.635	1.031	18.883	-	1.085	2.447	2.725	558	58.984	4.449	4.449	862	1.112	1.112	1.112	1.112	139	4.449	1,0159	81,06	-	1,2236
2001	67.457	966	19.055	-	1.021	2.297	2.552	529	58.638	4.140	4.140	822	1.049	1.049	1.049	1.049	142	4.140	1,0358	78,02	-	1,0803
2002	66.104	911	19.473	-	968	2.141	2.376	507	59.095	3.901	3.901	821	968	968	968	968	117	3.901	1,0713	64,04	-	0,9443
2003	64.449	850	19.898	-	878	1.999	2.211	457	59.422	3.604	3.604	787	909	909	909	909	121	3.604	1,1064	58,06	-	0,7965
2004	61.625	772	19.968	-	800	1.784	2.000	420	58.733	3.261	3.261	769	800	800	800	800	92	3.261	1,1239	42,94	-	0,6276
2005	59.412	700	20.610	-	601	1.341	1.503	311	59.412	2.553	2.188	729	729	729	634	634	95	3.647	1,1584	46,53	-	0,4598
2006	60.041	612	14.964	-	608	1.355	1.519	316	60.041	1.947	1.257	737	473	737	641	641	96	3.685	1,1706	41,28	-	0,2756
2007	62.809	516	9.101	-	397	886	993	194	65.693	1.314	303	551	210	1.266	654	561	187	2.871	0,5704	101,86	-	0,0865
2008	53.517	440	7.754	-	339	755	846	166	55.974	1.119	125	470	179	1.079	557	478	159	2.446	0,4860	90,58	-	0,0737
2009	42.325	348	6.133	-	268	597	669	133	44.269	885	99	371	141	853	441	378	126	1.935	0,3844	14,89	-	0,0583
2010	41.248	326	4.909	-	250	558	626	121	44.323	893	97	390	133	656	426	381	174	1.943	0,4206	18,58	-	0,0615
2011	35.208	266	3.265	-	226	505	511	102	38.857	788	83	358	110	409	361	336	193	1.708	0,3990	13,45	-	0,0565
2012	32.268	244	2.993	-	187	418	468	84	35.611	722	76	328	101	375	331	308	177	1.565	0,3656	9,96	-	0,0518
2013	28.207	213	2.616	-	164	365	409	73	31.131	631	67	286	88	327	289	269	155	1.368	0,3196	7,54	-	0,0453
2014	32.650	247	3.028	-	189	423	474	85	36.033	731	77	332	102	379	335	311	179	1.583	0,3700	6,47	-	0,0524
2015	32.715	247	3.034	-	198	441	494	89	37.594	762	81	346	106	395	349	325	187	1.652	0,3860	11,73	-	0,0535

Cemento natural

AÑO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>
	(kt)	(t)	(t)	(kg)	(kg)	(kg)
1990	16,70	1,45	0,22	-	-	-
1991	17,19	1,16	0,19	-	-	-
1992	15,11	1,05	0,17	-	-	-
1993	13,35	0,87	0,14	-	-	-
1994	11,08	0,60	0,10	-	-	-
1995	11,33	0,60	0,10	-	-	-
1996	10,35	0,55	0,09	-	-	-
1997	11,63	0,61	0,10	-	-	-
1998	11,39	0,60	0,10	-	-	-
1999	11,46	0,61	0,10	-	-	-
2000	11,35	0,60	0,10	-	-	-
2001	10,20	0,54	0,09	-	-	-
2002	11,25	0,60	0,10	-	-	-
2003	11,52	0,63	0,11	-	-	-
2004	11,80	0,67	0,11	-	-	-
2005	11,80	0,67	0,11	-	-	-
2006	11,80	0,67	0,11	-	-	-

AÑO	Contaminantes principales				Material particulado				Otros	Metales pesados prioritarios			Metales pesados adicionales						Contaminantes orgánicos persistentes			
	NOx	NM VOC	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAH	HCB	PCB
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	g I-TEQ	kg	kg	kg
1990	29,18	2,08	147,20	-	-	-	-	-	11,56	12,60	0,47	16,04	0,70	6,13	-	6,48	0,1172	17,09	0,0021	1,1598	-	-
1991	38,18	1,49	282,44	-	-	-	-	-	12,11	11,71	0,43	14,91	0,65	5,69	-	6,02	0,1090	15,88	0,0020	1,0294	-	-
1992	32,92	1,37	237,97	-	-	-	-	-	10,65	10,23	0,38	13,02	0,57	4,97	-	5,25	0,0943	13,87	0,0017	0,9536	-	-
1993	30,36	1,10	230,72	-	-	-	-	-	9,40	9,63	0,36	12,27	0,53	4,68	-	4,95	0,0887	13,07	0,0016	0,7469	-	-
1994	27,65	0,69	231,15	-	-	-	-	-	7,80	12,34	0,46	15,71	0,69	6,00	-	6,34	0,1137	16,74	0,0021	0,4350	-	-
1995	28,71	0,67	243,12	-	-	-	-	-	7,99	9,43	0,35	12,01	0,52	4,59	-	4,85	0,0878	12,80	0,0016	0,4144	-	-
1996	26,14	0,62	220,86	-	-	-	-	-	7,29	8,61	0,32	10,96	0,48	4,18	-	4,42	0,0802	11,68	0,0015	0,3835	-	-
1997	29,58	0,67	251,52	-	-	-	-	-	8,19	9,69	0,36	12,34	0,54	4,71	-	4,98	0,0901	13,14	0,0016	0,4155	-	-
1998	28,89	0,67	244,94	-	-	-	-	-	8,03	9,49	0,35	12,08	0,53	4,61	-	4,87	0,0883	12,87	0,0016	0,4139	-	-
1999	29,06	0,67	246,33	-	-	-	-	-	8,08	9,54	0,35	12,15	0,53	4,64	-	4,90	0,0888	12,95	0,0016	0,4169	-	-
2000	28,77	0,67	243,88	-	7,87	22,31	26,25	3,16	8,00	9,45	0,35	12,03	0,52	4,59	-	4,86	0,0880	12,82	0,0016	0,4131	-	-
2001	25,82	0,60	218,57	-	7,07	20,04	23,58	2,83	7,19	8,49	0,31	10,81	0,47	4,13	-	4,36	0,0791	11,52	0,0014	0,3739	-	-
2002	28,49	0,66	241,31	-	7,80	22,10	26,01	3,12	7,92	9,36	0,35	11,92	0,52	4,55	-	4,81	0,0872	12,70	0,0016	0,4109	-	-
2003	28,75	0,72	240,08	-	7,96	22,57	26,55	3,09	8,12	9,56	0,35	12,17	0,53	4,65	-	4,91	0,0882	12,96	0,0016	0,4546	-	-
2004	29,00	0,78	238,85	-	8,13	23,03	27,09	3,05	8,32	9,75	0,36	12,42	0,54	4,74	-	5,01	0,0903	13,23	0,0016	0,4982	-	-
2005	29,00	0,78	238,85	-	8,13	23,03	27,09	3,05	8,32	9,75	0,36	12,42	0,54	4,74	-	5,01	0,0903	13,23	0,0016	0,4982	-	-
2006	29,00	0,78	238,85	-	8,13	23,03	27,09	3,05	8,32	9,75	0,36	12,42	0,54	4,74	-	5,01	0,0903	13,23	0,0016	0,4982	-	-