

COWPERS DE HORNOS ALTOS

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
SNAP 97	03.02.03
CRF	1A2a
NFR	1A2a

Descripción de los procesos generadores de emisiones

En esta ficha se incluyen las emisiones de la combustión industrial en las estufas Cowpers de la siderurgia integral¹.

Las estufas de hornos altos o Cowpers, son necesarias en el proceso de la siderurgia integral, porque de ellas parte el aire caliente que se insufla al alto horno para favorecer las reacciones de reducción.

Como productos del horno alto, aparte del arrabio y escorias, aparece el gas de alto horno, que es una mezcla de gases (vapor de agua, anhídrido carbónico, monóxido de carbono y óxidos de azufre entre otros) que escapan por la parte superior del alto horno a temperaturas que varían entre 120 y 250 °C. Este gas de alto horno es reutilizado en las estufas Cowper, para aprovechar su energía calorífica. Sin embargo, como el poder calorífico del gas de alto horno suele ser bajo, se utilizan otros gases como el gas de coquería y el gas natural. También se emplean combustibles líquidos que pueden requerir otros tipos de quemadores.

Para poder utilizar este gas de alto horno, es necesario previamente eliminar las impurezas que pueda haber, es por ello que se utiliza un ciclón o dispositivo de limpieza de una o dos etapas. El limpiador primario es normalmente un depurador húmedo que elimina el 90% de las partículas. El limpiador secundario es normalmente un lavador húmedo de alta energía (Venturi generalmente) o un precipitador electrostático. Un gas de alto horno se considera limpio cuando contiene menos de 0,05 g/m³ de partículas.

En la estufa Cowper, el chorro de aire caliente se produce haciendo pasar un chorro de aire frío a través de cámaras precalentadas o estufas y calentándolas por encima de los 1.000 °C. La estufa se calienta por la combustión de gas y aire en el interior de la cámara de modo que los ladrillos termorre recuperadores absorban el calor. Este modo se denomina "en gas". Cuando la estufa ha absorbido suficiente calor, esta se pone "en chorro". En este modo no se produce combustión, pero el aire ya está suficientemente caliente como para calentar otro chorro de aire frío que pase a través de la estufa. Una vez el chorro adquiere la temperatura adecuada se introduce en el alto horno mediante las toberas de base que se observan en la Figura 1.

Generalmente, se dispone de tres o cuatro estufas de modo que mientras una estufa está en chorro, la otra está en gas o cerrada. Una estufa cerrada se ha calentado y cerrado, por lo que está preparada para ponerse en chorro. Si una estufa está fuera de servicio, se puede trabajar sólo con dos estufas.

La corriente de aire caliente se conduce hasta la base del horno alto y favorece las reacciones de reducción.

A continuación en el gráfico, se pueden observar los procesos incluidos:

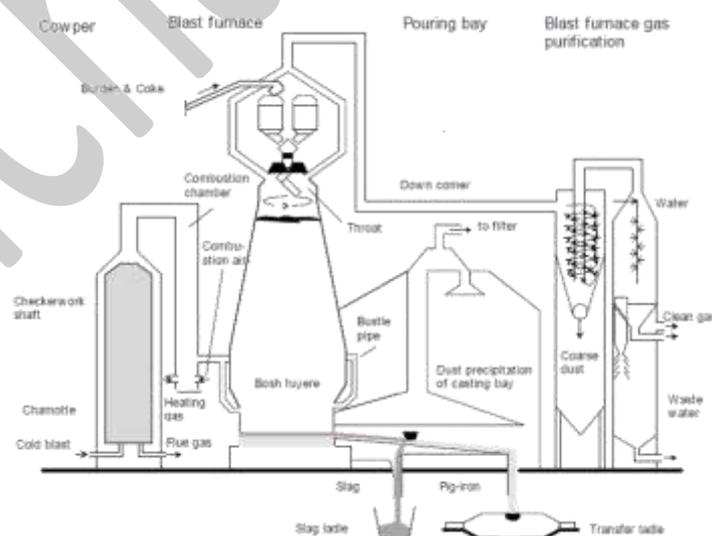


Figura 1. Procesos generadores de las emisiones (Fuente EMEP/CORINAIR 2007)

¹ Se conoce como siderurgia integral a la planta industrial dedicada al proceso completo de producir acero a partir del mineral de hierro (hornos altos), mientras que la siderurgia no integral (acería eléctrica) utiliza como materia prima fundamental la chatarra férrica

Contaminantes inventariados

Gases de efecto invernadero

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

OBSERVACIONES:

- *Notation Keys* correspondientes al último reporte de CLRTAP
- Las celdas que no incluyen *Notation Key* son casos en los que se reportan emisiones en la categoría NFR correspondiente, pero no son atribuibles a esta actividad

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
01.04.06	1A1ci	1A1c	Plantas de transformación de combustibles sólidos
03.01.03	1A2a	1A2	Combustión estacionaria industrial no específica
03.03.01	1A2a	1A2a	Plantas de sinterización (combustión)
03.03.02	1A2a		Hornos de recalentamiento de hierro y acero (*)
03.02.05	1A2a/1A2b	1A2a/1A2b	Combustión en otros hornos sin contacto
04.02.01	1B1b	1B1b	Apertura y extinción de los hornos de coque
04.02.02	2C1b	2C1	Carga de hornos altos y coladas de arrabio
04.02.03			Hornos de oxígeno básico de las acerías
04.02.06	2C1a		Laminación de acero
04.02.08	2C1f		Plantas de sinterización (emisiones de proceso)
04.02.09	2C1d		Antorchas en siderurgia y coquerías
09.02.04	2C1f		

*: En esta actividad se han computado las emisiones de ciertas instalaciones auxiliares en los procesos de las plantas siderúrgicas integrales (acería LD, hornos altos, etc.), al no disponer en la nomenclatura SNAP de una actividad específica para estas instalaciones

Descripción metodológica general

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
CO ₂	T2	IQ	Balance de masas
	T1	IPCC 2006. Volumen 2, Capítulo 2. Tabla 2.3	FE por defecto
CH ₄ , N ₂ O	T1	IPCC 2006. Volumen 2, Capítulo 2. Tabla 2.3	FE por defecto
NO _x	T3/ T2	IQ	Mediciones en planta para un año y estimadas para el resto de los años utilizando el caudal de salida de los gases y las horas de funcionamiento
	T2	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Tabla 3-7	FE por defecto
NMVOC	T3/ T2	IQ	Mediciones en planta para un año y estimadas para el resto de los años utilizando el caudal de salida de los gases y las horas de funcionamiento
	T2	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Tabla 3-7	FE por defecto
SO ₂	T3/ T2	IQ	Mediciones en planta para un año y estimadas para el resto de los años utilizando el

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
			caudal de salida de los gases y las horas de funcionamiento
	T2	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Tabla 3-7	FE por defecto
PM _{2,5} , PM ₁₀ , TSP	T3/ T2	IQ	Mediciones en planta para un año y estimadas para el resto de los años utilizando el caudal de salida de los gases y las horas de funcionamiento
	T1	CEPMEIP	FE por defecto
BC	T2	EMEP/EEA 2016. Capítulo 1A2. Tabla 3-7	FE por defecto
CO	T3/ T2	IQ	Mediciones en planta para un año y estimadas para el resto de los años utilizando el caudal de salida de los gases y las horas de funcionamiento
	T2	EMEEP/CORINAIR 2007. Capítulo B323vs2.1 Mediciones Estimaciones	FE por defecto

Una descripción más detallada de las metodologías de estimación de las emisiones mencionadas, se encuentra en las Fichas Introdutorias A, B y C.

Variable de actividad

Variable	Descripción
Consumo de combustible en las estufas de altos hornos (GJ)	Gas natural, GLP, gas de coquería, gas de horno alto recuperado y consumido en las estufas

Fuentes de información sobre la variable de actividad

Periodo	Fuente
1990-2016	Cuestionarios individualizados (IQ) facilitados por las plantas de siderurgia integral existentes en España

En la actualidad existen en España dos plantas de siderurgia ambiental y 26 de siderurgia no integral.

Las plantas siderúrgicas integrales consideradas en el periodo, se resumen en la siguiente Figura. Cabe señalar que actualmente sólo están en funcionamiento los hornos altos de Gijón.



Empresa	Nombre	Provincia	Observaciones
ARCELORMITTAL	Factoría de Avilés	Asturias	Cese actividad horno alto en 1998
	Factoría de Gijón	Asturias	-
Altos Hornos de Vizcaya		Vizcaya	Cierre de la planta en 1994

Figura 2. Distribución de las plantas siderúrgicas integrales en España (Fuente: elaboración propia)

Fuente de los factores de emisión

Contaminante	Tipo	Fuente	Descripción
CO ₂	CS	IQ	Balance de masas
CH ₄ , N ₂ O	D	IPCC 2006 Volumen 2, Capítulo 2. Tabla 2.3	FE por defecto
	CS	IQ	Mediciones en planta para un año y estimadas para el resto de los años utilizando el caudal de salida de los gases y las horas de funcionamiento
NO _x	D	EMEP/EEA 2016 Capítulo 1A2. Tabla 3-7	FE por defecto
	CS	IQ	Mediciones en planta para un año y estimadas para el resto de los años utilizando el

Contaminante	Tipo	Fuente	Descripción
			caudal de salida de los gases y las horas de funcionamiento
	D	EMEP/EEA 2016 Capítulo. Tabla 3-7	Fe por defecto
SO ₂	CS	IQ	Balance de masas
	D	EMEP/EEA 2016 Capítulo 1A2. Tabla 3-7	FE por defecto
PM _{2,5}	CS	IQ	Se asimilan iguales a las emisiones de PM ₁₀
	D	CEPMEIP	Para años anteriores a la medición
PM ₁₀ , TSP	CS	IQ	Mediciones en planta para un año y estimadas para el resto de los años utilizando el caudal de salida de los gases y las horas de funcionamiento
	D	CEPMEIP	Para años anteriores a la medición
BC	D	EMEP/EEA 2016 Capítulo. Tabla 3-7	Fe por defecto
CO	CS	IQ	Mediciones en planta para un año y estimadas para el resto de los años utilizando el caudal de salida de los gases y las horas de funcionamiento
	D	EMEP/CORINAIR 2007 Capítulo B323vs2.1. Tabla 8.1	Fe por defecto

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 con información de las plantas

Incertidumbres

La incertidumbre de esta actividad a nivel de CRF 1A2 es la recogida en la siguiente tabla.

Contaminante	Tipo de combustible	Inc. VA	Inc. FE	Descripción
		(%)	(%)	
CH ₄	-	5	233	<u>Variable de actividad:</u> Se asume la incertidumbre propuesta en la guía IPCC 2006, Volumen 2: Energía, Capítulo 2 Combustión estacionaria, tabla 2.15 <u>Factor de emisión:</u> Se calcula con los intervalos de confianza de los factores de emisión de todos los combustibles que intervienen según la Guía IPCC 2006, Volumen 2: Energía, Capítulo 2 Combustión estacionaria, tabla 2.3 y se toma el valor mayor
CO ₂	G	5	1,5	<u>Variable de actividad:</u> Se asume la incertidumbre propuesta en la guía IPCC 2006, Volumen 2: Energía, Capítulo 2 Combustión estacionaria, tabla 2.15 <u>Factor de emisión:</u> Se asume la incertidumbre por el contenido de carbono a partir de la composición molar anual facilitada por la empresa transportista del gas
CO ₂	L	10	3,2	<u>Variable de actividad:</u> Se calcula la incertidumbre propuesta en la guía IPCC 2006, Volumen 2: Energía, Capítulo 2 Combustión estacionaria, tabla 2.15 <u>Factor de emisión:</u> Incorpora la incertidumbre del contenido de carbono de acuerdo a la variabilidad de las características de los combustibles
CO ₂	O	17,5	5	<u>Variable de actividad:</u> Se asume la incertidumbre propuesta en la guía IPCC 2006, Volumen 2: Energía, Capítulo 2 Combustión estacionaria, tabla 2.15 <u>Factor de emisión:</u> Se deriva de la Guía IPCC 2006, Volumen 2, Capítulo 2 Combustión estacionaria, Tabla 2.15 por la heterogeneidad de combustibles en este grupo
CO ₂	S	5	15,1	<u>Variable de actividad:</u> Se asume la incertidumbre propuesta en la guía IPCC 2006, Volumen 2: Energía, Capítulo 2 Combustión estacionaria, tabla 2.15 <u>Factor de emisión:</u> Se calcula como promedio de las incertidumbres asociadas a las características para este tipo de combustible en fuentes puntuales, para las que se dispone de información directa de planta, como las propias de las fuentes de área, que son menos precisas
N ₂ O	-	5	275	<u>Variable de actividad:</u> Se asume la incertidumbre propuesta en la Guía IPCC 2006, Volumen 2: Energía, Capítulo 2 Combustión estacionaria, tabla 2.15 <u>Factor de emisión:</u> Se calcula con los intervalos de confianza de los factores de emisión de todos los combustibles que intervienen según la Guía IPCC 2006, Volumen 2: Energía, Capítulo 2 Combustión estacionaria, tabla 2.3 y se toma el valor mayor

G: gaseosos; L: líquidos; S: sólidos; O: otros combustibles

La incertidumbre de esta actividad a nivel de NFR 1A2a es la recogida en la siguiente tabla.

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
NOx	3,48	41	<u>Variable de actividad</u> : Dado que la información procede de IQ se considera que la incertidumbre tiene un valor bajo <u>Factor de emisión</u> : Se calcula con las incertidumbres agregadas de los factores de emisión propuestos en la Guía EMEP/EEA 2016
SOx	35,7	36,8	<u>Variable de actividad</u> : Dado que la información procede de IQ se considera que la incertidumbre tiene un valor bajo <u>Factor de emisión</u> : Se calcula con las incertidumbres agregadas de los factores de emisión propuestos en la Guía EMEP/EEA 2016
NMVOC	-	-	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 contaminante fuera del cómputo. Para más información consultar la metodología para el cálculo de incertidumbres de los reportes a UNFCCC y CRLTAP.
PM _{2,5}	-	-	
PM ₁₀	-	-	
TSP	-	-	
BC	-	-	
CO	-	-	

Coherencia temporal de la series

En general se considera que las series de variables de actividad (consumo de combustible en las estufas de altos hornos) presentan un alto grado de coherencia temporal por provenir la información de las propias siderurgias. La serie de los factores de emisión presenta un grado aceptable de homogeneidad temporal.

Observaciones

No procede.

Criterio para la distribución espacial de las emisiones

El nivel de desagregación para el cálculo de las emisiones es a nivel provincial, basado en la ubicación de cada planta, constituyendo un modelo "bottom-up".

Juicio de experto asociado

No procede.

Fecha de actualización

Julio 2018.

ANEXO I

Datos de la variable de actividad

Los datos de variable de actividad correspondientes no se muestran por razones de confidencialidad.

Ficha Técnica

ANEXO II

Datos de factores de emisión

Los datos de variable de actividad correspondientes no se muestran por razones de confidencialidad.

Ficha Técnica

ANEXO III

Cálculo de emisiones

No procede.

Ficha Técnica

ANEXO IV

Emisiones

AÑO	CO ₂ (kt)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	NO _x (t)	NMVOC (t)	SO ₂ (t)	PM _{2,5} (t)	PM ₁₀ (t)	TSP (t)	CO (t)
1990	2.387,46	12,59	1,26	44,70	4,67	821,71	-	-	-	188,78
1991	2.407,98	12,98	1,30	44,84	4,45	862,43	-	-	-	194,64
1992	2.187,61	11,62	1,16	40,54	4,07	635,05	-	-	-	174,25
1993	2.329,19	12,43	1,24	43,12	4,38	754,38	-	-	-	186,32
1994	2.416,69	12,54	1,25	43,68	4,45	683,01	-	-	-	185,06
1995	1.759,20	9,09	0,91	33,24	4,55	588,40	-	-	-	136,20
1996	1.582,88	7,64	0,76	30,34	2,86	433,12	-	-	-	114,42
1997	1.985,05	8,45	0,84	34,22	3,83	203,87	-	-	-	126,40
1998	2.180,24	8,36	0,84	35,84	6,58	35,72	-	-	-	124,96
1999	2.038,72	7,84	0,78	34,17	7,03	22,22	-	-	-	117,08
2000	2.016,45	7,59	0,76	34,13	6,80	-	0,76	0,76	0,76	113,37
2001	2.081,03	7,79	0,78	34,57	6,98	-	0,78	0,78	0,78	116,41
2002	1.977,09	7,47	0,75	33,18	6,70	-	0,75	0,75	0,75	111,77
2003	1.844,43	6,95	0,70	74,93	6,23	-	-	-	3,26	126,03
2004	1.940,07	7,24	0,72	80,63	6,70	-	-	-	3,51	135,67
2005	1.920,33	7,19	0,72	75,50	6,27	-	-	-	3,28	127,03
2006	1.730,06	6,56	0,66	70,73	5,87	4,98	-	-	3,08	119,02
2007	1.857,27	6,85	0,68	72,37	6,01	-	-	-	3,15	121,78
2008	1.779,67	6,58	0,66	78,95	6,56	-	-	-	3,43	132,85
2009	1.288,51	4,75	0,47	66,91	5,56	-	-	-	2,91	112,58
2010	1.711,85	6,25	0,62	93,63	7,78	-	-	-	4,07	157,54
2011	1.737,52	6,34	0,63	79,14	6,57	-	-	-	3,44	133,17
2012	1.512,00	5,53	0,55	57,50	4,78	-	-	-	2,50	96,76
2013	1.836,32	6,83	0,68	79,22	6,89	-	-	-	3,44	134,33
2014	1.828,29	7,09	0,71	84,10	7,31	-	-	-	3,66	125,75
2015	1.967,76	7,50	0,75	76,95	6,69	-	-	-	3,35	125,75
2016	1.771,58	6,61	0,66	69,47	6,04	-	-	-	3,02	117,79