

FABRICACIÓN DE CAL (EMISIONES DE PROCESO)

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
SNAP 97	04.06.14
CRF	2A2
NFR	2A2

Descripción de los procesos generadores de emisiones

La cal es un producto ampliamente empleado, por ejemplo, como fundente en el refino del acero, como aglomerante en la construcción, en la industria de la producción de azúcar o en la fabricación de pasta de papel. Se emplea también en el tratamiento de aguas residuales para precipitar impurezas o como neutralizador de ácidos de efluentes líquidos y gaseosos de la industria.

La cal puede producirse en fábricas de cal, denominándose en este caso cal comercial, o bien en fábricas de diferente índole para emplearla como producto intermedio dentro de sus propios procesos, se denominaría en este caso cal intermedia. Independientemente del uso de la cal, su proceso de fabricación es común. Se obtiene por la calcinación de la piedra caliza a altas temperaturas (unos 900 °C) en hornos de diferente concepción y explotación, según sea la aplicación que se vaya a dar al material cocido (normalmente hornos de tipo vertical o rotativo). La piedra caliza contiene entre un 97% y un 98% de carbonato cálcico (CaCO₃) en base seca, estando formado el resto por carbonato magnésico (MgCO₃), óxido de aluminio (Al₂O₃), óxido de hierro (Fe₂O₃) y sílice (SiO₂). Sin embargo, algunas piedras calizas contienen del 35% al 45% de carbonato magnésico, siendo clasificadas entonces como dolomita. Previo a su entrada en el horno, la piedra caliza o dolomita es triturada y molida para reducirla a un tamaño adecuado para los diferentes diseños de hornos. Además, por regla general, el óxido de calcio obtenido en el horno se machaca, se tritura o se tamiza antes de transportarlo al silo de almacenamiento para su distribución.

El proceso de fabricación de cal lleva asociadas las siguientes fuentes de emisión:

- obtención de la caliza en canteras: lleva asociada la emisión de partículas;
- pretratamiento de la caliza: se producen emisiones de partículas;
- combustión en el horno: la quema de combustibles para la obtención de calor en el horno genera emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos;
- calcinación de los carbonatos en el horno: se producen emisiones de CO₂ por la descarbonatación de la caliza y la dolomita;
- postratamiento de la cal: se producen emisiones de partículas;

En la SNAP 04.06.14, objeto de la presente ficha, se recoge la estimación de las emisiones de CO₂ por descarbonatación de la caliza, así como las emisiones de partículas para los siguientes sectores industriales:

PROCESOS	CONTAMINANTES	
	CO ₂	Material Particulado
Fabricación de cal comercial	X	X
Fabricación de acero (plantas siderúrgicas integrales)	X	X
Producción de azúcar a partir de remolacha azucarera	X	X
Producción de carburo de calcio	X	X
Fabricación de papel ¹	-	X

¹ Según la guía IPCC 2006, en algunos casos el consumo de cal como producto puede no resultar en emisiones de CO₂ a la atmósfera (Guía IPCC 2006. Apartado 2.3, capítulo 2, volumen 3).

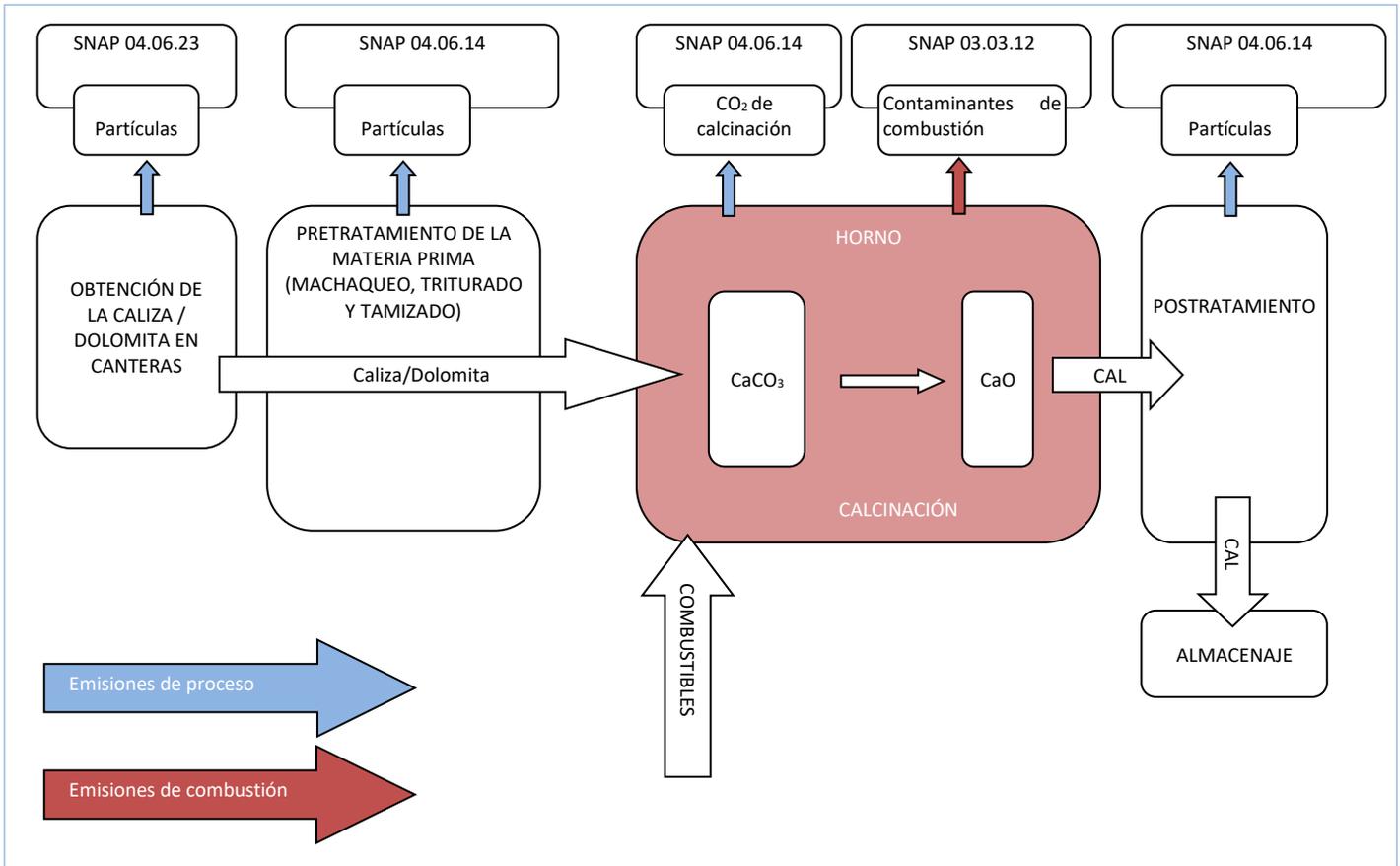


Figura 1. Diagrama de las fuentes de emisión en la fabricación de cal (elaboración propia a partir de EMEP/EEA 2016)

Merece especial atención la fabricación de cal comercial por ser el sector que lleva asociada la mayor parte de las emisiones de CO₂ en esta actividad SNAP. Dentro de la producción de cal comercial, el Inventario registra las emisiones derivadas de la fabricación de tres productos: cal, dolomía calcinada y dolomía sinterizada (desde 2005). La dolomía sinterizada o calcinada a muerte se obtiene a partir de la dolomía calcinada, tras un proceso de sinterización en el que la descarbonatación es mínima. Se produce por calcinación a temperatura de 1.600°C a 1.700°C durante el tiempo suficiente para que se formen cristales grandes de óxido de magnesio (periclasa) y de óxido de calcio. Tiene unas especificaciones bastante estrictas, sobre todo respecto a densidad de los granos, tamaño de cristal, composición química y porosidad. La mayoría de la producción se destina a la fabricación de diversos tipos de refractarios básicos: a granel, en soleras de hornos eléctricos; en forma de ladrillos refractarios (alquitranados, aglomerados, cerámicos...), para acerías, cementeras, metalurgia del cobre y otros metales y otras industrias.

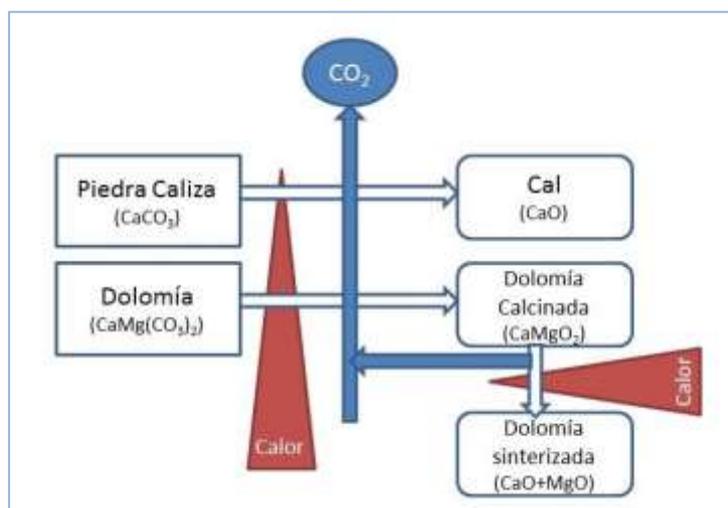


Figura 2. Diagrama de las fuentes de emisión en la fabricación de cal comercial (elaboración propia)

Contaminantes inventariados

Gases de efecto invernadero

CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆
✓	NA	NA	NA	NA	NA

OBSERVACIONES:

- *Notation keys* correspondientes al último reporte a UNFCCC

Contaminantes atmosféricos

Contaminantes principales				Material particulado				Otros	Metales pesados prioritarios			Metales pesados adicionales					Contaminantes orgánicos persistentes					
NO _x	NMVOC	SO ₂	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAH	HCB	PCB	
NE	NE	NE	NA	✓	✓	✓	✓	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

OBSERVACIONES:

- *Notation Keys* correspondientes al último reporte a CLRTAP
- Se considera que todos los contaminantes atmosféricos producidos en la combustión de la fabricación de cal están estimados bajo la SNAP 03.03.12.

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
03.03.12	1A2f	1A2gviii	Fabricación de cal comercial (combustión)
	1A2a	1A2a	Fabricación de cal en la fabricación de acero (combustión)
	1A2d	1A2d	Fabricación de cal en la fabricación de pasta de papel (combustión)
	1A2e	1A2e	Fabricación de cal en la fabricación de azúcar a partir de remolacha (combustión)
	1A2c	1A2c	Fabricación de cal en la fabricación de carburo de calcio (combustión)
10.06.01	3G1/3G2	-	Aplicación al suelo de enmiendas calizas en agricultura

Las actividades del Inventario relacionadas con la presente ficha metodológica corresponden a las actividades de combustión vinculadas a la producción de cal de las industrias anteriormente mencionadas. Asimismo se incluye la actividad de aplicación de enmiendas calizas en la agricultura al proceder estas enmiendas de las espumas de carbonatación de las fábricas de azúcar contempladas en esta ficha.

El Inventario identifica el proceso de obtención de la caliza como posible fuente de emisiones de partículas en la obtención de caliza y dolomita en canteras, sin embargo, actualmente no estima dichas emisiones, de hacerlo, deberían incluirse en la SNAP 04.06.23 (*Explotación de canteras*).

Descripción metodológica general

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
PM _{2.5} , PM ₁₀ , TSP, BC	T2	EMEP/EEA 2016. Capítulo 2A2. Tabla 3-3	Producto de la variable de actividad por su factor de emisión
CAL, DOLOMÍA Y DOLOMÍA SINTERIZADA COMERCIALES			
CO ₂	T3	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Apartado 2.3.1.1	Estimación del CO ₂ utilizando los datos de las emisiones declaradas y verificadas por las plantas al Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (EU ETS, por sus siglas en inglés) desde el año 2005. Para los años anteriores se aplica un factor de emisión implícito estimado para cada planta a partir de las emisiones verificadas y la producción de cal declarada (t CO ₂ /t cal) al Inventario Nacional. En España la mayor parte del LKD (<i>Lime Kiln Dust</i>) generado es recirculado en el proceso, tal y como se verifica a través de los datos reportados a ETS. Las emisiones estimadas tendrían ya en cuenta las correspondientes a la calcinación de la fracción de LKD no calcinado. Las emisiones debidas a la fracción calcinada de la pequeña proporción de LKD que no es recirculada son despreciables.
ACERO			
CO ₂	T2	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Apartado 2.3.1.1	Aplicación de un factor de emisión por defecto a las cantidades de cal producida en plantas de siderurgia integral, facilitadas por las propias plantas vía cuestionario individualizado.
AZÚCAR			
CO ₂	T3	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Apartado 2.3.1.1	Estimación de las emisiones por planta a partir de un balance de entrada de carbonatos en los hornos de cal y salida de carbonatos retenidos en las espumas de carbonatación. A la masa diferencial obtenida de este balance se le aplica un factor de emisión estequiométrico. Esta información es facilitada por las propias plantas productoras de azúcar.
CARBURO DE CALCIO			
CO ₂	T3	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Apartado 2.3.1.1	Estimación de las emisiones a partir del consumo y grado de pureza de la piedra caliza y aplicación de un factor de emisión de CO ₂ estequiométrico por masa de carbonato consumido.

En las plantas de producción de azúcar procedente de remolacha tiene lugar una particularidad en la metodología de estimación de emisiones debido a las especificidades propias del proceso de producción. El jugo bruto de la remolacha es depurado añadiendo en continuo la cal producida en los hornos en forma de lechada, junto con una corriente de CO₂ procedente del horno de cal. En este proceso se produce una recarbonatación de parte del CaO de la cal al reaccionar con el CO₂, produciendo CaCO₃ y haciendo precipitar la mayoría de las sustancias no azúcares. El precipitado resultante contiene carbonatos de cálcico y magnesio e impurezas, y es denominado espumas de carbonatación.

Con base en la información proporcionada por las plantas productoras sobre la cantidad de espumas generadas y su composición, se ha calculado que aproximadamente el 90% de los carbonatos contenidos en la materia prima que entra en el horno de cal pasan a formar parte de la composición de la espuma de carbonatación, de modo que no resultan en emisiones de CO₂ en esta actividad². Este hecho provoca que el factor de emisión en términos de t CO₂/t cal en las plantas de producción de azúcar sea más bajo que el del resto de sectores de producción de cal. Así, considerando la retención de carbonatos en las espumas de carbonatación, la estimación de las emisiones se ha realizado aplicando un balance de masas de carbonatos, mediante el cual se obtiene el diferencial entre carbonatos introducidos el horno de cal (caliza) y carbonatos retenidos en las espumas de carbonatación. Una vez obtenida esta cantidad de carbonatos, las emisiones se calculan aplicando sobre dicha cantidad el factor de emisión de CO₂ estequiométrico. Debido a la especificidad del proceso, y en particular a la gran absorción de CO₂ en las espumas de carbonatación, se ha considerado la actividad de producción de cal en la industria azucarera como una actividad separada de la producción de cal en las plantas comerciales, con el objeto de no distorsionar el cálculo del factor de emisión implícito de CO₂ de estas últimas.

² Con objeto de cerrar el ciclo de carbonatos que parte de la utilización de caliza en el horno de cal para la producción de azúcar, las emisiones producidas por disociación de carbonatos en la aplicación de espumas de carbonatación en la agricultura se estiman en la actividad CRF 3G1 y cuya metodología de estimación de emisiones se describe en la ficha denominada "Aplicación al suelo de enmiendas calizas en agricultura".

Variable de actividad

La variable de actividad final empleada para la estimación de las emisiones tanto de CO₂ (descarbonatación) como del material particulado (PM_{2.5}, PM₁₀, TSP y BC) es la producción de cal.

En el caso de la industria azucarera, del carburo de calcio y el papel, las producciones de cal son estimadas a partir de variables intermedias, como es el consumo de carbonatos, la producción de azúcar, la producción de carburo de calcio o el consumo en GJ en el horno de cal, según el caso.

Variable final	Variables intermedias	Descripción
<i>CAL, DOLOMÍA CALCINADA Y DOLOMÍA SINTERIZADA COMERCIALES</i>		
Producción	-	-
<i>FABRICACIÓN DE ACERO</i>		
Producción de cal viva	-	-
<i>FABRICACIÓN DE AZÚCAR</i>		
Producción de cal viva	1990-2007: Producción de azúcar	Estimación de la producción de cal a partir de la producción de azúcar en esos años
	2008-2017: Parámetros sobre el horno de cal: consumo de caliza, pureza, humedad, incocidos, rípios Parámetros sobre espumas de carbonatación: humedad, % de CaCO ₃ y MgCO ₃ .	Las emisiones se calculan como la diferencia entre las emisiones por descarbonatación de la caliza en el horno y las absorciones de CO ₂ que tienen lugar durante la recarbonatación de los óxidos de calcio y magnesio para transformarse de nuevo en carbonatos durante la formación de las espumas. · La masa de carbonatos que entran en el horno se estima como producto de la masa de caliza empleada menos los rípios e incocidos por 1 menos la fracción de humedad por la fracción de riqueza de CaCO ₃ de la caliza. · La masa de carbonatos en las espumas, se estima mediante el paso a masa seca de la cantidad de espumas generada y el producto de dicha masa por la fracción de carbonatos contenidos en las espumas. La cal producida se estima mediante la aplicación de un coeficiente estequiométrico (56 t de CaO/100 t de CaCO ₃) a la masa de carbonatos consumidos en el horno.
<i>FABRICACIÓN DE CARBURO DE CALCIO</i>		
Producción de cal viva	1990-2004: producción de carburo de calcio de esos años y consumo de piedra caliza del año 2005	Para estos años no se dispone de producción de cal por lo que es estimada a partir de la producción de carburo de calcio en esos años y el consumo de piedra caliza del año 2005.
	2005-2017: no aplica	
<i>FABRICACIÓN DE PAPEL</i>		
Producción de cal viva	1990-2017: consumos en GJ en el horno de cal	Para estos años no se dispone de producción de cal se estima mediante aplicación del ratio promedio de t cal/GJ obtenido a partir la información disponible

Fuentes de información sobre la variable de actividad

ANCADE proporciona información anual desde 1990 de sus asociados sobre la producción y pureza de cal viva, dolomía calcinada y dolomía sinterizada. Además, hasta 2007 proporcionaba una estimación de las producciones a nivel provincial y de las emisiones totales de CO₂ que estas producciones supondrían. Cabe destacar que la información sobre no asociados a ANCADE del año 2007 no era completa, por lo que se realizó una estimación de las producciones a partir de las emisiones de proceso de CO₂ de 2007 verificadas para la Directiva de Comercio de Derechos de Emisión. Desde el año 2008 no se cuenta con información ni estimación de emisiones de la parte del sector no cubierto por ANCADE.

Periodo	Variabes	Fuente
<i>CAL Y DOLOMÍA CALCINADA COMERCIALES - Asociados ANCADE</i>		
1990-2017	Producción de cal viva y dolomía calcinada	Datos directos de planta facilitados por la Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (ANCADE).
	Emisiones totales de CO ₂	Para aquellos años en los que no se ha reportado producción para la planta, se ha inferido el dato a partir de las emisiones totales de CO ₂ verificadas para la Directiva de Comercio de Derechos de Emisión.
<i>CAL Y DOLOMÍA CALCINADA COMERCIALES - No Asociados ANCADE</i>		
1990-2006	Producción de cal viva y dolomía calcinada	Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (ANCADE).
2007	Producción de cal viva y dolomía calcinada Emisiones totales de CO ₂	Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (ANCADE) complementada con estimaciones a partir de las emisiones de CO ₂ verificadas para la Directiva de Comercio de Derechos de Emisión.
<i>DOLOMÍA SINTERIZADA COMERCIAL - Asociados ANCADE</i>		
2005	Emisiones totales de CO ₂	Dato de producción estimado a partir de las emisiones totales de CO ₂ verificadas para la Directiva de Comercio de Derechos de Emisión
2006-2017	Producción de dolomía sinterizada	Datos directos de planta facilitados por la Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (ANCADE).
<i>FABRICACIÓN DE ACERO</i>		
1990-1992	Producción de cal viva	Información facilitada por las plantas de siderurgia integral vía cuestionario individualizado.
<i>FABRICACIÓN DE AZÚCAR</i>		
1990-2007	Producción de cal viva y producción de azúcar	Estimación realizada mediante extrapolación en función de la producción de azúcar en los años 1990-2007 y el promedio de los ratios de producción de cal respecto a la producción de azúcar observada en los años 2008 a 2011.
2008-2017	Producción de cal viva y demás variables intermedias	Información facilitada directamente por las plantas de producción mediante cuestionario individualizado.
<i>FABRICACIÓN DE CARBURO DE CALCIO</i>		
1990-2004	Producción de cal viva	Estimación realizada en función de la producción de carburo de calcio y el consumo de piedra caliza del año 2005. Información facilitada por la única planta que fabrica cal en este sector.
2005-2017	Producción de cal viva	Información facilitada directamente por la única planta que fabrica cal en este sector.
<i>FABRICACIÓN DE PAPEL</i>		
1990-2017	Producción de cal viva	Datos de producción extraídos de los cuestionarios individualizados. Con la información disponible se estima un ratio t cal/GJ.
	Consumos en GJ del horno de cal	Para aquellos años en los que no hay dato de producción, se aplica el ratio promedio.

Fuente de los factores de emisión

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
CAL, DOLOMÍA CALCINADA Y DOLOMÍA SINTERIZADA COMERCIALES				
CO ₂	1990-2017	CS*	Plantas fabricantes a través de ANCADE ETS	Factor de emisión implícito estimado para cada planta y año a partir de las emisiones verificadas ETS y la producción declarada al Inventario Nacional. Para aquellos años en los que no hay dato de ETS, se ha aplicado un FEI promedio estimado para cada planta. En el caso de la variable de actividad de los no asociados ANCADE, se aplica un FEI promedio estimado para cada año.
FABRICACIÓN DE ACERO				
CO ₂	1990-1992	D	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Tabla 2.4	Factor de emisión estequiométrico para la cal viva (o cal con fuerte proporción de calcio según la fuente original).
FABRICACIÓN DE AZÚCAR				
CO ₂	1990-2017	D	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Tabla 2.1	Como factores de emisión intermedios se emplean los ratios estequiométricos CO ₂ /CaCO ₃ y CO ₂ /MgCO ₃ . Estos factores se aplican sobre el consumo diferencial de carbonatos (entrada en el horno de cal – salida en las espumas de carbonatación) para obtener las emisiones de CO ₂ de la actividad. Con el dato de emisiones y la estimación de masa de cal intermedia producida (ver apartado de variables de actividad), se obtiene un factor de emisión en términos de kg CO ₂ /t cal que es el finalmente empleado.
FABRICACIÓN DE CARBURO DE CALCIO				
CO ₂	1990-2017	D	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Tabla 2.1	Como factor de emisión intermedio se emplea el ratio estequiométrico CO ₂ /CaCO ₃ . Este factor de emisión es posteriormente referido a masa de cal producida (kg CO ₂ /t cal producida), la cual a su vez es estimada a partir de la masa de carbonatos consumida.
TODOS LOS PROCESOS				
PM _{2.5} , PM ₁₀ , TSP, BC	1990-2017	D, CS	EMEP/EEA 2016. Capítulo 2A2. Tabla 3-3	Factor de emisión por defecto, salvo para los casos en los que hay mediciones disponibles (fabricación de papel)
Observaciones: D= por defecto (del inglés "Default"); CS=especifico del país (del inglés "Country specific"); OTH= otros (del inglés "Other"); M=modelo (del inglés "Model")				
* En este caso, el factor de emisión, además de ser CS, en la mayor parte de los casos es específico de cada planta				

Incertidumbres

La incertidumbre de esta actividad se calcula a nivel de CRF 2A2 y es la recogida en la siguiente tabla:

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
CO ₂	10	2	La incertidumbre para la variable de actividad se estima en un 10% para toda la actividad 04.06.14. Esta incertidumbre es la atribuida a la producción de cal comercial, pero al ser esta industria la de mayor contribución a las emisiones de la actividad en su conjunto, se considera coherente asignar esta incertidumbre a toda la SNAP 06.04.14. En cuanto al factor de emisión, se ha tomado una incertidumbre del 2% tal y como se indica en la tabla 2.5 de la Guía IPCC 2006, teniendo en cuenta que no existe producción de cal hidráulica, y habiendo asumido para la dolomía sinterizada la misma incertidumbre que para la dolomía calcinada. Este valor de incertidumbre se considera también representativo para las emisiones de CO ₂ en la fabricación de cal del resto de industrias.

Coherencia temporal de la series

La serie se considera coherente dado que la información facilitada por ANCADE cubre todo el periodo inventariado. Asimismo, la serie de producción de cal en la producción de azúcar se considera homogénea, pues desde el año 2008 a la actualidad se dispone de información a nivel de planta sobre uso de caliza y producción de azúcar, habiéndose estimado la producción de cal para el periodo 1990-2007 mediante procedimientos de extrapolación en función de la producción de azúcar en dichos años.

En cuanto a la producción de cal para la industria del carburo de calcio, la serie se considera homogénea, al haber obtenido datos de producción directamente de la planta productora desde el año 2005, y la estimación realizada del 1990 al 2004 se basa, para

todos los años, en la relación entre producción de cal y carburo de calcio del 2005, por lo que el criterio de extrapolación es coherente a lo largo de la serie.

Observaciones

No procede.

Criterio para la distribución espacial de las emisiones

CAL, DOLOMÍA CALCINADA Y DOLOMÍA SINTERIZADA COMERCIALES

La información suministrada por ANCADE ha sido facilitada con desglose provincial, con la excepción de las producciones en los años 1990-1998 de las empresas no vinculadas a esta asociación, para las cuales tan sólo se disponía del dato de producción nacional, y que han sido distribuidas provincialmente utilizando las producciones provinciales de estas empresas en el año 1999.

FABRICACIÓN DE ACERO

La información procede directamente de la planta productora por lo que los datos se suministran a nivel provincial.

FABRICACIÓN DE AZÚCAR

Periodo 1990-2007: distribución provincial de la cantidad estimada de cal producida para el periodo 1990-2007 utilizando como variable subrogada una estimación de la producción provincial de azúcar procedente de remolacha azucarera basada en los datos del Anuario de Estadística del MAPAMA.

Periodo 2008-2017: información directa de las plantas productoras por lo que se dispone de información a nivel provincial para este periodo.

FABRICACIÓN DE CARBURO DE CALCIO

La producción de carburo de calcio a lo largo de toda la serie ha pertenecido a la misma planta por lo que sus emisiones se atribuyen a la provincia en la que se ubica.

FABRICACIÓN DE PAPEL

La información procede directamente de las plantas productoras por lo que los datos se suministran a nivel provincial.

Juicio de experto asociado

No procede.

Fecha de actualización

Octubre 2019

ANEXO I

Datos de la variable de actividad

Cal producida en las diferentes industrias consideradas

Año	CAL COMERCIAL			CAL INTERMEDIA ³
	Cal viva (kt)	Dolomía calcinada (kt)	Dolomía sinterizada (kt)	Otras industrias (kt)
1990	1.199	179		463
1991	1.229	174		444
1992	1.324	197		350
1993	1.342	209		372
1994	1.436	222		369
1995	1.412	227		394
1996	1.377	201		395
1997	1.444	207		442
1998	1.482	210		464
1999	1.530	207		486
2000	1.666	230		487
2001	1.660	230		444
2002	1.740	232		488
2003	1.775	275		472
2004	1.805	319		498
2005	1.676	330	16	506
2006	1.823	376	41	462
2007	1.918	397	26	480
2008	1.817	341	27	465
2009	1.632	243	24	411
2010	1.734	317	31	448
2011	1.711	282	25	454
2012	1.442	219	25	418
2013	1.568	244	26	440
2014	1.508	250	28	342
2015	1.618	199	31	396
2016	1.512	186	54	377
2017	1.643	265	154	389

³ Por motivos de confidencialidad, las producciones de cal intermedia correspondientes a las industrias de fabricación de acero, fabricación de azúcar y fabricación de carburo de calcio se proporcionan de forma agregada.

ANEXO II

Datos de factores de emisión

Factores de emisión implícitos por tonelada de cal producida para CO₂

Año	CO ₂ (kg CO ₂ /t de cal)			
	CAL COMERCIAL (Cal viva + dolomía calcinada + dolomía sinterizada)	CAL INTERMEDIA		
		Fabricación de acero	Fabricación de azúcar	Fabricación de carburo de calcio
1990	731	790		
1991	728	790		
1992	731	790		
1993	731			
1994	729			
1995	728			
1996	727			
1997	726			
1998	725			
1999	724			
2000	724			
2001	723			
2002	724			
2003	726			
2004	728			
2005	724			
2006	704			
2007	713			
2008	725		68	
2009	715		109	
2010	713		97	
2011	701		134	
2012	729		125	718
2013	733		213	713
2014	736		176	710
2015	732		119	710
2016	717		98	691
2017	689		122	776

Factores de emisión por defecto empleados para la cal intermedia en la FABRICACIÓN DE ACERO

Producto	Cal viva
FE (t CO ₂ /t de cal)	0,79

Se hace notar que el valor por defecto es 0,785 t CO₂/t de cal, sin embargo, la fuente original de donde se obtuvo este factor por primera vez, las Guías IPCC 1996 (Vol.3, Cap.2, tabla 2-2) redondeaba este valor a 0,79 t CO₂/t de cal, y es el que se ha venido empleando en el inventario.

Factores de emisión por defecto intermedios empleados en las estimaciones para la producción de cal en la FABRICACIÓN DE AZÚCAR y en la FABRICACIÓN DE CARBURO DE CALCIO.

Producto	Cal viva
FE (t CO ₂ /t de CaCO ₃)	0,43971
FE (t CO ₂ /t de MgCO ₃)	0,52197

Estos factores de emisión asumen un grado de calcinación del 100%.

Factores de emisión por defecto empleados para el material particulado

PERIODO	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	BC
	g /t cal	g /t cal	g /t cal	g /t cal
1990-2017	400	200	30	0,138

ANEXO III

Cálculo de emisiones

Se incluye, a modo de ejemplo de estimación de emisiones, la correspondiente a la cal comercial para una planta cualquiera con datos no reales.

CAL COMERCIAL

$$Emisiones\ de\ CO_2(kt) = (M_c * FEI)/1000$$

M_c = Masa de cal producida (t)

FE = Factor de emisión implícito (t CO₂/t cal)

DATOS DE LA PLANTA A (ejemplo):

Producción de cal: 150.000 t

$$Emisiones\ de\ CO_2(kt) = (150.000 * 0,717)/1000$$

$$Emisiones\ de\ CO_2(kt) = 107,55\ kt\ CO_2$$

ANEXO IV

Emisiones

EMISIONES AGREGADAS DE LA SNAP 04.06.14

AÑO	CO ₂ (kilotoneladas)	TSP (toneladas)	PM ₁₀ (toneladas)	PM _{2.5} (toneladas)	BC (toneladas)
1990	1.107,91	580,13	290,06	43,51	0,20
1991	1.121,68	655,95	327,97	49,20	0,23
1992	1.138,20	702,89	351,45	52,72	0,24
1993	1.156,89	712,07	356,03	53,41	0,25
1994	1.235,98	759,32	379,66	56,95	0,26
1995	1.223,68	761,70	380,85	57,13	0,26
1996	1.178,42	732,27	366,13	54,92	0,25
1997	1.230,21	778,68	389,34	58,40	0,27
1998	1.260,99	801,02	400,51	60,08	0,28
1999	1.290,50	830,67	415,33	62,30	0,29
2000	1.403,14	896,01	448,00	67,20	0,31
2001	1.393,59	892,62	446,31	66,95	0,31
2002	1.458,52	924,67	462,34	69,35	0,32
2003	1.519,41	953,34	476,67	71,50	0,33
2004	1.576,44	993,26	497,57	74,49	0,34
2005	1.495,21	970,44	486,57	72,78	0,33
2006	1.603,29	1.039,08	522,79	77,93	0,36
2007	1.698,64	1.078,63	543,86	80,90	0,37
2008	1.608,95	1.002,84	502,47	75,21	0,35
2009	1.385,26	878,70	440,55	65,90	0,30
2010	1.511,41	958,23	480,52	71,87	0,33
2011	1.445,17	927,42	464,86	69,56	0,32
2012	1.255,47	785,80	392,24	58,94	0,27
2013	1.378,60	838,11	420,21	62,86	0,29
2014	1.346,61	815,50	409,95	61,16	0,28
2015	1.380,31	840,66	420,33	63,05	0,29
2016	1.276,94	774,25	387,12	58,07	0,27
2017	1.444,59	893,10	446,55	66,98	0,31