

FABRICACIÓN DE ALUMINIO (EMISIONES DE PROCESO)

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
SNAP 97	04.03.01/ 04.03.09
CRF	2C3a/2C3b/2C3
NFR	2C3

Descripción de los procesos generadores de emisiones

El aluminio se fabrica y recicla mediante dos rutas que son complementarias, dado que la primera parte del mineral de aluminio (obtención de aluminio primario) y la segunda recicla los múltiples residuos de aluminio al final de su vida útil (aluminio secundario).

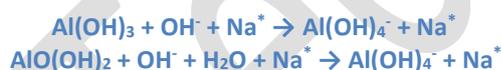
Proceso obtención aluminio primario

El aluminio forma parte de la corteza terrestre en una proporción aproximada al 8%, lo que lo convierte en el elemento químico más abundante después del oxígeno (47%) y el silicio (28%). No se presenta puro en la naturaleza sino que aparece combinado fundamentalmente con el oxígeno, formando óxidos e hidróxidos, que a su vez se hallan mezclados con óxidos de otros metales y con sílice. El mineral del que se extrae el aluminio casi exclusivamente se llama **bauxita**.

La obtención del aluminio se realiza en dos fases:

1. La extracción de la **alúmina** (Al_2O_3) a partir de la bauxita (**proceso Bayer**):

La primera fase de la obtención del aluminio consiste en aislar la alúmina (óxido de aluminio) de los minerales que la acompañan. Para ello el primer paso es triturar la bauxita hasta obtener un polvo fino, que es mezclado con sosa cáustica líquida y calentado a alta presión. La sosa disuelve los compuestos del aluminio que, al encontrarse en un medio fuertemente básico, se hidratan:



Los materiales no aluminicos se separan por decantación. La solución cáustica del aluminio se enfría luego para recristalizar el hidróxido y separarlo de la sosa, que se recupera para su ulterior uso. Finalmente, se calcina el hidróxido de aluminio a temperaturas cercanas a 1000 °C, para formar la alúmina.



Las emisiones asociadas a esta actividad se recogen en la ficha "**Producción de metales no férricos (alúmina, aluminio secundario, cobre, plomo, zinc)-Combustión**".

2. La extracción del **aluminio** a partir de la alúmina mediante **electrólisis**:

El óxido de aluminio obtenido en la fase anterior tiene un punto de fusión muy alto (2000 °C) que hace imposible someterlo a un proceso de electrolisis. Por ello se mezcla la alúmina con fluoruro de sodio (criolita), que actúa de fundente, con lo cual la temperatura de fusión de esta mezcla se rebaja hasta 900 °C. A continuación, se somete al proceso de electrolisis, sumergiéndolo en la cuba unos electrodos de carbono (tanto el ánodo como el cátodo). Al pasar la corriente eléctrica continua a través de esta mezcla descompone la alúmina en oxígeno y en aluminio; el metal fundido se deposita en el polo negativo (cátodo) del fondo de la cuba, mientras que el oxígeno se acumula en los electrodos de carbono (ánodo). Parte del carbono que está en el baño se quema por la acción del oxígeno, transformándose en **dióxido de carbono**. El aluminio así obtenido tiene una pureza del 99,5 % al 99,9 %, siendo las impurezas de hierro y silicio principalmente. De las cubas pasa al horno, donde es purificado mediante la adición de un fundente o se alea con otros metales, con objeto de obtener materiales con propiedades específicas. Después se vierte en moldes o se hacen lingotes o chapas.

Para producir una tonelada de aluminio se necesitan cuatro toneladas de bauxita, que darán dos toneladas de alúmina, de las cuales, mediante electrolisis, se obtendrá una tonelada de aluminio.

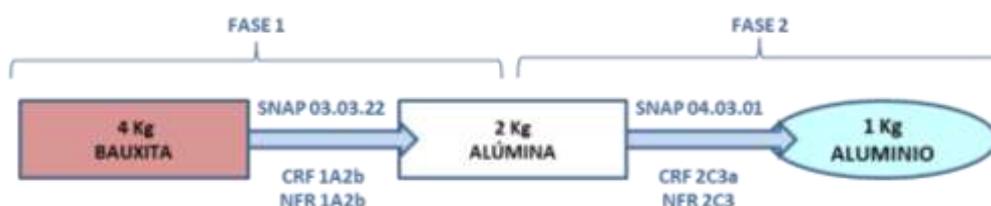


Figura 1. Fases en la producción del aluminio primario (Fuente: Elaboración propia)

Las cubas empleadas en el proceso de electrolisis pueden ser de dos tipos: cubas Söderberg o cubas de ánodos precocidos.

- Cubas Söderberg:

El ánodo de cada cuba está formado por un único bloque, en estado de semifusión, de pasta Söderberg, cuya composición aproximada es 70 por 100 de carbón (coque) y 30 por 100 de brea. Este bloque, conforme se va quemando con el oxígeno desprendido, se reconstituye alimentándolo por su parte superior con la misma pasta, sólida y troceada, que generalmente se produce en las mismas instalaciones de la fábrica.

- Cubas de ánodos precocidos:

Los ánodos precocidos están formados, en cada cuba, por varios bloques anódicos, cuya pasta original (pasta "cruda") está formada por carbón y brea en proporciones del orden del 85 por 100 y 15 por 100, respectivamente. El bloque de pasta cruda se compacta por prensado o vibración en un molde y, seguidamente, se introduce en un horno donde se realiza la cocción en un ciclo calentamiento-enfriamiento que dura aproximadamente tres semanas, a temperaturas máximas próximas a los 1.200 °C, durante el cual tiene lugar la coquificación de la brea, ardiendo los productos volátiles y dando como resultado un bloque "cocido" con las adecuadas propiedades mecánicas, buena conductividad eléctrica y baja reactividad.

Finalmente, solo resta dotar al bloque cocido de un vástago metálico, que servirá de soporte para suspenderlo sobre la cuba, a la altura apropiada para que quede introducido en el baño de alúmina y criolita a la debida distancia del cátodo.

La distancia entre cátodos y ánodos se mantiene regulada automáticamente en la misma medida en que estos se van consumiendo, proceso que dura aproximadamente cuatro semanas, en cuyo momento se retiran, reciclándose los desechos en la fabricación de la pasta, mientras que los hierros de sujeción de los vástagos, tras ser sometidos a eventuales reparaciones, se usan repetidamente. En las modernas fábricas de aluminio que utilizan ánodos precocidos suele realizarse totalmente el proceso completo de fabricación de los ánodos en instalaciones apropiadas, disponiendo de los correspondientes medios de almacenaje y manutención de las materias primas, formación, cocción y sellado de los bloques y recuperación de desechos.

No ocurre así con los cátodos, cuya larga duración hace que no resulte rentable disponer en las fábricas de aluminio de las instalaciones al efecto, realizándose generalmente tan sólo la operación del sellado.

La principal reacción simplificada o global que tiene lugar en las cubas a la temperatura de funcionamiento es:



Durante el curso de la electrólisis, cuando los niveles de alúmina son bajos (a niveles del 1,5% a 2% en masa), se produce un fenómeno conocido como *efecto ánodo*, responsable de emisiones de PFC. Cuando las sales fundidas de los fluoruros, que se encuentran a elevada temperatura, se combinan con el carbono del ánodo tiene lugar una reacción forzada que favorece la formación de CF_4 y C_2F_6 . Este fenómeno tiene lugar debido a que, durante el efecto ánodo, la tensión eléctrica se eleva por encima del nivel requerido por la Ley de Gibbs para la formación de estos gases (desde 4-5 voltios, hasta los 20-50 voltios). El proceso ocurre muy rápidamente y, en teoría, se debe a un rápido incremento en la resistencia eléctrica a través de la interfaz ánodo-baño. Como resultado, la tensión eléctrica se eleva, permitiendo el paso de la corriente a pesar de la alta resistencia eléctrica. En ese momento empiezan una serie de reacciones que compiten entre sí y que producen, entre otros compuestos además del CF_4 y del C_2F_6 , CO_2 , CO y fluoruros. Parece ser que durante el efecto ánodo los gases cubren completamente los ánodos de carbono. Las dos reacciones de interés en este proceso son las siguientes:



El efecto ánodo suele ocurrir entre 0,3 y 3 veces por día en una cuba determinada y suele durar de 2 a 20 minutos.

A continuación se presenta un esquema que ilustra el proceso productivo completo del aluminio primario:

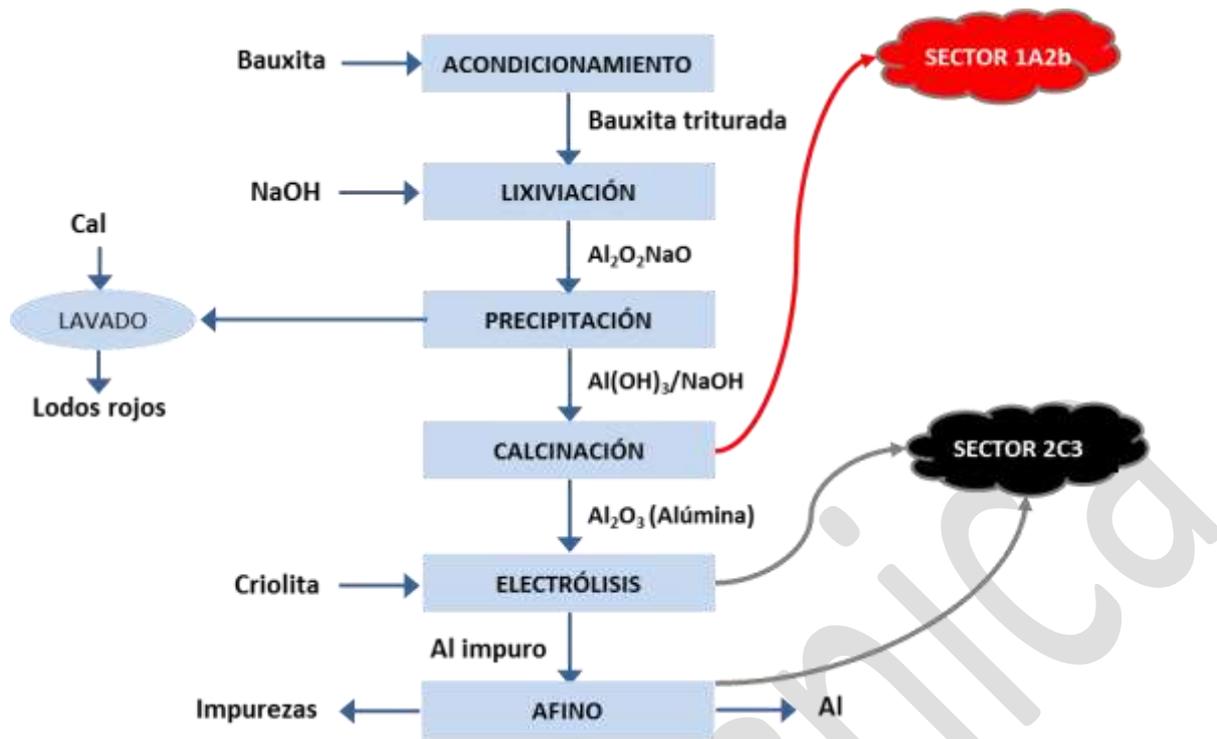


Figura 2. Producción del aluminio primario (Fuente: Elaboración propia a partir de Guía Tecnológica Metalurgia del Aluminio-PRTR y EMEP/EEA 2019)

Proceso obtención aluminio secundario

La producción de aluminio secundario o reciclaje de aluminio es el conjunto de procesos que permiten utilizar de nuevo el aluminio al final de su vida útil. El proceso se basa en refundir el metal, lo que reduce enormemente los costes de producción, ya que requiere cantidades de energía mucho menores que las empleadas en la ruta primaria. Se estima que el consumo energético en las operaciones de refinado del aluminio secundario es, aproximadamente, el 5% de la requerida para la producción primaria de aluminio, reduciéndose significativamente las emisiones de dióxido de carbono.

En la mayoría de los casos el primer paso consiste en la eliminación del magnesio que pudiera haber en la chatarra que entra como materia prima, con el fin de evitar la degradación del producto obtenido en las operaciones de moldeo. Se estima que la chatarra puede contener hasta un 1% de magnesio, por lo que se necesita reducirlo hasta el 0,1%.

Tras el pretratamiento realizado a la chatarra se procede a la fusión. Destacan dos procesos diferenciados claramente según el tipo de horno empleado (rotativos y otros). La diferencia entre ambos radica en el empleo o no de sales fundentes para la fusión de las chatarras. Mediante el empleo de sales se obtiene un mayor grado de recuperación del aluminio, ya que estas disminuyen el grado de oxidación del metal durante la fusión (las sales forman una capa fundida sobre el aluminio y ayudan a prevenir la oxidación), con el consecuente aumento de la producción de escorias salinas.

Aeronaves, automóviles, bicicletas, botes, material de menaje, cables, etc., son típicamente reciclados. Habitualmente disponen de pinturas, lacados, recubrimientos, grasas, etc., que es necesario limpiar antes de introducir en el horno de refusión para evitar problemas.

El esquema general de la producción de aluminio secundario se resume en el siguiente diagrama de proceso:

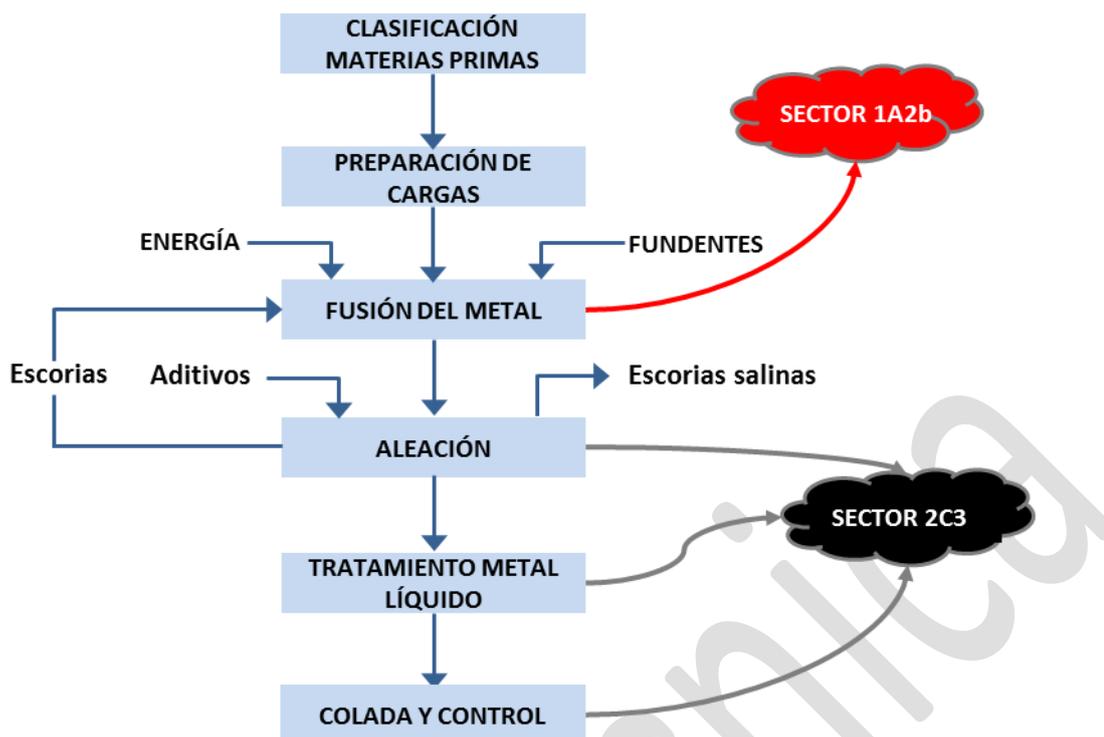


Figura 3. Producción del aluminio secundario (Fuente: Elaboración propia a partir de Guía Tecnológica Metalurgia del Aluminio-PRTR y EMEP/EEA 2019)

La emisiones asociadas a las actividades de combustión se recogen en la ficha “Producción de metales no férricos (alúmina, aluminio secundario, cobre, plomo, zinc)-Combustión”.

Contaminantes inventariados

Gases de efecto invernadero

CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆
✓	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	NM _{VOC}	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
✓	NA	✓	NE	✓	✓	✓	✓	✓	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	✓	✓	NA	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	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
03.01.02/03	1A2b	1A2b	“Combustión estacionaria industrial no específica”
03.02.05	1A2b	1A2b	“Combustión en otros hornos sin contacto”
03.03.04/05/06/07/08/09/10/22	1A2b	1A2b	“Producción de metales no férricos (alúmina, aluminio secundario, cobre, plomo, zinc)-Combustión”.

Descripción metodológica general

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
Aluminio primario			
CO ₂	T2	Guía IPCC 2006 (Vol.3, cap. 4, epíg. 4.4.2.1)	Balace de masas aplicando las ecuaciones propuestas en la Guía IPCC 2006 según el proceso empleado: <ul style="list-style-type: none"> - Ánodos precocidos: ecuaciones 4.21, 4.22 y 4.23 - Celdas Söderberg: ecuación 4.24
PFC ₅	T2	Guía IPCC 2006 (Vol.3, cap. 4, epíg. 4.4.2.3)	Estimaciones basadas en el rendimiento del efecto anódico: <ul style="list-style-type: none"> - Método de la pendiente: ecuación 4.26
NO _x	T2	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tablas 3.2 y 3.3)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio primario
CO	T2	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tablas 3.2 y 3.3)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio primario
SO ₂	T3	IQ	Emisiones medidas
TSP	T3	IQ	Emisiones medidas
PM ₁₀ , PM _{2,5}	T2	Guías CEPMEIP	Aplicación, sobre las emisiones de TSP, de la ratio propuesta por CEPMEIP de relación entre emisiones de TSP con respecto a PM ₁₀ y PM _{2,5}
BC	T2	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tablas 3.2 y 3.3)	Aplicación, sobre las emisiones de PM _{2,5} , de la ratio propuesta por EMEP 2016 de relación entre emisiones de BC con respecto a PM _{2,5}
PAH	T2	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tablas 3.2 y 3.3)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio primario
Aluminio secundario			
TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5} , BC	T2	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tabla 3.4)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio secundario
DIOX	T2	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tabla 3.4)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio secundario

Variable de actividad

Variable	Descripción
Producción de aluminio	Expresada en toneladas

Fuentes de información sobre la variable de actividad

Producción de aluminio primario	
Periodo	Fuente
1990-2018	Cuestionarios individualizados (IQ) facilitados por las plantas de producción de aluminio existentes en España

En la actualidad existen en España 3 plantas producción de aluminio, una de las cuales es productora, a su vez, de alúmina. En la siguiente figura se representa su ubicación.



Figura 4. Distribución de las plantas productoras de aluminio en España (Fuente: Elaboración propia)

Empresa	Nombre	Provincia	Observaciones
ALCOA	Fábrica de Avilés	Asturias	Producción de aluminio
	Fábrica de La Coruña	Galicia	Producción de aluminio
	Fábrica de San Ciprián (Lugo)	Galicia	Producción de aluminio Producción de alúmina

Producción de aluminio secundario	
Periodo	Fuente
1990	Patronal del sector
1990-1999	SGIBP-MINER (Subdirección General de Industrias Básicas y de Proceso- Ministerio de Industria y Energía)
2000-2003	Asociación Española de Refinadores de Aluminio (ASERAL)
2004	Dirección General de Industria del MITYC (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo)
2005-2006	Asociación Española de Refinadores de Aluminio (ASERAL)
2007	Dirección General de Industria del MITYC (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo)
2008-2009	Asociación Española de Refinadores de Aluminio (ASERAL)
2010-2019	Encuesta Industrial de Productos del INE (Instituto Nacional de Estadística)

Fuente de los factores de emisión

Contaminante	Tipo	Fuente	Descripción
Aluminio primario			
CO ₂	CS	Guía IPCC 2006 (Vol.3, cap. 4, epíg. 4.4.2.1)	Balance de masas aplicando las ecuaciones propuestas en la Guía IPCC 2006 según el proceso empleado: - Ánodos precocidos: ecuaciones 4.21, 4.22 y 4.23 - Celdas Sörderberg: ecuación 4.24
PFC ₅	CS	Guía IPCC 2006 (Vol.3, cap. 4, epíg. 4.4.2.3)	Estimaciones basadas en el rendimiento del efecto anódico: - Método de la pendiente: ecuación 4.26
NO _x	D	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tablas 3.2 y 3.3)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio
CO	D	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tablas 3.2 y 3.3)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio
SO ₂	CS	IQ	Emisiones medidas
TSP	CS	IQ	Emisiones medidas
PM ₁₀ , PM _{2,5}	CS	Guías CEPMEIP	Aplicación, sobre las emisiones de TSP, de la ratio propuesta por CEPMEIP de relación entre emisiones de TSP con respecto a PM ₁₀ y PM _{2,5}
BC	D	Guías CEPMEIP	Aplicación, sobre las emisiones de PM _{2,5} , de la ratio propuesta por CEPMEIP de relación entre emisiones de BC con respecto a PM _{2,5}
PAH	D	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tablas 3.2 y 3.3)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio
Aluminio secundario			
TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5} , BC	D	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tabla 3.4)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio
DIOX	D	Guía EMEP 2019 (Cap. 2C3, tabla 3.4)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de aluminio
Observaciones: D: por defecto (del inglés "Default"); CS: específico del país (del inglés "Country Specific"); OTH: otros (del inglés "Other"); M: modelo (del inglés "Model"); IQ: cuestionario individualizado de las plantas			

Incertidumbres

La incertidumbre de esta actividad a nivel de CRF 2C3 es la recogida en la siguiente tabla.

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
CO ₂	2	5	<u>Variable de actividad:</u> se sitúa en un 2%, al tratarse de información directa de las plantas <u>Factor de emisión:</u> Se sitúa en el 5%. Incertidumbre obtenida a partir de los límites superior e inferior del intervalo de confianza del 95% establecido por la Guía IPCC 2006 en el volumen 2, capítulo 4, tablas 4.11 y 4.14
PFC	1	9	<u>Variable de actividad:</u> se sitúa en un 1%, al tratarse de información directa de plantas <u>Factor de emisión:</u> se sitúa en el 9%. Estimación deducida al ponderar las incertidumbres que por tecnología y contaminante aparecen indicadas en la tabla 4.16 de las Guías IPCC 2006

La incertidumbre de esta actividad a nivel de NFR 2C1 es la recogida en la siguiente tabla.

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
SO ₂	2	20	<u>Variable de actividad:</u> se sitúa en un 2%, al tratarse de información directa de las plantas. <u>Factor de emisión:</u> incertidumbre obtenida a partir de los límites superior e inferior del intervalo de confianza del 95% establecido por la Guía EMEP 2019 en el capítulo 2C3, tablas 3.2 y 3.3
NO _x , PM _{2,5}	-	-	No estimada. El Inventario contempla en su estimación de incertidumbre total, aquellos sectores que más emiten hasta completar el 97% de las emisiones totales, quedando esta actividad y contaminantes fuera del cómputo. Para más información consultar la metodología para el cálculo de incertidumbres del reporte a CRLTAP
CO	-	-	Para estos contaminantes no se realizan análisis de incertidumbre. Para más información consultar la metodología para el cálculo de incertidumbres del reporte CRLTAP
TSP, PM ₁₀ , BC	-	-	
Metales pesados	-	-	
PAH	-	-	
DIOX	-	-	

Coherencia temporal de la serie

Las series de las variables se consideran temporalmente homogéneas y son completas.

Observaciones

No procede.

Criterio para la distribución espacial de las emisiones

La información procede de distintas fuentes. En el caso del aluminio primario se recibe la información a nivel de planta, por lo que las emisiones se asignan directamente a la provincia en la que se ubica cada planta.

En el caso del aluminio secundario la información ha sido tratada al nivel de área. No se dispone sin embargo de información contrastada sobre la distribución provincial para esta actividad, por lo que se ha realizado una distribución aproximada entre las provincias en las cuales se tiene certeza de la realización de esta actividad. La información sobre la que se ha basado esta distribución está referida al año 1990.

Juicio de experto asociado

No procede.

Fecha de actualización

Octubre 2021.

ANEXO I

Datos de la variable de actividad

Se muestran los datos de variable de actividad correspondientes al aluminio secundario. Los relativos al aluminio primario no se publican por razones de confidencialidad.

Año	Producción de aluminio secundario (toneladas)
1990	86.700
1991	96.000
1992	96.500
1993	99.717
1994	103.508
1995	106.975
1996	153.837
1997	173.181
1998	210.000
1999	224.006
2000	240.520
2001	221.720
2002	242.600
2003	260.984
2004	290.030
2005	310.170
2006	335.160
2007	345.120
2008	319.730
2009	218.610
2010	261.440
2011	294.630
2012	284.370
2013	267.770
2014	308.828
2015	284.166
2016	301.396
2017	313.238
2018	299.738
2019	275.824

ANEXO II

Datos de factores de emisión

Se muestran los factores de emisión correspondientes a la producción de aluminio secundario. Los relativos al aluminio primario no se muestran por razones de confidencialidad.

TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	BC	DIOX
g/t alum. sec.	g/t alum. sec.	g/t alum. sec.	g/t alum. sec.	ng/t alum. sec.
2.000	1.400	550	0,0127	35.000

EMEP/EAA 2019, Capítulo 2C3, tabla 3-4

Ficha Técnica

ANEXO III

Cálculo de emisiones

Se incluye, a modo de ejemplo de estimación de emisiones, la correspondiente a la producción secundaria de aluminio para el año 2019.

De forma general, las emisiones se estiman de acuerdo con los factores de emisión (FE) y las variables de actividad (VA) reseñadas, siguiendo la fórmula:

$$Emisiones_{(TSP)} = \sum_i MP \cdot FE$$

MP = Producción de aluminio secundario (t)

FE = Factor de emisión (g / t producción)

Para el año 2019 las emisiones de TSP generadas en la producción de aluminio secundario resultan:

	Producción (t)	FE TSP (g/t producto)	Emisiones TSP (kt)
Aluminio secundario (2019)	275.824	2.000	0,552

ANEXO IV

Emisiones

AÑO	CO ₂ kt	PFC-116 kg	PFC-14 kg	NO _x kt	SO ₂ kt	PM _{2,5} kt	PM ₁₀ kt	TSP kt	BC kt	CO kt	DIOX g	Ben-A-PI t	Ben-B-FL t	Ben-K-FL t	INDENO t	PAH t
1990	610	10.622	140.025	0,3553	2,7494	-	-	-	-	42,64	3,0345	1,4680	1,4583	1,4583	0,1797	4,5644
1991	608	10.024	130.560	0,3546	2,7279	-	-	-	-	42,56	3,3600	1,4722	1,4626	1,4626	0,1802	4,5776
1992	611	9.647	122.953	0,3579	3,2404	-	-	-	-	42,95	3,3775	1,4776	1,4679	1,4679	0,1809	4,5942
1993	603	10.240	127.327	0,3555	3,5265	-	-	-	-	42,66	3,4901	1,4354	1,4255	1,4255	0,1757	4,4621
1994	570	10.174	123.725	0,3377	2,9718	-	-	-	-	40,53	3,6228	1,2862	1,2764	1,2764	0,1575	3,9964
1995	610	10.339	125.712	0,3615	2,7856	-	-	-	-	43,38	3,7441	1,4934	1,4836	1,4836	0,1828	4,6433
1996	608	9.858	119.210	0,3615	3,2846	-	-	-	-	43,38	5,3843	1,4969	1,4871	1,4871	0,1832	4,6544
1997	612	10.045	122.084	0,3597	4,0156	-	-	-	-	43,16	6,0613	1,4910	1,4812	1,4812	0,1825	4,6359
1998	605	9.361	112.064	0,3602	4,0474	-	-	-	-	43,23	7,3500	1,4998	1,4901	1,4901	0,1836	4,6636
1999	610	8.373	101.945	0,3639	4,1640	-	-	-	-	43,66	7,8402	1,5170	1,5072	1,5072	0,1857	4,7170
2000	615	4.653	59.228	0,3656	4,1168	0,6373	1,4702	2,0058	0,0147	43,87	8,4182	1,5225	1,5126	1,5126	0,1864	4,7340
2001	626	2.221	33.227	0,3764	4,0144	0,6127	1,4121	1,9384	0,0141	45,17	7,7602	1,5364	1,5260	1,5260	0,1881	4,7765
2002	638	2.538	33.707	0,3803	3,6421	0,7369	1,6934	2,2492	0,0169	45,63	8,4910	1,5497	1,5393	1,5393	0,1897	4,8180
2003	641	2.427	32.239	0,3894	3,6094	0,8795	2,0164	2,6125	0,0202	46,73	9,1344	1,5733	1,5624	1,5624	0,1926	4,8907
2004	649	2.315	31.228	0,3949	3,7449	0,7101	1,6436	2,2464	0,0163	47,38	10,1511	1,5874	1,5764	1,5764	0,1943	4,9345
2005	662	1.708	25.606	0,3972	3,8245	0,7331	1,6975	2,3139	0,0169	47,66	10,8560	1,5935	1,5824	1,5824	0,1951	4,9534
2006	682	1.623	23.804	0,4003	3,6471	0,6898	1,6060	2,1568	0,0159	48,04	11,7306	1,6148	1,6037	1,6037	0,1977	5,0198
2007	672	1.425	22.707	0,4051	3,6146	0,6208	1,4545	1,9512	0,0143	48,61	12,0792	1,6222	1,6109	1,6109	0,1986	5,0426
2008	686	1.347	21.968	0,4082	3,7388	0,5995	1,4017	1,8733	0,0138	48,98	11,1906	1,6384	1,6270	1,6270	0,2006	5,0929
2009	596	990	14.539	0,3632	3,3151	0,4897	1,1396	1,4533	0,0113	43,58	7,6514	1,3397	1,3289	1,3289	0,1641	4,1615
2010	618	827	12.764	0,3671	3,3642	0,3589	0,8510	1,1063	0,0083	44,05	9,1504	1,2920	1,2808	1,2808	0,1582	4,0118
2011	684	779	10.798	0,4061	3,4996	0,3971	0,9407	1,2120	0,0091	48,74	10,3121	1,6200	1,6086	1,6086	0,1983	5,0356
2012	582	508	6.436	0,3521	3,6859	0,3735	0,8844	1,1171	0,0086	42,25	9,9530	1,1242	1,1127	1,1127	0,1377	3,4874
2013	573	626	7.980	0,3485	3,1542	0,3160	0,7533	0,9656	0,0073	41,82	9,3720	1,0716	1,0600	1,0600	0,1313	3,3229
2014	581	616	7.375	0,3533	3,5532	0,3608	0,8573	1,1071	0,0082	42,39	10,8090	1,0969	1,0853	1,0853	0,1344	3,4019
2015	597	872	10.211	0,3601	3,6717	0,3724	0,8788	1,1185	0,0086	43,22	9,9458	1,1591	1,1475	1,1475	0,1420	3,5961
2016	608	730	10.307	0,3623	4,5018	0,3647	0,8646	1,1124	0,0084	43,48	10,5489	1,1538	1,1420	1,1420	0,1414	3,5790
2017	610	1.037	14.496	0,3573	4,5429	0,3305	0,7906	1,0401	0,0076	42,87	10,9633	1,1415	1,1299	1,1299	0,1399	3,5413
2018	614	1.025	15.057	0,3555	4,4370	0,3616	0,8575	1,1027	0,0083	42,66	10,4908	1,1156	1,1039	1,1039	0,1367	3,4601
2019	393	486	4.724	0,2371	2,8834	0,2985	0,7157	0,9113	0,0072	28,46	10,1934	0,1306	0,1194	0,1194	0,0163	0,3857