

GUÍA DE MÉTODOS DE MEDICIÓN Y FACTORES DE EMISIÓN PARA EL SECTOR DEL CEMENTO EN ESPAÑA

Diciembre de 2021



Consulnima
Consultoría e Ingeniería Ambiental

Pedro Mora Peris, Oficemen
Sonia Silva Segovia, Oficemen
Marina Romay Díaz, Oficemen
Virginia Villa Jiménez, Consulnima
Rafael Víctor García Nieto, Consulnima

ISBN 978-84-09-16554-4

2ª edición

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
1. OBJETO Y ALCANCE DE ESTA GUÍA	6
1.1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO LEGAL.....	6
2.1. REGISTRO ESTATAL DE EMISIONES Y FUENTES CONTAMINANTES (PRTR)	6
2.2. EU-REGISTRY	9
2.3. SISTEMA ESPAÑOL DE INVENTARIO Y PROYECCIONES DE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA 13	
2.4. LA DIRECTIVA DE EMISIONES INDUSTRIALES Y LA LEGISLACIÓN IPPC EN ESPAÑA	17
2.5. MARCO LEGAL DE LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS EN EL SECTOR CEMENTERO.....	23
2.5.1. La aplicación de la jerarquía de residuos	24
2.5.2. Diferencias entre coincineración de residuos (valorización energética) e incineración de residuos ..	26
2.5.3. Un paso más: el coprocesado de residuos	28
3. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN ESPAÑA.....	30
4. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO.....	32
5. ASPECTOS AMBIENTALES DE LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO	33
6. CONTROL DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA CEMENTERA.....	35
7. CONTROL DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN LA INDUSTRIA CEMENTERA.....	35
8. MEDICIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA	41
8.1. MEDICIÓN EN CONTINUO.....	46
8.1.1. Introducción.....	46
8.1.2. Seguimiento y control de las emisiones atmosféricas mediante Sistemas Automáticos de Medición. Orientaciones para el mantenimiento, operación y tratamiento de datos.....	48
8.1.3. Condiciones de operación diferentes a las normales.....	53
8.1.4. Aplicación de la norma UNE-EN 14181 sobre garantía de la calidad de los SAM.....	63
8.1.5. Determinación de la carga contaminante a partir de datos obtenidos mediante Sistemas Automáticos de Medida 56	
8.2. MEDICIÓN EN DISCONTINUO O PUNTUAL	61
8.2.1. Determinación de la carga contaminante a partir de sistemas de muestreo y análisis puntuales o en discontinuo.....	61
8.3. LÍMITE DE DETECCIÓN Y LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	71
8.4. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.....	72
9. CÁLCULO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA: FACTORES DE EMISIÓN.....	74
9.1. DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTES A PARTIR DEL CÁLCULO	74
9.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LOS FACTORES DE EMISIÓN PARA HORNO PROPIOS DEL SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL.....	76
9.2.1. Antecedentes y objeto	76

9.2.2.	Metodología.....	76
9.2.3.	Cálculo de los factores de emisión.....	76
9.2.4.	Información recibida de las empresas cementeras españolas.....	78
9.2.5.	Análisis estadístico de los datos	78
9.2.6.	Valores por debajo del límite de detección.....	79
9.2.7.	Representatividad de los factores de emisión calculados.....	79

Anexo I. Métodos de medición de las emisiones a la atmósfera de la industria del cemento80

RESUMEN.....	80
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	81
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	82
ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO _x – como NO ₂)	83
ÓXIDO NITROSO (N ₂ O)	84
AMONIACO (NH ₃).....	85
ÓXIDOS DE AZUFRE (SO _x – como SO ₂).....	86
CLORO Y COMPUESTOS INORGÁNICOS (HCl)	87
FLÚOR Y COMPUESTOS INORGÁNICOS (HF)	88
METALES Y SUS COMPUESTOS.....	89
MERCURIO Y SUS COMPUESTOS (Hg)	90
ZINC Y SUS COMPUESTOS (Zn).....	91
PARTÍCULAS TOTALES y PM ₁₀	92
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁILES DISTINTOS DEL METANO (COVNM).....	93
BENCENO.....	94
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)	95
(Suma de benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno e indeno(1,2,3-cd)pireno)	95
DIOXINAS Y FURANOS (PCDD Y PCDF).....	96
POLICLOROBIFENILOS (PCB).....	97
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT, como C total).....	98
METANO (CH ₄)	99

Anexo II. Factores de emisión de los hornos de la industria del cemento100

DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	100
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	101
ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO _x – como NO ₂)	102
ÓXIDO NITROSO (N ₂ O)	103
AMONIACO (NH ₃).....	104
ÓXIDOS DE AZUFRE (SO _x – como SO ₂).....	105
CLORO Y COMPUESTOS INORGÁNICOS (HCl)	106
FLÚOR Y COMPUESTOS INORGÁNICOS (HF)	107
METALES Y SUS COMPUESTOS.....	108
MERCURIO Y SUS COMPUESTOS (Hg)	111
ZINC Y SUS COMPUESTOS (Zn).....	112
PARTÍCULAS TOTALES y PM ₁₀	113
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁILES DISTINTOS DEL METANO (COVNM).....	115
BENCENO.....	116
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)	117

DIOXINAS Y FURANOS (PCDD Y PCDF).....	118
POLICLOROBIFENILOS (PCB).....	119
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT, como C total).....	120
METANO (CH ₄)	121
Anexo III. Tratamiento de los valores por debajo del límite de detección	122
Anexo IV. Conversión de unidades en la determinación de la carga contaminante a partir de medidas en continuo o puntuales	128
Anexo V. Cuestionario y herramienta estadística para la recogida de información de Oficemen	132
Anexo VI. Listado de instrucciones técnicas de las comunidades autónomas sobre control de emisiones a la atmósfera	144
Anexo VII. Glosario de términos	153
Anexo VIII. Bibliografía y referencias	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nuevas obligaciones. Fuente: elaboración propia.	9
Figura 2. Imagen 2: Flujo de información. Fuente: basado en “EU Registry Data model documentation”, Agencia Europea de Medio Ambiente (https://cdrtest.eionet.europa.eu/help/ied_registry/documents/EU%20Registry_datamodel_CID_Sep2018_Final.pdf).	10
Figura 3. Imagen 3: Estructura y entidades. Fuente: “EU Registry Data model documentation”, Agencia Europea de Medio Ambiente (https://cdrtest.eionet.europa.eu/help/ied_registry/documents/EU%20Registry_datamodel_CID_Sep2018_Final.pdf).	11
Figura 4. Imagen 4: Calendario de envío de información. Fuente: “EU Registry & E-PRTR-LCP Integration – Project Plan”, Agencia Europea de Medio Ambiente (https://cdrtest.eionet.europa.eu/help/ied_registry/documents/Guidance/EU%20Registry_project%20plan_final_updated.pdf).	12
Figura 5. Posición del coprocesamiento de residuos en la jerarquía de residuos. Fuente: Guidelines on co-processing waste materials in cement production. The GTZ-Holcim public private partnership. Holcim Group Support Ltd & Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 2006.	29
Figura 6. Producción de cemento en el mundo, 2016 (%). Fuente: Cembureau, 2019.	30
Figura 7. Distribución geográfica de las fábricas de cemento en España por grupo empresarial, 2019. Fuente: https://www.oficemen.com/el-cemento/fabricas-cemento-espana/	31
Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del cemento. Fuente: “Anuario del sector cementero español 2016”, Oficemen.	32
Figura 9. Esquema de la cadena de producción de datos relacionados con la medición y control de las emisiones a la atmósfera.	45
Figura 10. Marco lógico del proceso de determinación de la carga contaminante y de evaluación del cumplimiento de VLE con base en los datos obtenidos mediante SAM.	47
Figura 11. Niveles de garantía de calidad aplicables a los SAM.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Extracto de actividades incluidas en el Registro PRTR	7
Tabla 2. Contaminantes incluidos en el sistema español de inventario	14
Tabla 3. Actividades cubiertas por el SEI	15
Tabla 4. Contenido de la AAI (art. 22, Real Decreto Legislativo 1/2016)	18
Tabla 5. Caracterización de emisiones a la atmósfera. Parámetros de control	41

1. OBJETO Y ALCANCE DE ESTA GUÍA

1.1. INTRODUCCIÓN

El objeto de la presente guía es establecer criterios que orienten, tanto a los titulares de las fábricas de cemento como a las autoridades competentes, a la hora de cumplir con las distintas obligaciones de información sobre las emisiones de sustancias contaminantes a la atmósfera recogidas en la legislación vigente.

En especial, en esta guía se pretende:

- Identificar aquellas sustancias contaminantes características del sector cementero español sobre las cuáles éste tiene obligación legal de informar de sus emisiones a la atmósfera.
- Para aquellas sustancias identificadas, proporcionar recomendaciones metodológicas para la determinación de la carga contaminante anual emitida a partir de mediciones (M) o cálculos (C).

2. MARCO LEGAL

2.1. REGISTRO ESTATAL DE EMISIONES Y FUENTES CONTAMINANTES (PRTR)

El desarrollo e implantación de los **Registros de Emisiones y Transferencia de Contaminantes** ("Pollutant Release and Transfer Registers") o **Registros PRTR** en Europa, tiene su fundamento jurídico en el Convenio de la CEPE (Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas, "UN/ECE"), sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente, adoptado en Aarhus (Dinamarca) en 1998. En el marco de este convenio y por mandato de las Partes del mismo, se adoptó en mayo de 2003 el Protocolo para la Implantación de Registros de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (Protocolo PRTR).

La ratificación del Protocolo PRTR por la Comisión Europea, dio lugar, en el ámbito de la Unión Europea, a la adopción del Reglamento (CE) 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de enero de 2006 para el establecimiento de un Registro Europeo de Emisiones y Transferencia de Contaminantes o Registro E-PRTR¹, en vigor desde el 24 de febrero de 2006.



Por otra parte, el Protocolo PRTR obliga a los Estados que lo han ratificado a establecer su propio registro de emisiones y transferencias de contaminantes. En España, que es Parte del protocolo desde octubre de 2009, el Real Decreto 508/2007, de 20 de abril², y sus modificaciones posteriores, especialmente los Reales Decretos 102/2011³ y 815/2013⁴, son las

¹ DOCE L33, de 4.02.2006, pág. 1.

² BOE nº 96, de 21.04.2007, pág. 17686.

³ BOE nº 25, de 29.01.2011, pág. 9593.

⁴ BOE nº 251, de 19.10.2013, pág. 85173.

normas que regulan el registro español y las obligaciones para con el registro europeo y demás requisitos internacionales.

Uno de los objetivos principales del Real Decreto 508/2007 es poner en marcha el **Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, PRTR-España** (www.prtr-es.es).

Entre las actividades que se encuentran incluidas en el Registro PRTR-España, de acuerdo con el Real Decreto 815/2013 que modifica el anexo I del Real Decreto 508/2007, se encuentran:

Tabla 1. Extracto de actividades incluidas en el Registro PRTR

Codificación del Real Decreto Legislativo 1/2016	Codificación del Real Decreto 508/2007 según Real Decreto 815/2013	Descripción de actividades
Industrias minerales		
3.1	3.c)	Producción de cemento, cal y óxido de magnesio.
	3.c.i)	Producción de cemento o clínker
3.1.a) i)	3.c)i (a)	Fabricación de cemento por molienda con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias.
3.1.a) ii)	3.c)i (b)	Fabricación de clínker:
	3.c)i (b) 1	- en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias
	3.c)i (b) 2	- en hornos de otro tipo con una capacidad de producción superior a 50 toneladas diarias

Los titulares de las instalaciones deben informar anualmente a su autoridad competente sobre:

- Las emisiones a la atmósfera, al agua, al suelo y las transferencias de los contaminantes en aguas residuales destinadas a tratamiento, de cualquiera de los contaminantes incluidos en su anexo II.
- Las transferencias fuera del emplazamiento de residuos peligrosos y no peligrosos, para fines de recuperación o eliminación.

Para cada **emisión a la atmósfera, al agua y al suelo y cada transferencia de contaminantes** en aguas residuales notificadas, el titular del complejo debe indicar:

- Cantidad anual emitida, en kg/año, incluyendo en su caso:
 - Emisiones generadas en condiciones normales de funcionamiento.
 - Emisiones de las condiciones anormales (por ejemplo, arranques y paradas).
 - Emisiones fugitivas y difusas.
- Del total de la cantidad anual emitida, cantidad debida a accidentes (emisiones accidentales), en su caso.
- Si son datos:
 - **Medidos (M):** datos en base a medidas de emisiones cuando procedan de sistemas de control o monitorización de los procesos, o cuando las emisiones anuales se determinen en base a mediciones puntuales. Pueden ser necesarios cálculos

adicionales para obtener los datos de emisiones correspondientes al año de referencia.

- **Calculados (C):** datos en base a cálculos de emisiones obtenidos a partir de factores de emisión, balances de materia y demás cálculos que utilicen variables de los procesos y otros métodos más complejos. Deben ser métodos aceptados nacional e internacionalmente.
- **Estimados (E):** datos basados en estimaciones no normalizadas, determinados en base a opiniones o experiencias de expertos según métodos no referenciados o a la aplicación de guías de buenas prácticas.
- En el caso de datos medidos o calculados:
 - Origen del método.
 - Método de análisis o de cálculo.
 - Normas o estándares utilizados para el análisis (indicando, en su caso, si se trata de normas o estándares internacionales descritos en la "Guía para la implantación del E-PRTR").
 - Fuentes o referencias para la realización de los cálculos.

Además, los complejos industriales deben comunicar a las autoridades competentes la siguiente información (de acuerdo con el anexo II del Real Decreto 508/2007):

- Identificación y ubicación del complejo industrial y la empresa matriz.
- Información histórica (producción anual, número de instalaciones y procesos, horas de trabajo anuales, número de empleados, cese de la actividad, etc.).
- Información adicional de carácter ambiental (sistemas de gestión ambiental implantados, etc.).
- Perfil ambiental general del complejo (consumos anuales de electricidad, combustibles y agua, caudales de aguas residuales vertidos, etc.).
- Identificación de todas las actividades de las incluidas en el anexo I del Real Decreto 508/2007 que se realicen en el complejo, indicando cuál es la actividad principal, a la que se le asignarán los datos de emisiones y transferencias de residuos notificados.

La notificación de los datos debe realizarse según los requerimientos establecidos en el Reglamento (CE) nº 166/2006 y en el Real Decreto 508/2007 y sus modificaciones. No obstante, las autoridades competentes en esta materia son las comunidades autónomas, por lo que a la hora de realizar la notificación, también deberá considerarse la normativa y las directrices que éstas hayan dictado al respecto.

Las comunidades autónomas y los organismos de cuenca (en el caso de las emisiones a las aguas de cuencas hidrográficas gestionadas por la Administración General del Estado) son las responsables de evaluar o validar la calidad de los datos notificados por los complejos industriales.

Una vez validados, los datos son remitidos al Ministerio de Transición Ecológica (MITECO), quién, a partir de la información correspondiente al año 2017, publica todos los datos validados por las autoridades competentes, mediante su difusión por internet a través del Registro PRTR-España (www.prtr-es.es).

Además, el Ministerio envía a la Comisión Europea la información requerida en el Reglamento E-PRTR, identificada por complejo y siempre que haya superado los valores umbrales de información establecidos en el anexo II del Real Decreto 508/2007, según el calendario europeo definido por el Reglamento (CE) nº 166/2006. La Comisión, a su vez, publicará en internet estos datos junto a los del resto de instalaciones europeas afectadas por el mencionado Reglamento (<http://prtr.ec.europa.eu/>). Es importante destacar que los umbrales de información PRTR no son límites legales ni implican ningún incumplimiento legal, sino que únicamente son una línea de corte que marca si los datos validados se envían a la Comisión Europea o no. Los complejos industriales tienen la obligación de notificar todas las emisiones al aire, al agua y al suelo, independientemente de si superan o no estos umbrales de información a la Comisión.

2.2.EU-REGISTRY

La Unión Europea lleva desarrollando, durante más de 20 años, normativa con el objetivo de facilitar un enfoque integrado del control de la contaminación de ciertas actividades industriales, y otorgar una protección global al medio ambiente. En la actualidad la norma vigente en este sentido es la **Directiva de Emisiones Industriales** (Directiva 2010/75/CE⁵). La legislación española que transpone esta directiva es el Real Decreto Legislativo 1/2016⁶ y el Real Decreto 815/2013⁷.

Asimismo, en los últimos años, también en el ámbito europeo, se viene trabajando en alcanzar el **mayor grado posible de simplificación, convergencia y coordinación entre los diferentes requisitos de información administrativa y técnica** derivados de la legislación y aplicables a las instalaciones industriales.

En este sentido, se han llevado a cabo las siguientes acciones:

- Creación de un registro europeo de instalaciones industriales (*EU Registry*).
- Nuevo reporte conjunto PRTR + GIC (*E-PRTR + LCP data flow*).



Figura 1. Nuevas obligaciones. Fuente: elaboración propia.

Una de las principales novedades que establece este nuevo esquema es la estructura de reporte que separa la información administrativa de los complejos e instalaciones industriales, mediante el *EU-Registry*, de los datos temáticos correspondientes a los diferentes requisitos de información, como, por ejemplo, las emisiones y transferencias en PRTR, la información específica de grandes

⁵ DOUE L334/17, 17.12.2010

⁶ BOE núm. 316, de 31 de diciembre de 2016.

⁷ BOE núm. 251, de 19 de octubre de 2013.

instalaciones de combustión (GIC) o de plantas de incineración o co-incineración (WI), o la referida a los contenidos y cumplimientos del condicionado ambiental de las autorizaciones ambientales. El esquema general de estas dos actuaciones es:

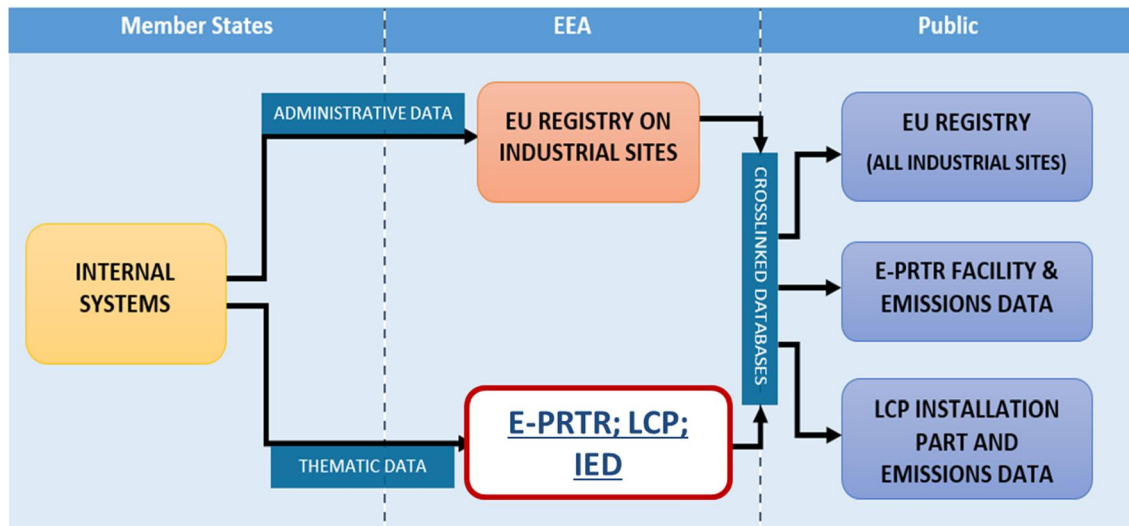


Figura 2. Imagen 2: Flujo de información. Fuente: basado en “EU Registry Data model documentation”, Agencia Europea de Medio Ambiente (https://cdrtest.eionet.europa.eu/help/ied_registry/documents/EU%20Registry_datamodel_CID_Sep2018_Final.pdf).

Además, también se da cumplimiento a los requisitos de la Directiva INSPIRE (Directiva 2007/2/CE)⁸ sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica, para el manejo de la información geográfica ambiental de las instalaciones industriales.

El **EU Registry** es el **registro europeo de instalaciones industriales**. Se trata de un nuevo esquema de envío de información que recopila datos administrativos de los complejos industriales, las instalaciones y plantas con obligaciones de reporte, por ahora, en virtud del Reglamento E-PRTR y la Directiva de Emisiones Industriales. Como primera etapa, este registro recopila los datos de identificación y administrativos para:

- Complejos industriales del ámbito de aplicación del Reglamento 166/2006.
- Instalaciones en el marco de la DEI.
- Grandes instalaciones de combustión (capítulo III de la DEI).
- Plantas de incineración y co-incineración de residuos (capítulo IV de la DEI).

Como característica esencial, este registro establece identificadores únicos para vincular las diferentes entidades espaciales con información temática según diferentes obligaciones legales.

En la siguiente figura se muestra un esquema de su estructura:

⁸ Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire). DOUE nº 108, de 25.04.2007, pág. 1.

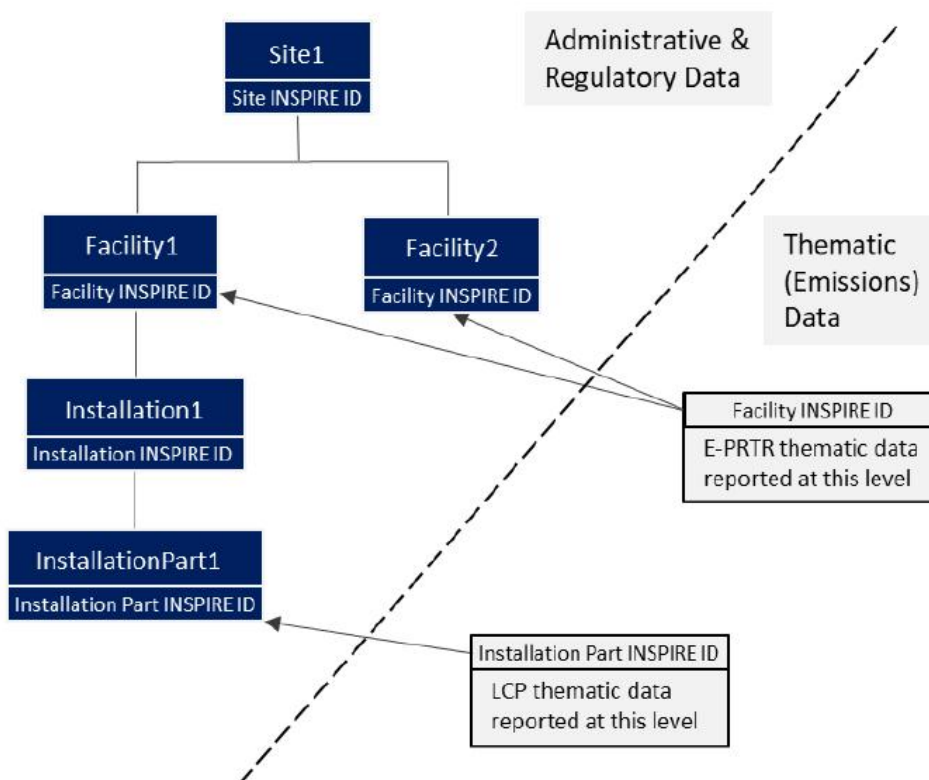


Figura 3. Imagen 3: Estructura y entidades. Fuente: "EU Registry Data model documentation", Agencia Europea de Medio Ambiente (https://cdrtest.eionet.europa.eu/help/ied_registry/documents/EU%20Registry_datamodel_CID_Sep2018_Final.pdf).

Estas cuatro entidades (*site*, *facility*, *installation* e *installationPart*) disponen de una jerarquía legal y geográfica que responde a la Directiva INSPIRE teniendo en cuenta las obligaciones temáticas de cada una de ellas.

En agosto de 2018, se adoptó la nueva Decisión de ejecución (UE) 2018/1135⁹ de la Comisión sobre los requisitos de información (tipo, formato y la frecuencia de la información que deben comunicar los Estados miembros) en el marco de la Directiva de Emisiones Industriales (DEI). Esta decisión da el marco jurídico necesario al *EU Registry*¹⁰.

A continuación se resumen los principales hitos del proceso de implantación de este registro:

- Junio de 2019, 1^{er} envío por parte de los Estados miembros al *EU Registry* de la información relativa a los datos administrativos de las instalaciones (datos de 2017, diciembre).
- Septiembre 2019, 2^o envío al *EU Registry* de la información relativa a los datos administrativos de las instalaciones (datos de 2018, diciembre).

⁹ Decisión de ejecución (UE) 2018/1135 de la Comisión de 10 de agosto de 2018 por la que se establecen el tipo, el formato y la frecuencia de la información que deben comunicar los Estados miembros sobre la aplicación de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las emisiones industriales. DOUE nº 205, de 14.08.2018

¹⁰ Actualmente está en trámites, modificaciones legales en el Reglamento E-PRTR, así se está preparando una decisión similar que de cobertura también a los complejos industriales en el marco del Reglamento E-PRTR y su adaptación a los requisitos y formatos del EU-Registry.

- Septiembre de 2020, envío de los datos administrativos al *EU Registry* de los datos correspondientes al año inmediatamente anterior (envío de los datos de los complejos/instalaciones a diciembre de 2018).
- Marzo de 2020, 1^{er} envío reporte integrado datos de *E-PRTR + LCP*.

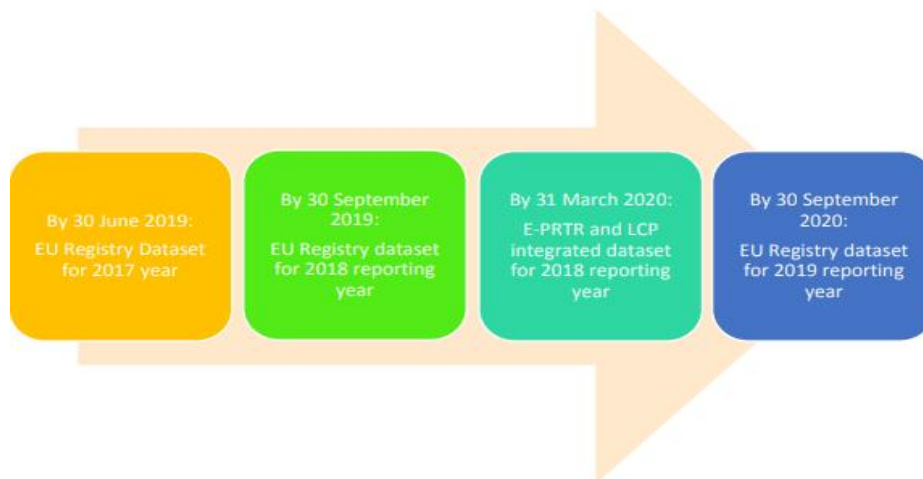


Figura 4. Imagen 4: Calendario de envío de información. Fuente: “EU Registry & E-PRTR-LCP Integration – Project Plan”, Agencia Europea de Medio Ambiente
(https://cdrtest.eionet.europa.eu/help/ied_registry/documents/Guidance/EU%20Registry_project%20plan_final_updated.pdf).

Implicaciones para PRTR-España

Para dar cumplimiento a estos nuevos requerimientos, el Registro PRTR-España ha tenido que adaptar su sistema, teniendo en cuenta los nuevos plazos definidos en la Decisión 2018/1135 y los derivados de la adopción/modificación de la normativa respecto del Reglamento E-PRTR.

PRTR-España es el Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes, cuyo alcance cubre desde el origen el ámbito de aplicación de las instalaciones DEI/IPPC y las PRTR. Lo que ha permitido que la adaptación al nuevo *EU Registry* fuera más fácil.

Una de las primeras acciones llevadas a cabo para los primeros envíos de datos al *EU Registry* fue que el sistema generase, para todas las instalaciones dadas de alta en PRTR España, los **diferentes niveles de información necesarios**:

- *Site*
- *Facility* – Complejo industrial
- *Installation* – instalación (si es necesario para aquellos que son IPPC/DEI).
- *Part* – parte (si es necesario, requisitos adicionales DEI).

Igualmente, se tuvo que adaptar el modelo de datos para incorporar toda la **nueva información** requerida por el *EU Registry* teniendo en cuenta la Decisión 2018/1135 y la normativa correspondientes a E-PRTR. Si bien muchos datos ya estaban recogidos en el registro español, fue necesario añadir nuevos campos como por ejemplo:

- Estado operativo de la instalación.

- Identificación de las mejores técnicas disponibles (MTD) aplicadas en cada instalación en función de las decisiones de conclusiones MTD que apliquen a cada complejo/instalación industrial.
- Información sobre la autorización de explotación de la instalación, dirección URL donde esté disponible al público, etc.
- Excepciones relativas a las MTD.
- Condiciones más rigurosas de la autorización.
- Inspecciones (visitas in situ).
- Identificador eSPIRS (Sistema de recuperación de información de las plantas Seveso).
- Etc...

En el primer trimestre 2020, ciclo de reporte de los datos de 2019, el sistema español estaba totalmente adaptado y los complejos industriales pudieron realizar sus informes anuales de acuerdo a los nuevos requisitos y formatos, utilizando la plataforma PRTR-España y utilizando sus claves y accesos habituales.

2.3. SISTEMA ESPAÑOL DE INVENTARIO Y PROYECCIONES DE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA

El Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera (SEI) se desarrolla con el fin de evaluar y actualizar anualmente las emisiones antropogénicas de las distintas fuentes y la absorción por los sumideros existentes, así como sus proyecciones, de:

- Los gases de efecto invernadero (GEI) regulados por el Protocolo de Kyoto del Convenio Marco sobre Cambio Climático y, en el ámbito europeo, el Reglamento (UE) 525/2013¹¹ y su Reglamento de ejecución (UE) 749/2014¹². La Decisión 529/2013/UE¹³ también recoge la obligatoriedad de una contabilidad de las emisiones y absorciones de GEI resultantes de las actividades LULUCF.
- Otros contaminantes incluidos en el Convenio de Ginebra de Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia, junto con su Protocolo de Gotemburgo, relativo a la reducción de la acidificación, de la eutrofización y del ozono en la troposfera, y sus Protocolos de Aarhus sobre los Metales Pesados y los Contaminantes Orgánicos Persistentes, además

¹¹ Reglamento (UE) nº 525/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2013, relativo a un mecanismo para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y para la notificación, a nivel nacional o de la Unión, de otra información relevante para el cambio climático, y por el que se deroga la Decisión nº 280/2004/CE. DOUE nº 165, de 18.06.2013, pág. 13.

¹² Reglamento de Ejecución (UE) nº 749/2014 de la Comisión, de 30 de junio de 2014, relativo a la estructura, el formato, los procesos de presentación de información y la revisión de la información notificada por los Estados miembros con arreglo al Reglamento (UE) nº 525/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo. DOUE nº 203, de 11.07.2014, pág. 23.

¹³ Decisión nº 529/2013/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2013, sobre normas contables aplicables a las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes de actividades relativas al uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura y sobre la información relativa a las acciones relacionadas con dichas actividades. DOUE nº 165, de 18.06.2013, pág. 80.

de, en el ámbito europeo, la Directiva de Techos Nacionales de Emisión¹⁴, de acuerdo con los criterios y normas internacionales y comunitarias vigentes.

Todos estos acuerdos requieren que cada país informe en plazo de las emisiones de uno o varios de los contaminantes contemplados actualmente en el Sistema Español de Inventario.

Tabla 2. Contaminantes incluidos en el sistema español de inventario	
Contaminantes	SEI
SO ₂	•
NO _x	•
CO ₂	•
CH ₄	•
N ₂ O	•
COVNM	•
CO	•
NH ₃	•
PARTÍCULAS	Partículas en suspensión totales (PST), partículas de diámetro aerodinámico inferior a 10 micras (PM ₁₀) y partículas de diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras (PM _{2,5})
METALES PESADOS	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES (incluidos en la Directiva de Techos Nacionales de Emisión)	• Hexaclorobenceno (HCB), dioxinas y furanos (PCDD + PCDF), hidrocarburos aromáticos policíclicos-HAP (benzo(a)pireno, benzo (b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno), PCB
COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES (otros)	Hexaclorociclohexano (HCH), pentaclorofenol (PCP), tetraclorometano (TCM), tricloroetileno (TRI), tetracloroetileno (PER), triclorobenceno (TCB), tricloroetano (TCE)
OTROS	• HFC • PFC • SF ₆

Fuente: Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 1990-2016. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

El inventario pretende satisfacer los requerimientos de un conjunto muy amplio de posibles usuarios entre los que se encuentran:

- Instituciones de investigación y científicos que analizan los fenómenos de transporte, difusión, transformación, deposición y acumulación de contaminantes emitidos a la atmósfera.
- Organismos de la administración pública que intervienen en la formulación y seguimiento de la política ambiental.
- Agentes socioeconómicos y público en general interesado en la evaluación del impacto de las emisiones atmosféricas.

¹⁴ Directiva (UE) 2016/2284 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de diciembre de 2016, relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, por la que se modifica la Directiva 2003/35/CE y se deroga la Directiva 2001/81/CE. DOUE nº 344, de 17.12.2016, pag. 1.

El inventario nacional cubre prácticamente la totalidad de las actividades contempladas en la nomenclatura NFR-2014, establecidas en los anexos I a VI del documento “UNECE Reporting Guidelines” (“ECE/EV.AIR/125”, de 13 de marzo de 2014), existiendo una correlación con la nomenclatura SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) desarrollada en el proyecto EMEP/CORINAIR. Entre las actividades cubiertas están las siguientes:

Tabla 3. Actividades cubiertas por el SEI		
NFR	SNAP	Descripción
1.A.2.f.i	03 03 11	Cemento (combustión)
2.A.1	04 06 12	Cemento (descarbonatación)

Los métodos de estimación de las emisiones de las actividades consideradas aplicados para la elaboración del Inventario se clasifican en las siguientes categorías:

- Métodos basados en datos de emisiones observadas, ya sea a través de mediciones en continuo o mediciones realizadas en intervalos periódicos.
- Métodos basados en balances de materiales.
- Métodos basados en modelos funcionales estadísticos: modelización/correlación.
- Métodos basados en factores de emisión, que requieren de la disponibilidad del propio factor de emisión y de la variable de actividad.

Este último método es el que más se utiliza en el inventario, si bien, se aplica únicamente cuando se carece de otra alternativa más precisa para la estimación de las emisiones de una actividad.

Las principales referencias que utiliza el inventario sobre las metodologías de estimación en general y sobre la del factor de emisión en particular son:

- EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook — 2016, de la Agencia Europea de Medio Ambiente.
- Guías Revisadas, Guía de Buenas Prácticas y Gestión de la Incertidumbre, Guías de Buenas Prácticas LULUCF y Guías de IPCC, referidas todas ellas a la metodología de elaboración de los inventarios nacionales de GEI.

Para la elaboración del Inventario, se utilizan los siguientes canales de recogida de información:

- Cuestionarios a centros emisores (principalmente en grandes focos puntuales) y a asociaciones sectoriales.
- Entrevistas en profundidad a diversos sectores.
- Fuentes de información estadística general/sectorial.
- Estudios sectoriales.
- Otros.

En el caso del sector cementero español, se remiten cuestionarios a la asociación sectorial Oficemen.

El Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera y el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990 – 2019 (última edición disponible), tienen dos apartados donde trata las emisiones de los hornos del sector cementero (apartado 1.A.2.f.i y 2.A.1).

Para la determinación de las emisiones procedentes de la combustión en sector cementero, en los últimos años de la serie, el SEI ha utilizado los siguientes factores de emisión:

- NO_x, CO, Hg, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, PST, COVNM, SO₂, Pb, As, Cd, PCDD/F: factores de emisión proporcionados por OFICEMEN, calculados en base a la metodología definida en las versiones anteriores de la presente guía¹⁵.
- PM₁₀: factor de emisión estimado a partir de EMEP/CORINAIR 2007¹⁶
- HAP: factores de emisión contenidos en EMEP/CORINAIR 2007¹⁷
- PCB: factor de emisión contenido en EMEP/CORINAIR 2016¹⁶

Para la determinación de las emisiones de CO₂ procedente de la descarbonatación (actividad 2.A.1), el inventario utiliza, para los últimos años, factores de emisión anuales a nivel nacional, facilitados por Oficemen, información cuya fuente original se encuentra en los datos facilitados por las propias plantas cementeras, en el marco de la legislación de comercio de derechos de emisión.¹⁸

Para las emisiones GEI procedentes de los combustibles (1.A.2.f.i), el inventario utiliza, para los últimos años¹⁵:

- En el caso del CH₄ y N₂O, factores de emisión de la Guía IPCC (2006).¹⁹

¹⁵ Sistema Español de Inventario de Emisiones. Metodologías de estimación de emisiones. Fabricación de cemento (combustión). Ministerio para la Transición Ecológica. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/SEI-Metodologias.aspx>.

Sistema Español de Inventario. Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (serie 1990-2019), edición 2021. Ministerio para la Transición Ecológica. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/es_nir_2021_tcm30-523942.pdf

¹⁶ Sistema Español de Inventario. Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (serie 1990-2019), edición 2021. Ministerio para la Transición Ecológica. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/es_nir_2021_tcm30-523942.pdf

En el Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (serie 1990-2019), edición 2021, se indica que la fuente es Oficemen.

¹⁷ Sistema Español de Inventario de Emisiones. Metodologías de estimación de emisiones. Fabricación de cemento (combustión). Ministerio para la Transición Ecológica. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/SEI-Metodologias.aspx>.

En el Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (serie 1990-2019), edición 2021, no se indica la fuente de este contaminante.

¹⁸ Sistema Español de Inventario de Emisiones. Metodologías de estimación de emisiones. Fabricación de cemento (proceso de descarbonatación). Ministerio para la Transición Ecológica. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/SEI-Metodologias.aspx>.

Sistema Español de Inventario. Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (serie 1990-2017), edición 2019. Ministerio para la Transición Ecológica. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/es2019-unfccc_nir_tcm30-496176.pdf

¹⁹ Si bien el documento mencionado en la nota anterior “Metodologías de fabricación de emisiones. Fabricación de cemento (combustión)” indica que la fuente del factor de emisión del N₂O es la Guía IPCC (2006), el Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (serie 1990-2017) (página 208) recoge que “en el caso del cemento, los factores [de N₂O] provienen de fuentes sectoriales e institucionales”. En el caso del CH₄, el inventario recoge la misma fuente que el documento de “Metodologías de estimación de emisiones. Fabricación de cemento (combustión)”.

- En el caso del CO₂, en función del tipo de combustibles, factores de emisión de la Guía IPCC (2006), del WBSCD-CSI²⁰ y estimaciones propias según el contenido en carbono fósil de los combustibles.²¹

La presente guía supone una revisión y actualización tanto de los factores de emisión publicados en el año 2019, como de su metodología de cálculo.

La metodología para el cálculo de los factores de emisión propios del sector cementero español incluidos en esta guía se ha descrito en el apartado 9.2. Para el cálculo de estos factores de emisión por el sector se ha partido de mediciones reales, tanto en continuo como en discontinuo, de concentración y caudal para los años 2016 a 2020 en las fábricas de cemento asociadas a OFICEMEN, así como de datos reales de producción anual de clínker por fábrica, para el mismo periodo, proporcionados por las empresas. Con estos datos, se ha calculado la media anual y la media móvil quinquenal del sector, ponderadas por la producción de clínker y el tamaño de muestra para cada contaminante.

Estos factores de emisión deberán ser revisados periódicamente para su adaptación a los posibles cambios tecnológicos, ambientales y en prácticas operativas, así como en los requisitos y prácticas habituales de seguimiento de las emisiones.

2.4. LA DIRECTIVA DE EMISIONES INDUSTRIALES Y LA LEGISLACIÓN IPPC EN ESPAÑA

La **Directiva 2010/75/UE, de 24 de noviembre, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación)** se publicó el 17 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Unión Europea y entró en vigor el 6 de enero de 2011, fecha a partir de la cual los Estados miembros disponen de un plazo de trasposición de 2 años para adoptar las disposiciones legales necesarias que garanticen su cumplimiento. El objetivo de esta directiva, que deroga la Directiva 2008/1/UE, sobre prevención y control integrados de la contaminación (también conocida como Directiva IPPC), es lograr un alto nivel de protección del medio ambiente y simplificar el marco jurídico y las cargas administrativas.

Este texto legal refunde y modifica seis directivas ya existentes:

- Directiva sobre Prevención y Control Integrado de la Contaminación (IPPC).
- Directiva de Grandes Instalaciones de Combustión (GIC).
- Directiva de Incineración de Residuos.
- Directivas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).
- Tres Directivas sobre Óxidos de Titanio (TiO₂).

El anexo I de la directiva recoge las categorías de instalaciones incluidas en su ámbito de aplicación, entre las que se encuentran:

²⁰ WBSCD-CSI: *World Business for Sustainable Development-Cement Sustainability Initiative*

²¹ El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2017 (edición 2019) (página 208) no proporciona información adicional y concreta sobre el cálculo de las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión en el sector cementero.

“3. Industrias minerales:

3.1. Producción de cemento, cal y óxido de magnesio:

- a) fabricación de cemento o clínker en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias, o en hornos de otro tipo con una capacidad de producción a 50 toneladas por día”.

Esta directiva establece que los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para que no puedan explotarse instalaciones sin un permiso. Será la autoridad competente la que concederá la instalación un permiso escrito, siempre que ésta cumpla con los requisitos previstos en la directiva, debiendo coordinarse plenamente los procedimientos y las condiciones de autorización cuando intervengan varias autoridades competentes.

En el Estado español está vigente el Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación²². Esta norma integra en un texto único las sucesivas modificaciones introducidas en la Ley 16/2002²³ a través de una serie de normas entre las que se incluye la Ley 5/2013²⁴, que transpone en parte la Directiva de emisiones industriales. También está vigente el **Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002**²⁵, que completa la transposición de los preceptos de carácter técnico de la Directiva 2010/75/UE.

Todos los complejos que realicen algunas de las actividades industriales descritas en el anejo 1 del Real Decreto legislativo 1/2016, deben disponer de autorización ambiental integrada (AAI) otorgada por la autoridad competente en cada comunidad autónoma, que establece un condicionado ambiental para el funcionamiento de complejos industriales.

En la siguiente tabla se recoge el contenido de la AAI:

Tabla 4. Contenido de la AAI (art. 22, Real Decreto Legislativo 1/2016)

- Los valores límite de emisión para las sustancias contaminantes enumeradas en el anejo 2 y para otras sustancias contaminantes, que puedan ser emitidas en cantidad significativa por la instalación de que se trate, habida cuenta de su naturaleza y potencial de traslado de contaminación de un medio a otro, y, en su caso, los parámetros o las medidas técnicas equivalentes que complementen o sustituyan a estos valores límite.
- Asimismo deberán especificarse las MTD contenidas en las conclusiones relativas a las MTD que son utilizadas en la instalación para alcanzar los valores límite de emisión.
- Las prescripciones que garanticen, en su caso, la protección del suelo y de las aguas subterráneas.
- Los procedimientos y métodos que se vayan a emplear para la gestión de los residuos generados.
- Las prescripciones que garanticen, en su caso, la minimización de la contaminación a larga distancia o transfronteriza.
- Los sistemas y procedimientos para el tratamiento y control de todo tipo de emisiones y residuos, con especificación de la metodología de medición, su frecuencia y los procedimientos para evaluar las mediciones.
- En el caso de las instalaciones a las que les sea de aplicación el artículo 7.4.b), los resultados deberán estar disponible en las mismas condiciones de referencia y durante los mismos periodos de tiempo que los relativos a los niveles de emisión asociados a las MTD.
- Las medidas relativas a las condiciones de explotación en situaciones distintas a las normales que puedan afectar al medio ambiente, como en los casos de puesta en marcha y parada, fugas, fallos de funcionamiento y paradas temporales.

²² BOE nº 316, de 31.12.2016, pág. 91806.

²³ Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. BOE nº 157, de 2.07.2002, pág. 23910. Derogada por Real Decreto Legislativo 1/2016.

²⁴ Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE nº 140, de 12.06.2013, pág. 44257.

²⁵ BOE nº 251, de 19.10.2013, pág. 85173.

Tabla 4. Contenido de la AAI (art. 22, Real Decreto Legislativo 1/2016)

- Cualquier medida o condición establecida por la legislación sectorial aplicable, en particular, las que pudieran establecerse en aplicación del artículo 27 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados para las instalaciones en las que se realicen una o más operaciones de tratamiento de residuos.
- Las condiciones en que debe llevarse a cabo el cierre de la instalación.
- La obligación de comunicar al órgano competente regularmente y al menos una vez al año:
 - información basada en los resultados del control de las emisiones y otros datos solicitados que permitan al órgano competente verificar el cumplimiento de las condiciones de la autorización.
 - cuando se apliquen Valores Límite de Emisión (VLE) que superen los valores de emisión asociados a las MTD, un resumen de resultados del control de las emisiones que permita compararlos con los niveles de emisiones asociados con las MTD.
- Los requisitos adecuados para el mantenimiento y supervisión periódicos de las medidas adoptadas para evitar las emisiones al suelo y a las aguas subterráneas y, en su caso, los requisitos adecuados para el control periódico del suelo y las aguas subterráneas por lo que respecta a sustancias peligrosas que previsiblemente puedan localizarse, teniendo en cuenta la posibilidad de contaminación del suelo y las aguas subterráneas en el emplazamiento de la instalación.
- Condiciones para evaluar el cumplimiento de los VLE.
- En caso de que la autorización sea válida para varias partes de una instalación explotada por diferentes titulares, las responsabilidades de cada uno de ellos.
- La Declaración de Impacto Ambiental u otras figuras de evaluación ambiental establecidas en la normativa que resulte de aplicación (*).
- Las condiciones preventivas y de control necesarias en materia de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas de acuerdo con el Real Decreto 1254/1999²⁶, y demás normativa que resulte de aplicación (*).
- Las conclusiones relativas a las MTD, así como sus correspondientes revisiones y actualizaciones, deben constituir la referencia para el establecimiento de las condiciones de la autorización (art. 22.4).

(*) De acuerdo con el art. 11.4, las comunidades autónomas dispondrán lo necesario para incluir las siguientes actuaciones en el procedimiento de otorgamiento y modificación de la AAI:

- Las actuaciones en materia de evaluación de impacto ambiental u otras figuras de evaluación ambiental previstas en la normativa autonómica, cuando así sea exigible y la competencia para ello sea de la comunidad autónoma.
- Aquellas otras actuaciones que estén previstas en su normativa autonómica.

Además, de lo indicado en la tabla anterior, el Real Decreto 815/2013, en su art. 10, precisa que la AAI debe contener, en su caso, el código de identificación que acredita la inscripción en el registro de producción y gestión de residuos de la instalación como productora y gestora de residuos, y la relación de focos de emisión atmosférica catalogados de acuerdo con el anexo IV de la Ley 34/2007.

No hay que olvidar que muchas comunidades autónomas han desarrollado normativa sobre prevención y control integrados de la contaminación que puede ampliar y precisar el contenido de la AAI establecido en el Real Decreto legislativo 1/2016.

Una de las principales novedades que introduce la DEI, el Real Decreto legislativo 1/2016 y el Real Decreto 815/2013 con respecto a la legislación IPPC, es la relevancia que adquieren los documentos de referencia sobre las MTD, concepto que ya existía en la legislación anterior, y, especialmente, los documentos de conclusiones sobre las MTD.

“Mejores técnicas disponibles (MTD): la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir la base de los valores límite de emisión y otras condiciones de la autorización destinadas a evitar, o, cuando ello no sea practicable, reducir las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente y la salud de las personas.”

²⁶ Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (BOE nº 172, de 20.07.1999, pág. 27167). Derogado por Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (BOE nº 251, de 20.10.2015, pág. 97531)

Las MTD para cada categoría de actividad se definirán en un documento de referencia (*“Reference Document on Best Available Techniques”*, documento BREF). Para la elaboración y revisión de estos documentos, la Comisión organizará un intercambio de información entre los Estados miembros, las industrias afectadas, las organizaciones no gubernamentales promotoras de la protección del medio ambiente y la propia Comisión.

Las conclusiones sobre las MTD, incluidas en el capítulo 4 de los documentos BREF, serán aprobadas por la Comisión mediante una decisión que se publicará en el Diario Oficial de la Unión Europea. Estas conclusiones, además de listar las técnicas que se consideran MTD en cada actividad, especifican los niveles de emisión asociados a esas MTD (*“emission levels associated with the best available techniques”*, BAT-AEL):

“El rango de niveles de emisión obtenido en condiciones normales de funcionamiento haciendo uso de una de las mejores técnicas disponibles o de una combinación de las mejores técnicas disponibles, según se describen en las conclusiones sobre las MTD, expresada como una media durante un determinado periodo de tiempo, en condiciones de referencia específicas”.

Con la nueva Directiva de emisiones industriales y su transposición al ordenamiento interno, las conclusiones sobre las MTD deben constituir la referencia para el establecimiento de las condiciones de la autorización. Además, **la autoridad competente fijará en la autorización valores límite de emisión que garanticen que, en condiciones de funcionamiento normal, las emisiones no superen los niveles de emisión asociados a las MTD** que se establecen en las conclusiones relativas a las MTD. Para ello, la autoridad competente podrá aplicar cualquiera de las siguientes opciones (art 7.4 Real Decreto Legislativo 1/2016):

- El establecimiento de unos valores límite de emisión que no superen los BAT-AEL y que se indicarán para los mismos periodos de tiempo, o más breves, y bajo las mismas condiciones de referencia que los BAT-AEL.
- El establecimiento de unos valores límite de emisión distintos a los mencionados en el punto anterior, en términos de valores, periodos de tiempo y condiciones de referencia, siempre y cuando evalúe anualmente los resultados del control de las emisiones para garantizar que las emisiones en condiciones normales de funcionamiento no hayan superado los BAT-AEL.

Es decir, los BAT-AEL se convierten en referencia obligada a la hora de establecer los valores límite de emisión en los permisos, pero es importante destacar que, tal y como aparece recogido en el artículo 7.1 del Real Decreto Legislativo 1/2016 y en el artículo 15.2 de la Directiva de emisiones industriales, para la determinación de los valores límite de emisión en la AAI, se deberá tener en cuenta, entre otras cosas, la información suministrada, de acuerdo con lo establecido en el artículo 8.1, en relación con las conclusiones relativas a las MTD, sin prescribir la utilización de una técnica o tecnología específica.

Asimismo, **también es importante prestar atención a la posibilidad de establecer Valores Límite de Emisión (VLE) distintos a los BAT-AEL, en términos de valores, periodos de tiempo y condiciones de referencia**. Algunas autorizaciones ambientales integradas otorgadas a instalaciones cementeras en España, ya recogen esta posibilidad, estableciendo VLE en periodos de tiempo distintos a los recogidos para los BAT-AEL, **como es el caso de VLE mensuales para el SO₂, NH₃, etc.**

Por otra parte, tanto en el Real Decreto legislativo 1/2016 (art. 3.15) como en la Directiva 2010/75/CE (art. 3.13), se aclara que los BAT-AEL recogidos en las conclusiones relativas a los documentos de referencia MTD, están definidos para “condiciones normales de funcionamiento”:

Los BAT-AEL no son valores exactos, sino que se expresan como rangos. A tal efecto la Decisión de ejecución de la Comisión 2012/119/UE²⁷, recoge en su capítulo 3.3 que:

“Los niveles de comportamiento ambiental asociados a las MTD se expresarán en rangos de valores y no en valores exactos. Un rango de valores puede reflejar las diferencias existentes dentro de un tipo determinado de instalación (por ejemplo, diferencias en el grado/pureza y calidad del producto acabado, diferencias en la concepción, construcción, tamaño y capacidad de la instalación, etc.) que se traducen en diferencias en el comportamiento ambiental registrado cuando se aplican las MTD.

Es preferible utilizar un rango real en vez de una expresión del tipo «< X», que da menos información. Puede utilizarse una expresión del tipo «entre < X e Y» (siendo «< X» el valor inferior del rango e «Y» el superior) si no puede determinarse con exactitud el valor inferior, por ejemplo, cuando los datos obtenidos durante el intercambio de información están próximos al límite de detección.

[...]

Para determinar esos valores inferior y superior, hay que considerar el comportamiento de la instalación o instalaciones en condiciones normales de funcionamiento aplicando las MTD que proporcionan el mejor comportamiento ambiental, según la información comunicada durante el intercambio de información (capítulo del BREF titulado «Técnicas a considerar en la determinación de las MTD»), a no ser que el GTT excluya ese comportamiento del rango. En ese caso, se explicarán las razones de esa exclusión, teniendo en cuenta que la instalación que registra el mejor comportamiento respecto a un indicador dado puede no ser capaz de ser la mejor en relación con otros indicadores.

El valor superior del rango de valores de comportamiento ambiental asociados a las MTD se obtiene considerando el rango de comportamientos asociados a la aplicación de las MTD (incluyendo tanto la tecnología utilizada como la forma en que la instalación está diseñada, construida, mantenida, explotada y paralizada) en condiciones de funcionamiento normales”.

Como se indica en el artículo 15.3 de la Directiva de Emisiones Industriales:

La autoridad competente fijará valores límite de emisión que garanticen que, en condiciones de funcionamiento normal, las emisiones no superen los niveles de emisión asociados a las MTD que se establecen en las decisiones sobre las conclusiones relativas a las MTD contempladas en el artículo 13, apartado 5, aplicando alguna de las opciones siguientes:

- a) el establecimiento de unos valores límite de emisión que no superen los niveles de emisión asociados a las MTD. Esos valores límite de emisión se indicarán para los mismos períodos de tiempo, o más breves, y bajo las mismas condiciones de referencia que los niveles de emisión asociados a las MTD, o
- b) el establecimiento de unos valores límite de emisión distintos de los mencionados en la letra a) en términos de valores, períodos de tiempo y condiciones de referencia

Según el art. 7.5 del Real Decreto Legislativo 1/2016, es posible fijar valores límite de emisión menos estrictos que los BAT-AEL si se pone de manifiesto, mediante una evaluación, que la consecución de los BAT-AEL recogidos en las conclusiones sobre las MTD daría lugar a costes desproporcionadamente más elevados en comparación con el beneficio ambiental debido a:

²⁷ Decisión de ejecución de la Comisión 2012/119/UE de 10 de febrero de 2012 por la que se establecen normas en relación con las guías sobre la recogida de datos y las orientaciones sobre la redacción de documentos de referencia MTD y sobre su aseguramiento de la calidad a que se refiere la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las emisiones industriales. DOUE nº 63, de 02.03.2012, pág. 1.

- La ubicación geográfica o la situación del entorno local de la instalación o
- Las características técnicas de la instalación.

En este caso, la autoridad competente deberá documentar en un anejo a las condiciones de la autorización los motivos de la aplicación de esta excepción, incluyendo también los resultados de la evaluación y la justificación de las condiciones impuestas.

En la redacción original de la Ley 16/2002, la información sobre las mejores técnicas disponibles sólo era un factor más a considerar por la autoridad competente a la hora de fijar los valores límite de emisión en la AAI, junto con las siguientes consideraciones:

- Las características técnicas de las instalaciones, su implantación geográfica y las condiciones locales del medio ambiente.
- La naturaleza de las emisiones y su potencial traslado de un medio a otro.
- Los planes nacionales aprobados, en su caso, para dar cumplimiento a compromisos establecidos en la normativa comunitaria o en tratados internacionales suscritos por España o la Unión Europea.
- La incidencia de las emisiones en la salud humana potencialmente afectada y en las condiciones generales de la sanidad animal.
- Los valores límite de emisión fijados, en su caso, por la normativa en vigor en la fecha de la autorización.

El “Documento de Mejores Técnicas Disponibles para la Industria del Cemento, la Cal y los Óxidos de Magnesio”, en adelante documento BREF, fue elaborado en el marco de la Directiva IPPC y se aprobó en el 2013. A partir del capítulo 4 del documento se ha elaborado el documento de conclusiones MTD de acuerdo con la Directiva de Emisiones Industriales, publicándose en la Decisión 2013/163/UE de ejecución de la Comisión de 26 de marzo de 2013 por la que se establecen las conclusiones sobre las MTD para la fabricación de cemento, cal y óxido de magnesio conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las emisiones industriales ²⁸.

En este sentido, es necesario tener en cuenta que la DEI y el Real Decreto legislativo 1/2016 establecen que en un plazo de cuatro años a partir de la publicación de las decisiones relativas a las MTD, la autoridad competente deberá revisar y, si fuera necesario, actualizar todas las condiciones de la autorización de la instalación para garantizar el cumplimiento de la Ley 16/2002, y, en particular, del artículo 7 relativo a los valores límite de emisión. Además, en el mismo plazo, la autoridad competente debe garantizar que la instalación cumple las condiciones de la autorización. Esta revisión tendrá en cuenta todas las conclusiones relativas a los documentos de referencia MTD aplicables a la instalación, desde que la autorización fuera concedida, actualizada o revisada.

Por otro lado, el artículo 6.3 del Real 815/2013 recoge el concepto de **foco virtual**:

“Si en la AAI se incluyen varios procesos o varias actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, se podrá considerar un foco virtual, sumatorio ponderado de todos los focos atmosféricos, que permita establecer valores límite de emisión globales para cada uno de los contaminantes

²⁸ DOUE L100/1, de 9.04.2013.

generados, siempre que se garantice un nivel de protección ambiental equivalente a la utilización de valores límite individuales.”

El concepto de foco virtual resulta especialmente relevante en las fábricas cementeras, donde habitualmente hay una gran cantidad de focos de emisión con diferentes VLE para un mismo contaminante. La Generalitat de Catalunya, en la guía “Millors Tècniques Disponibles en el sector del ciment a Catalunya”²⁹, ha definido una metodología de evaluación del cumplimiento de las emisiones de los focos incluidos en un foco virtual en una fábrica cementera. Además, algunas comunidades autónomas ya han incluido el concepto de foco virtual en varias AAI de instalaciones cementeras.

Por último, cabe destacar que en el Real Decreto 815/2013 se incorporan, desde el punto de vista técnico, las previsiones de la DEI relativas, entre otras cosas, a las condiciones y plazos correspondientes al procedimiento de autorización de las instalaciones dedicadas a actividades de incineración y co-incineración, grandes instalaciones de combustión y de producción de dióxido de titanio. **Las prescripciones técnicas y los valores límite de emisión aplicables a estas instalaciones se especifican en los anexos del mencionado real decreto.**

2.5. MARCO LEGAL DE LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS EN EL SECTOR CEMENTERO

La mejora en la gestión de residuos es uno de los objetivos prioritarios para conseguir que la Unión Europea sea una región eficiente desde el punto de vista del consumo y uso racional de los recursos. Uno de los mecanismos esenciales desarrollados al respecto es el **principio de jerarquía en la gestión de los residuos**:

- prevenir su generación,
- reducción,
- preparación para su reutilización,
- reciclado,
- otras prácticas de recuperación incluida la valorización energética, y
- finalmente la eliminación, mediante el depósito o vertido en vertederos y la incineración.

Este principio ya estaba presente desde las primeras disposiciones europeas relativas a los residuos, pero es al adoptarse la Directiva Marco de Residuos³⁰, cuando dicha jerarquía queda reflejada como instrumento prioritario en la gestión de los residuos. Además, la gestión adecuada y eficiente de residuos y, en especial, la valorización energética es una operación potenciada en otras políticas europeas, como por ejemplo en las relativas al fomento de las energías renovables.

El marco legal relacionado con la valorización energética de residuos y con la prevención y control de la contaminación confluye con la entrada en vigor de la Directiva de Emisiones Industriales en la que

²⁹ “Millors Tècniques Disponibles en el sector del ciment a Catalunya”. Generalitat de Catalunya (Departament de Territori i Sostenibilitat) y Ciment Català.

³⁰ Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas (DOUE n° L 312/3, de 22.11.2008).

ambos instrumentos, prevención y control integrados de la contaminación y valorización energética de residuos, forman parte del mismo cuerpo legislativo.

Entre las actividades incluidas en la Directiva DEI, su trasposición de ésta al ordenamiento jurídico español, y el Real Decreto 508/2007, se encuentran las siguientes:

Categorías de actividades incluidas en el ámbito de aplicación de Directiva DEI (Anexo I)	Categorías de actividades incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto Legislativo 1/2016 (Anexo I)	Categorías de actividades incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 508/2007 (modificado por Real Decreto 815/2013) (Anexo I)
En la letra a) del epígrafe 3.1: Fabricación de cemento clínker en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias, o en hornos de otro tipo con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día	En la letra a) del epígrafe 3.1: i) Fabricación de cemento por molienda con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias ii) Fabricación de clínker en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias, o en hornos de otro tipo con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día	En la letra i) del epígrafe 3.c: Producción de cemento o clínker i) Fabricación de cemento por molienda con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias. ii) Fabricación de clínker: 1) En hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias. 2) En hornos de otro tipo con una capacidad de producción superior a 50 toneladas diarias.
En el epígrafe 5.2: Valorización o eliminación de residuos en instalaciones de incineración o de co-incineración de residuos: a) para residuos no peligrosos, de una capacidad superior a 3 toneladas por hora	En el epígrafe 5.2: Instalaciones para la valorización o eliminación de residuos en plantas de incineración o de co-incineración de residuos: a) para residuos no peligrosos, de una capacidad superior a 3 toneladas por hora;	En el epígrafe 5.b: Instalaciones para la valorización o eliminación de residuos en plantas de incineración y co-incineración de residuos: i) Para residuos no peligrosos con una capacidad superior a 3 toneladas por hora ii) Para residuos peligrosos con una capacidad superior a 10 toneladas por día

2.5.1. La aplicación de la jerarquía de residuos

La jerarquía de residuos establece en general un orden de prioridad de lo que constituye la mejor opción global para el medio ambiente en las políticas y en la legislación en materia de residuos, aunque puede resultar necesario apartarse de dicha jerarquía para determinados flujos de residuos cuando esté justificado por motivos de factibilidad técnica, viabilidad económica y protección del medio ambiente, entre otros³¹.

Como se indica en la *Estrategia sobre prevención y reciclado de residuos*³², el principio de jerarquía en la producción y gestión de residuos se centra en la idea de que los residuos deben evitarse, y si no

³¹ Artículo 4, apartado 2, de la Directiva 2008/98/CE, leído en relación con las orientaciones de la UE sobre la interpretación de la jerarquía de residuos: http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/guidance_doc.pdf (páginas 48 a 52)

³² Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. *Un paso adelante en el consumo sostenible de recursos: estrategia temática sobre prevención y reciclado de residuos*. COM(2005) 666 final

se pueden evitar deben reciclarse o recuperarse en la medida de lo posible, y debe recurrirse a los vertederos lo menos posible.

La jerarquía de residuos y los procesos de transformación de residuos no reutilizables ni reciclables en energía, además, tienen un papel imprescindible en las políticas de la Unión Europea sobre economía circular³³, eficiencia energética, eficiencia en el uso de los recursos y cambio climático.

En la Comunicación de la Comisión “Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa”³⁴, se recoge el compromiso político de la Unión Europea de reducir la generación de residuos, reciclar los residuos convirtiéndolos en una fuente importante de materias primas, recuperar energía de los residuos únicamente en materiales no reciclables y eliminar, en la medida de lo posible, el depósito en vertedero.

Por su parte, la Comunicación de la Comisión sobre “El papel de la transformación de los residuos en energía”³⁵, elaborada en el marco del Paquete de la Unión sobre Economía Circular³⁶, concluye que los procesos de transformación de residuos en energía pueden desempeñar un papel en la transición a una economía circular en la UE, siempre y cuando se utilice la jerarquía de residuos como principio rector y las decisiones adoptadas no sean óbice para unos mayores niveles de prevención, reutilización y reciclado. Se pretende conseguir los nuevos objetivos propuestos³⁷ de reducción del depósito en vertedero de residuos aplicando escrupulosamente la jerarquía de residuos, lo que supone, en términos de valorización energética, destinar a esta práctica de gestión sólo aquellos residuos que no puedan ser reutilizados ni reciclados.

La Comisión Europea también señala en dicha comunicación que la jerarquía de residuos refleja asimismo la opción medioambiental preferible desde el punto de vista climático, ya que la eliminación, ya sea en vertederos o mediante incineración con escasa o nula recuperación de energía, es habitualmente la opción menos favorable para reducir las emisiones de GEI.

Además, la Comunicación menciona expresamente que los Estados miembros deberían tener en cuenta, a la hora de revisar los planes nacionales de gestión de residuos y de evaluar la necesidad de capacidad adicional de transformación de residuos en energía para el tratamiento de residuos no reciclables, la capacidad de valorización energética disponible en la industria cementera.

Por otro lado, en la *Estrategia Marco de la Unión sobre Energía*³⁸, la Comisión Europea declara su intención de seguir estableciendo sinergias entre las políticas de eficiencia energética, las políticas de eficiencia en el uso de los recursos y la economía circular. Ello incluirá aprovechar el potencial de producción de «energía a partir de residuos».

³³ *Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*, COM(2015) 614 final.

Una economía circular es aquella en la que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantiene el mayor tiempo posible y se reducen al mínimo los residuos y el uso de recursos.

³⁴ Comisión Europea (2014). Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las regiones. “Hacia una economía circular: un programa cero residuos para Europa” COM(2014) 398 final. Bruselas 02.07.2014.

³⁵ Comisión Europea (2017). Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las regiones: El papel de la transformación de los residuos en energía.

³⁶ http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm.

³⁷ Limitación gradual de los vertidos de residuos municipales al 10 % de aquí a 2030, objetivo incluido en la propuesta de modificación de la DMR, elaborada en el marco del Paquete de la Unión sobre Economía Circular: Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE, sobre los residuos. Bruselas, 2.12.2015. COM(2015) 595 final:

http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:c2b5929d-999e-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0019.02/DOC_1&format=PDF

³⁸ Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones y al Banco Europeo de Inversiones. Estrategia Marco para una Unión de la Energía resiliente con una política climática Prospectiva. Adoptada el 25.02.2015. COM (2015) 80 final.

En el marco de la Estrategia 2020³⁹, la “Hoja de ruta hacia una Europa Eficiente en el uso de los recursos”⁴⁰ recoge los objetivos y los medios para transformar la economía actual, basada en el uso intensivo de los recursos, en un nuevo modelo de crecimiento basado en el uso eficiente de los recursos. La hoja de ruta citada establece como objetivos intermedios para los residuos en el 2020: que se haya reducido la generación *per cápita* de los residuos, que el reciclado y la reutilización sean opciones económicamente atractivas para los operadores, que se hayan desarrollado mercados funcionales para las materias primas secundarias, que esté garantizado el reciclado de alta calidad, que la recuperación de energía se limite a los materiales no reciclables.

De esta forma, la legislación de la Unión Europea en materia de residuos, incluyendo la propuesta de modificación de la DMR⁴¹, se guía por la jerarquía de residuos y pretende que la gestión de los residuos abandone las opciones menos sostenibles en favor de la prevención y la valorización.

A nivel nacional, la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados incorpora, en el punto 1 de su artículo 8, la jerarquía establecida en la DMR:

Las administraciones competentes, en el desarrollo de las políticas y de la legislación en materia de prevención y gestión de residuos, aplicarán para conseguir el mejor resultado ambiental global, la jerarquía de residuos por el siguiente orden de prioridad:

- a) *Prevención;*
- b) *Preparación para la reutilización;*
- c) *Reciclado;*
- d) *Otro tipo de valorización, incluida la valorización energética; y*
- e) *Eliminación.*

2.5.2. Diferencias entre la coincineración de residuos (valorización energética) y la incineración de residuos

Las definiciones de valorización y eliminación, incluidas en los puntos 15 y 19 del artículo 3 de la DMR, tal y como se señala en el considerando 19) de su texto, **tienen la finalidad de asegurar una distinción clara entre los dos conceptos**, basada en una auténtica diferencia en cuanto al impacto en el medio ambiente, debida a la sustitución de recursos naturales en la economía y que reconozca los beneficios potenciales para el medio ambiente y la salud humana de la utilización de los residuos como recurso.

Valorización (a):	Cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía en general
Eliminación (b):	Cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o energía
a) Definición incluida en el punto 15 del artículo 3 de la Directiva 2008/98/CE (DMR) y en el punto r) del artículo 3 de la Ley 22/2011 en la que se traspone	

³⁹ Comunicación de la Comisión Europea 2020. Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador COM(2010) 2020.

⁴⁰ Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones. Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos” COM FINAL 2011/571.

⁴¹ Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE, sobre los residuos. Bruselas, 2.12.2015. COM(2015) 595 final.

- b) Definición incluida en el punto 19 del artículo 3 de la Directiva 2008/98/CE (DMR) y en el punto v) del artículo 3 de la Ley 22/2011 en la que se traspone

En los anexos I y II de la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados se recogen, como en la DMR, respectivamente las listas, no exhaustivas, de operaciones de eliminación (operaciones D) y valorización (operaciones R) de residuos.

En la lista del anexo I se incluye entre las operaciones de eliminación:

D10 Incineración en tierra

Mientras que en la lista del anexo II entre las operaciones de valorización se incluye:

R1 Utilización principal como combustible u otro modo de energía. Operación en la que también se incluyen las instalaciones de incineración destinadas al tratamiento de residuos domésticos sólo cuando su eficiencia energética resulte igual o superior a los umbrales establecidos

Los umbrales de eficiencia energética para considerar una instalación de incineración de residuos domésticos se calculan utilizando las instrucciones incluidas en la nota del anexo II de la Ley 22/2011 y en la nota primera del anexo II de la Directiva 2008/98/UE. Sin embargo, la Comisión Europea aclaró que dichos umbrales sólo son aplicables a las instalaciones de incineración y no a las de coincineración⁴².

Por otra parte, las definiciones de incineración y coincineración (valorización energética) de residuos incluidas en el Real Decreto 815/2013, son las siguientes:

	Definición incluida en el RD 815/2013
Instalación de incineración de residuos	Cualquier unidad técnica o equipo, fijo o móvil, dedicado al tratamiento térmico de residuos con o sin recuperación del calor producido por la combustión; mediante la incineración por oxidación de residuos, así como otros procesos de tratamiento térmico, si las sustancias resultantes del tratamiento se incineran a continuación, tales como pirólisis, gasificación y proceso de plasma ^(a)
Instalación de coincineración de residuos	<p>Toda instalación fija o móvil cuya finalidad principal sea la generación de energía o la fabricación de productos materiales y que, o bien utilice residuos como combustible habitual o complementario, o bien los residuos reciban en ella tratamiento térmico para su eliminación mediante la incineración por oxidación de los residuos, así como por otros procesos de tratamiento térmico, si las sustancias resultantes del tratamiento se incineran a continuación, tales como pirólisis, gasificación y proceso de plasma ^(b)</p> <p>Si la coincineración de residuos tiene lugar de tal manera que el principal propósito de la instalación no sea la generación de energía o la producción de productos materiales sino más bien el tratamiento térmico de los residuos, la instalación se considerará como instalación de incineración de residuos ^(c)</p>
a)	Definición incluida en el punto 15 del artículo 2 del Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002 IPPC, aprobado por el RD 815/2013
b)	Definición incluida en el punto 14 del artículo 2 del Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002 IPPC, aprobado por el RD 815/2013

⁴² Comisión Europea (2011). *Guidelines on the interpretation of the R1 energy efficiency formula for incineration facilities dedicated to the processing of Municipal Solid Waste according to Annex II of Directive 2008/98/EC on waste*. Pág. 6.

	Definición incluida en el RD 815/2013
c)	Según artículo 26.4, párrafo 2º del RD 815/2013

Además, en su anejo 2 el Real Decreto 815/2013, transponiendo la DEI, establece las disposiciones técnicas para las instalaciones de incineración y co-incineración (distinguiéndolas claramente). Este anejo 2, se divide en cinco partes, entre las que se encuentran:

- Parte 2: Determinación de los valores límite de emisión a la atmósfera para la **co-incineración de residuos**.
 1. Se definen los valores límites de emisión para los **hornos de cemento en que se co-incineren residuos**
- Parte 5: Valores límite de emisión a la atmósfera para las instalaciones de incineración de residuos

En este contexto, queda claro que la co-incineración de residuos en hornos de clínker es catalogable como una operación de valorización *R1 Utilización principal como combustible u otro modo de energía*; no siendo catalogable como instalación de incineración de residuos debido a que su finalidad principal es la producción de clínker y los residuos se utilizan en sustitución de combustibles fósiles. Adicionalmente la fracción mineral no combustible se incorpora en la composición del clínker.

2.5.3. Un paso más: el coprocesado de residuos

El coprocesado de los residuos, se define, según el PNUMA, como el uso de combustibles y materias primas alternativos con el objetivo de recuperar, simultáneamente, energía y recursos. Difiere de la co-incineración, la producción de materiales mediante el uso de residuos como combustibles o las plantas en las que los residuos son tratados térmicamente para su eliminación.⁴³

El coprocesamiento se integra en la jerarquía europea de los residuos como una operación entre el reciclaje y la valorización energética.

De acuerdo con las directrices del PNUMA, el coprocesamiento de residuos en hornos de cemento debe respetar la jerarquía de gestión de los residuos, de forma que los residuos serán coprocesados en los hornos cementeros cuando no se disponga de ningún otro método de recuperación más sólido ecológico y económicamente.

⁴³ PNUMA, 2012: Convenio de Basilea. Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento.

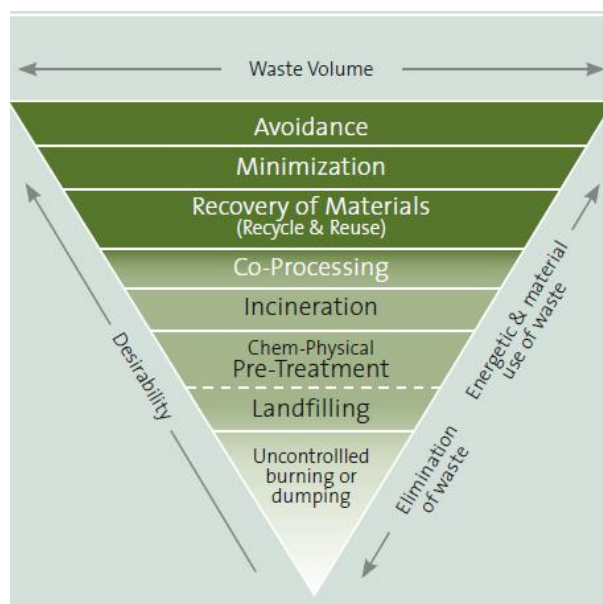


Figura 5. Posición del coprocesamiento de residuos en la jerarquía de residuos. Fuente: Guidelines on co-processing waste materials in cement production. The GTZ-Holcim public private partnership. Holcim Group Support Ltd & Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 2006.

El término coprocesado apareció en primer lugar en el ámbito del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, que entró en vigor el 5 de mayo de 1992 y fue ratificado por España el 8 de septiembre de 1994⁴⁴. En este marco, la Conferencia de las Partes del Convenio aprobó y adoptó, por parte de Naciones Unidas, las Directrices Técnicas sobre coprocesamiento de residuos peligrosos en hornos cementeros, una compilación de las mejores prácticas ambientales y MTD para el desarrollo del coprocesamiento en la industria del cemento⁴³. Con dicha adopción, estas guías se transforman en la recomendación oficial de la Organización de Naciones Unidas para la regulación y control del coprocesamiento en los países signatarios del Convenio de Basilea, que son más de 180.

Ya en el ámbito europeo, el término co-procesado de residuos aparece en el marco de la Directiva Marco de Residuos⁴⁵. Así, la “Guía de la Comisión Europea interpretativa de la Directiva 2008/98/CE, sobre los residuos”⁴⁶, recoge que en ciertos procesos de producción tales como el coprocesado, los residuos pueden ser utilizados combinando dos operaciones de valorización de residuos al mismo tiempo. La energía contenida en los residuos es recuperada como energía térmica por la sustitución de combustible (operación R1), mientras que la fracción mineral puede ser integrada, incluso reciclada, en la matriz del producto o material producido (operaciones R4 o R5), por ejemplo, en el clínker de cemento, en el acero o en el aluminio.

Por otro lado, la Directiva Marco de Residuos, a través de las modificaciones introducidas por la Directiva (UE) 2018/851⁴⁷, ya recoge expresamente el término coprocesado en su artículo 11.6, estableciendo que “la Comisión evaluará la tecnología de coprocesamiento que permite la incorporación de minerales en el proceso de coincineración de residuos municipales. Cuando se

⁴⁴ Instrumento de ratificación del convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989. BOE nº 227, de 22.09.1994, pág. 29047.

⁴⁵ Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. DOUE 312, de 22.11.2008, pag. 3.

⁴⁶ Comisión europea (2012): Guidance on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98/EC on waste”.

⁴⁷ Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. DOUE nº 150, de 14.06.2018, pág. 109.

disponga de un método fiable, la Comisión examinará, como parte de esta revisión, si dichos minerales pueden contabilizarse para los objetivos de reciclado”.

3. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN ESPAÑA

El cemento es un material inorgánico, no metálico y finamente molido, que cuando se mezcla con agua y áridos forma una pasta que fragua y endurece (morteros y hormigones). Este endurecimiento hidráulico se debe principalmente a la formación de silicatos hidratados como resultado de la reacción entre el agua y los constituyentes del cemento. Esta propiedad de conglomerante hidráulico ha convertido al cemento en un material básico para la construcción, tanto en la edificación como en la obra civil.

Marco mundial

La producción mundial de cemento en el año 2019 fue de 4,1 billones de toneladas gracias, en gran parte, a un mayor crecimiento en China, y el continuo crecimiento de la producción en India. China todavía produce aproximadamente 56% del cemento mundial, la UE28 representan el 4,3% y miembros de CEMBUREAU que representan el 5,9% de la producción mundial.

La producción creció progresivamente en todas las regiones hasta 2007, momento en el que comienza a disminuir en Europa y los países del CIS⁴⁸, y algo más tarde en América y Oceanía. En 2010 hay un discreto repunte en la producción de cemento en todas estas regiones, con la única excepción de la UE-28.

Por su parte, en los países en desarrollo, y especialmente en Asia, la fabricación ha continuado creciendo, situándose en valores muy por encima del resto de las regiones.

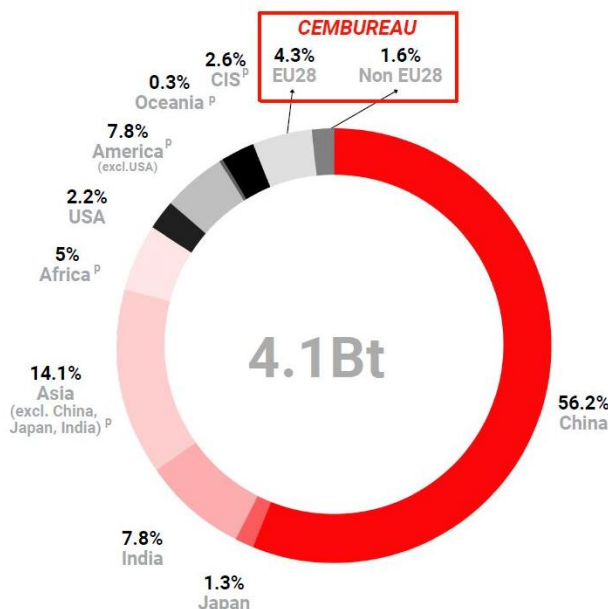


Figura 6. Producción de cemento en el mundo, 2019 (%). Fuente: Cembureau, 2021.

⁴⁸ CIS: Acrónimo inglés de la Comunidad de Estados Independientes, formada por Armenia, Azerbaiyán, Bielorrusia, Georgia, Kazajistán, Kirguistán, Moldavia, Rusia, Tayikistán, Uzbekistán y Ucrania, y Turkmenistán como miembro asociado.

El sector en España y la Unión Europea

Como todos los ámbitos de la economía y la sociedad, los datos del sector del años 2020 se han visto significativamente afectado por COVID-19.

Durante 2020, la producción global de clínker en España alcanzó una cifra de 15,7 millones de toneladas, lo que supone una reducción de 10,7% respecto al año anterior. Por otro lado, la producción de cemento alcanzó los 16,2 millones de toneladas, lo que significó una reducción de del 7,4 % respecto al ejercicio anterior.⁴⁹ La mayor parte de estas reducciones tuvieron lugar durante los meses de marzo abril y mayo

El consumo de cemento también presentó un comportamiento a la baja para situarse a finales de 2020 en una cifra de 13,287 millones toneladas (un 9,7% menos que en 2019).⁴⁹

En la EU28 en su conjunto, la producción de cemento en 2019 se incrementó ligeramente pasando de 179,8 Mt en 2019 a 182,1 Mt⁵⁰. La disminución de la producción en Eu

En cuanto a número de instalaciones integrales (con hornos de clínker y molinos de cemento), en 2019 ascendían aproximadamente a 216 en la UE-28, lo que suponía un total de 240 hornos, aunque no todos están en funcionamiento de forma simultánea. En España, el sector de la fabricación de cemento está constituido por 9 grupos, y la producción se realiza en 33 fábricas integrales de vía seca y con las MTDs implementadas, existiendo además plantas donde únicamente se realiza la molienda del cemento⁵¹. La distribución geográfica de estas fábricas se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 7. Distribución geográfica de las fábricas de cemento en España por grupo empresarial, 2019. Fuente: <https://www.oficemen.com/el-cemento/fabricas-cemento-espana/>.

⁴⁹ Oficemen, Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital y Estadísticas Comercio Exterior de España (Agencia Estatal de Administración Tributaria). Estadísticas provisionales del sector cementero español diciembre de 2020

⁵⁰ Cembureau, 2019. <https://cembureau.eu/cement-101/key-facts-figures/>

⁵¹ Informe de actividades 2018. Oficemen. <https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2019/02/Informe-de-actividades-2018.pdf>

Actualmente, todos los hornos existentes en España son de vía seca.

El destino mayoritario del consumo de cemento en España en 2020 ha continuado con la tendencia de años previos, siendo la obra civil el consumidor mayoritario de cemento.

4. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO

En el proceso de fabricación del cemento se distinguen las siguientes etapas diferentes:

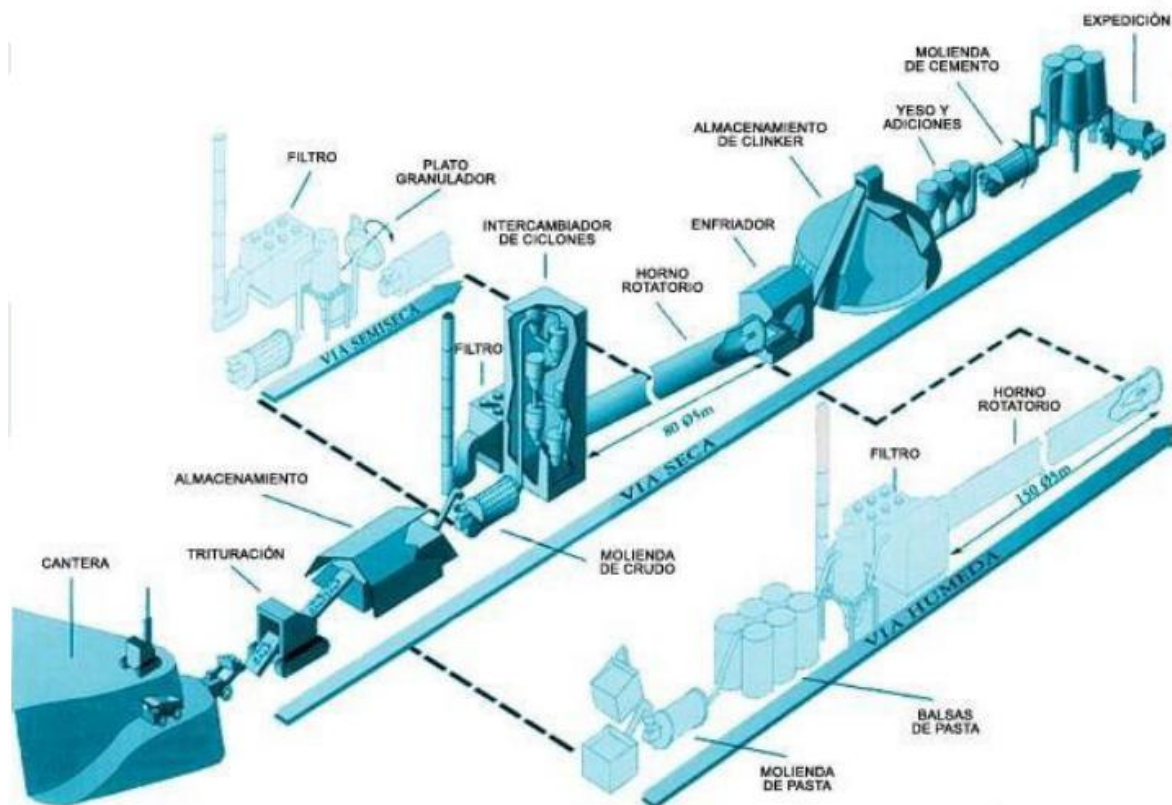


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del cemento. Fuente: “Anuario del sector cementero español 2016”, Oficemen.

Obtención y preparación de las materias primas

El proceso de fabricación del cemento comienza con la extracción de las materias primas que se encuentran en yacimientos, normalmente canteras a cielo abierto. Las canteras se explotan mediante voladuras controladas, cuando se extraen materiales duros como calizas y pizarras, o excavadoras, si se trata de materiales blandos como arcillas y margas.

Una vez extraído y clasificado el material, se procede a su trituración hasta obtener una granulometría adecuada para la molienda, y se traslada hasta la fábrica mediante cintas transportadoras o camiones para su almacenamiento en el parque de prehomogeneización.

Allí, el material triturado se almacena en capas uniformes para ser posteriormente seleccionadas de forma controlada. Posteriormente estos materiales se muelen en molinos verticales o de bolas para reducir su tamaño y favorecer su cocción en el horno. La mezcla ya molida se conoce como harina o crudo y se almacena en un silo para incrementar su uniformidad.

Cocción de las materias primas

En función de cómo se procesa el material antes de su entrada en el horno de clínker, se distinguen cuatro tipos de procesos de fabricación dependiendo de si se utilizan corrientes de agua, aire o ambas para mezclar los materiales: vía húmeda, vía semi-húmeda, vía semi-seca y vía seca.

En el proceso húmedo la mezcla de materia prima es bombeada a balsas de homogeneización, de donde pasa a los hornos en los que se produce la cocción del crudo dando lugar al clínker.

En el proceso seco, la materia prima es homogeneizada en silos de materia prima con el uso de maquinarias especiales. En este proceso, que es el que se utiliza en España en la actualidad, el control químico es más eficiente y el consumo de energía es menor, ya que al no tener que eliminar el agua añadida con el objeto de mezclar los materiales, los hornos son más cortos y el crudo necesita estar menos tiempo sometido a altas temperaturas para formar el clínker.

La alimentación al horno se realiza a través del precalentador de ciclones, que calienta la materia prima para facilitar su cocción. El crudo se introduce en la parte superior de la torre y va descendiendo por ella. Mientras tanto, los gases provenientes del horno, que están a altas temperaturas, ascienden a contracorriente, precalentando así el crudo que alcanza los 1.000 °C antes de entrar al horno y produciéndose la descomposición del carbonato cálcico en óxido de calcio y dióxido de carbono que se libera a la atmósfera (proceso de descarbonatación).

A medida que la harina va avanzando en el interior del horno, mientras éste rota, la temperatura aumenta hasta alcanzar los 1.500 °C, produciéndose las reacciones químicas que dan lugar al clínker: el óxido de calcio reacciona con la sílice, alúmina y óxido de hierro para formar silicatos, aluminatos y ferritos de calcio (proceso de clinkerización).

A la salida del horno, el clínker se introduce en el enfriador, que inyecta aire frío del exterior para reducir su temperatura de los 1.400 °C a los 100 °C. El aire caliente generado en este dispositivo se introduce nuevamente en el horno para favorecer la combustión, mejorando así la eficiencia energética del proceso.

Molienda de clínker para la fabricación de cemento

Una vez obtenido, el clínker se muele, mezcla y homogeniza conjuntamente con yeso y adiciones en los molinos para obtener el cemento.

Las distintas calidades del cemento se obtienen con la adición de materiales como escorias de alto horno, humo de sílice, puzolanas naturales, cenizas volantes y caliza, lo que le permite alcanzar determinadas características para su uso que se establecen en la reglamentación vigente.

Expedición

Por último, el cemento se almacena en silos, separado según sus clases, antes de ser ensacado o descargado en un camión cisterna para su transporte, generalmente por carretera o ferrocarril.

5. ASPECTOS AMBIENTALES DE LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO

Los principales impactos ambientales de la producción de cemento están asociados con el consumo de energía y la generación de emisiones a la atmósfera.

El proceso de fabricación del cemento se basa en una serie de transformaciones mineralógicas por las que se da al producto su propiedad de endurecer cuando se mezcla con el agua. Estas

transformaciones son procesos de molienda y de cocción a altas temperaturas que requieren importantes cantidades de energía eléctrica y térmica (combustibles). El 90% de la energía total consumida en una fábrica de cemento se concentra en las operaciones de descarbonatación y clinkerización de las materias primas en el horno.

En cuanto a la energía eléctrica, el 75% de la misma se consume en las operaciones de molienda de materias primas, combustibles y clínker, y el 25% restante en la impulsión de gases y en la manipulación y transporte de materiales.

Junto con el consumo de energía, la generación de emisiones a la atmósfera es el principal aspecto ambiental de la producción de cemento, constituyendo los hornos, los molinos y los enfriadores de clínker los focos de emisión más importantes. Los contaminantes que se emiten a la atmósfera en mayores cantidades son partículas, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y óxidos de carbono. También se pueden emitir dibenzo-para-dioxinas y dibenzofuranos policlorados, carbono orgánico total, metales, ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico. El tipo y la cantidad de contaminantes emitidos al aire depende de distintos parámetros, como los materiales de entrada (las materias primas y los combustibles utilizados) y el tipo de proceso que se haya aplicado.

En general, las fábricas existentes en España no generan aguas residuales en su proceso productivo por lo que el vertido de aguas residuales normalmente se encuentra limitado a las aguas pluviales y sanitarias y a las aguas procedentes de la limpieza de las instalaciones y de los sistemas de refrigeración, aunque éstos, en la mayoría de los casos, funcionan en circuito cerrado. Además, para evitar la contaminación de las aguas pluviales, la mayor parte de las fábricas de cemento han tomado medidas como almacenamientos cubiertos de materias primas y auxiliares, productos intermedios y finales y residuos.

Así, tanto el volumen de vertido como los contaminantes contenidos en las aguas residuales de las fábricas de cemento, principalmente relacionados con el contenido en materia orgánica en las aguas sanitarias y los sólidos en suspensión en el caso de las aguas pluviales, no suponen impactos significativos en el medio ambiente.

Otro impacto ambiental de la fabricación de cemento es el consumo de recursos. Para producir una tonelada de clínker, el consumo medio normal de materias primas en la Unión Europea es de 1,52 toneladas. La mayor parte de la materia restante se pierde en el proceso de calcinación ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) en forma de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera.

En cuanto a la emisión de ruidos, estos tienen su origen principalmente en el funcionamiento de la maquinaria, habiendo aplicado las fábricas de cemento españolas diversas medidas para controlar su emisión o propagación.

Durante la fabricación de cemento se generan cantidades reducidas de residuos que consisten básicamente en:

- Materiales fuera de especificaciones que son desechados de las materias primas durante la preparación del crudo.
- Partículas provenientes del by-pass o del filtro que no puedan ser recirculadas al proceso (esto prácticamente no ocurre en España).
- Residuos de envases y embalajes (plástico, madera, papel y cartón, metal,...).
- Residuos, en ocasiones peligrosos, procedentes de la operación y mantenimiento de equipos.

El almacenamiento de combustibles en grandes cantidades es una fuente potencial de contaminación del suelo y las aguas subterráneas. Por último, las emisiones de olores causan muy raramente problemas en una planta operada y mantenida adecuadamente.

En la “Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento”⁵² y en el documento BREF⁵³ se puede consultar una completa descripción de los aspectos ambientales asociados a las fábricas de cemento.

6. CONTROL DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA CEMENTERA

Tal y como se ha comentado en el apartado 5, el vertido de aguas residuales se encuentra limitado a las aguas pluviales y sanitarias y a las aguas de los sistemas de refrigeración, aunque éstos, en la mayoría de los casos, funcionan en circuito cerrado. Así, el vertido de aguas residuales no supone un aspecto significativo en las industrias cementeras españolas, por lo que no es objeto de esta guía.

Los parámetros que tradicionalmente se controlan de forma periódica en los vertidos de las fábricas de cemento, además de ciertas sustancias como la DQO que está incluida en el Real Decreto 508/2007, son pH, sólidos en suspensión, temperatura, aceites y grasas, hidrocarburos, etc., que no son sustancias PRTR. En todo caso, los parámetros a controlar están establecidos en las respectivas autorizaciones ambientales integradas. Estos controles suelen constituir la información utilizada por las fábricas cementeras para realizar la notificación de emisiones al agua y transferencias de contaminantes en aguas residuales en el marco del registro PRTR.

7. CONTROL DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN LA INDUSTRIA CEMENTERA

Las emisiones a la atmósfera, procedentes de fuentes puntuales o difusas, constituyen uno de los principales aspectos ambientales de la industria del cemento.

Fuentes puntuales de emisiones a la atmósfera en las fábricas de cemento:

- Hornos.
- Sistemas de homogeneización.RE
- Moliendas.
- Silos.
- Procesado térmico de materiales (enfriadores de clínker y, en caso de que existan, instalaciones de secado).

Fuentes difusas de emisiones a la atmósfera en las fábricas de cemento:

- Cargas continuas.
- Apilamientos.
- Circulación por pistas no pavimentadas.
- Acción del viento.

Las emisiones desde fuentes puntuales se generan durante todo el proceso productivo (combustión, molienda y secado) y se caracterizan por estar canalizadas a través de conductos y chimeneas.

⁵² Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de Fabricación de Cemento. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. 2003.

⁵³ “(BAT) Reference Document for the production of Cement, Lime and Magnesium Oxide” (documento BREF del cemento, cal y óxidos de magnesio). Comisión Europea. 2013.

Las emisiones desde fuentes difusas están asociadas, generalmente, a operaciones y actividades auxiliares al proceso productivo propiamente dicho y se caracterizan por no estar canalizadas y por emitir, básicamente, partículas. Las principales fuentes de emisiones dispersas de partículas en una fábrica de cemento son el almacenamiento y manipulación de materias primas, combustibles y clínker, y el tráfico de vehículos por la fábrica. Las emisiones de estas actividades pueden reducirse con sencillas medidas como la instalación de barreras contra el viento en los almacenamientos de materiales a la intemperie o la pavimentación, limpieza y riego de viales, por lo que no son objeto de esta Guía.

De acuerdo con el documento BREF, se consideran relevantes en el caso de la fabricación de cemento, incluyendo el uso de residuos como sustitutos de materias primas y combustibles:

- Partículas (PST, PM₁₀ y PM_{2,5}).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x) y otros compuestos de nitrógeno.
- Dióxido (SO₂) de azufre y otros compuestos de azufre.
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de carbono (CO₂).
- Carbono orgánico total (COT), incluyendo compuestos orgánicos volátiles (COV).
- Policlorodibenzodioxina y policlorodibenzofuranos (PCDD y PCDF).
- Metales y sus compuestos.
- Fluoruro de hidrógeno (HF).
- Cloruro de hidrógeno (HCl).
- Amoníaco (NH₃)
- BTEX⁵⁴
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)
- Otros contaminantes orgánicos

El Sistema Español de Inventario, por su parte, recoge información de los siguientes contaminantes para el sector cementero español:

- Dióxido de azufre (SO₂).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM).
- Metano (CH₄).
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de carbono (CO₂).
- Óxido nitroso (N₂O).
- Metales pesados: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Selenio (Se) y Zinc (Zn).
- Partículas totales en suspensión (PST), partículas con diámetro inferior a 10 micras (PM₁₀) y partículas con diámetro inferior a 2,5 micras (PM_{2,5}).

⁵⁴ Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos.

- PCDD+PCDF (dioxinas+furanos) (como Teq).
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (incluye el benzo(a)pireno, el benzo(b)fluoranteno, el benzo(k)fluoranteno y el indeno(1,2,3-cd)pireno).
- Policlorobifeniles (PCB)

Por otro lado, el Reglamento nº 166/2006 de la UE, el Real Decreto 508/2007 y la Ley 16/2002 obligan a los titulares de los complejos incluidos en su ámbito de aplicación, a comunicar anualmente a la autoridad competente información acerca de sus emisiones a la atmósfera, agua y suelo, de aquellos contaminantes incluidos en sus anexos que sean relevantes en los procesos realizados en dicho complejo y que, por tanto, puedan estar presentes en sus emisiones.

El Real Decreto 508/2007, además de incluir en su anexo II todas las sustancias ya recogidas en el Reglamento nº 166/2006, E-PRTR, añade las siguientes sustancias a la lista de contaminantes emitidos al aire:

- Partículas totales en suspensión (PST).
- Talio (Tl).
- Antimonio (Sb).
- Cobalto (Co).
- Manganeseo (Mn).
- Vanadio (V).
- Carbono orgánico total (COT).

La Comisión europea elaboró en el año 2006 la “Guía para la implantación del E-PRTR”, en la que establecía las pautas a seguir en los distintos procedimientos de comunicación de la información según lo dispuesto en el Reglamento E-PRTR. Esta guía reconoce que, de forma genérica, cada actividad industrial suele estar asociada a emisiones de determinados contaminantes. Así, en el apéndice 4 de la guía se encuentra la sublista sectorial específica de contaminantes emitidos a la atmósfera, en la que se incluye, con carácter orientativo para titulares y autoridades competentes, los contaminantes que pueden ser emitidos por las diferentes actividades industriales afectadas por esta normativa. En el caso de las instalaciones de fabricación de cemento o clínker, los contaminantes emitidos a la atmósfera indicados en la sublista orientativa son:

- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de carbono (CO₂).
- Óxido nitroso (N₂O).
- Amoníaco (NH₃).
- Compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x/NO₂).
- Óxidos de azufre (SO_x/SO₂).
- Arsénico y compuestos (como As).
- Cadmio y compuestos (como Cd).
- Cromo y compuestos (como Cr).
- Cobre y compuestos (como Cu).
- Mercurio y compuestos (como Hg).

- Níquel y compuestos (como Ni).
- Plomo y compuestos (como Pb).
- Zinc y compuestos (como Zn).
- PCDD+PCDF (dioxinas+furanos) (como Teq).
- Policlorobifenilos (PCB).
- Antraceno.
- Benceno.
- Naftaleno.
- Ftalato de bis (2-etilhexilo) (DEHP).
- Cianuro de hidrogeno (HCN).
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (incluye el benzo(a)pireno, el benzo(b)fluoranteno, el benzo(k)fluoranteno y el indeno(1,2,3-cd)pireno).
- Cloro y compuestos inorgánicos (HCl).
- Flúor y compuestos inorgánicos (HF).
- Partículas (PM10)

Esta sublista, tal y como indica la Guía E-PRTR, es meramente indicativa y no debe interpretarse como lista estándar de parámetros para sectores de actividad específicos. Para decidir qué parámetros son relevantes en cada instalación específica, deben de considerarse, además de la sublista orientativa, la información contenida en las evaluaciones de impacto ambiental (EIA), solicitudes de permisos o autorizaciones ambientales, informes de inspección a los complejos, ingeniería y diagramas de proceso, balances de materia, experiencias y comprobaciones similares en otros lugares, resultados de trabajos de medición y control así como otras referencias y publicaciones que sean de interés.

La Guía E-PRTR reconoce que, en la mayoría de los casos, la información facilitada por el titular de un complejo incluirá menos contaminantes que los enumerados en las sublistas orientativas. En la práctica, se decidirá en cada caso qué contaminantes del anexo II del Real Decreto 508/2007 son relevantes a efectos de comunicación de información. Deben evitarse las campañas de monitorización de emisiones muy exhaustivas. En la mayoría de los casos, las comprobaciones periódicas deberían bastar para determinar si un contaminante en particular está siendo emitido por encima del umbral; en caso de duda, para suministrar toda la información puede recurrirse a medida específicas más representativa para mayor seguridad

La Guía E-PRTR se elaboró en el año 2006 y en el momento de elaboración del presente documento se encuentra en proceso de revisión. Entre otras cosas, uno de los principales motivos de esta revisión es la actualización de las sublistas sectoriales, ya que de acuerdo **con la experiencia adquirida de algunos sectores, entre los que se encuentra el cementero, no se ajustan en su totalidad a las emisiones características de sus plantas.**

Las sustancias incluidas en la sublista orientativa del sector cementero coinciden con aquellas consideradas mencionadas específicamente en el documento BREF, así como con las incluidas en el SEI, con la única excepción del HCN, el DEHP, antraceno y el naftaleno.

Tampoco consideran características las emisiones de estos contaminantes para el sector cementero otras entidades europeas de reconocido prestigio, como son:

- La AEMA, en la guía “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019”, donde recopila factores de emisión para las instalaciones cementeras europeas en los capítulos 1.A.2.f.i (combustión) y 2.A.1 (descarbonatación).
- La “Environment Agency” (Reino Unido), en su documento “Pollution inventory reporting – cement and lime guidance note”, donde recoge los factores de emisión para contaminantes significativos para el sector cementero.⁵⁵

En el caso de las sustancias HCN y DEHP, las normas que suelen utilizar los laboratorios no son específicas para la medición de las emisiones a la atmósfera en chimeneas. En España, en el momento de elaboración de la presente guía, no existían laboratorios de ensayos acreditados por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para medir las emisiones a la atmósfera procedentes de fuentes estacionarias de estas dos sustancias.

Si se considera la evolución de las emisiones validadas de HCN, DEHP, antraceno y naftaleno en PRTR-España hasta al último año disponible (2020):

- No ha habido superaciones del umbral de información del anexo II, en el caso del DEHP desde el año 2012.
- Para el HCN únicamente se registran dos emisiones validadas que superan los mencionados umbrales desde el año 2012.
- El antraceno, no supera en ningún caso el umbral de información establecido en el anexo II del RD 508/2007.
- Para el naftaleno, sólo existen nueve superaciones, ninguna posterior a 2013.

Además, el total de las emisiones validadas de estos cuatro contaminantes se han reducido a cero en los últimos diez años⁵⁶:

Para una correcta interpretación de estos datos, hay que considerar que no se han definido BAT-AEL ni se han establecido VLE en las AAI vigentes para estos cuatro contaminantes. Además, el valor umbral de información, de acuerdo con el Real Decreto 508/2007, son de 200 kg/año (HCN), 10 kg/año (DEHP), 50 kg/año (antraceno), 100 kg/año (naftaleno).

Por tanto, las emisiones a la atmósfera de estas cuatro sustancias, HCN, DEHP, antraceno y naftaleno, no son representativas en el sector cementero español en la actualidad.

⁵⁵ “Pollution inventory reporting – cement and lime guidance note”. Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2010, Regulation 60(1). Environmental Agency (United Kingdom). Versión 4, diciembre 2012.

⁵⁶ Datos obtenidos de PRTR-España en fecha 16.12.2021.

Teniendo en cuenta todo lo anterior así como el carácter orientativo de la sublista incluida en la Guía E-PRTR, **se consideran sustancias representativas en el sector cementero las siguientes:**

- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de carbono (CO₂).
- Óxido nitroso (N₂O).
- Amoníaco (NH₃).
- Compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x/NO₂).
- Óxidos de azufre (SO_x/SO₂).
- Arsénico y compuestos (como As).
- Cadmio y compuestos (como Cd).
- Cromo y compuestos (como Cr).
- Cobre y compuestos (como Cu).
- Mercurio y compuestos (como Hg).
- Níquel y compuestos (como Ni).
- Plomo y compuestos (como Pb).
- Zinc y compuestos (como Zn).
- Talio y compuestos (como Tl)
- Antimonio y compuestos (como Sb)
- Cobalto y compuestos (como Co)
- Vanadio y compuestos (como V)
- Manganeso y compuestos (como Mn)
- Selenio y compuestos (como Se)⁵⁷
- PCDD+PCDF (dioxinas+furanos) (como Teq).
- Policlorobifenilos (PCB).
- Benceno
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (incluye el benzo(a)pireno, el benzo(b)fluoranteno, el benzo(k)fluoranteno y el indeno(1,2,3-cd)pireno).
- Cloro y compuestos inorgánicos (HCl).
- Flúor y compuestos inorgánicos (HF).
- Partículas totales en suspensión (PST)
- Partículas (PM₁₀)

⁵⁷ Se incluye el Se por estar incluido en el Sistema Español de Inventario, si bien no es un contaminante que esté listado en el anexo II del Real Decreto 508/2007.

- **Carbono orgánico total (COT)**
- **Metano (CH₄)**

La evaluación de las cargas contaminantes emitidas en un periodo de tiempo de un determinado contaminante por focos puntuales, se puede realizar adoptando diferentes enfoques:

- Cálculos realizados con base en los resultados de las mediciones directas, en continuo o discontinuo, realizadas en chimenea o canal de humos, relativas a caudal de emisión y concentración en emisión del contaminante.
- Cálculos realizados a partir de factores de emisión, balances de materia y variables de los procesos tales como el combustible utilizado, índices de producción, etc.
- Estimaciones realizadas con base en opiniones o experiencias de expertos o en la aplicación de guías de buenas prácticas.

Tanto el Reglamento nº 166/2006 como el Real Decreto 508/2007 recogen que el titular del complejo debe indicar si la información está basada en mediciones, cálculos o estimaciones. La “Guía para la implantación del E-PRTR” aclara que “antes de recopilar los datos, el titular del complejo debe decidir qué método de determinación (M, C o E) va a utilizar para la notificación de los resultados de contaminantes con la mejor información disponible”.

En la práctica, el sistema de evaluación puede estar condicionado por los requisitos establecidos en la AAI exigida por la Ley 16/2002, de prevención y control integrados de la contaminación, o en otras autorizaciones ambientales que puedan ser de aplicación.

En los siguientes apartados se desarrollan las recomendaciones específicas para cada una de las sustancias emitidas al aire por las fábricas de cemento en España.

8. MEDICIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA

La caracterización completa de las emisiones a la atmósfera requiere, para cada uno de los focos de emisión, la determinación de la concentración de los contaminantes característicos, de una serie de parámetros necesarios para caracterizar la corriente emisora y de parámetros necesarios para determinar el flujo volumétrico de emisión (caudal).

El documento BREF, recomienda que, para comprobar la estabilidad del proceso, es decir los parámetros de control del horno se midan de forma continua:

Tabla 5. Caracterización de emisiones a la atmósfera. Parámetros de control⁵⁸

Objeto	Parámetros
	Presión (en kPa)

⁵⁸ “(BAT) Reference Document for the production of Cement, Lime and Magnesium Oxide” (documento BREF del cemento, cal y óxidos de magnesio). Comisión Europea. 2013.

Tabla 5. Caracterización de emisiones a la atmósfera. Parámetros de control⁵⁸

Objeto	Parámetros
Control operacional del horno y caracterización de la corriente emisora	Temperatura (en grados centígrados)
	Contenido en oxígeno (en %)
	Monóxido de carbono (CO) (en ppm o mg/m ³) (*)
	Óxidos de nitrógeno (NO _x) (en ppm o mg/m ³)
	Dióxido de azufre (SO ₂) (en ppm o mg/m ³)
Caracterización de la corriente emisora	Caudal
	Humedad (en %)
	Partículas (en mg/m ³)
Concentración de contaminantes característicos	(en mg de contaminante/m ³)

(*)El capítulo 1.3.9.1 de Monitorización de parámetros y emisiones del Documento BREF se indica que:

“To control kiln processes, continuous measurements are recommended for the following parameters: pressure, temperature, O₂ content, NO_x, CO, and possibly when the SO_x concentration is high, SO₂ (it is a developing technique to optimise CO with NO_x and SO₂).”

Entre los parámetros de muestreo que pueden influir sobre la medición de contaminantes y sus resultados y deben tenerse en cuenta para una correcta determinación de las emisiones, se encuentran:

- La representatividad de la muestra.
- El acondicionamiento de la chimenea.
- Los contaminantes emitidos en fase gaseosa y sólida.
- El tiempo de muestreo.
- Las condiciones de referencia.

Su capacidad de influencia en la medición se describe en la “Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación del cemento” (Ministerio de Medio Ambiente, 2003).

Los titulares de las instalaciones sujetas a autorización tienen la obligación de realizar **controles externos o internos de emisiones** de acuerdo a lo establecido en la AAI y en la normativa aplicable (principalmente, Ley 34/2007⁵⁹, Real Decreto 100/2011⁶⁰, Real Decreto 815/2013⁶¹ y legislación autonómica sobre emisiones a la atmósfera).

⁵⁹ Ley 34/ 2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. BOE número 275 de 16/11/2007.

⁶⁰ Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación. BOE número 25 de 29/1/2011

⁶¹ Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. BOE número 251 de 19/10/2013.

Las medidas de **control externo** de emisiones comprenden la comprobación y verificación de:

- Condiciones establecidas en la autorización y en la normativa aplicable en materia de contaminación atmosférica.
- Funcionamiento de los sistemas de prevención, corrección y seguimiento de la contaminación atmosférica.
- Valores límite de emisión.

Las medidas de **control interno** de las emisiones deben ser realizadas por parte del responsable de la instalación de acuerdo a los criterios y por los medios que se determinen por parte de la administración competente. Comprende los mismos elementos que en el caso anterior.

El criterio general establecido en la legislación vigente es que las mediciones de las emisiones y los informes resultantes que se lleven a cabo en el marco de los controles externos e internos se realizarán de acuerdo a la norma UNE-EN 15259:2008 *Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Requisitos de las secciones y sitios de medición y para el objetivo, plan e informe de medición*. Las instalaciones deberán disponer de sitios y secciones de medición conforme a la citada norma.

El muestreo y análisis de los contaminantes y parámetros complementarios así como los métodos de medición de referencia para calibrar los sistemas automáticos de medición, se realizarán con arreglo a las normas del Comité Europeo de Normalización (CEN) existentes. No obstante, se ha previsto que el órgano competente pueda establecer otras especificaciones técnicas equivalentes, así como las especificaciones técnicas y requisitos relativos a los procedimientos de control de las emisiones difusas.

El control externo debe ser realizado por organismos de control establecidos por la comunidad autónoma. Estos organismos de control suelen ser entidades autorizadas por la administración autonómica con capacidad técnica para la realización de los controles externos. El reconocimiento de estos organismos como organismos de control suele implicar que se trate de entidades acreditadas por ENAC conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17020:2012 *Evaluación de la conformidad. Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección*.

Los sistemas de medición y control de emisiones a la atmósfera existentes son básicamente de dos tipos: medición en continuo, a través de sistemas automáticos de medida (SAM), y medición en discontinuo. En general, en el caso del sector cementero español, la obligación de disponer de SAM para un determinado contaminante o de realizar medidas puntuales viene recogida en la AAI de la instalación.

Es recomendable que el muestreo y análisis de las sustancias, así como el aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medición, sea realizado por laboratorios de ensayo acreditados por ENAC (u organismos análogos) conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, para cada sustancia.

El documento BREF recomienda la medición en continuo de partículas, NO_x, SO₂ y CO. En el caso de los hornos que coincineran residuos, añade a esta lista las siguientes sustancias: COT, NH₃, HCl, HF y Hg.

Por su parte, el Real Decreto 815/2013, para los hornos en los que se coincineran residuos, establece los contaminantes que deben medirse en continuo: PST, HCl, HF, NO_x, SO₂ y COT.

Las AAI del sector cementero analizadas recogen lo establecido en el documento BREF y en el Real Decreto 508/2013. Así, en general, los contaminantes que se suelen medir en continuo en el caso de los hornos que coincineran residuos, son monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas totales, carbono orgánico total, cloruro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno y, en ocasiones, amoníaco.

El Real Decreto 653/2003, ya derogado, y el Real Decreto 815/2013, que le sustituye, establecen asimismo las condiciones particulares en cuanto a las exenciones permitidas para determinadas obligaciones genéricas de medición de contaminantes para instalaciones de incineración y coincineración. Estas exenciones se recogían ya en la Directiva 2000/76/CE de incineración de residuos, también derogada, y se mantienen en la Directiva 75/2010/UE que la sustituye.

De acuerdo con el informe *“Application of IED Article 15(4) derogation”*⁶², hasta 2017 el sector del cemento, cal y óxidos de magnesio era el segundo en el que se habían aplicado mayor número de exenciones, sólo por detrás del sector del vidrio, con 21 exenciones en los valores límite de emisión de NO_x, SO₂ y partículas.

En España esta posibilidad está regulada actualmente en el artículo 37, apartados 3, 5 y 6 del RD 815/2013.

La frecuencia inicial prevista en la normativa española sobre coincineración de residuos para medición de dioxinas y furanos y metales pesados es mayor que la establecida en la normativa europea, pero se contemplan igualmente las condiciones que permitirían disminuir dicha frecuencia.

Ya en el marco de la legislación PRTR, es necesario tener en cuenta que un dato de emisión es medido cuando ha sido obtenido “en base a medidas de emisiones cuando procedan de sistemas de control o monitorización de los procesos, o cuando las emisiones anuales se determinen en base a mediciones puntuales. Pueden ser necesarios cálculos adicionales para obtener los datos de emisiones correspondientes al año de referencia”⁶³.

La cadena de producción de datos⁶⁴ relacionados con la medición y el control de las emisiones a la atmósfera puede dividirse en los siete pasos consecutivos mostrados en la siguiente figura.

⁶² *“Application of IED Article 15(4) derogations”*. Amec Foster Wheeler Environment & Infrastructure UK Ltd in collaboration con Millie Ltd. Comisión Europea. Marzo, 2018.

⁶³ Guía de implantación E-PRTR

⁶⁴ Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (2003) Prevención y control Integrados de Contaminación (IPPC) Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización, Documento BREF

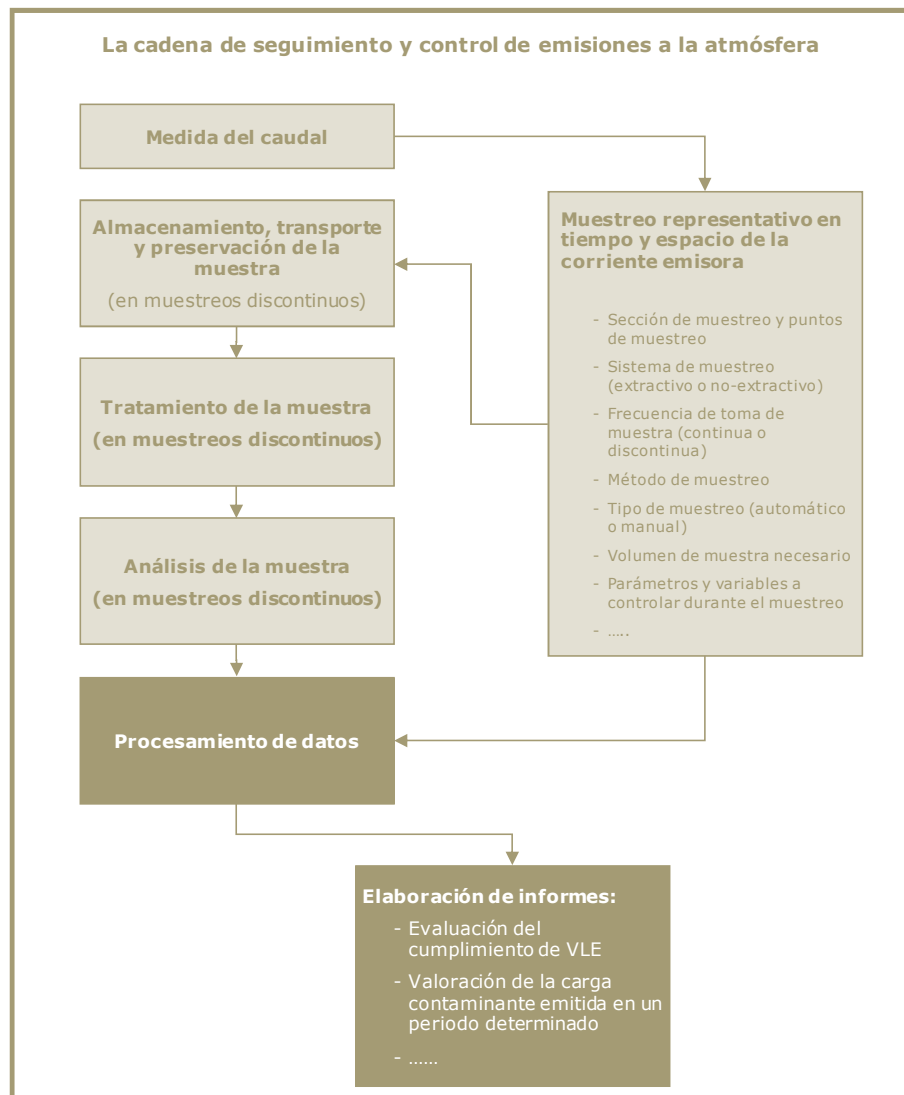


Figura 9. Esquema de la cadena de producción de datos relacionados con la medición y control de las emisiones a la atmósfera.

Los siguientes apartados se va a circunscribir al último paso de la cadena: el procesamiento de los datos obtenidos, en los muestreos y análisis realizados, para evaluar la carga contaminante emitida en un periodo de tiempo determinado, con la finalidad de suministrar información exigida por la legislación vigente - como el Registro Estatal de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (PRTR-España) o el Sistema Español de Inventario- o destinada a la publicación de informes voluntarios, como memorias de sostenibilidad de empresa o declaraciones ambientales.

El volumen de datos obtenido y su procesado, tanto para evaluar el cumplimiento de los VLE como para evaluar la carga contaminante emitida en un periodo de tiempo determinado, presenta importantes diferencias en función de la tipología del sistema de medición utilizado en el control de los diferentes parámetros. Así, en el caso de la evaluación del cumplimiento de los VLE, deberán tenerse en cuenta, entre otras cosas y de acuerdo con lo establecido en la AAI, la legislación y las instrucciones técnicas publicadas por las comunidades autónomas, la incertidumbre asociada a los sistemas de medición.

En el caso de los SAM, el procesamiento de datos necesario para evaluar el cumplimiento de los VLE y la carga contaminante emitida está estrechamente relacionado.

La gestión y control de los SAM y de los datos generados se realiza habitualmente por un equipo humano cualificado perteneciente a la plantilla de la empresa, aunque también puede ser realizado por la administración o por organismos de control.

Los muestreos y análisis discontinuos se realizan generalmente por entidades externas acreditadas que, en el informe de resultados, suelen facilitar los datos procesados e incluir una valoración del cumplimiento de los VLE.

En cuanto a la expresión de los resultados obtenidos de las mediciones, algunas IT ofrecen recomendaciones sobre la expresión de los resultados, por ejemplo: los resultados se han de expresar en el mismo formato (número de decimales) en el que está expresado el valor límite, en el caso de que el valor calculado con todos sus decimales sea mayor que éste. En caso de que la primera cifra eliminada en el redondeo correspondiente sea 5 o superior, se incrementará el valor de la cifra anterior a ésta en una unidad.⁶⁵

En este contexto se ha considerado conveniente organizar el presente capítulo en dos apartados: el primero dedicado a los SAM, y el segundo a los métodos discontinuos o puntuales.

8.1. MEDICIÓN EN CONTINUO

8.1.1. Introducción

Tanto las AAI como la normativa estatal y autonómica recogen requisitos en relación con el control y monitorización de las emisiones utilizando sistemas automáticos de medición en continuo. La “Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento” incluye en su capítulo 5.5 la metodología de seguimiento de las emisiones a partir de los equipos de medición en continuo. Posteriormente, la Comisión de Seguimiento del Acuerdo Voluntario para la Prevención y Control de la Contaminación en la Industria del Cemento acordó en 2006 una actualización de dicho punto.⁶⁶

Por otra parte, existen instrucciones técnicas en varias comunidades autónomas que establecen los procedimientos a seguir para el control de las emisiones en continuo. El listado completo de instrucciones vigentes en el momento de redacción de la presente guía se recoge en el anexo VI.

El proceso de determinación de la carga contaminante con base en los datos obtenidos mediante SAM tiene fundamentalmente dos caminos alternativos: a partir de los datos validados o a partir de los promedios temporales elaborados para evaluar el cumplimiento de los VLE

⁶⁵ IT –AT 19 Cataluña. *Instrucció tècnica per a la verificació del compliment del valor límit d'emissió en focus emissors de contaminants a l'atmosfera*. Revisió 02 abril – 2016. Direcció General de Qualitat Ambiental, Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

⁶⁶ Documento “2.a. med cont guía MTD APROBADO COM SEG AC VOL MIMAM 220306.doc”

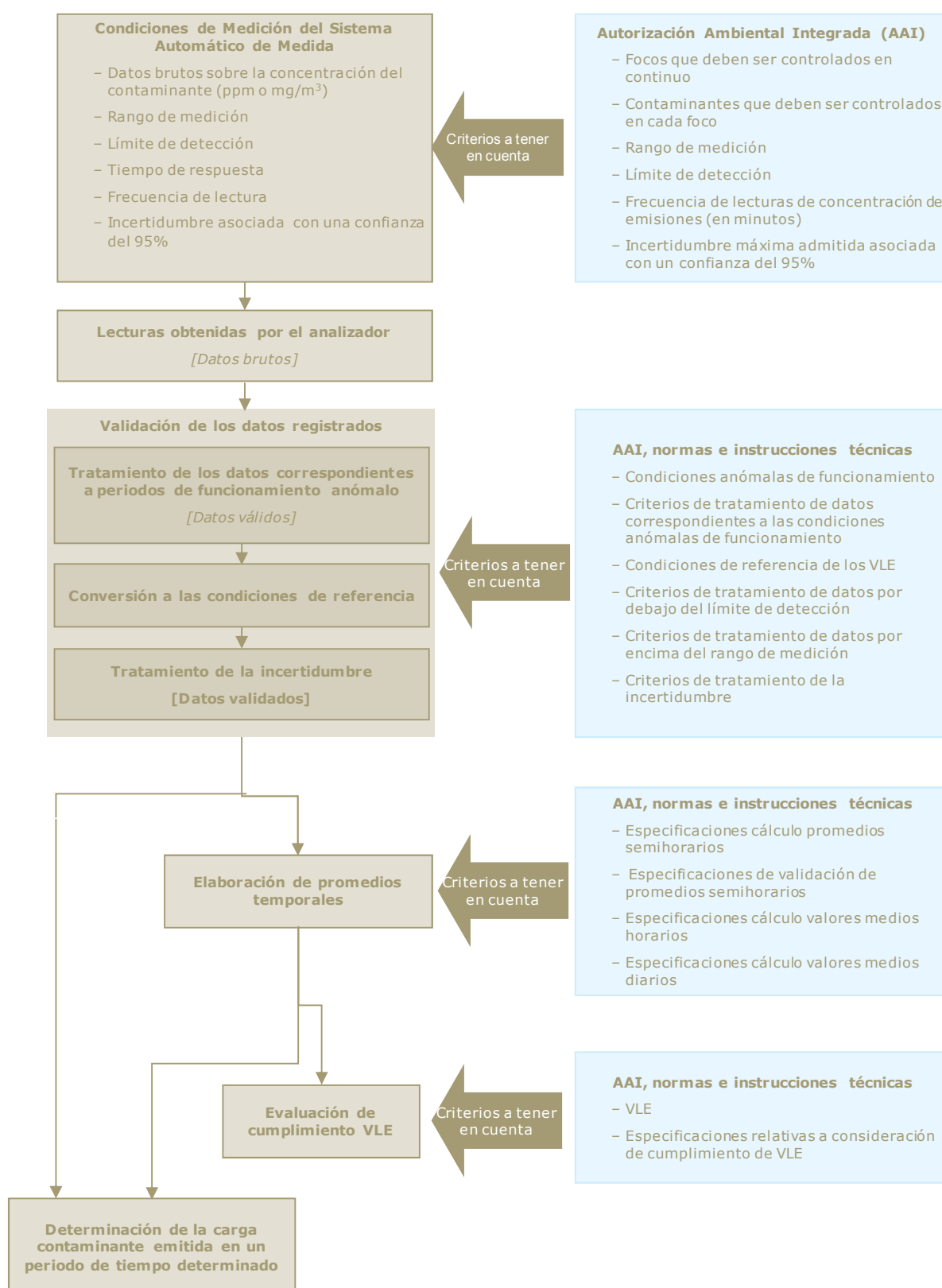


Figura 10. Marco lógico del proceso de determinación de la carga contaminante y de evaluación del cumplimiento de VLE con base en los datos obtenidos mediante SAM.

Las condiciones de medición de los SAM y de calidad para asegurar su funcionamiento correcto, así como los criterios a tener en cuenta en el procesamiento de los datos brutos⁶⁷ obtenidos por el SAM para validar los datos registrados, elaborar los promedios temporales y evaluar el cumplimiento de los VLE, se describen en las AAI, y en las normas e instrucciones técnicas aplicables, teniendo en cuenta el tipo de foco y contaminante de que se trate. El detalle de las anteriores descripciones puede ser mayor o menor, pudiendo hacer simplemente referencia a legislación, normas, instrucciones técnicas, guías, etc., con las consideraciones que la administración competente considere oportuno.

A continuación, en los apartados 8.1.2 a 8.1.4, se recogen orientaciones sobre los siguientes elementos del proceso de validación de datos:

- Recomendaciones en el mantenimiento, operación y tratamiento de datos obtenidos mediante SAM
- Condiciones de operación.
- Recomendaciones en la aplicación de la norma UNE-EN 14181 sobre aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida⁶⁸.

8.1.2. Seguimiento y control de las emisiones atmosféricas mediante Sistemas Automáticos de Medición. Orientaciones para el mantenimiento, operación y tratamiento de datos

8.1.2.1. Ámbito de aplicación

Se describen en este punto una serie de recomendaciones para la obtención de datos de emisión a partir de SAM de partículas o gases instalados en focos puntuales de emisión de fábricas de cemento. Estas recomendaciones están basadas en las AAI vigentes de las fábricas, la normativa sectorial aplicable, las instrucciones técnicas que han elaborado al respecto varias comunidades autónomas, la guía de MTD, otras guías y la experiencia del sector en la operación y mantenimiento de SAM.

Cabe destacar que en el caso de los hornos de cemento cuando coincieran residuos, existe legislación sectorial (Real Decreto 815/2013) que establece requisitos en este sentido. Para estos focos (hornos), y de acuerdo con varias AAI e instrucciones técnicas publicadas por muchas comunidades autónomas, también resulta de aplicación la norma UNE-EN 14181, que se aborda en el apartado 8.1.4 de esta guía. Para el resto de los focos, en el momento de elaboración de la presente guía no se había desarrollado legislación sectorial. De hecho, el documento BREF indica que, en focos de emisión de partículas distintos a los hornos, tales como molindas, enfriadores, etc., las emisiones pueden controlarse mediante mediciones discontinuas o puntuales de las emisiones.

Por lo tanto, se presentan aquí una serie de recomendaciones que son más detalladas y exhaustivas para hornos de cemento cuando coincieran residuos, de acuerdo con la normativa sectorial aplicable, que los que se presentan para otros hornos o focos no afectados por dicha normativa. Asimismo, para otros focos como molinos o enfriadores, en la actualidad resulta de difícil aplicación

⁶⁷ Se consideran datos brutos los obtenidos por el Sistema Automático de Medida, como resultado de aplicar la función característica del analizador a la magnitud de salida (analógica o digital) y que es proporcional a la concentración del contaminante.

⁶⁸ UNE-EN 14181:2015. Emisiones de fuentes estacionarias. Garantía de calidad de los sistemas automáticos de medida.

técnica y costosa la aplicación de esta norma por lo que estas recomendaciones han de ser tenidas en cuenta de manera flexible.

El listado de instrucciones técnicas en vigor en el momento de redacción de la presente guía se incluye para información en el anexo VI.

8.1.2.2. Homologación de los SAM

Los sistemas automáticos de medida en continuo dispondrán, cuando sea posible, de un certificado oficial de homologación para la medición de la concentración de cada contaminante que analicen.

Este certificado deberá estar emitido por alguno de los organismos oficialmente reconocidos en los Estados miembros de la Unión Europea, en los países firmantes del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, o, cuando haya reciprocidad, en terceros países.

La normativa sectorial establece que a los hornos de cemento que coincieran residuos les es de aplicación la norma UNE-EN 14181, por lo que el certificado de homologación deberá hacer referencia a los requisitos establecidos por el NGC1. Para los SAM utilizados para la medición de parámetros periféricos (oxígeno, humedad, presión y temperatura) también se recomienda realizar las etapas pertinentes del ensayo funcional.

8.1.2.3. Calibración de los SAM

La calibración de los SAM se hará calculando una función de calibración que relacione las lecturas proporcionadas por el equipo con las concentraciones obtenidas mediante métodos de referencia patrón (MRP). Diversas normas abordan este punto presentando en algunos casos dificultades técnicas.

La normativa sectorial establece que a los hornos de cemento que coincieran residuos les es de aplicación la norma UNE-EN 14181, por lo que en este caso la metodología de calibración se puede encontrar con todo detalle en dicha norma y en las guías publicadas al respecto. Este tema se aborda en el punto 8.1.4 de esta guía.

Algunas instrucciones técnicas autonómicas recogen requisitos adicionales y especificaciones para la calibración de estos SAM sometidos a la norma UNE-EN 14181. Para el resto de los SAM, algunas instrucciones técnicas autonómicas también establecen requisitos para su calibración, en general, menos exhaustivos que en el caso anterior.

Aunque las operaciones de calibración de los SAM estarán sometidas a los requisitos establecidos en las AAI, la normativa vigente, las instrucciones técnicas aplicables y, cuando sea aplicable, la UNE-EN 14181, a continuación, se recoge una serie de recomendaciones generales relacionadas con el tema.

El rango de medida de los equipos será del orden del doble del límite legal de emisión⁶⁹.

Tal y como se indica en el apartado 8.1.4.1, la aplicación práctica de la UNE-EN 14181 en ocasiones presenta ciertas dificultades técnicas. En dicho apartado se han recogido algunas de las orientaciones

⁶⁹ En algunos casos el rango puede establecerse de modo diferente en función de criterios técnicos o normativos como la mejor calibración o la mejor calidad de los datos obtenidos.

de la guía de aplicación de esta norma publicada por varios organismos oficiales con el objetivo de intentar solventar estas dificultades, por ejemplo, a la hora de determinar el rango válido de calibración.

Durante la calibración se determinará el intervalo de confianza del 95% de las mediciones, determinado para la concentración límite de emisión de cada contaminante. El intervalo no podrá superar los siguientes porcentajes de dichos valores límite:

Monóxido de carbono	10%
Dióxido de azufre	20%
Óxidos de nitrógeno	20%
Partículas totales	30%
Carbono orgánico total	30%
Cloruro de hidrógeno	40%
Fluoruro de hidrógeno	40%

La Directiva 2010/75/UE de emisiones industriales que establece la aplicación de las normas europeas de aseguramiento de la calidad para los sistemas de medición automática y somete a los equipos a un “control por medio de mediciones paralelas con los métodos de referencia al menos una vez al año”. Así lo recoge el Real Decreto 815/2013.

En el caso de mediciones de NH_3 , no esta reglamentariamente limitada la incertidumbre de su medida mediante instrumentos en continuo. Sin embargo, existen referencias para adoptar, en mediciones periódicas, la misma incertidumbre que el HCl debido a su similar naturaleza reactiva y misma técnica de medida.⁷⁰

La UNE-EN 14181 establece que el procedimiento NGC2 debe realizarse al menos cada 5 años para cada SAM o, si lo requiere la legislación vigente o la autoridad competente (en instrucciones técnicas o AAI), más frecuentemente. Además, debe efectuarse un ensayo anual de seguimiento (EAS) del SAM. En general, la mayoría de las instrucciones técnicas autonómicas y las AAI del sector, también establecen que el EAS se repetirá anualmente.

Para otros focos que realicen un seguimiento en continuo de sus emisiones, los cuales, en general, no están obligados a cumplir con la norma UNE-EN 14181, la frecuencia de las calibraciones puede ser menor. Así, las algunas instrucciones técnicas autonómicas establecen una frecuencia de 4, 5 o 6 años para el cálculo de la función de calibración, mientras que la evaluación del correcto funcionamiento del SAM así como de la validez de la función de calibración debe realizarse, en casi todos los casos, cada 2 años.

En ocasiones resultaría conveniente y mejoraría estadísticamente la función de calibración, el incorporar a dicha función nuevos puntos que se obtuvieran, por ejemplo, durante los controles reglamentarios, y que resultasen de métodos de referencia patrón.

De cara a la certificación del sistema de aseguramiento de la calidad del SAM, y mientras no se pronuncien los organismos de acreditación competentes, para emplear esta recomendación sería

⁷⁰ Recomendación técnica de la Dirección General de Calidad y Sostenibilidad Ambiental. 02- Aseguramiento de la calidad de los resultados. RCmATMCyL-02. Rev. 0, de 30/05/2019.

necesario un acuerdo previo con la autoridad ambiental competente, o una mención en la AAI a los documentos de referencia que contengan estas recomendaciones (guías publicadas por las autoridades autonómicas o por el MITECO, o por las entidades de normalización de los estados miembros de la Unión Europea).

8.1.2.4. Validación de los datos registrados por el SAM y cálculo de promedios temporales para la evolución del cumplimiento de VLE

El proceso de determinación de la carga contaminante con base en los datos obtenidos mediante SAM tiene esencialmente dos caminos alternativos: a partir de los datos validados o a partir de los promedios temporales elaborados para evaluar el cumplimiento de los valores límite de emisión, que a su vez se deben calcularse a partir de datos validados.

Frecuencia de las lecturas de concentración de emisiones

Los equipos realizarán lecturas de concentración de las emisiones con la frecuencia establecida en la AAI de la instalación o en las instrucciones técnicas autonómicas aplicables. Esta frecuencia, suele variar de 1 lectura/minuto a una lectura cada 5 minutos. En general, se considera suficiente una lectura cada 2 o 5 minutos.

Cálculo de promedios temporales

Una vez confirmada la representatividad de la lectura de acuerdo a las condiciones de la instalación (descartando condiciones de funcionamiento anómalo tales como arranques, paradas, indisponibilidad de mediciones, etc.)⁷¹, las lecturas se validarán, con carácter general, restándoles el intervalo de confianza definido en el punto 8.1.2.2.

Con estos valores validados se obtendrán los promedios temporales especificados en la AAI, en la normativa o en las instrucciones técnicas aplicables, que suelen ser semihorarios u horarios. En general, de acuerdo con el Real Decreto 815/2013, para los hornos que coincieran residuos se requieren promedios semihorarios. La media diaria se obtendrá a partir de los anteriores promedios (semihorarios u horarios).

Si alguno de los valores medios semihorarios u horarios validados supera el 200% del VLE no se tendrá en cuenta en el cálculo de otros promedios por considerarse de funcionamiento anómalo de la instalación. Este tiempo se contabilizará con el objeto de evaluar su duración, como tiempo de funcionamiento anómalo.

Para que un promedio semihorario u horario se considere válido, deberá haber valores puntuales validados correspondientes a un 50% del período semihorario u horario como mínimo. Si no se alcanza el 50%, el período semihorario u horario no contabilizará para la obtención de otros promedios.

En el caso de que se deban evaluar valores medios diarios, se debería definir el número de datos de funcionamiento efectivo de la instalación en condiciones normales necesarios para realizar el cálculo de una media diaria. Como ejemplos, algunas instrucciones o circulares requieren que, en el caso de

⁷¹ Ver apartados 8.1.3.4 y 8.1.4.

las instalaciones cementeras cuando coincinen residuos, la planta debe estar en funcionamiento efectivo un mínimo de doce horas, para calcular la media diaria.

Evaluación del cumplimiento de los VLE

La evaluación del cumplimiento de los límites de emisión se realiza a partir de las medias/los promedios mensuales, diarios u horarios, en condiciones normales de operación, de acuerdo con la AAI de la instalación, la legislación sectorial vigente y las instrucciones técnicas autonómicas correspondientes. Para ello, no se considerarán los períodos calificados como funcionamiento anómalo, ni los períodos de arranque y parada del horno⁷².

A modo de ejemplo, se incluyen las siguientes especificaciones relativas a la consideración de cumplimiento de VLE:

- *Se considerará que se cumplen los límites de emisión en un determinado foco puntual si durante el período anual se cumple la condición siguiente: El 97% de las medias diarias no superará el 110% del VLE. No se considerarán los períodos calificados como funcionamiento anómalo, ni los períodos de arranque y parada del horno. El estado de marcha del horno estará definido por variables de proceso establecidas para cada fábrica.*
- *En el caso de hornos con coincineración de residuos, el cumplimiento de los límites de emisión se evalúa a partir de las medias diarias comparándolas con el límite diario establecido. De acuerdo con el RD 815/2013, no se tendrán en cuenta los periodos de arranque o parada de la instalación, si no se alimentan residuos.*

8.1.2.5. Disponibilidad de los equipos de medición

La normativa establece que puede haber ciertos periodos en los que se permite no disponer de datos de SAM para cada contaminante a causa de interrupciones, desajustes, o fallos técnicamente inevitables de los equipos de medición (condiciones anómalas de funcionamiento de los equipos de medida). Tanto el Real Decreto 815/2013 como algunas instrucciones técnicas autonómicas y AAI determinan unos periodos en que se permite no disponer de datos de SAM para cada contaminante.

Se propone como recomendación para el caso general que la disponibilidad de los equipos de medida, entendida como proporción de períodos de tiempo en que se obtienen registros válidos, deberá ser al menos del 90% del tiempo de funcionamiento anual, salvo autorización expresa de la autoridad competente. Se consideran como tiempo de registros no válidos los de mantenimiento, avería o funcionamiento incorrecto de los equipos de medición.

En el caso específico de hornos que coincinen residuos, el Real Decreto 815/2013 establece que:

...”no podrán descartarse por fallos de funcionamiento o por mantenimiento del sistema de medición continua más de cinco valores medios semihorarios en un día. Tampoco podrán descartarse por fallos de funcionamiento o por mantenimiento del sistema de medición continua más de diez valores medios diarios al año. “

Los requisitos de la norma UNE-EN 14181 hacen que los tiempos necesarios para calibrado y mantenimiento preventivo sean considerables. Por lo tanto, la presente guía propone que **en caso de**

⁷² Directiva 2010/75/UE sobre las emisiones industriales.

que durante algunos de estos periodos se puedan obtener lecturas con una calidad aceptable, al menos durante el 30-50% del periodo semihorario, no será necesario sumarlos a los tiempos denominados genéricamente de “indisponibilidad”. Tampoco será necesario si se dispone de medidas correspondientes a los métodos de referencia patrón por estar el equipo siendo objeto de un calibrado.

8.1.3. Condiciones de operación diferentes a las normales

8.1.3.1. Condiciones normales de operación

Se definen como los periodos de funcionamiento de la instalación que no tengan la consideración de “arranques”, “paradas” o “periodos de funcionamiento anómalo”.

La Directiva de emisiones industriales indica que los valores límite de emisión **se definen para “condiciones normales de operación” y que esas condiciones excluyen periodos de arranque o parada, las fugas, los fallos de funcionamiento, las paradas momentáneas y el cierre definitivo de la explotación.** También establece que las autorizaciones de las instalaciones incluidas en su ámbito de aplicación deberán contener medidas relativas a estas condiciones anómalas de funcionamiento.

8.1.3.2. Periodos de arranque y parada

A los efectos de monitorización de emisiones se analiza seguidamente cómo se pueden definir los periodos de arranque y parada del horno de cemento.

Definición del periodo de arranque

Se trata del periodo de funcionamiento que abarca desde la puesta en marcha de los equipos propios del proceso (como ventiladores, equipos de alimentación de combustible al horno para su calentamiento, motores de accionamiento de la rotación del mismo, a la alimentación de crudo al horno, entre otros), hasta alcanzar la estabilidad del proceso. Esta estabilidad resulta necesaria para que los equipos y procesos que depuran los gases trabajen en las condiciones previstas de operación que les permitan alcanzar los niveles de rendimiento deseados. Puede definirse en base a ciertos criterios o parámetros de proceso (temperatura, humedad, presencia de agentes reactivos, etc.), propios de cada instalación.

En función de la configuración del sistema del horno y de los equipos disponibles, el operador dispone de las siguientes opciones para definir la duración del periodo de arranque:

Definición del periodo de arranque a)

A los efectos de monitorización de emisiones se considera que el periodo de arranque abarca: desde el inicio de las operaciones hasta alcanzar una alimentación de crudo al horno de n toneladas/h, o de >x% de la capacidad habitual definida por la fábrica. A modo de ejemplo, este porcentaje se podría situar entre el 70 y el 85% de la capacidad habitual de operación. Adicionalmente se puede considerar un tiempo de hasta cuatro horas tras alcanzar dicha cantidad alimentada.

Definición del periodo de arranque b)

En ocasiones resulta más práctico consignar la duración del periodo de arranque a través de indicadores directamente relacionados con la producción, como pueden ser el caudal en chimenea o la velocidad de giro del horno. En algunos casos resulta oportuno combinar varios indicadores de alimentación de crudo al horno con otros indicadores de operación, como el funcionamiento de ventiladores de proceso, la velocidad de giro del horno, alimentación de combustible o el nivel de oxígeno en chimenea.

Definición del periodo de parada

A partir del corte de la alimentación de crudo al horno, hasta que el horno se considera parado. Se puede combinar con otros criterios como un nivel de oxígeno mayor del habitual en la chimenea de la instalación.

La instalación (horno) ya parada suele estar caracterizada por los indicadores de que el gas en chimenea no corresponde a los gases del horno, combinado con los indicadores de otros equipos parados: ventiladores, motores de accionamiento de horno, básculas de combustible, etc., en función de la instalación.

8.1.3.3. Definición de condiciones de operación diferentes de las normales

La legislación sectorial sobre prevención y control integrados de la contaminación tiene en cuenta que puede haber periodos de tiempo en los que haya condiciones de explotación en situaciones distintas de las normales, como fugas, fallos de funcionamiento o paradas temporales.

En este sentido, tanto el Real Decreto 815/2013 como algunas instrucciones técnicas autonómicas y AAI, establecen la posibilidad de que existan unos periodos en los que se permite la superación de los valores límite de emisión. El Real Decreto 815/2013 menciona como causa las interrupciones, desajustes, o fallos técnicamente inevitables de los dispositivos de depuración o de medida.

A este conjunto de situaciones de condiciones de operación diferentes de las normales habría que añadir, previo acuerdo con la autoridad competente, las siguientes:

- “Periodos de pruebas sobre técnicas de reducción de emisiones”. Periodos durante los cuales se realizan pruebas con las Mejores Técnicas Disponibles o con Técnicas Emergentes para su optimización y comprobación de rendimiento y emisiones asociadas. Un ejemplo de ello serían las pruebas de la técnica SNCR (reducción catalítica no selectiva) y las emisiones de NO_x y NH_3 asociadas.
- Periodos durante los cuales el operador se vea requerido por la autoridad competente a intervenir sobre los equipos o la marcha de la instalación para obtener emisiones con valores superiores a los de la operación normal de la instalación para obtener una función de calibración de los equipos de medición suficientemente amplia, aunque, tal y como se describe en apartados posteriores de esta guía, no resulta deseable esa situación.

Funcionamiento anómalo

Un ejemplo de condiciones de funcionamiento anómalo de la instalación está recogido en la Instrucción Técnica IT AT 018 de Cataluña. En ella se establece que para todas las instalaciones con SAM se definirán unas condiciones anómalas de funcionamiento en las cuales se permite no superar

puntualmente el VLE, pero restringidas en el tiempo, tanto por lo que se refiere al total anual como a las horas seguidas en estas condiciones de funcionamiento.

Teniendo en cuenta las descripciones establecidas en varias AAI e instrucciones técnicas⁷³, se propone, para las fábricas de cemento, la siguiente caracterización de las condiciones de funcionamiento anómalo:

Para una instalación se considerará tiempo de funcionamiento anómalo aquel durante el que las medias semihorarias superen el 200% el VLE.

El tiempo de funcionamiento de la instalación en estas condiciones deberá ser contabilizado y cumplir con las condiciones establecidas en las AAI, la normativa vigente y las instrucciones técnicas autonómicas correspondientes.

Duración máxima de los periodos de funcionamiento anómalo

- Condiciones para hornos que coincineran residuos

De acuerdo con el Real Decreto 815/2013, para el caso de las emisiones de hornos con coincineración de residuos, los periodos de funcionamiento anómalo serán de menos de 60 horas al año, y no podrán producirse durante más de 4 horas consecutivas.

Conviene mencionar que los hornos de cemento de vía seca de fabricación incluyen una torre de intercambio de calor entre los gases de combustión y la materia prima pulverizada, que entran en contacto en contracorriente, lo que representa en la práctica una etapa de tratamiento, en la que se produce una neutralización de gases ácidos (HCl, SO₂) y una retención de partículas.

Según el Real Decreto 815/2013, el número de horas se aplica a “los hornos conectados a un único dispositivo de depuración de los gases residuales”. Los hornos de cemento no cuentan con un único dispositivo de depuración.

Se suelen aplicar los siguientes procesos de depuración en los hornos de cemento españoles:

- Dispositivo de la reducción de óxidos de nitrógeno.
- Filtros para la reducción de partículas (por medio de precipitadores electrostáticos, filtros de mangas o filtros híbridos).

Por ello, para cada instalación, y puesto que los hornos de cemento no cuentan con un único dispositivo de depuración, se aconseja el establecimiento de limitaciones que sean acordes a su configuración.

- Condiciones para hornos que no coincineran residuos

Se propone en esta guía la siguiente limitación, tomando como referencia varias de las autorizaciones, la guía de MTD en el sector cementero español, y otras normativas sectoriales:

Para las emisiones de hornos que no coincineran residuos, o que tengan periodos sin coincineración de residuos, el tiempo de funcionamiento anómalo de la instalación no podrá sumar más de 200 horas al año.

En cuanto al número de horas consecutivas, se recomienda que no superen 24 horas consecutivas en estas condiciones.

⁷³ IT –AT 018 Generalitat de Catalunya; Dirección General de Qualitat Ambiental

- Cuestión general relativa al funcionamiento anómalo en cuanto al cumplimiento de los límites

Conviene recordar que la situación de superación de un límite establecido como media diaria no es posible evaluarla hasta que no se dispone de la correspondiente media diaria. Por ello algunas IT (o Autorizaciones o comunicaciones de la autoridad competente) detallan cómo se realiza esta evaluación, y cómo se realiza el cómputo de las medias diarias y de los periodos de funcionamiento anómalo, recogándose en este documento un posible procedimiento simple, como el que se ha descrito, para este cómputo de las horas de funcionamiento anómalo, y empleado en muchas de las instalaciones del sector.

8.1.4. Determinación de la carga contaminante a partir de datos obtenidos mediante Sistemas Automáticos de Medida

Las emisiones totales registradas en un determinado periodo de tiempo incluyen las emisiones canalizadas a través de las distintas chimeneas y conductos, las emisiones difusas y fugitivas y las emisiones generadas como consecuencia de situaciones excepcionales (condiciones de funcionamiento anómalo, accidentales y otras). En este apartado nos centramos en la metodología de evaluación de la carga contaminante emitida a través de focos canalizados.

Los datos proporcionados por los SAM permiten realizar las evaluaciones más representativas, sobre las cargas contaminantes emitidas a través de los distintos focos, y contabilizar:

- La carga contaminante emitida en condiciones de operación normal de la instalación.
- La carga contaminante emitida en condiciones de funcionamiento anómalo, siempre y cuando las concentraciones de contaminantes emitidas se encuentren dentro del rango de medición.

Para la determinación de la carga contaminante, en el caso de que no existan criterios definidos por la autoridad competente, pueden utilizarse la concentración y el caudal tanto en condiciones reales como corregidos a condiciones de referencia y porcentaje de oxígeno, siempre que la concentración y el caudal se encuentren en las mismas condiciones⁷⁴.

A continuación, se presentan tres opciones para el cálculo de la carga contaminantes anual emitida. Se recomienda el uso de la primera de ellas, más sencilla, cuando la empresa no dispone de los datos requeridos en las siguientes opciones planeadas.

Opción nº 1

El cálculo de la carga contaminante anual emitida, a partir de los datos de concentración del contaminante registrado en el SAM, se realiza con base a la concentración media semihoraria, horaria o diaria (dependiendo de los datos disponibles en la empresa) y el caudal medio calculado a partir de mediciones en discontinuo, aplicando la ecuación nº 1 siguiente.

El cálculo de las concentraciones medias semihorarias, horarias o diarias, así como del caudal medio, se realiza aplicando, respectivamente, las ecuaciones nº 2 a nº 6 siguientes.

⁷⁴ "Pollution inventory reporting – combustion activities guidance note". Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2010, Regulation 60(1). Environmental Agency (United Kingdom). Versión 4, enero 2013.

Ecuación nº 1: Cálculo de la carga contaminante anual emitida a partir de datos de concentración obtenidos de SAM

$$\text{Carga contaminante anual emitida (en kg/año)} = n \times C_a \times Q_a \times 10^{-6}$$

En donde:

C_a = concentración media anual calculada a partir de concentraciones medias semihorarias (C_{sh})/horarias (C_h)/diarias (C_d), en mg/Nm³ en condiciones de referencia

Q_a = caudal medio anual, en Nm³/h en condiciones de referencia

n = número de horas de funcionamiento anuales

Ecuación nº 2: Cálculo de la concentración media anual

$$C_a \text{ (en mg/Nm}^3\text{)} = \frac{\sum_{i=1}^{\min} C_{sh/h/d}}{n_{sh/h/d}}$$

En donde:

C_a = concentración media anual calculada a partir de concentraciones medias semihorarias (C_{sh})/horarias (C_h)/diarias (C_d), en mg/Nm³ en condiciones de referencia

$C_{sh/h/d}$ = concentración media semihoraria (C_{sh})/horaria (C_h)/diaria (C_d), en mg/Nm³ en condiciones de referencia

$n_{sh/h/d}$ = número de concentraciones medias semihorarias /horarias/ diarias válidas disponibles en el año correspondiente

Ecuación n° 3: Cálculo de la concentración media semihoraria

$$C_{sh} \text{ (en mg/Nm}^3\text{)} = \frac{\sum_{1}^{min} C_{min}}{n_{min}}$$

En donde:

C_{sh} = concentración media semihoraria, en mg/Nm³ en condiciones de referencia

C_{min} = concentración minatural registrada, en mg/Nm³ en condiciones de referencia

n_{min} = número de lecturas minutales válidas de concentración registradas en periodos semihorarios

Ecuación n° 4: Cálculo de la concentración media horaria

$$C_h \text{ (en mg/Nm}^3\text{)} = \frac{\sum_{1}^{min} C_{min}}{n_{min}}$$

En donde:

C_h = concentración media horaria, en mg/Nm³ en condiciones de referencia

C_{min} = concentración minatural registrada, en mg/Nm³ en condiciones de referencia

n_{min} = número de lecturas minutales válidas de concentración registradas en periodos horarios

Ecuación n° 5: Cálculo de la concentración media diaria

$$C_d \text{ (en mg/Nm}^3\text{)} = \frac{\sum_{1}^{24/48} C_{sh/h}}{n_d}$$

En donde:

C_d = concentración media diaria, en mg/Nm³ en condiciones de referencia

$C_{sh/h}$ = concentración media semihoraria/horaria, en mg/Nm³ en condiciones de referencia

n_d = número de valores semihorarios/horarios válidos de concentración registrados en periodos diarios

Ecuación nº 6: Cálculo del caudal medio a partir de mediciones en discontinuo

$$Q_a \text{ (en Nm}^3\text{/h)} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}$$

En donde:

Q_a = caudal medio anual calculado a partir de mediciones en discontinuo, en Nm³/h, en el año correspondiente

Q_i = caudal, en Nm³/h, registrado en la medición en discontinuo i , en el año correspondiente

n = número de mediciones en discontinuo

Opción nº 2

El cálculo de la carga contaminante anual emitida, a partir de los datos registrados en el SAM, se realiza con base en las concentraciones y caudales medios horarios aplicando la ecuación nº 7 siguiente.

El cálculo de las concentraciones y caudales medios horarios, a partir de los registros minutales disponibles, se realiza aplicando, respectivamente, las ecuaciones nº 8 y nº 9 siguientes.

Ecuación nº 7: Cálculo de la carga contaminante anual emitida a partir de datos obtenidos de SAM

$$\text{Carga contaminante anual emitida (en kg/año)} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times Q_i}{m \times 10^6}$$

En donde:

C_i = concentración media horaria, en mg/Nm³ en condiciones de referencia

Q_i = caudal medio horario, en Nm³/h en condiciones de referencia

n = número de horas de funcionamiento anuales

m = número de horas de funcionamiento durante los cuales los medidores en continuo han registrado datos horarios válidos simultáneamente para C_i y Q_i

Ecuación nº 8: Cálculo de la concentración media horaria

$$C_i \text{ (en mg/Nm}^3\text{)} = \frac{\sum_{1}^{\min} C_{\min} \times Q_{\min}}{\sum_{1}^{\min} Q_{\min}}$$

En donde:

- C_i = concentración media horaria, en mg/Nm³ en condiciones de referencia
- C_{\min} = concentración minutal registrada, en mg/Nm³ en condiciones de referencia
- Q_{\min} = caudal minutal registrado, en Nm³/h en condiciones de referencia
- min = número de lecturas minutales válidas de concentración y caudal registradas en una hora

Ecuación nº 9: Cálculo del caudal medio horario

$$Q_i \text{ (en Nm}^3\text{/h)} = \frac{\sum_{1}^{\min} Q_{\min}}{\min}$$

En donde:

- Q_i = caudal horario, en Nm³/h en condiciones de referencia
- Q_{\min} = caudal minutal registrado, en Nm³/h en condiciones de referencia
- min = número de lecturas minutales válidas de concentración y caudal registradas en una hora

Opción nº 3

El cálculo de la carga contaminante anual emitida, a partir de la carga contaminante media se realiza aplicando la ecuación nº 10 siguiente.

El cálculo de la carga contaminante media, en kg/h, se realiza mediante la ecuación nº 11.

Ecuación nº 10: Cálculo de la carga contaminante anual emitida a partir de la carga contaminante media

$$\text{Carga contaminante anual emitida (en kg/año)} = CC_{\text{media}} \times n$$

En donde:

- CC_{media} = carga contaminante media, en kg/h
- n = número de horas de funcionamiento anuales

Ecuación nº 11: *Cálculo de la carga contaminante media emitida a partir de datos de concentración y caudal medidos en un SAM*

$$CC_{media} \text{ (en kg/h)} = \frac{\sum_{min} Q_{min} \times C_{min}}{1} \times 10^{-6}$$

En donde:

CC_{media} = carga contaminante media, en kg/h

C_{min} = concentración minatural registrada, en mg/Nm³ en condiciones de referencia

Q_{min} = caudal minatural registrado, en Nm³/h en condiciones de referencia

min = número de lecturas minaturas válidas de concentración y caudal registradas en una hora

Para la determinación de las cargas contaminantes a partir de medidas en continuo, pueden ser necesarios cálculos adicionales. En el Anexo IV a este capítulo de la Guía se proporciona información que puede resultar de utilidad para ello, con base en los resultados de las mediciones realizadas.

8.2. MEDICIÓN EN DISCONTINUO O PUNTUAL

Este tipo de medidas consisten en la determinación puntual de determinados parámetros en un periodo de tiempo limitado. Los métodos de medición en discontinuo se basan en la toma de una muestra, representativa de la corriente emisora, mediante el uso de equipos o técnicas extractivas y la utilización de sistemas de filtración, absorción o adsorción sobre un medio específico, destinados a fijar el contaminante objeto de la medida, para su posterior análisis en laboratorio.

El número de medidas requeridas para obtener resultados representativos y comparables dependerá de cada caso. Generalmente se establecen en base a la variabilidad de la emisión y el tiempo de operación a controlar.

Estas mediciones suelen ser realizadas por laboratorios de ensayo, que pueden estar acreditados por ENAC conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*, para cada contaminante y medio al que se realiza la emisión.

La mencionada norma establece que los laboratorios deben hacer seguimiento de su desempeño mediante comparación con los resultados de otros laboratorios, cuando estén disponibles y sean apropiados, con el fin de garantizar la calidad de las medidas. Si bien, esta norma no fija la frecuencia para la participación en estos ejercicios de intercomparación, la Junta de Andalucía, a modo de ejemplo, ha establecido una periodicidad de dos años⁷⁵.

8.2.1. Determinación de la carga contaminante a partir de sistemas de muestreo y análisis puntuales o en discontinuo

⁷⁵ "Se fija una periodicidad de 2 años para la participación en ejercicios de intercomparación, para todos los parámetros incluidos en los informes, tanto para los medidos in situ como aquellos que están soportados por un ensayo en laboratorio fijo y para los que se emite una declaración de conformidad respecto a un VLE". IT-ATM-06 Aseguramiento de la calidad de las medidas de emisiones.

Al igual que en el caso de la medición en continuo, este apartado se refiere a la determinación de las emisiones canalizadas a través de las distintas chimeneas y conductos.

Una vez que se dispone de los datos de caudal en condiciones normales y de concentración en condiciones normales y referidos a gas seco, la determinación de la carga contaminante anual se realiza con la ecuación nº 12:

Ecuación nº 12: Cálculo de la carga contaminante anual emitida a partir de datos obtenidos mediante muestreos y análisis discontinuos

$$\text{Carga contaminante anual emitida (en kg/año)} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times Q_i}{m \times 10^6}$$

En donde:

- C_i = concentración determinada en el muestreo "i" realizado, en mg/Nm³ en condiciones de referencia
- Q_i = caudal horario determinado en el muestreo "i" realizado, en Nm³/h en condiciones de referencia
- n = número de horas de funcionamiento anuales
- m = número de muestreos "i" realizados durante el año

Es necesario tener en cuenta que esta fórmula es de aplicación para cada foco de emisión. Si la fábrica dispone de varios focos, deberá aplicar la fórmula a cada foco y hacer el sumatorio de todos ellos.

En el caso de que no existan criterios definidos por la autoridad competente, pueden utilizarse la concentración y el caudal tanto en condiciones reales como corregidos a condiciones de referencia y porcentaje de oxígeno, siempre que la concentración y el caudal se encuentren en las mismas condiciones⁷⁶.

De nuevo, la información proporcionada en el Anexo IV de la Guía puede ser de utilidad para la realización de cálculos adicionales necesarios para determinar las cargas contaminantes a partir de medidas en discontinuo, con base en los resultados de las mediciones realizadas.

⁷⁶ "Pollution inventory reporting – combustion activities guidance note". Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2010, Regulation 60(1). Environmental Agency (United Kingdom). Versión 4, enero 2013.

8.2.2. Aplicación de la norma UNE-EN 14181 sobre garantía de la calidad de los SAM

La norma UNE-EN 14181 “Emisión de fuentes estacionarias. Garantía de calidad de los sistemas automáticos de medida” describe los procedimientos de garantía de calidad necesarios para asegurar que un SAM, instalado para medir emisiones al aire, es capaz de cumplir con los requisitos de incertidumbre de los valores medidos establecidos por las autoridades competentes para ciertas instalaciones o focos a los que les sea de aplicación.

En su objeto y campo de aplicación se incluye especificar los procedimientos para el establecimiento de los niveles de garantía de calidad (NGC) para los SAM instalados en determinados focos de especial relevancia de algunas plantas industriales, para la determinación de los componentes y otros parámetros periféricos del gas efluente.

En la legislación sectorial (Directiva 2010/75/UE y Real Decreto 815/2013) se requiere que el aseguramiento de la calidad de los SAM se lleve a cabo con arreglo a esta norma en el caso de las actividades de incineración y co-incineración de residuos. Esto habrá que tenerlo en cuenta en el caso de aquellos hornos de cemento que coincinen residuos.

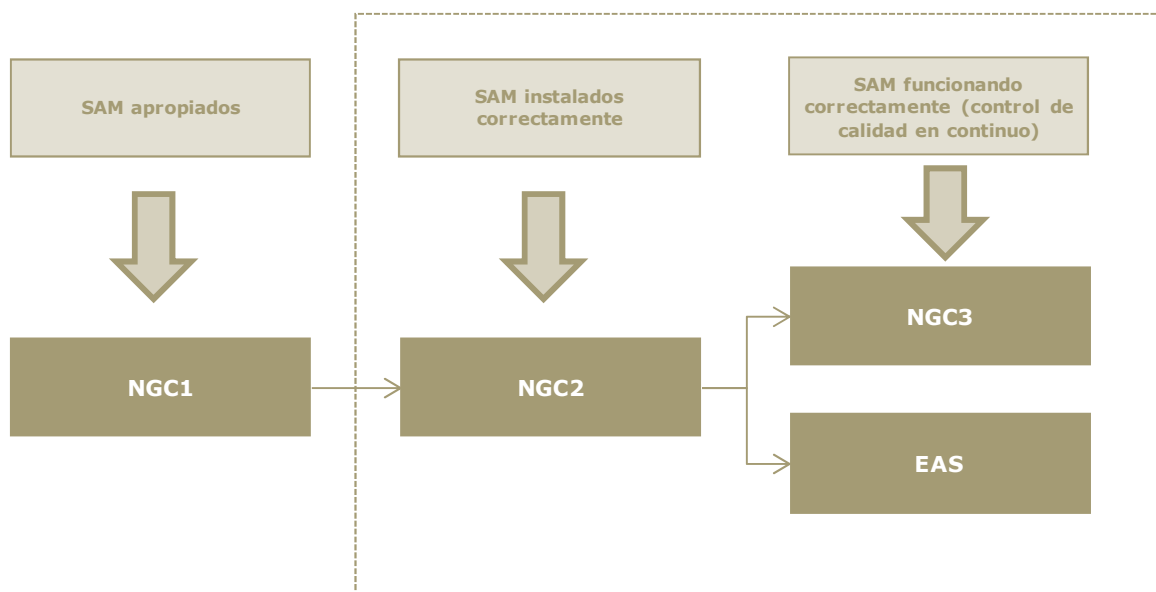


Figura 11. Niveles de garantía de calidad aplicables a los SAM

En concreto, la norma establece los siguientes NGC:

- NGC2, mediante el que se demuestra que los equipos están instalados correctamente. Su obtención incluye la realización, por laboratorios de ensayo acreditados, de un ensayo de funcionalidad y una comparación con métodos de referencia patrón para obtener una función de calibración.
- NGC3, mediante el que se demuestra que la calidad requerida de los resultados de medición se mantiene en períodos de operación normal del analizador en la planta. Estos ensayos

deben realizarse por los operadores de la planta dejando constancia de los registros obtenidos.

De acuerdo con la norma, el procedimiento NGC2 debe realizarse, para todos los mensurandos:

- Al menos cada 5 años para cada SAM o, si lo requiere la legislación vigente o la autoridad competente, más frecuentemente.
- Tras cualquier cambio importante en la operación de la planta (por ejemplo, cambio en el sistema de depuración del gas efluente o cambio de combustible) que pueda influir en los mensurandos.
- Tras cualquier cambio o reparación importante del SAM que vaya a influir significativamente en los resultados obtenidos.

Además, anualmente, debe efectuarse un ensayo anual de seguimiento (EAS) del SAM, realizado por un laboratorio de ensayo acreditado, para evaluar el correcto funcionamiento y la validez de la función de calibración y el ensayo de variabilidad obtenido durante el nivel NGC2.

De acuerdo con el Real Decreto 815/2013, los sistemas de medición automática estarán sujetos a control por medio de mediciones paralelas con los métodos de referencia al menos una vez al año (para instalaciones de co-incineración).

La norma está diseñada para usarse después de que el SAM ha sido aceptado de acuerdo con los procedimientos especificados en las normas UNE-EN 15267-1, UNE-EN 15267-2, UNE-EN 15267-3 o UNE-EN 14956, que establecen el primer nivel de garantía de calidad:

- NGC1, mediante el que se demuestra, antes de la instalación de los SAM, que los equipos son adecuados para los objetivos de la medida, y que incluye la necesidad de disponer de un certificado emitido por un laboratorio de ensayo acreditado donde se evalúa la aptitud del equipo, a partir de ensayos de laboratorio y de campo, con referencia a las normas UNE-EN 15267-1, UNE-EN 15267-2, UNE-EN 15267-3 o UNE-EN 14956.

8.2.2.1. Elementos a considerar en la aplicación práctica de la norma UNE-EN 14181 y orientaciones contenidas en diversas guías

La norma UNE-EN 14181 supone un elevado nivel de exhaustividad en el control de aseguramiento de la calidad de los equipos automáticos de medida que dificulta su aplicación práctica. Por ello, se han elaborado guías para su aplicación, con ejemplos prácticos y, en ciertos casos, condiciones especiales en las que se permite aplicarla con cierta flexibilidad. Algunos ejemplos de estas guías son:

- “Technical Guidance Note M20 (Monitoring). Quality assurance of continuous emission monitoring systems-application of BSEN14181 and BS EN 13284-2. Version 4”. Environment Agency⁷⁷, Julio 2018
- “Air Guidance Note on the Implementation of I.S. EN 14181 (AG3)”. Agencia de Protección Ambiental de Irlanda. Versión 2, 2017.

⁷⁷ La Environmental Agency es un organismo público de Reino Unido.

- “Émissions de sources fixes. Assurance qualité des systèmes de mesure automatique. Guide d’application des normes NF EN 14181:2004, NF EN 13284-2:2004 et NF EN 14884:2006 (FD X43-132)”. AFNOR, Julio 2017.

En cualquier caso, el primer elemento que debe tener en cuenta el operador al aplicar en la práctica la norma son los requisitos sobre aseguramiento de la calidad de los SAM fijados expresamente en su autorización por la autoridad competente o los recogidos en las instrucciones técnicas aplicables a su instalación. Requisitos que, en función de la experiencia que se va adquiriendo de la aplicación práctica de la norma, pueden ser diferentes en todos o en algunos de los procedimientos para el establecimiento de los niveles de garantía de calidad en ella definidos.

En este sentido es reseñable que el Ministerio de Ecología, Desarrollo Sostenible y Energía de la República Francesa recoge en la “Circular de 12 de septiembre de 2006”⁷⁸ que un estudio realizado por la Agencia Ambiental ADEME y FNADE⁷⁹ reveló la existencia de una serie de dificultades en la aplicación de la Norma, en especial en el caso del EAS y el NGC2. La circular señala que **“los operadores podrán referirse a esa guía”**.

Esta circular también flexibiliza de forma directa la aplicación de la norma estableciendo que:

“Los periodos de tiempo de indisponibilidad del equipo originados por los ensayos funcionales NGC2 se excluyen del cálculo de la media diaria.”

“Las medidas en paralelo con un MRP realizadas para los procedimientos NGC 2 y EAS no deben dar lugar a la superación de los valores límite de emisión; y que estas medidas se deben tener en cuenta en el cálculo de los valores medios de concentración y, en caso de sobrepasar los valores límite, para contabilizar los periodos de tiempo de superación de los VLE.”

La guía de aplicación de la norma fue publicada por AFNOR para tratar de solucionar algunos problemas que se planteaban en la práctica cuando las instalaciones trataban de operar de acuerdo a ella. Se trata de una guía de aplicación voluntaria, que ha sido elaborada por consenso entre profesionales de la materia, y por iniciativa de AFNOR.

Algunas de estas recomendaciones han sido recogidas por la nueva versión de la norma EN 14181 (método C), que permite obtener puntos de la recta de calibración cuando las emisiones son mucho menores que el VLE a partir de una combinación de datos obtenidos por el método de referencia y de las lecturas para gas patrón en 0 y en VLE. Se denominan “clusters” o “agrupamientos de bajas emisiones”.

Entre la detallada descripción de prácticas de calibración de SAM analizadas por la guía de AFNOR y otras guías publicadas por las Agencias Ambientales de Irlanda y Reino Unido, destacan las siguientes, las cuales se proponen en la presente guía como **recomendaciones para la realización de la calibración de los equipos automáticos de medición de los focos que, de acuerdo con la AAI de la instalación o la normativa o instrucciones técnicas aplicables deban aplicar la norma UNE-EN 14181.**

⁷⁸ “Circulaire du 12/09/06 relative aux Installations classées – Appareils de mesure en continu utilisés pour la surveillance des émissions atmosphériques”.

⁷⁹ FNADE (Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l’Environnement), es una organización profesional que representativa del sector de la descontaminación y del medio ambiente, miembro de la FEAD (Fédération Européenne des Activités de la Dépollution et de l’Environnement)

Frecuencia de realización del NGC2

- La norma establece que debe realizarse un nuevo NGC2 tras un cambio importante en la operación de la planta, por ejemplo, un cambio en el sistema de depuración del gas efluente o en el combustible. La guía francesa incluye la siguiente matización al respecto: un cambio se considera importante cuando la realización de un EAS invalida la función de calibración. En caso contrario, la función de calibración seguirá siendo válida y no es necesario realizar un nuevo NGC2⁸⁰.
- Tras el primer NGC2, para cada contaminante se permite, con carácter general, sustituir el siguiente NGC" por un EAS si entre los dos ejercicios de NGC2⁸¹:
 - En el caso de gases, el 95% de las medias diarias son menores del 50% del VLE.
 - En el caso de partículas, el 95% de las medias diarias son menores del 30% del VLE.

Si el EAS invalida la función de calibración habrá que volver a realizar NGC2.

Ampliación del número de fases del NGC2

- La norma define el procedimiento NGC2 que consta de tres fases:
 - Ensayo funcional, en el que se incluyen una serie de ensayos operacionales y controles para asegurar que el SAM está adecuadamente instalado y que cumple los requisitos de funcionamiento establecidos.
 - Medidas en paralelo con un MRP para establecer la función de calibración.
 - La validación del SAM a través del ensayo estadístico de la variabilidad.

La guía de AFNOR recomienda, además, una cuarta fase que permite ampliar el rango válido de calibración.⁸²

Calibración: Medidas en paralelo con un MRP

- De acuerdo con la guía de AFNOR, el procedimiento NGC2 es tanto más adecuado cuando, para disponer de datos en un rango lo más amplio posible, el operador y el laboratorio de ensayo toman datos que cubren todas las condiciones de funcionamiento normal de la instalación durante los tres días en los que se lleva a cabo la calibración. Pero en ningún caso será procedente desequilibrar el proceso si ello da lugar a emisiones superiores a las que son habituales en la instalación. Si el rango obtenido es demasiado reducido, el operador puede utilizar materiales de referencia o sustitutos validados durante la evaluación del SAM con el fin de ampliar el rango válido de calibración, lo cual permite la obtención de datos fiables en el caso de una interrupción o mal funcionamiento de la instalación objeto de autocontrol.⁸³

⁸⁰ Página 15, apartado 5.1 de la guía de AFNOR.

⁸¹ Página 31, apartado 5.8 de la guía de AFNOR. Se trata de una "derogación" que no requiere autorización adicional por la autoridad competente.

⁸² Página 16, apartado 5.1 de la guía de AFNOR.

⁸³ Página 21, apartado 5.4.1.1. de la guía de AFNOR.

Calibración: Programa de ensayos para SAM aplicables a constituyentes diferentes a las partículas

- Para el caso de compuestos gaseosos⁸⁴:
 - Si los niveles de emisión son inferiores al 30% del VLE, la guía permite calibrar con sólo 5 medidas válidas en paralelo (no necesariamente en tres días) y establecer la recta de calibración tomando estos resultados y el ajuste del instrumento con material de referencia para cero y para el rango. Para extender el rango válido de calibración, tras el ensayo de variabilidad, no son necesarios ensayos de linealidad e interferencia.
 - Si los niveles de emisión durante mediciones reglamentarias desde el último NGC2/EAS son superiores al 30% del VLE, la guía recomienda tomar 15 pares de mediciones válidas, y distinguir entre los siguientes casos:
 - Si la dispersión (diferencia entre el valor superior y el inferior) de las concentraciones medidas, es inferior al 15% del VLE, entonces se podrá determinar la función de calibración pasando por 0.
 - Si la dispersión de las concentraciones medidas, es superior al 15% del VLE, se aconseja al operador obtener una función de calibración A1 y una nueva función de calibración A2 añadiendo a las 15 parejas de valores anteriores tres puntos obtenidos con material de referencia cero, y elegir la función de calibración que presente el valor mayor de R^2 .

El cuadrado del coeficiente de correlación (R^2) de las rectas de regresión es un indicador de la bondad de la recta. Se consideran satisfactorios valores de R^2 próximos a 0,9 para los SAM de gases.

Calibración: Programa de ensayos para SAM aplicables a partículas

- En el caso de partículas⁸⁵:
 - Si los niveles de emisión son inferiores al 30% del VLE (medidos por los MRP), la guía permite calibrar con sólo 5 medidas válidas en paralelo y establecer la recta de calibración tomando estos resultados y el ajuste del instrumento con material de referencia (si existiera) para cero y para el rango (tres veces para cada nivel). Si no existen materiales de referencia y para medidas <10%VLE, entonces se elegirá la función de calibración $y=x$ hasta el VLE.
 - Enfoque similar propone la Agencia de Irlanda⁸⁶: Calcular una función de calibración usando el “Método C” no es posible para partículas. Si las emisiones esperadas son probablemente bajas, en un agrupamiento de baja concentración, se podrán llevar a cabo un conjunto reducido de mediciones paralelas (salvo si se trata del primer NGC2), con el acuerdo de la autoridad competente. Se podrán llevar a cabo 5 mediciones paralelas a lo largo de 3 días con un periodo total de muestreo de al menos 7 horas y 30 minutos. En ese caso, se recomienda emplear el SAM como

⁸⁴ Página 26, apartado 5.4.2.2 y 5.2.1 de la guía de AFNOR.

⁸⁵ Página 27, apartado 5.4.2.3 de la guía de AFNOR.

⁸⁶ Guía Agencia de Protección Ambiental de Irlanda : “Air Guidance Note on the Implementation of I.S. EN 14181 (AG3)” EPA, 2017. Pag. 13.

instrumento de control indicativo y el operador debería proceder a las acciones a tomar si se producen cambios significativos en las emisiones.

- Si los niveles de emisión son superiores al 30% del VLE, si la dispersión (diferencia entre el valor superior y el inferior) de las concentraciones medidas es superior al 15% del VLE, y el cuadrado del coeficiente de correlación (R^2) de la función de calibración es bajo, se aconseja al operador obtener una nueva función de calibración añadiendo a las 15 parejas de valores anteriores tres puntos obtenidos con material de referencia cero o sustituto, si existiera, y elegir la función de calibración que presente el valor mayor de R^2 .
- De acuerdo con la Guía de AFNOR se consideran satisfactorios valores de R^2 próximos a 0,8 para los SAM de partículas.

Calibración: ampliación del rango válido de calibración

La norma UNE-EN 14181:2015 introdujo posibilidad de extensiones del rango, por ejemplo, que, durante la calibración, el rango válido puede ser ampliado el 20% del VLE, o un 10% del máximo valor medido, el que sea mayor. Sin embargo, esta ampliación puede resultar insuficiente en algunos casos de bajas emisiones y límites, especialmente en el caso de las partículas. Por ello, varias guías de organismos europeos relevantes recomiendan las siguientes aplicaciones prácticas:

- AFNOR: Se admiten las siguientes “disposiciones derogatorias” de la norma⁸⁷:
 - **El rango válido de calibración para los SAM de partículas se puede ampliar con carácter general un 100%, o hasta 2 veces el VLE de la instalación (el valor más alto), (excepto si las mediciones obtenidas con el método de referencia patrón referencia son <10% VLE, en cuyo caso la extensión podrá llegar solo al VLE).**
 - Para SAM de compuestos gaseosos, la norma EN 14181 permite ampliar el rango de calibración⁸⁸, en opinión de AFNOR de una forma muy limitada. La Guía de AFNOR permite y recomienda ampliar el rango a los VLE semihorarios o a valores altos de emisión (especialmente para aquellos compuestos que presentan con frecuencia picos de concentración), empleando materiales de referencia. Se puede ampliar el rango válido hasta la concentración más alta en el que la respuesta calibrada del equipo permanece dentro del intervalo de confianza requerido. También se debe controlar que la desviación del cero respecto a un material de referencia sea inferior al 10% del VLE.
- Como otro ejemplo de extensión del rango válido de calibración, la guía publicada por la Agencia Ambiental de Reino Unido también permite en los casos en que durante la calibración no sea posible disponer de valores en la zona alta del rango de emisión de la instalación, se pueda ampliar el rango válido de calibración:

⁸⁷ Página 30, apartado 5.5 de la Guía de AFNOR.

⁸⁸ La norma EN 14181, en su apartado 6.5, permite una extensión del rango de calibración. Se define el rango válido de calibración como el rango de calibración desde cero a $\hat{y}_{s,max}$, determinado durante el procedimiento NGC2, más una extensión del 10% del $\hat{y}_{s,max}$ o el 20% del VLE, el que sea mayor.

- En el caso de gases, hasta el límite de emisión, siempre y cuando se respeten los intervalos de confianza reglamentarios⁸⁹.
 - Para el caso de mediciones de partículas que no sean de bajo agrupamiento de emisiones, el rango válido podría llegar a extenderse hasta el 100% si los datos muestran linealidad⁸⁹.
 - En situaciones en las que la variabilidad de las emisiones haga impracticable obtener un rango válido de calibración suficientemente alto, el rango válido de calibración podría ser extendido hasta 2*VLE para gases, y hasta 3*VLE para partículas, en situaciones especiales autorizadas por el órgano competente⁹⁰.
 - En el caso específico de emisiones de partículas de bajo agrupamiento de emisiones, “no se puede obtener una función válida de calibración” y los datos obtenidos con los métodos de referencia patrón se usan para “verificar que las emisiones están muy por debajo del VLE, y que el SAM responde a esos bajos niveles de emisión con un nivel aceptable de exactitud y precisión”. Para ello se podría calibrar el SAM con material adicional de referencia. Las lecturas son aceptables si las parejas de datos no difieren más del Intervalo de confianza del 95% del VLE.⁸⁹
- Como otro ejemplo de extensión del rango válido de calibración, que la guía publicada por la Agencia Ambiental de Irlanda describe la siguiente recomendación⁹¹:

“Cuando se calcula la función de calibración también se determina el rango válido de calibración. Éste es o bien la medición mayor del SAM calibrado con medida en paralelo en condiciones normalizadas más 10% (o más 100% para partículas), o el 20% del VLE, el que sea mayor. El rango de calibración también podrá extenderse al VLE si está disponible material de referencia adecuado. La extrapolación es válida si la diferencia entre la medida del material de referencia en el VLE y la calibración extrapolada al VLE es menos que la incertidumbre especificada en la legislación. La diferencia en cero debería ser menor que 10% del VLE”.

Cuando se empleen estas adaptaciones de los procedimientos de calibración se recomienda sean comunicados a la autoridad competente.

La administración de la Comunidad Autónoma de Cataluña ha desarrollado criterios sobre la extensión del rango que se recogen en la IT-AT 025 “Instrucción técnica para la extensión del rango válido en el calibrado de los sistemas automáticos de medida de las emisiones de hornos de cemento que coincieran”.

Cuestiones adicionales de aplicabilidad de la Norma UNE-EN 14181 en relación con la incertidumbre

De acuerdo con el Informe del Instituto público francés INERIS (Instituto Nacional de Medio Ambiente Industrial y Riesgos) de 2017⁹², existe imposibilidad técnica para la conformidad con algunas de las recomendaciones o requisitos de la norma UNE-EN 14181, derivadas de la incertidumbre asociada a

⁸⁹ Página 50, apartado 6.5 del documento “Technical Guidance Note M20 (Monitoring). Quality assurance of continuous emission monitoring systems-application of BSEN14181 and BS EN 13284-2. Version 4. July 2018”.

⁹⁰ Página 27, apartado 3.8.1 del documento “Technical Guidance Note M20 (Monitoring). Quality assurance of continuous emission monitoring systems-application of BSEN14181 and BS EN 13284-2. Version 4. July 2018”.

⁹¹ Environmental Protection Agency Office of Environmental Enforcement (OEE). Air Guidance Note on the Implementation of I.S. EN 14181 (AG3). Dec. 2017. Página 13

⁹² INERIS DRC-17-168319-02463B. Study Report: “Study of the performances of existing and under development AMSs (Automated Measuring Systems) and SRMs (Standard Reference Methods) for air emissions at the level of and below existing ELVs (Emission Limit Values) and BATAELs (Best Available Techniques Associated Emission Levels) for Waste Incineration, Co-incineration and Large Combustion Plants”. 10/11/2017.

los métodos de referencia patrón (MRP) para algunas sustancias emitidas, cuando los niveles de emisión o los límites son tan bajos como los que se dan en las instalaciones de incineración, coincidentes en muchos casos con los límites de emisión de las fábricas de cemento.

En la legislación sectorial (Directiva 2010/75/UE y RD 815/2013) se requiere que el aseguramiento de la calidad de los SAM se lleve a cabo con a esta norma en el caso de las actividades de incineración y co-incineración de residuos. Sin embargo el desarrollo de la técnica en la actualidad, evaluado de manera exhaustiva en el mencionado informe, hace necesario presentar las siguientes salvedades, que pueden afectar a la aplicabilidad de la norma 14181 a los SAM de emisiones de los hornos de cemento:

- Para partículas: En general, para concentraciones por debajo de 5 mg/m^3 , no se puede considerar viable establecer las funciones de calibración ni se considera viable técnicamente el NGC2.

En ausencia de métodos de referencia validados durante la certificación del SAM, por debajo de 10 mg/m^3 , de acuerdo con el informe de INERIS, la fiabilidad de las funciones de calibración es pobre.

Adicionalmente, para VLE menores o iguales a 50 mg/Nm^3 no se podrá cumplir el criterio de que la incertidumbre máxima del Método de Referencia Patrón sea menor que la incertidumbre máxima admisible del SAM. Esto puede afectar a la función de calibración.

- Para SOx: No se pueden obtener calibraciones robustas (cumplimiento de NGC2) para VLE $\leq 150 \text{ mg/Nm}^3$.
- Para HCl y HF: Existen también dificultades (imposibilidad técnica de alcanzar requisitos NGC2) con los límites de emisión actuales.

Se recomienda que a la hora de realizar las calibraciones de los SAM en la fábricas de cemento, se tengan en cuenta las consideraciones que se han recogido en la presente guía, y en los documentos referenciados, a efectos de garantizar los objetivos de aseguramiento de la calidad de los métodos de medición en continuo de las emisiones recogidos en el Real Decreto 815/2013.

Las mediciones realizadas con estos sistemas automáticos de medición deberán permitir al operador recopilar y transmitir a las autoridades competentes la información de sus emisiones obtenidas con un SAM operando con un nivel de confianza adecuado y proporcionado con respecto a los valores de los límites de emisión, de las incertidumbres permitidas, y de las incertidumbres asociadas a los Métodos de Referencia Patrón.

Conclusión

Como recomendación general y teniendo en cuenta todo lo recogido en este apartado, esta guía propone que los focos cuyas AAI requieran el aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida de las emisiones de acuerdo a la norma UNE-EN 14181, puedan aplicar las orientaciones descritas.

En la práctica, un ejemplo de procedimientos de medición o condiciones aplicables a una instalación puede ser el siguiente:

“Los focos nn contarán con un sistema automático de medida de las emisiones de los contaminantes x,y,z. El aseguramiento de la calidad de los sistemas de medición automática de los

focos mm, se realizará con arreglo a las normas UNE-EN 14181, para lo que se podrán tener en cuenta las guías publicadas por el Ministerio de Transición Ecológica u otros organismos relevantes de los estados del ámbito europeo.”

8.3. LÍMITE DE DETECCIÓN Y LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN

Los métodos de medida tienen normalmente limitaciones con respecto a la concentración más baja que pueden detectar:

Límite de detección ⁹³ (LD):	La cantidad más baja detectable de un compuesto
---	---

Límite de cuantificación ⁹³ (LOQ):	La cantidad más baja cuantificable de un compuesto
---	--

En muchos casos, el problema se puede resolver usando un método de medida más sensible. En una adecuada estrategia de monitorización se debe evitar que los resultados estén por debajo del límite de detección y, en el caso de que esto no sea posible para todo el rango de medidas, que estos sólo se produzcan para las concentraciones relativamente más bajas o menos interesantes.

En general, es una buena práctica utilizar un método de medida con un límite de detección inferior al 10% del VLE establecido para el proceso⁹³.

El límite de cuantificación (la cantidad más baja cuantificable de un compuesto) normalmente es significativamente mayor que el límite de detección, del orden de 2 a 4 veces⁴¹.

El “Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización” propone las siguientes opciones para el tratamiento de los valores por debajo del límite de detección:

- Usar en los cálculos el valor del límite de detección. Esta opción tiende a sobreestimar los resultados.
- Usar en los cálculos la mitad del límite de detección (u otra fracción predefinida). Este método puede tanto sobreestimar como subestimar el resultado.
- Usar en los cálculos el valor cero. Este método tiende a subestimar el resultado.
- Usar la siguiente ecuación:

$$\text{Valor a utilizar} = (100\% - A) * LD$$

Donde:

LD = Límite de detección del parámetro medido

A = porcentaje de las muestras medidas con resultados inferiores a LD

⁹³ Ministerio de Medio ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (2003) Prevención y control Integrados de Contaminación (IPPC) Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización, Documento BREF

Algunas de las autoridades competentes para la validación de datos PRTR, disponen de aproximaciones para el tratamiento de los valores por debajo del límite de detección/cuantificación. Estos criterios se recogen en el anexo III.

En este anexo también se incluye, para el caso de las centrales ubicadas en comunidades autónomas que no hayan definido un criterio a seguir, una propuesta para el tratamiento de los valores por debajo del límite de detección/cuantificación. Esta propuesta es la que se ha utilizado para el cálculo de los factores de emisión propios del sector cementero español determinados en la presente guía.

8.4. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

Para la determinación de las emisiones a la atmósfera, el complejo industrial deberá utilizar la metodología de medición, cálculo o estimación establecida, para un determinado contaminante, en su AAI.

En caso de que la autorización no establezca ningún requisito en este sentido, en el anexo I se recogen, para cada contaminante emitido al aire, los principales métodos de medición en la industria del cemento. Para realizar esta selección se han tenido en cuenta, por este orden nomas, métodos y estándares incluidos en:

- Autorizaciones ambientales integradas vigentes concedidas al sector hasta la fecha.
- Instrucciones técnicas de las comunidades autónomas sobre el control de emisiones a la atmósfera.
- “Guía europea para la implantación del registro E-PRTR”.
- JRC Reference Report on Monitoring of emissions from IED-installation. Monitoring of emissions to air and water. Joint Research Centre, European IPPC Bureau, final draft. Octubre 2013.
- Otras normas, métodos y estándares utilizados habitualmente por organismos de control autorizados y laboratorios acreditados en las empresas cementeras españolas. Esta información se ha obtenido a partir de la información validada por las autoridades competentes disponible en PRTR-España para el periodo 2012-2017⁹⁴.

La selección de las normas, métodos y estándares se ha realizado teniendo en cuenta el siguiente orden de prioridad, en función del organismo emisor de las mismas:

- Comité Europeo de Normalización (CEN): normas EN.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR): normas UNE (que no sean CEN).
- International Organization for Standardization (ISO): normas ISO (que no sean CEN o UNE).
- Otros
 - U.S. Environmental Protection Agency (EPA): normas EPA.
 - AFNOR: normas NF.

⁹⁴ A partir de una consulta realizada en PRTR-España con datos actualizados a marzo de 2019.

- American Society for Testing and Materials (ASTM): normas ASTM.

Únicamente en aquellos contaminantes en los que apenas existen normas, métodos o estándares indicados en la selección anterior, se han recogido normas de otros organismos emisiones, siempre y cuando hayan sido utilizadas por laboratorios acreditados para la medición de emisiones en fábricas de cemento, tales como, *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), *Intersociety Committee of Air Sampling* (ICAS) y el Instituto Nacional de Higiene en el Trabajo (INST, normas MTA/MA).

Para el establecimiento de este orden de prioridad, se ha tomado como referencia el RD 815/2013, que en su anejo 2 “Disposiciones técnicas para las instalaciones de incineración o co-incineración”, parte 2 “Determinación de los valores límite de emisión a la atmósfera para la co-incineración de residuos”, apartado 3 “Técnicas de medición”, especifica lo siguiente⁹⁵:

“El muestreo y análisis de todos los contaminantes, entre ellos las dioxinas y los furanos, así como el aseguramiento de la calidad de los sistemas de medición automática y los métodos de medición de referencia para calibrarlos, se realizarán con arreglo a las normas CEN. En ausencia de las normas CEN, se aplicarán las normas ISO o las normas nacionales o internacionales que garanticen la obtención de datos de calidad científica equivalente.”

En cuanto a los organismos de normalización que aparecen en la presente guía, cabe señalar que, en el ámbito internacional, la *International Organization for Standardization* elabora normas ISO. A nivel europeo el CEN crea normas EN. Las normas UNE (Una Norma Española) son normas elaboradas por el organismo de normalización en España AENOR. En Francia la organización equivalente es AFNOR, que elabora normas NF.

En ocasiones el CEN adopta las normas ISO, pasando a denominarse EN ISO. AENOR puede adoptar normas EN, EN ISO o ISO, pasando a denominarse UNE-EN, UNE-EN ISO o UNE ISO respectivamente. En todos los casos, se mantiene la numeración de la norma, actualizándose únicamente el año.

AFNOR (*Association française de Normalisation*) es la organización nacional francesa para la normalización y miembro de la Organización Internacional para la Estandarización. Así, es el equivalente a AENOR en Francia y elabora normas NF. El grupo AFNOR desarrolla sus actividades internacionales de normalización, provisión de información, certificación y ensayo a través de una red de filiales en toda Francia que son miembros de la asociación.

Las normas EPA son normas desarrolladas por la Agencia de Protección Ambiental (*Environmental Protection Agency*, EPA) de los Estados Unidos para actuar ante determinados asuntos de salud pública o ambiental desarrollados en la legislación elaborada por el Congreso de los Estados Unidos.

ASTM International, antiguamente conocida como *American Society for Testing and Materials*, es una organización sin ánimo de lucro que desarrolla normas voluntarias aplicables a materiales, productos, sistemas y servicios. Las normas ASTM son documentos que han sido desarrollados y establecidos dentro de los principios de consenso de la organización, y que cumplen los requisitos de los procedimientos y regulaciones de ASTM Internacional.

⁹⁵ Sólo aplicable a actividades de incineración y co-incineración. No aplica a los hornos de cemento que no co-incineran, para los cuales, se toma únicamente como referencia a efectos de esta guía.

El *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) es la agencia federal de Estados Unidos encargada de hacer investigaciones y recomendaciones para la prevención de enfermedades y lesiones relacionadas con el trabajo.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) es el órgano científico-técnico especializado de la Administración General del Estado que tiene como misión el análisis y estudio de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, así como la promoción y apoyo a la mejora de las mismas. Las normas elaboradas por el INSHT y el NIOSH en general están dirigidas a la determinación de contaminantes en el ambiente de trabajo.

El ICAS fue fundado en 1960 y está formado por varios grupos de expertos de las principales organizaciones de Estados Unidos relacionadas con la medición de contaminantes emitidos a la atmósfera, en aire ambiente y en el ambiente de trabajo. En España, sólo la Generalitat de Catalunya en sus instrucciones técnicas ha incluido métodos del ICAS para la medición de determinados contaminantes como el NH₃ para los cuales aún no hay disponibles normas CEN, ISO o UNE.

Algunas veces las normas son adaptadas o modificadas por los organismos de control para la realización de mediciones de las emisiones de contaminantes a través de procedimientos propios. Estas adaptaciones están en muchos casos acreditadas por ENAC.

Por otro lado, son las autoridades competentes, a través de normativa, autorizaciones e instrucciones las que, en ocasiones, exigen la utilización de determinadas normas.

Los métodos de medición recogidos en el anexo I pueden utilizarse para la medición de contaminantes a la atmósfera de los hornos de las fábricas de cemento. En el caso de los métodos recogidos para la medición de partículas, además de en los hornos, también pueden utilizarse para la medición de este contaminante en molinos y enfriadores.⁹⁶

9. CÁLCULO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA: FACTORES DE EMISIÓN

9.1. DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTES A PARTIR DEL CÁLCULO

Los datos de emisión “calculados” se obtienen a partir de factores de emisión representativos del propio sector industrial, balances de materia y demás cálculos que utilicen variables de los procesos y otros métodos más complejos métodos aceptados nacional o internacionalmente. Los cálculos deben ser aceptados nacional o internacionalmente y en ocasiones utilizan variables externas como la temperatura.

La ecuación nº 13 recoge la metodología de cálculo de la carga contaminante anual a partir de un factor de emisión:

⁹⁶ En el apéndice del documento “[Guidelines for Emissions Monitoring and Reporting in the cement industry](#)” (WBCSD, marzo 2012) se describen brevemente los principales métodos de medición utilizados en la industria del cemento.

Ecuación nº 13: Carga contaminante anual a partir de factores de emisión

$$\text{Carga contaminante anual emitida (en kg/año)} = \text{FE contaminante} * \text{D actividad}$$

En donde:

FE contaminante = Factor de emisión para el contaminante i. En general, para los factores de emisión seleccionados en el apartado 8.3 de la Guía, con la única excepción del CO₂, se expresa en kg de contaminante/t clinker, o en kg de contaminante/t cemento. (*)

Dactividad = datos de la actividad. En general, para los factores de emisión seleccionados en el apartado 8.3 de la Guía, con la única excepción del CO₂, será la producción anual de clinker (en t clinker/año) o la producción anual de cemento (en t cemento/año). (**)

(*) En el caso de las dioxinas y furanos, dado que se emiten en cantidades muy pequeñas, el factor de emisión se expresa en ng I-TEQ/t clinker.

En el anexo II de la guía se recogen, para cada contaminante emitido al aire, los factores de emisión más adecuados a la industria cementera española.

Como primera opción, se han incluido los factores de emisión par las emisiones de los hornos, calculados a partir de la información proporcionada por el sector cementero español. Para su cálculo, se ha utilizado la información proporcionada por los sistemas automáticos de medida instalados en las fábricas de cemento españolas correspondientes al periodo 2016-2020. Para aquellos contaminantes que no se miden en continuo, se han utilizado los informes de los análisis de las emisiones a la atmósfera realizados por organismos de control autorizados (OCA), laboratorios acreditados y entidades de inspección acreditadas por ENAC, también correspondientes al mismo periodo 2016- 2020. Para el cálculo de estos factores se han utilizado datos reales de producción de clinker y cemento del sector. La metodología detallada seguida para el cálculo de estos factores de emisión se recoge en el apartado 8.2 de la guía.

Se considera que estos factores de emisión se ajustan mejor a las características propias del sector en España ya que han sido calculados a partir de la información más reciente obtenida por las fábricas cementeras españolas. Es recomendable que estos factores sean revisados periódicamente, utilizando la misma metodología para su cálculo.

Además, en el anexo II se han incorporado una serie de factores de emisión bibliográficos, propuestos por organismos de reconocido prestigio internacional. Entre estos, se encuentran los factores de emisión recogidos en los siguientes documentos:

- “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019”, donde se recogen factores de emisión calculados para la realización de inventarios nacionales de emisiones a partir de información obtenida, en general, a nivel europeo.
- “(BAT) Reference Document for the production of Cement, Lime and Magnesium Oxide” (documento BREF del cemento, cal y óxidos de magnesio). Comisión Europea. 2013. Los factores de emisión recogidos en este documento también están calculados para las instalaciones cementeras europeas. Si no se especifica otra información, la referencia de los factores de emisión recogidos pertenecen la Tabla 1.23. “Data of emissions ranges from European cement kilns” del document BREF. Los datos que se presentan en el mismo están basados en información proporcionada por Cembureau (años 1997, 2001 y 2007), Holanda (1997), Haug (2001) y Lohse

(2001). Dichos factores de emisión se han calculado a partir de datos de concentración y suponiendo un caudal de aire en la chimenea del horno de $2300 \text{ Nm}^3/\text{tonelada}$ de clínker (gas seco, 101,3 kPa, 273 K).

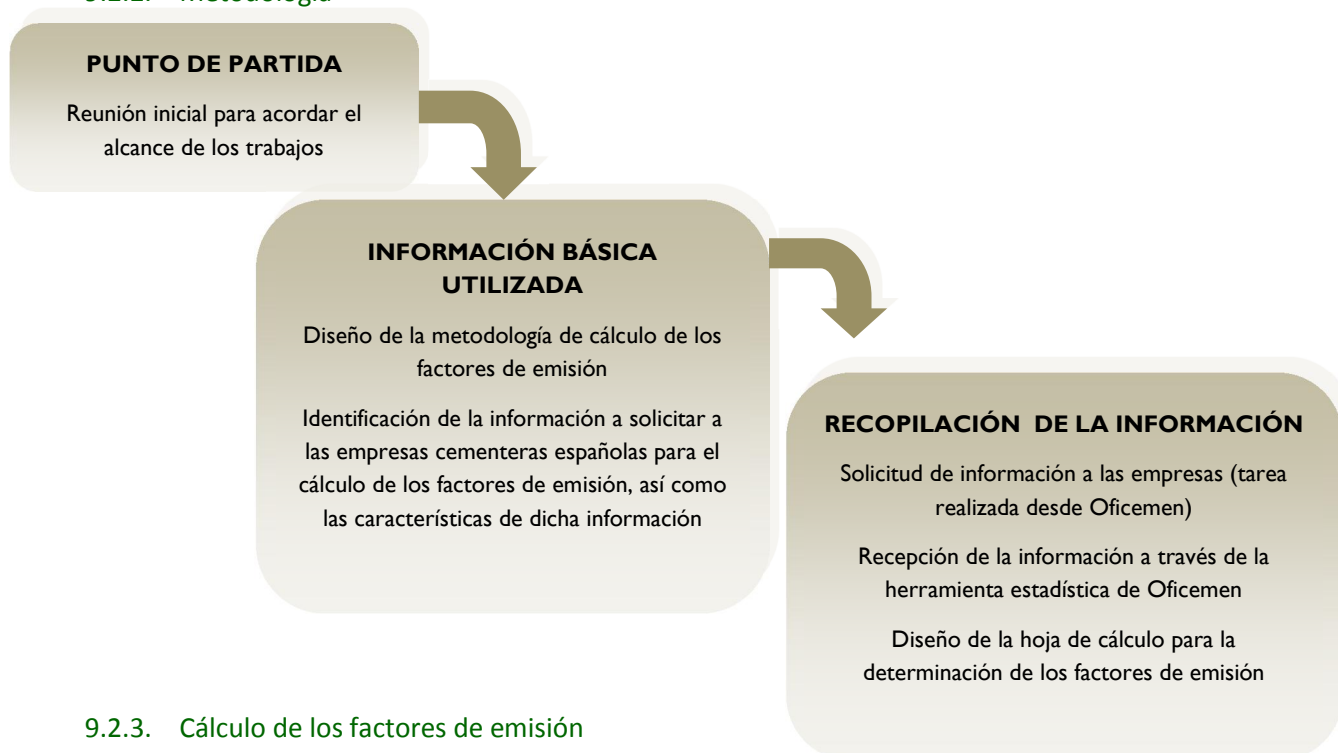
En el caso del dióxido de carbono (CO_2), se ha incluido el método establecido por la legislación vigente para el cálculo de las emisiones de este contaminante en el marco del comercio de emisiones de GEI.

9.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LOS FACTORES DE EMISIÓN PARA HORNOS PROPIOS DEL SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL

9.2.1. Antecedentes y objeto

En el proceso de elaboración de esta guía se han calculado factores propios para las emisiones de los hornos del sector cementero español, teniendo en cuenta la realidad de la industria cementera española tanto desde el punto de vista tecnológico como ambiental. Para ello, se ha utilizado la información más reciente disponible sobre las emisiones a la atmósfera de las fábricas de cemento asociadas en Oficemen.

9.2.2. Metodología



9.2.3. Cálculo de los factores de emisión

Para el cálculo de los factores de emisión para hornos propios del sector cementero español, se han utilizado las siguientes ecuaciones:

Ecuación nº 14: Cálculo de la carga contaminante específica por horno, contaminante y año

Para cada horno, contaminante y año:

$$FE_{\text{horno } i, \text{ año } x} = \frac{(C_{ix} * Q_{ix} * 10^{-6})}{P_{k_{\text{horno } i, \text{ año } x}}}$$

En donde:

$FE_{\text{horno } i, \text{ año } x}$ = Carga contaminante específica o factor de emisión del horno i para el año x (en kg de contaminante/t de clínker)

C_{ix} = Concentración media del contaminante en el horno i en el año x , en mg/Nm³, calculada a partir de la concentración del contaminante corregida al 10% de O₂ y en base seca, incluida en la base de datos de Oficemen

Q_{ix} = caudal anual del horno i en el año x , en Nm³/año corregido al 10% de O₂ y en base seca, incluido en la base de datos de Oficemen

$P_{k_{\text{horno } i, \text{ año } x}}$ = producción de clínker del horno i en el año x , en t clínker/año

Ecuación nº 15: Cálculo de la carga contaminante específica por fábrica, contaminante y año

Para cada fábrica, contaminante y año:

$$FE_{\text{fábrica } f, \text{ año } x} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (C_{ix} * Q_{ix} * 10^{-6})}{(P_{k_{\text{fábrica } f, \text{ año } x}})}$$

En donde:

$FE_{\text{fábrica } f, \text{ año } x}$ = Carga contaminante específica o factor de emisión de la fábrica "f" en el año x , (en kg de contaminante/t clínker)

C_{ix} = Concentración media del contaminante en el horno i en el año x , en mg/Nm³, calculada a partir de la concentración del contaminante corregida al 10% de O₂ y en base seca

Q_{ix} = caudal anual del horno i en el año x , en Nm³/año corregido al 10% de O₂ y en base seca

$P_{k_{\text{fábrica } f, \text{ año } x}}$ = producción de clínker de la fábrica f en el año x (en t clínker/año)

n = número de hornos existentes en la fábrica "f" en el año x

$P_{k_{\text{horno } i, \text{ año } x}}$ = Producción de clínker del horno i en el año x (en t clínker/año)

n = número de hornos existentes en la fábrica "f" en el año x

Ecuación nº 16: Cálculo de la carga contaminante específica por media del sector por contaminante y año

Para cada contaminante y año:

$$FE_{\text{sector año } x} = \frac{\sum_{i=1}^{i=f} (FE_{\text{fábrica } f, \text{ año } x} * P_{k_{\text{fábrica } f, \text{ año } x}})}{\sum (P_{k_{\text{fábrica } f, \text{ año } x}})}$$

En donde:

$FE_{\text{sector año } x}$ = Carga contaminante específica o factor de emisión del sector en el año x (en kg de contaminante/t clínker)

$FE_{\text{fábrica } f, \text{ año } x}$ = Carga contaminante específica o factor de emisión de la fábrica f en el año x (en kg de contaminante/t clínker)

$P_{k_{\text{fábrica } f, \text{ año } x}}$ = producción de clínker de la fábrica f en el año x (en t clínker/año)

f = número de fábricas en el año x

Ecuación nº 17: Cálculo de la carga contaminante específica media quinquenal del sector por contaminante (al año x se le asigna la correspondiente al periodo x-4 a x)

Para cada contaminante y quinquenio:

$$\text{FEQ sector año } x = \frac{\sum_{x=x-4}^{x=x} (\text{FE sector año } x * \text{Pk sector, año } x)}{\sum_{x=x-4}^{x=x} (\text{Pk sector año } x)}$$

En donde:

FEQ sector año x = Carga contaminante específica o factor de emisión quinquenal (media móvil) del sector en el año x, (en kg de contaminante/t clinker)

FE sector año x = Carga contaminante específica o factor de emisión del sector en el año x (en kg de contaminante/t clinker)

Pk sector, año x = Producción de clinker del sector en el año x, (en t clinker/año)

9.2.4. Información recibida de las empresas cementeras españolas

Para el cálculo de los factores de emisión se ha dispuesto la siguiente información, proporcionada por las empresas asociadas en Oficemen:

- Concentración media anual del contaminante cada horno, para el periodo 2016-2020, en mg/Nm³, calculada a partir de la concentración del contaminante en condiciones normales, al 10% de O₂ y en base seca (a partir del cuestionario y la herramienta estadística de Oficemen). Para todos aquellos contaminantes en los que la fábrica mide en continuo, la concentración media anual se ha obtenido a partir de los datos medidos con el Sistema Automático de Medida. Sólo para el resto de los contaminantes se han utilizado mediciones puntuales o en discontinuo.
- Caudal anual de cada horno para el periodo 2016-2020, en Nm³/año, en condiciones normales, al 10% de O₂ y en base seca, incluido en la base de datos de Oficemen.
- Datos reales de producción de clinker por fábrica correspondientes al periodo 2016-2020 de cada una de las empresas.

Se han calculado factores de emisión para los hornos de clinker.

En general, las 33 fábricas de cemento agrupadas en Oficemen proporcionaron información para el cálculo de los factores de emisión.

La recogida de información se realizó entre los meses de mayo y julio de 2021.

9.2.5. Análisis estadístico de los datos

Se ha realizado el siguiente análisis estadístico de los datos:

- Cálculo de estadísticos: media móvil quinquenal sectorial, ponderadas por la producción de clinker, y tamaño de muestra para cada contaminante.

9.2.6. Valores por debajo del límite de detección

Los métodos de medida normalmente tienen limitaciones con respecto a la concentración más baja que pueden detectar. En el presente análisis, para el tratamiento de los valores por debajo del límite de detección se ha utilizado la siguiente metodología:

- Usar la siguiente ecuación:

$$\text{Valor a utilizar} = (100\% - A) * LD$$

Donde:

LD = Límite de detección del parámetro medido

A = porcentaje de las muestras medidas con resultados inferiores a LD

En aquellos casos en los que para un mismo contaminante se dispone de varias mediciones y, en algunas de ellas, los valores obtenidos están por debajo del límite de detección, no siendo éste el mismo en todas las mediciones, se propone utilizar la metodología propuesta en el anexo III de la Guía.

9.2.7. Representatividad de los factores de emisión calculados

Se considera que los factores de emisión calculados se ajustan mejor a las características propias del sector en España que otros factores teóricos procedentes de otras fuentes, ya que han sido calculados a partir de la información proporcionada por la práctica totalidad de las fábricas cementeras españolas y para una serie de años suficientemente larga y reciente. No obstante, es recomendable que se revise periódicamente su adecuación al sector español para tener en cuenta los posibles cambios en las condiciones técnicas y ambientales de las plantas, así como en los requisitos y prácticas habituales de seguimiento de las emisiones.

Anexo I. Métodos de medición de las emisiones a la atmósfera de la industria del cemento

RESUMEN

El muestreo y análisis de las sustancias, así como el aseguramiento de la calidad de los sistemas de medición automática y los métodos de medición de referencia para calibrarlos, se realizarán con arreglo a las normas CEN. En ausencia de las normas CEN, se aplicarán normas ISO o normas nacionales o internacionales que garanticen la obtención de datos de calidad científica equivalente.

Resumen de métodos de medición de las emisiones a la atmósfera adecuados al sector cementero

Contaminante	Norma CEN	Norma UNE-ISO	Otras normas
CO	UNE-EN 15058:2017		ASTM D 6522 – 11
NO _x	UNE-EN 14792:2017		EPA 7 (2017)
N ₂ O	UNE-EN ISO 21258:2010		
NH ₃			NF X 43-303 (2011) EPA CTM-027 (1997)
SO _x	UNE-EN 14791:2017		
HCl	UNE-EN 1911:2011		EPA 26 A (2019)
HF		UNE-ISO 15713:2007	EPA 13 B (2017) EPA 26 A (2019)
METALES PESADOS (excepto Hg y Zn)	UNE-EN 14385:2004		EPA 29 (2017)
Hg	UNE-EN 13211:2001 UNE-EN 13211:2001/AC: 2005 UNE-EN 14884:2006		EPA 29 (2017)
Zn			EPA 29 (2017)
PST y PM ₁₀	UNE-EN 13284-1:2018 UNE-EN 13284-2:2005 UNE-EN-ISO 23210:2010	UNE-ISO 9096:2005 UNE-ISO 12141:2006	
COVNM	UNE-CEN/TS 13649:2014		EPA 18 (2019)
Benceno	UNE-CEN/TS 13649:2014		
HAP		UNE-ISO 11338-1 a 2:2006	NF X43-329 (2018)
PCDD/F	UNE-EN 1948-1 a 3:2007		EPA 23 (2017)
PCB	UNE-EN 1948-4:2011+A1:2014		
COT	UNE-EN 12619:2013		VDI 3481 Parte 4 (2007) EPA 25A (2017)
CH ₄	UNE-EN ISO 25140:2011 UNE-EN ISO 25139:2011		

DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Nº ficha: 1

MEDIO:

AIRE

Origen de la emisión:

Aproximadamente el 62% de las emisiones de CO₂ proviene del proceso de calcinación por descomposición del CaCO₃ en CaO y CO₂. El otro 38% restante se producen por la combustión de los combustibles.

(Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

OBSERVACIONES

De acuerdo con la Directiva EU ETS, la Comisión ha adoptado directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, conocidas como "MRG". Las directrices originales se adoptaron en 2004 para el primer período de comercio (2005-2007) y fueron revisadas en 2007 para el segundo período de comercio (2008-2012). Para el tercer período de comercio (2013-2020) y en adelante, las directrices para el seguimiento y notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la Unión deberán cumplir con los siguientes reglamentos de la Comisión:

- Reglamento de seguimiento y notificación de emisiones de gases de efecto invernadero (REGLAMENTO 601/2012). Establece las normas aplicables al seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y datos de la actividad, con arreglo a lo dispuesto en la Directiva 2003/87/CE, para el período de aplicación del régimen de comercio de derechos de emisión de la UE que comienza el 1 de enero de 2013 y para los períodos posteriores.
Se aplicará al seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero especificadas para las actividades enumeradas en el anexo I de la Directiva 2003/87/CE y a los datos de la actividad correspondientes a las instalaciones fijas y a las actividades de aviación, así como al seguimiento y la notificación de los datos sobre tonelada-kilómetro de las actividades de aviación.
- Reglamento relativo a la verificación de informes de emisiones de gases de efecto invernadero y datos sobre tn-km y la acreditación de los verificadores (REGLAMENTO 600/2012). Se aplicará a la verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y de los datos sobre tn-km que se produzcan a partir del 1 de enero de 2013.

En el cuarto período (2021-2030), las directrices para el seguimiento y notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero están reguladas en:

- Reglamento de Ejecución (UE) 2018/2066 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2018, sobre el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en aplicación de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y por el que se modifica el Reglamento (UE) nº 601/2012 de la Comisión. Deroga, con efectos de 1 de enero de 2021, el Reglamento 601/2012.

Para una descripción detallada de la metodología de cálculo, consultar la "Guía de seguimiento y notificación de las emisiones GEI del sector cementero español en el marco del IV período ETS 2021-2030", elaborada por Oficemen (abril 2019).

MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Nº ficha: 2

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:	La emisión de CO está relacionada con pequeñas cantidades de materia orgánica contenida en las materias primas, aunque también puede producirse por una combustión incompleta o unas condiciones incorrectas de calentamiento en el precalentador. (Fuente: BREF 2013)
-----------------------	---

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-EN 15058:2017. Emisión de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de monóxido de carbono (CO). Método normalizado de referencia: Espectrometría infrarroja no dispersiva. (AENOR, 2017)	Muestro y determinación en discontinuo SAM	Espectrometría infrarroja no dispersiva	Idéntica a la ISO 12039:2001. Validada en instalaciones de incineración, co-incineración y grandes instalaciones de combustión.
Otras normas:	ASTM D 6522 – 11 Standard Test Method for determination of nitrogen oxides, carbon monoxide and oxygen concentrations in emissions from natural gas-Fired reciprocating, engines, combustion turbines, boilers and process heaters using portable analyzers. (ASTM-11)	Determinación en discontinuo	Células electroquímicas	Aplicable a motores de combustión alternativos de gas natural, turbinas de combustión, calderas, calentadores de proceso

ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x – como NO_2)

		Nº ficha:		3
MEDIO:		AIRE		
Origen de la emisión:		<p>La fabricación de clínker en el horno a altas temperaturas tiene como consecuencia la formación de óxidos de nitrógeno que son emitidos a la atmósfera. Éstos se forman durante el proceso de combustión por combinación del nitrógeno del combustible con el oxígeno del aire a altas temperaturas y por la combinación del nitrógeno atmosférico con el oxígeno presente en el aire de combustión.</p> <p>Las principales fuentes de producción de NO_x son:</p> <ul style="list-style-type: none">- NO_x térmico: parte del nitrógeno del aire de combustión reacciona con el oxígeno para formar varios óxidos de nitrógeno. Este es el mecanismo principal para la formación de óxidos de nitrógeno en el horno.- NO_x de combustible: los compuestos de nitrógeno presentes en el combustible reaccionan con el oxígeno del aire para formar óxidos de nitrógeno. <p>Además, también puede formarse NO_x por la oxidación del NH₃, cuando este se inyecta para la reducción de las emisiones de NO_x en una zona del horno donde la temperatura es menor a 1.000 °C.</p> <p>Como el NO se oxida rápidamente en la atmósfera a NO₂, los resultados de las mediciones de óxidos de nitrógeno se expresan en NO₂.</p> <p>(Fuente: BREF 2013 y VDZ - Environmental Data of the German Cement Industry 2017)</p>		
MEDICIÓN (M)				
Métodos de medición adecuados al sector cementero				
Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN	UNE-EN 14792:2017. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno. Método normalizado de referencia: quimioluminiscencia. (AENOR, 2017)	Muestro + determinación en discontinuo	Quimioluminiscencia	Esta norma se ha validado en instalaciones de incineración de residuos, coincineración y grandes instalaciones de combustión.
Otras normas	ASTM D 6522 – 11 Standard Test Method for detemination of nitrogen oxides, carbon monoxide and oxygen concentrations in emissions from natural gas-Fired reciprocating, engines, combustion turbines, boilers and process heaters using portable analyzers. (ASTM-11)	Determinación en discontinuo	Células electroquímicas	Aplicable a motores de combustión alternativos de gas natural, turbinas de combustión, calderas, calentadores de proceso
	EPA 7: “Determination of nitrogen oxide emissions from stationary sources”. (EPA, 2017)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Medición colorimétrica mediante el procedimiento del ácido fenoldisulfónico	

ÓXIDO NITROSO (N₂O)

				Nº ficha:	4
MEDIO:		AIRE			
Origen de la emisión:		Se produce en pequeñas cantidades durante la combustión de los combustibles. Fuente: UNFCCC.			
MEDICIÓN (M)					
Métodos de medición adecuados al sector cementero					
Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones	
Normas CEN:	UNE-EN ISO 21258:2010: Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de monóxido de dinitrógeno (N ₂ O).	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método infrarrojo no dispersivo	Ensayado en un incinerador de lodos de aguas residuales En el momento de redacción de la presente guía, no se tiene constancia de que haya laboratorios de ensayo acreditados por ENAC para la medición de N ₂ O con esta norma.	
Métodos de medición no adecuados al sector cementero					
Otras normas:	MTA/MA-020/A91: Determinación de óxido de dinitrógeno en aire - Método de captación en bolsas inertes / Cromatografía de gases (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).	Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases	Dirigida a la seguridad y salud en el trabajo.	
	NIOSH 6600 (NIOSH, 1994).	Determinación en discontinuo	Espectrofotometría de IR	Dirigida a la seguridad y salud en el trabajo. De acuerdo con la información disponible en PRTR-España para el periodo 2007-2017, esta es la norma más utilizada en el sector cementero para la medición de N ₂ O.	

AMONIACO (NH₃)

				Nº ficha:	5
MEDIO:		AIRE			
Origen de la emisión:		Las emisiones de amoníaco se producen en las primeras etapas del proceso procedentes de las materias primas. Además, también se pueden producir pequeñas emisiones de este contaminante cuando se utilice la reducción catalítica no selectiva (SNCR) para la minimización de las emisiones de NOx. (Fuente: BREF 2013)			
MEDICIÓN (M)					
Métodos de medición adecuados al sector cementero					
Categoría	Título		Alcance	Método	Observaciones
Otras normas:	NF X 43-303 <i>Qualité de l'air. Emissions de sources fixes – Deteminaton de l ammoniac NH3</i> (diciembre de 2011)		Determinación en discontinuo	Cromatografía de intercambio iónico y espectrofotometría de absorción molecular.	
	EPA CTM-027. “Procedure for collection and analysis of ammonia in stationary sources” (EPA, 1997) (I)		Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica	Método validado en central térmica de carbón.
Métodos de medición no adecuados al sector cementero					
Otras normas:	Met. 401 Intersociety Committee of Air Sampling.		Muestreo + Determinación en discontinuo	Método del indofenol (colorimétrico)	Met. 401 Intersociety Committee of Air Sampling.

ÓXIDOS DE AZUFRE (SO_x – como SO_2)

Nº ficha: 6

MEDIO:		AIRE
Origen de la emisión:		<p>Las emisiones de SO_2 de las fábricas de cemento están directamente relacionadas con el contenido en compuestos de azufre en las materias primas. El azufre presente en los combustibles que alimentan los hornos no genera emisiones significativas de SO_2, debido a la naturaleza fuertemente alcalina en la zona de sinterización, en la zona de calcinación y en la etapa más baja del precalentador.</p> <p>(Fuente: BREF 2013)</p>

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-EN 14791:2017. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método normalizado de referencia. (AENOR, 2017)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica y método de la Thorina	Esta norma se ha validado en ensayos de campo en incineración de residuos, co-incineración y grandes instalaciones de combustión.

C L O R O Y C O M P U E S T O S I N O R G Á N I C O S (H C l)

Nº ficha: 7				
MEDIO:	AIRE			
Origen de la emisión:	Los compuestos de cloro son constituyentes adicionales minoritarios que pueden estar contenidos en las materias primas y los combustibles. (Fuente: BREF 2013)			
MEDICIÓN (M)				
Métodos de medición adecuados al sector cementero				
Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-EN 1911:2011. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de cloruros gaseosos expresados como HCl. Método normalizado de referencia	Muestreo + Determinación en discontinuo	Valoración con plata: método potenciométrico / espectrofotometría con tiocianato de mercurio / cromatografía de intercambio iónico	Validado en una incineradores de residuos si bien menciona en su introducción GIC y otras plantas
Otras normas:	EPA 26 A: “Determination of hydrogen halide and halogen emissions from stationary sources. Isokinetic method.” (EPA, 2019).	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica	

FLÚOR Y COMPUESTOS INORGÁNICOS (HF)

Nº ficha: 8

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	Los compuestos de flúor son constituyentes adicionales minoritarios que pueden estar contenidos en las materias primas y los combustibles. (Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas UNE-ISO:	UNE-ISO 15713:2007: <i>"Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo y determinación del contenido de fluoruros gaseosos".</i> (AENOR, 2007) (I)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método del electrodo de ión selectivo	
Otras normas:	EPA 13 B: <i>"Determination of total fluoride emissions from stationary sources (specific ion electrode method)".</i> (2017).	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método del electrodo de ión selectivo	
	EPA 26 A: <i>"Determination of hydrogen halide and halogen emissions from stationary sources. Isokinetic method".</i> (EPA, 2019).	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica	

METALES Y SUS COMPUESTOS

ARSÉNICO (As)	TALIO (Tl)	Nº ficha: 9
CADMIO (Cd)	ANTIMONIO (Sb)	
CROMO (Cr)	COBALTO (Co)	
COBRE (Cu)	VANADIO (V)	
NÍQUEL (Ni)	MANGANESO (Mn)	
PLOMO (Pb)	SELENIO (Se)	

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	<p>Los metales son elementos traza introducidos en el proceso a través de las materias primas y combustibles. De estos dos flujos, las emisiones de metales procedentes de las materias primas suelen ser predominantes.</p> <p>Los compuestos metálicos pueden clasificarse en tres categorías, en función de la volatilidad de los metales y sus sales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metales no volátiles: As, Cr, Cu, Ni, V y Mn. - Metales semivolátiles: Sb, Cd, Se y Pb. - Metales volátiles: Tl. <p>Los metales introducidos en el proceso vía materias primas y combustibles pueden evaporarse total o parcialmente en las zonas más calientes del precalentador y/o del horno dependiendo de su volatilidad, reaccionar con los constituyentes presentes en fase gaseosa y condensar en las zonas más frías del sistema.</p> <p>(Fuente: BREF 2013)</p>

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-EN 14385:2004. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la emisión total de As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl y V. (AENOR, 2004)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Espectroscopia de absorción atómica, espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente, espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo	Validada en incineradoras
Otras normas:	EPA 29. <i>Determination of metals emissions from stationary sources.</i> (EPA, 2017)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Espectrometría de emisión con plasma de argón acoplado inductivamente, espectroscopia de absorción atómica, espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo, espectroscopia de absorción atómica en horno de grafito	Aplicable también a la determinación de Se, Hg y Zn.

MERCURIO Y SUS COMPUESTOS (Hg)

Nº ficha: 10

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	<p>El mercurio es un elemento traza introducido en el proceso a través de las materias primas y combustibles. De estos dos flujos, las emisiones procedentes de las materias primas suelen ser predominantes.</p> <p>Se trata de un metal volátil. El Hg y sus compuestos no son completamente precipitados y retenidos en el horno y/o precalentador y por lo tanto no son capturados en el clínker. Son precipitados en el gas de salida y retenidos en los filtros de gases de salida del sistema.</p> <p>(Fuente: BREF, 2013)</p>

MEDICIÓN (M)				
Métodos de medición adecuados al sector cementero				
Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	<p>UNE-EN 13211:2001. Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método manual de determinación de la concentración de mercurio total.</p> <p>UNE-EN 13211:2001/AC: 2005. Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método manual de determinación de la concentración de mercurio total. (AENOR, 2001)</p>	Muestreo + Determinación en discontinuo	Análisis de inyección de flujo	Validada en incineradoras.
	<p>UNE-EN 14884:2006. Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de mercurio total. Sistemas Automáticos de Medida</p>	SAM	-	
Otras normas:	<p>EPA 29. "Determination of metals emissions from stationary sources". (EPA, 2017)</p>	Muestreo + Determinación en discontinuo	Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CV-AAS)	

ZINC Y SUS COMPUESTOS (Zn)

Nº ficha: 11

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	<p>Los metales, entre ellos el Zn son elementos traza introducido en el proceso a través de las materias primas y combustibles. De estos dos flujos, las emisiones de metales procedentes de las materias primas suelen ser predominantes. Se trata de un metal semivolátil.</p> <p>(Fuente: BREF, 2013)</p>

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Otras normas:	EPA 29. "Determination of metals emissions from stationary sources". (EPA, 2017)	Muestreo + Determinación en discontinuo	<p>Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CV-AAS)</p> <p>Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS)</p>	

PARTÍCULAS TOTALES y PM₁₀

Nº ficha: 12

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	<p>Las principales fuentes de emisión de partículas son los procesos de preparación de la materia prima (molinos de crudo), trituración y secado, los hornos, los enfriadores de clínker, los molinos de cemento y los molinos de carbón.</p> <p>Otros procesos subsidiarios que pueden producir emisiones canalizadas de partículas en las fábricas de cemento son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Triturado de materias primas - Cintas transportadoras y elevadores de materias primas - Almacenamiento de materias primas y combustibles - Molienda de materias primas, cemento y carbón - Almacenamiento de combustibles - Expedición del cemento (carga en el medio de transporte) <p>(Fuente: BREF 2013)</p>

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-EN 13284-1:2018. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 1: Método gravimétrico manual.	Muestreo + Medición en discontinuo	Método gravimétrico	Validada en incineradoras de residuos
	UNE-EN 13284-2:2005. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 2: Sistemas automáticos de medida	SAM	-	
	UNE-EN-ISO 23210:2010. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica PM ₁₀ /PM _{2,5} en gas efluente. Medición a bajas concentraciones mediante el uso de impactadores.	Muestreo + Medición en discontinuo	Impactadores de dos etapas	Aceptable para la medición en plantas de producción de cemento.
Normas UNE-ISO:	UNE-ISO 9096:2005. Emisión de fuentes estacionarias. Determinación manual de la concentración másica de partículas. UNE-ISO 9096:2005/COR 1:2009	Muestreo + Determinación en discontinuo	Gravimetría	
	UNE ISO 12141:2006. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de partículas en bajas concentraciones. Método gravimétrico manual.	Muestreo + Determinación en discontinuo	Gravimetría	Desarrollada y validada para incineradoras de residuos.

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DISTINTOS DEL METANO (COVNM)

Nº ficha: 13

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	La emisión de compuestos orgánicos volátiles en los procesos de combustión va asociada a combustiones incompletas de los combustibles. La emisión de estos compuestos también puede ocurrir en las primeras etapas del proceso (precalentador, precalcinador) cuando las materias primas contienen materia orgánica (Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-CEN/TS 13649:2014. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de compuestos orgánicos gaseosos individuales. Método de muestreo por adsorción y extracción por disolvente o y desorción térmica. (Ratificada)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método de muestreo por adsorción y extracción por disolvente o desorción térmica.	Para la medición de COVNM individuales, no los COVNM totales.
Otras normas:	EPA 18: Measurement of gaseous organic compound Emissions by gas chromatography. (EPA 2019)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases (+ detector de ionización de llama/fotoionización/captura de electrones para cuantificación)	

OBSERVACIONES

La instrucción técnica de la Comunidad de Madrid ATM-E-EC-03 Metodología para la medición de las emisiones de focos estacionarios (rev. 1, de 28/09/2016), establece como métodos de referencia los siguientes:

- UNE-EN 12619. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de carbono orgánico gaseoso total. Método continuo con detector de ionización de llama
- UNE-EN ISO 25140. Emisiones de fuentes estacionarias. Método automático para la determinación de la concentración de metano utilizando detección de ionización de llama (FID).

"Se determina la totalidad de los compuestos orgánicos emitidos como carbono orgánico total mediante la norma UNE-EN 12619 y el carbono orgánico procedente del metano mediante la UNE-EN ISO 25140. Por diferencia se obtiene el carbono orgánico procedente de los compuestos orgánicos no metánicos (mg C/Nm³).

Se permite utilizar un equipo FID dotado de columna cromatográfica para eliminar CH₄. Por tanto, se determinan directamente los COVNM. Para poder utilizar esta metodología se deberá asegurar que la columna cromatográfica es capaz de retener al menos un 95 % del metano existente en la muestra."

Si bien la instrucción técnica establece estos métodos para el resto de las actividades incluidas en el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera aprobado por el Real Decreto 100/2011 (que no estén en el ámbito de aplicación del Real Decreto 117/2003 y del Real Decreto 430/2004 y que no sean actividades de incineración o co-incineración), en la práctica, algunos laboratorios utilizan dicha metodología para la determinación de las emisiones de COVNM en el sector cementero.

B E N C E N O

Nº ficha: 14

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	Las emisiones de benceno, en bajas concentraciones, están causadas por las pequeñas cantidades de materia orgánica contenida en las materias primas de origen natural, durante las primeras etapas del proceso (precalentador, precalcinador). (Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-CEN/TS 13649:2014. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de compuestos orgánicos gaseosos individuales. Método de carbón activado y desorción por disolvente. (Ratificada)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método de muestreo por adsorción y extracción por disolvente o desorción térmica.	

Métodos de medición no adecuados al sector cementero

Otras normas:	NIOSH 1501 (2003)	Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases (GC)/Detector de ionización de llama (FID)	Dirigida a la seguridad y salud en el trabajo.
----------------------	--------------------------	------------------------------	---	--

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)

(Suma de benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno e indeno(1,2,3-cd)pireno) Nº ficha: 15

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	<p>Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas. El sistema del horno rotatorio en la industria cementera garantiza la completa destrucción de los HAP que pueden provenir de los combustibles.</p> <p>(Fuente: "Environmental Data of the German Cement Industry 2017". Verein Deutscher Zementwerke (VDZ))</p>

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas UNE-ISO:	UNE-ISO 11338-1 a 2:2006. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en fase gaseosa y particulada. Parte 1: Muestreo. Parte 2: Preparación de la muestra, purificación y determinación. (AENOR 2006)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía líquida de alta resolución, cromatografía de gases en combinación con espectrometría de masas	
Otras normas:	NF X43-329: "Émissions de sources fixes - Prélèvement et mesurage d'hydrocarbures aromatiques polycycliques à l'émission". (AFNOR 2018).	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía líquida de alta resolución, cromatografía de gases en combinación con espectrometría de masas	

DIOXINAS Y FURANOS (PCDD Y PCDF)

Nº ficha: 16

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	<p>Las emisiones de dioxinas y furanos se producen como resultado de una combinación de mecanismos de formación que dependen del horno y del proceso (condiciones de combustión, características de alimentación, tipo y sistema de depuración).</p> <p>La distribución de la temperatura y el tiempo de residencia en hornos rotatorios proporcionan unas condiciones particularmente favorables para que los compuestos orgánicos introducidos, vía combustibles o derivados de ellos, sean completamente destruidos. Varias investigaciones han demostrado que en los hornos de cemento la formación y emisión de dioxinas es muy baja ya que no se dan los factores determinantes para su formación.</p> <p>(BREF 2013)</p>

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	<p>UNE-EN 1948-1 a 3:2007. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración máxica de PCDD/PCDF y PCB similares a dioxinas. Parte 1: Muestreo de PCDD/PCDF. Parte 2: Extracción y purificación de PCDD/PCDF. Parte 3: Identificación y cuantificación de PCDD/PCDF.</p> <p>(AENOR, 2007)</p>	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases/espectrometría de masas combinada	Referencia básica: "Estudio y resultados de la participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003)". M. Luisa Ruiz et al. Editado por Begoña Fabrellas. CIEMAT 2005.
Otras normas:	<p>EPA 23: "Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from stationary sources". (EPA, 2017)</p>	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases de alta resolución/ Espectrometría de masas de alta resolución	

POLICLOROBIFENILOS (PCB)

Nº ficha: 17

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	<p>Los PCB pueden ser introducidos en el proceso vía materia prima y combustible alternativo. Las altas temperaturas que se alcanzan en los hornos rotatorios garantizan, la destrucción de estos elementos traza.</p> <p>(Fuente: "Environmental Data of the German Cement Industry 2017". Verein Deutscher Zementwerke (VDZ))</p>

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-EN 1948-4:2011+A1:2014: Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de PCDD/PCDF y PCB similares a dioxinas. Parte 4: Muestreo y análisis de PCB de tipo dioxina.	Muestreo + Determinación en discontinuo	HRGC/HRMS	Únicamente se utiliza para medir PCBs similares a dioxinas (<i>dioxin-like PCB</i>), que son 12 (no- y mono-orto-) de los 209 PCB existentes. También es aplicable a la medida de otros congéneres (los llamados <i>marcador de PCB</i> , que son los PCB 28, 52, 101, 138, 153 y 180).

Métodos de medición no adecuados al sector cementero

Otras normas:	NIOSH 5503 (1994)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases	Dirigida a la seguridad y salud en el trabajo.
---------------	--------------------------	---	------------------------	--

CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT, como C total)

Nº ficha: 18

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	<p>Las emisiones de COT se deben a la presencia de materia orgánica en la materia prima. Pueden ocurrir en las primeras etapas del proceso (precalentador, precalcinador), cuando la materia orgánica presente en la materia prima se volatiliza al calentarla. Además, los procesos de combustión va asociada a combustiones incompletas de los combustibles también pueden conllevar la emisión de COT.</p> <p>(Fuente: BREF 2013)</p>

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-EN 12619:2013. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de carbono orgánico gaseoso total. Método continuo con detector de ionización de llama.	Muestreo + Determinación en discontinuo	Detector de ionización de llama (FID)	
	(AENOR, 2013)			
Otras normas:	VDI 3481 Parte 4. "Gaseous emission measurement - Measurement of the concentrations of total organic carbon and methane carbon using the flame ionisation detector (FID)".	Muestreo + Determinación en discontinuo	Detector de ionización de llama (FID)	
	(VDI, 2007)			
	EPA 25A: "Gaseous Organic Concentration (Flame Ionization)".	Muestreo + Determinación en discontinuo	Detector de ionización de llama (FID)	
	(EPA, 2017)			

METANO (CH₄)

Nº ficha: 19

MEDIO:	AIRE
Origen de la emisión:	Se produce en pequeñas cantidades debido a una combustión de los combustibles. (Fuente: UNFCCC)

MEDICIÓN (M)

Métodos de medición adecuados al sector cementero

Categoría	Título	Alcance	Método	Observaciones
Normas CEN:	UNE-EN ISO 25140:2011: Emisiones de fuentes estacionarias. Método automático para la determinación de la concentración de metano utilizando detección de ionización de llama (FID).	Muestreo + Determinación en discontinuo SAM	Detección de ionización de llama (FID)	En el momento de redacción de la presente guía, no se tiene constancia de que haya laboratorios de ensayo acreditados por ENAC para la medición CH ₄ con esta norma.
	UNE-EN ISO 25139:2011: Emisiones de fuentes estacionarias. Método manual para la determinación de la concentración de metano por cromatografía de gases.	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases	En el momento de redacción de la presente guía, no se tiene constancia de que haya laboratorios de ensayo acreditados por ENAC para la medición de CH ₄ con esta norma.

Anexo II. Factores de emisión de los hornos de la industria del cemento

DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Nº ficha: 1

MEDIO: AIRE

OBSERVACIONES

En relación con la notificación de la cantidad anual emitida de dióxido de carbono (CO₂), es recomendable la utilización de la metodología establecida por la Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (BOE nº 163, de 06.07.2010), que incluye en su ámbito de aplicación a las instalaciones de fabricación de cemento sin pulverizar (clínker).

Para una descripción detallada de la metodología de cálculo, consultar el Reglamento de ejecución (UE) nº 2018/2066 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2018⁹⁷, así como la "Guía de seguimiento y notificación de las emisiones GEI del sector cementero español en el marco del IV periodo ETS 2021-2030", elaborada por Oficemen (abril 2019).

⁹⁷ Reglamento de Ejecución (UE) 2018/2066 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2018 sobre el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en aplicación de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y por el que se modifica el Reglamento (UE) n.º 601/2012 de la Comisión. (DOUE L334/1, de 31/12/2018)

MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Nº ficha: 2			
MEDIO:	AIRE		
CÁLCULO (C)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	2,2859294		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
BREF 2013 (kg / t clínker)	0,46 – 4,6		A partir de emisiones notificadas por el sector europeo. Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm ³ /t clínker (BREF 2013)
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	1,455	EMEP/CORINAIR 2019 (epígrafe 1.A.2.f) utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)
OBSERVACIONES			

ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x – como NO_2)

Nº ficha:			3
MEDIO:	AIRE		
CÁLCULO (C)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	1,3134144		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
BREF 2013 (IPPC) (kg / t clínker)	0,33 – 4,67		A partir de emisiones notificadas por el sector europeo. Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm ³ /t clínker (BREF 2013)
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	1,241	EMEP/CORINAIR 2019 (epígrafe 1.A.2.f) utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)
OBSERVACIONES			

ÓXIDO NITROSO (N_2O)

Nº ficha: 4		
MEDIO:	AIRE	
CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0028033	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
OBSERVACIONES		

AMONIACO (NH₃)

Nº ficha: 5		
MEDIO:	AIRE	
CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0367657	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
OBSERVACIONES		

ÓXIDOS DE AZUFRE (SO_x – como SO_2)

Nº ficha:			6
MEDIO:	AIRE		
CÁLCULO (C)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,1229805		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
BREF 2013 (kg / t clínker)	< 11,12		A partir de emisiones notificadas por el sector europeo. Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm ³ /t clínker (BREF 2013)
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	0,374	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)
OBSERVACIONES			

C L O R O Y C O M P U E S T O S I N O R G Á N I C O S (H C I)

Nº ficha: 7		
MEDIO:	AIRE	
CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0034627	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
BREF 2013 (kg / t clínker)	$0,046 \cdot 10^{-3} - 0,046$	A partir de emisiones notificadas por el sector europeo. Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm ³ /t clínker (BREF 2013)
OBSERVACIONES		

FLÚOR Y COMPUESTOS INORGÁNICOS (HF)

Nº ficha: 8		
MEDIO:	AIRE	
CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0002188	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
BREF 2013 (kg / t clínker)	$0,021 \cdot 10^{-3} - 0,0023$	A partir de emisiones notificadas por el sector europeo. Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm ³ /t clínker (BREF 2013)
OBSERVACIONES		

METALES Y SUS COMPUESTOS

ARSÉNICO (As) CADMIO (Cd) CROMO (Cr) COBRE (Cu) NÍQUEL (Ni) PLOMO (Pb)		TALIO (Tl) ANTIMONIO (Sb) COBALTO (Co) VANADIO (V) MANGANESO (Mn)		Nº ficha:	9
MEDIO:		AIRE			
CÁLCULO (C)					
Arsénico y compuestos (As)					
Fuente		Factor de emisión		Observaciones	
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)		0,0000023		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.	
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)		Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	2,65 · 10 ⁻⁵	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)	
Cadmio y compuestos (Cd)					
Fuente		Factor de emisión		Observaciones	
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)		0,0000027		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.	
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)		Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	8 · 10 ⁻⁶	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)	
Cromo y compuestos (Cr)					
Fuente		Factor de emisión		Observaciones	
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)		0,0000181		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.	
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)		Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	4,1 · 10 ⁻⁵	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)	
Cobre y compuestos (Cu)					
Fuente		Factor de emisión		Observaciones	
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)		0,0000158		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.	
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)		Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	6,47 · 10 ⁻⁵	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)	

OBSERVACIONES

(1) Mediante la técnica de captación de filtro de mangas

Níquel y compuestos (Ni)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000159		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	$4,9 \cdot 10^{-5}$	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)

Plomo y compuestos (Pb)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000276		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	$9,8 \cdot 10^{-5}$	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)

Talio y compuestos (Tl)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000095		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.

Antimonio y compuestos (Sb)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000037		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.

Cobalto y compuestos (Co)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000036		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.

Vanadio y compuestos (V)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000030		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.

Manganeso y compuestos (Mn)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000238		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
Selenio y compuestos (Se)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000087		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	2,53 · 10 ⁻⁵	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)

MERCURIO Y SUS COMPUESTOS (Hg)

Nº ficha: 10		
MEDIO:	AIRE	
CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	
Observaciones		
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000249	
BREF 2013 (kg / t clínker)	0 – 69 · 10 ⁻⁶	
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	4,9 · 10 ⁻⁵
EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)		
OBSERVACIONES		

ZINC Y SUS COMPUESTOS (Zn)

			Nº ficha: 11
MEDIO:	AIRE		
CÁLCULO (C)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000462		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	$4,24 \cdot 10^{-4}$	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)
OBSERVACIONES			

PARTÍCULAS TOTALES y PM₁₀

Nº ficha: 12

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Partículas totales en suspensión (PTS)

Fuente	Factor de emisión			Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0178239			Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
BREF 2013 (kg / t clínker)	0,00062 - 0,5221			A partir de emisiones notificadas por el sector europeo. Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm³/t clínker (BREF 2013)
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Tier 1		0,26	Incluye todas las emisiones de partículas de las fábricas de cemento (desde la entrada de las materias primas hasta el transporte del cemento fuera de la fábrica), exceptuando las emisiones de partículas procedentes de la combustión de los combustibles en el horno. EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Comission 2010)
	Tier 2	Filtros de mangas o ESP nuevos o mejorados	0,023	Aplicable a los hornos BAT-AEL PST: <10-20 mg/Nm³. El menor nivel se obtiene aplicando filtros de mangas o precipitadores electrostáticos nuevos o mejorados (BREF 2013) Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm³/t clínker (BREF 2013)
		Resto de filtros de mantas o ESP	0,046	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para el tier 2 el borrador del documento BREF del Cemento y la Cal del año 2007 (EIPPCB 2007). Sin embargo ya se dispone del BREF 2013
	Tier 3 (kg/ t clínker)		$VLE_{\text{horno}} \text{ (mg/Nm}^3\text{)} \cdot \text{Volumen medio de gases emitidos en el horno (Nm}^3\text{/t clínker)}$	Aplicable a los hornos VLE_{horno} (mg/Nm³) para PST establecido en la AAI de cada instalación Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm³/t clínker (BREF 2013) La utilización de este factor de emisión claramente sobrevalora la carga contaminante de la instalación.

Partículas PM ₁₀		
Fuente	Factor de emisión	
Observaciones		
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0052385	
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Tier 1	0,234
	Tier 3 (kg/ t clínker)	$VLE_{\text{horno}} \text{ (mg/Nm}^3\text{)} \cdot \text{Volumen medio de gases emitidos en el horno (Nm}^3\text{/t clínker)}$
		<p>Incluye todas las emisiones de partículas de las fábricas de cemento (desde la entrada de las materias primas hasta el transporte del cemento fuera de la fábrica), , exceptuando las emisiones de partículas procedentes de la combustión de los combustibles en el horno.</p> <p>EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Comission 2010)</p> <p>Aplicable a los hornos</p> <p>VLE_{horno} (mg/Nm³) para PM₁₀ establecido en la AAI de cada instalación</p> <p>Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm³/t clínker (BREF 2013)</p> <p>La utilización de este factor de emisión claramente sobrevalora la carga contaminante de la instalación.</p>

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DISTINTOS DEL METANO (COVNM)

Nº ficha: 13			
MEDIO:	AIRE		
CÁLCULO (C)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0205745		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
EMEP/CORINAIR 2019 (kg /t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	0,018	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010)
OBSERVACIONES			

B E N C E N O

Nº ficha: 14		
MEDIO:	AIRE	
CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0015578	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
OBSERVACIONES		

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)

Nº ficha: 15			
MEDIO:	AIRE		
CÁLCULO (C)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000123		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
EMEP/CORINAIR 2019 (kg /t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	4,65 · 10 ⁻⁷	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2010) [Suma de los FE de las sustancias benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno e indeno(1,2,3-cd)pireno]
OBSERVACIONES			

DIOXINAS Y FURANOS (PCDD Y PCDF)

Nº ficha: 16		
MEDIO:	AIRE	
CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (ng/t clínker)	26,8730655	
	Observaciones	
	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.	
“Estudio y resultados de la participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003)”	ng I-TEQ/t clínker	36,53
		-
OBSERVACIONES		

Referencia básica:

“Estudio y resultados de la participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003)”. M. Luisa Ruiz et al. Editado por Begoña Fabrellas. CIEMAT 2005.

POLICLOROBIFENILOS (PCB)

Nº ficha: 17

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0000000005		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
EMEP/CORINAIR 2019 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	$1,03 \cdot 10^{-9}$	EMEP/CORINAIR 2019 utiliza como fuente para este factor Eviromental Data of the German Cement Industry 2010. Verein Deutscher Zementwerke 2011 (VDZ 2011)

OBSERVACIONES

CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT, como C total)

Nº ficha: 18		
MEDIO:	AIRE	
CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0443627	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
BREF 2013 (IPPC) (kg / t clínker)	0,0023 - 0,138	A partir de emisiones notificadas por el sector europeo. Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm ³ /t clínker (BREF 2010)
OBSERVACIONES		

METANO (CH₄)

Nº ficha: 19		
MEDIO:	AIRE	
CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0031644	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2016-2020.
OBSERVACIONES		

Anexo III. Tratamiento de los valores por debajo del límite de detección

A. Criterios de las autoridades competentes autonómicas para el tratamiento de los valores de concentración por debajo del límite de detección/cuantificación

Andalucía

A P R O X I M A C I Ó N

El criterio es considerar las medidas de concentración que se encuentran por debajo del límite de detección como cero a la hora de realizar el promedio de varias medidas.

Por ejemplo, en el caso de que se tuvieran tres medidas (8 mg/l; 15 mg/l y <5 mg/l) el promedio sería 7,667 mg/l.

En el caso de que todas las medidas estuvieran por debajo del límite de detección, el dato de emisión sería 0 y el método de cálculo sería "Estimado".

FUENTE

Estos criterios no están publicados sino que se ha realizado una consulta directa a la autoridad competente acerca de los criterios aplicados en el momento de elaboración de la presente guía.

Aragón

A P R O X I M A C I Ó N

No hay un criterio definido en el momento de elaboración de la presente guía.

FUENTE

Se ha realizado una consulta directa a la autoridad competente acerca de los criterios aplicados en el momento de elaboración de la presente guía.

Cantabria

A P R O X I M A C I Ó N

No se dispone de un criterio publicado.

FUENTE

Consulta directa a la administración competente vía e-mail

Castilla-La Mancha

A P R O X I M A C I Ó N

En el caso de que la medida del contaminante esté por debajo del límite de cuantificación, se toma el valor del límite de cuantificación como valor de concentración para realizar los cálculos.

Ejemplo:

Consideremos que el contaminante SO_x/SO_2 se ha medido en 3 focos de la industria y en 2 de ellos la concentración (mg/Nm³) está por debajo del límite de cuantificación (en la documentación se indica con el símbolo "<"), aunque el formulario Excel indica "Medido".

El formulario Excel presenta como valor de la emisión de SO_x/SO_2 la suma de las emisiones de ese contaminante correspondientes a los 3 focos existentes en la industria del ejemplo (llamémosle, por ejemplo, ET). La emisión individual de cada foco también es calculada por el formulario Excel, aunque los resultados no son visibles para el usuario, pues tales cálculos se encuentran en las celdas ocultas del formulario.

Si la suma de la emisión de SO_x/SO_2 correspondientes a los 2 focos cuya concentración está por debajo del límite de cuantificación (llamémosle, por ejemplo, E1_2) es mayor al 50 % de ET, se declarará en PRTR como Método de obtención "Estimado", en otro caso "Medido". Esto es:

- Si $E1_2 > 50\% ET$ será Método Obtención "Estimado".
- Si $E1_2 < 50\% ET$ será Método Obtención "Medido".

FUENTE

“Guía para la cumplimentación de la declaración PRTR Internet”. Servicio de Control de Calidad Ambiental, Viceconsejería de Medio Ambiente, Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural. Enero 2019. https://www.iccm.es/sites/www.iccm.es/files/modelos/SJB9_28654.PDF

Castilla y León

A P R O X I M A C I Ó N

No hay un criterio publicado en el momento de elaboración de la presente guía.

FUENTE

Consulta directa a la autoridad competente.

Comunidad de Madrid

A P R O X I M A C I Ó N

Criterio recogido en el apartado B. del presente anexo.

FUENTE

[Comunidad de Madrid \(2018\). Carta: APERTURA DEL PLAZO para el Registro de complejos industriales y Notificación de datos de emisiones y transferencias de residuos correspondientes al año 2018 en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes PRTR-España. Anexo III. Tratamiento de valores de concentración medidos por debajo del límite de detección/cuantificación. Periodo de notificación correspondiente al año 2018. Dirección General del Medio Ambiente y Sostenibilidad, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Comunidad de Madrid, 17 de diciembre de 2018](#)

Comunidad Valenciana

A P R O X I M A C I Ó N

En el caso de que la medida del contaminante esté por debajo del límite de detección:

Casilla de cantidad emitida (kg/año): se aplicará la siguiente fórmula para determinar la concentración del contaminante a utilizar:

Valor de concentración = $\frac{1}{2}$ * LD

LD: Límite de detección

Casilla de Método de obtención del dato: Medido

Casilla de Origen del Método Utilizado: Seguir los mismos criterios que para el resto de emisiones atendiendo a la metodología y norma utilizada para la medición.

Casilla de Método analítico: Otros, indicando en el recuadro amarillo lo siguiente: “Valor de concentración = $\frac{1}{2}$ * LD (BREF de Monitorización. Capítulo 3, pto.3.3). Valor del límite de detección. Metodología analítica utilizada”

Casilla de Norma de referencia: Indicar la norma utilizada.

FUENTE

[CIRCULAR INFORMATIVA DECLARACIÓN PRTR 2018](#)

Extremadura

A P R O X I M A C I Ó N

No hay un criterio publicado en el momento de elaboración de la presente guía.

FUENTE

Consulta directa a la autoridad competente.

Galicia

A P R O X I M A C I Ó N

- a) Si existen unos valores de concentración por encima del límite de detección (LD) y otros por debajo:
- se utiliza el valor real de las concentraciones por encima del LD,
 - se estima una relación del VLE de muestras inferiores y superiores, es decir: “ n° muestras < LD x LD x [(n° muestras totales +1)- (n° muestras < LD)] / n° muestras totales ”

Ejemplo: 12 muestras, 8 dan superiores y 4 inferiores al LD (3 mg/Nm³), según se observa en la tabla:

Muestras	Concentración (mg/Nm ³)
1	A. 5
B. 2	C. 4
D. 3	E. 5
F. 4	G. 6
H. 5	I. 8
J. 6	K. 4
L. 7	M. 4
N. 8	O. 5
P. 9	Q. <3
R. 10	S. <3
T. 11	U. <3
V. 12	W. <3

Se utilizarían los valores reales de las 8 superiores y el resultado de aplicar la siguiente ecuación:

$$4 \times 3 \times [(12 + 1) - (4) / 12] = 9$$

La media aritmética de la concentración sería:

$$\text{Concentración media} = (5 + 4 + 5 + 6 + 8 + 4 + 4 + 5 + 9) / 12 = 4,16 \text{ mg/Nm}^3$$

Si el porcentaje de datos inferiores es mayor al de valores por encima del límite de detección, el dato notificado se considera "estimado". Si el porcentaje de datos por encima del límite de detección es superior, se considera como un dato "medido".

b) En caso de que todos los valores estén por debajo del límite de detección, se podrían dar dos opciones:

- Si existen datos de años anteriores por encima del valor de detección, puede utilizarse una media de valores de años anteriores para "estimar" la declaración. En todo caso son datos estimados.
- Se puede "estimar" la concentración a utilizar como un porcentaje del valor límite, en este caso se aplicaría la siguiente ecuación:

$$\text{Concentración media estimada} = (1/n^{\circ} \text{ muestras totales}) \times \text{LD.}$$

Ejemplo: 12 muestras por debajo del LD (3 mg/Nm³). La media aritmética de la concentración sería:

$$\text{Concentración media aritmética} = (1 / 12) \times 3 = 0,25 \text{ mg/Nm}^3$$

Si la utilización de valores de concentración siempre da como resultado valores inferiores a los límites de detección podría ser interesante la búsqueda de factores de emisión asociados a la actividad o a los combustibles (en el caso de emisiones a la atmósfera).

Como criterio general si una sustancia siempre tiene valores inferiores al límite de detección (durante años) y ese valor límite es lógico con las técnicas existentes, se aconseja no declarar esa sustancia porque puede considerarse que no es representativa del proceso. En ningún caso puede declararse una sustancia en valor "cero".

FUENTE

Estos criterios no están publicados sino que se ha realizado una consulta directa a la autoridad competente acerca de los criterios aplicados en el momento de elaboración de la presente guía.

Generalitat de Catalunya

A P R O X I M A C I Ó N

En caso de que no sea posible cuantificar con analíticas concentraciones por debajo de los valores límites de detección, como norma general, se propone utilizar el siguiente criterio:

$$\text{Estimación} = (100\% - A) \times \text{LD}$$

donde A = porcentaje de muestras por debajo del LD; LD = límite de detección

Este es el criterio prioritario de los establecidos en el capítulo 3.3 del Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización (BREF). En caso de que no fuera posible utilizar estos criterios, se podrá hacer una estimación a partir de información propia u otros métodos de cálculo como factores de emisión, balances, etc.

En el caso de emisiones al agua y cuando el número de muestras sea inferior a 3, la Agencia Catalana del Agua recomienda utilizar la mitad del límite de detección (LD/2) para la obtención del dato en kg/año.

FUENTE

[Preguntas y respuestas acerca del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes PRTR-Cat](#)

Navarra

A P R O X I M A C I Ó N

En caso de que no sea posible cuantificar con analíticas concentraciones fuera de los valores límites de detección, el complejo podrá utilizar alguno de los criterios establecidos en el capítulo 3.3 del BREF de Monitorización de Emisiones o hacer una estimación a partir de información propia u otros métodos de cálculo como factores de emisión, balances, etc.

En todo caso en PRTR se tiene que notificar una cantidad determinada, y no se permite declarar datos del tipo "inferior a" o "menor que" un valor

FUENTE

[Preguntas frecuentes PRTR.](#)

País Vasco

A P R O X I M A C I Ó N

En general, se debe optar por una de las siguientes opciones establecidas en el "Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización" (2003):

- Usar en los cálculos la mitad del límite de detección (u otra fracción predefinida). Este método puede tanto sobreestimar como subestimar el resultado.
- Usar la siguiente ecuación: Valor a utilizar = $(100\% - A) * LD$, donde: LD = Límite de detección del parámetro medido; A = porcentaje de las muestras medidas con resultados inferiores a LD

FUENTE

"Metodología Euskadi-PRTR 2014 (datos 2013)". E-PRTR, Registro vasco de emisiones y transferencias de contaminantes, Dirección de Administración Ambiental, Gobierno Vasco. Version 3.0, de 6 de marzo de 2013.

Principado de Asturias

A P R O X I M A C I Ó N

Tanto en las emisiones al aire como al medio acuático, cuando existan valores obtenidos por debajo del límite de detección, el valor que se aplicará para éstos será $LD/2$, donde LD es el valor del límite de detección, pero si todos los valores obtenidos en las distintas mediciones están por debajo del límite de detección, la emisión notificada global será nula y no se notificará.

FUENTE

[INSTRUCCIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS PARA LA NOTIFICACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO E-PRTR EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS](#)

B. Aproximación propuesta para el tratamiento de los valores de concentración por debajo del límite de detección/cuantificación

Existen varias aproximaciones para el tratamiento de los valores de concentración por debajo del límite de detección/cuantificación, entre otros⁹⁸:

- Usar en los cálculos el valor del límite de detección/cuantificación. Esta opción tiende a sobreestimar los resultados.
- Usar en los cálculos la mitad del límite de detección/cuantificación (u otra fracción predefinida). Este método puede tanto sobreestimar como subestimar el resultado.
- Usar en los cálculos el valor cero. Este método tiende a subestimar el resultado.
- Usar la siguiente ecuación:

$$\text{Valor a utilizar} = (100\% - A) * LD$$

Donde:

LD = Límite de detección/cuantificación del parámetro medido

A = porcentaje de las muestras medidas con resultados inferiores a LD

⁹⁸ Ministerio de Medio Ambiente (2002): Documento de Referencia de Principios Generales de Monitorización. Documento BREF. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente. Noviembre, 2002

Para cada una de las muestras, el valor de concentración a utilizar será⁹⁹:

- Cuando el valor proporcionado por el laboratorio se encuentra por debajo del límite de detección, esta metodología propone utilizar la fórmula “Valor a utilizar = (100% - A) * LD” en cada una de las muestras.
- El valor de “A” para cada muestra será el porcentaje de muestras disponibles que se encuentran por debajo del límite de detección que el laboratorio ha proporcionado para dicha muestra.
- Cuando el valor proporcionado por el laboratorio se encuentre por encima del límite de detección, esta metodología propone utilizar dicho valor directamente.

El **valor medio de concentración asignado al contaminante** es:

- Cero (0) cuando el **valor medio de los valores estimados** (ver tabla del ejemplo) es inferior al **menor límite de detección**.
- El **valor medio de los valores estimados**, cuando este valor es igual o superior al **menor límite de detección**.

El **menor límite de detección** será aquel con un valor más bajo de entre los proporcionados por el laboratorio para todas las muestras.

A continuación se muestra un ejemplo de aplicación de esta metodología:

Ejemplo de estimación de valores a partir de resultados de medidas con diferentes límites de detección/cuantificación				
Nº de muestra	Resultado de la medida	Límite de detección de la medida	% de muestras por debajo del LD	Valor estimado de la medida = (100%-A)*LD
1	< 2,5	2,5	33,33%	1,7
2	< 2,7	2,7	66,67%	0,9
3	8,0	--	--	8,0
Menor límite de detección		2,5		
		A. Valor medio de los valores estimados		3,5
		Valor medio de concentración asignado al contaminante		3,5

⁹⁹ Comunidad de Madrid (2018). Carta: APERTURA DEL PLAZO para el Registro de complejos industriales y Notificación de datos de emisiones y transferencias de residuos correspondientes al año 2018 en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes PRTR-España. Anexo III. Tratamiento de valores de concentración medidos por debajo del límite de detección/cuantificación. Período de notificación correspondiente al año 2018. Dirección General del Medio Ambiente y Sostenibilidad, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Comunidad de Madrid, 17 de diciembre de 2018. Este procedimiento está basado en las directrices del Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización, Documento BREF (Ministerio de Medio ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, 2003)

Como se puede observar, sólo se estiman los valores cuyo resultado medido es inferior al límite de detección de esa medida. En este ejemplo el **valor medio de concentración asignado al contaminante** coincide con el **valor medio de los valores estimados**, ya que este valor (3,5) es superior al **menor límite de detección** (2,5) del conjunto de medidas disponibles.

La aplicación de este procedimiento no presenta especiales dificultades cuando todos los muestreos presentan el mismo límite de detección, pero en la práctica no siempre ocurre esto. En estos casos se aplica el procedimiento general teniendo en cuenta al calcular el % de muestras por debajo del límite de detección los diferentes LD y se calcula el valor medio de los valores estimados.

Anexo IV. Conversión de unidades en la determinación de la carga contaminante a partir de medidas en continuo o puntuales

Los resultados de las mediciones y controles de las emisiones a la atmósfera se obtienen con frecuencia en términos de flujo real. Sin embargo, para evaluar las cargas contaminantes, es necesario expresar los resultados en determinadas condiciones de referencia estándar, que se suelen especificar en la autorización correspondiente (AAI) y en la legislación básica aplicable.

A continuación se describen las principales fórmulas de cálculo, para convertir los resultados de medición a las condiciones de referencia que sean de aplicación a la instalación.

Conversión de concentración en partes por millón en volumen (ppm) a mg/Nm³

Ecuación nº 1: Conversión de concentración en partes por millón en volumen; (ppm) a mg/Nm³

$$\text{Concentración del contaminante en mg/Nm}^3 = \frac{\text{Concentración del contaminante en ppm} \times \text{Masa molar del contaminante}}{22,4}$$

La conversión de concentraciones expresadas en partes por millón en volumen (ppm) a concentraciones expresadas en mg/Nm³ es una operación que hay que realizar con cierta frecuencia, como consecuencia de las diferencias existentes entre las unidades en que están expresados los valores límite de emisión de algunos contaminantes y las unidades en que se expresan los resultados de las determinaciones analíticas.

La conversión de ppm a mg/Nm³, se realiza con base en la ecuación nº 1 en la que, como se puede apreciar, interviene la masa molar del contaminante.

El cálculo de la masa molar de un contaminante se realiza a partir de las masas atómicas de los elementos que forman parte de su fórmula.

El método de cálculo completo se ilustra en la tabla nº 2 para una serie de contaminantes seleccionada. Las masas atómicas de los elementos que intervienen en el cálculo de las masas molares se incluyen en la tabla nº 1.

Tabla 1.- Masas atómicas de elementos seleccionados

Elemento	Símbolo	Masa atómica
Azufre	S	32,0660
Carbono	C	12,0110
Cloro	Cl	35,4527
Fluor	F	18,9984
Hidrógeno	H	1,0079
Nitrógeno	N	14,0067
Oxígeno	O	15,9994

Tabla 2.- Equivalencia entre concentraciones expresadas en ppm y en mg/Nm³

Contaminante		Masa Molar		Masa Molar/22,4	Equivalencia
Denominación	Fórmula	Cálculo *	Masa molar (en gramos)		
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	N + 2 O	46,0055	2,0538	1 ppm de NO ₂ = 2,0538 mg/Nm ³
Dióxido de azufre	SO ₂	S + 2 O	64,0648	2,8600	1 ppm de SO ₂ = 2,8600 mg/Nm ³
Dióxido de carbono	CO ₂	C + 2 O	44,0098	1,9647	1 ppm de CO ₂ = 1,9647 mg/Nm ³
Monóxido de carbono	CO	C + O	28,0104	1,2505	1 ppm de CO = 1,2505 mg/Nm ³
Cloruro de hidrógeno	HCl	H + Cl	36,4606	1,6277	1 ppm de HCl = 1,6277 mg/Nm ³
Fluoruro de hidrógeno	HF	H + F	20,0063	0,8931	1 ppm de HF = 0,8931 mg/Nm ³

* En donde:

S = Masa atómica del azufre

C = Masa atómica del carbono

Cl = Masa atómica del cloro

F = Masa atómica del fluor

H = Masa atómica del hidrógeno

N = Masa atómica del nitrógeno

O = Masa atómica del oxígeno

Conversión a condiciones de referencia estándar

El volumen de las emisiones es un parámetro básico que interviene en el cálculo de las concentraciones de los diferentes contaminantes y en la determinación de las cargas contaminantes emitidas.

Los resultados de volumen, concentración y caudal se expresan habitualmente en condiciones normales de presión y temperatura. La conversión de los datos medidos, en condiciones reales de presión y temperatura, a condiciones normales se realiza con base en la ecuación nº 2 siguiente.

Ecuación nº 2: Conversión a condiciones normales de presión y temperatura

$$V_N = \frac{V_{med} \times P_{med} \times 273,15}{[t_{med} + 273,15] \times 101,325}$$

En donde:

- V_N = volumen expresado en Nm³, en condiciones normales de presión (101,325 kPa) y temperatura (273 K)
 V_{med} = volumen expresado en m³, en las condiciones en que se ha realizado la medida de presión (P_{med}) y temperatura (t_{med})
 P_{med} = condiciones de presión en que se ha realizado la medida (en kilopascal)

En ocasiones las condiciones de referencia estándar de presión y temperatura en que es necesario expresar los datos son diferentes a las condiciones normales.

La conversión de los datos medidos, en condiciones reales de presión y temperatura, a otras condiciones de referencia estándar se realiza con base en la ecuación nº 3 siguiente.

Ecuación nº 3: Conversión a condiciones de referencia estándar

$$V_R = \frac{V_{med} \times P_{med} \times T_R}{[t_{med} + 273,15] \times P_R}$$

En donde:

- V_R = volumen expresado en m³, en condiciones de referencia estándar de presión (P_R) y temperatura (T_R)
 V_{med} = volumen en las condiciones en que se ha realizado la medida de presión (P_{med}) y temperatura (t_{med})
 P_{med} = condiciones de presión en que se ha realizado la medida (en kilopascal)
 T_R = temperatura de referencia estándar en que hay que expresar el resultado, en grados Kelvin

Conversión a una concentración de oxígeno de referencia

En procesos de combustión, los datos de emisión se expresan generalmente a un porcentaje determinado de oxígeno. Para los hornos de cemento en que se coincinen residuos los resultados de las mediciones efectuadas para verificar el cumplimiento de los valores límite de emisión deben estar referidos a las siguientes condiciones¹⁰⁰: temperatura 273º K, presión 101,3 kPa, 10% de oxígeno y gas seco.

La conversión de las concentraciones medidas, al porcentaje real de oxígeno determinado en las emisiones del horno, a concentraciones expresadas al porcentaje de oxígeno de referencia se realiza con base en la ecuación nº 4 siguiente.

¹⁰⁰ Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos (BOE nº 142, de 14 de junio de 2003).

Ecuación nº 4: Conversión a una concentración de oxígeno de referencia

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} \times E_M$$

En donde:

- E_R = concentración de emisión referida a gas seco en condiciones normalizadas y corregida a la concentración de oxígeno de referencia, expresada en mg/Nm³ (en el caso de las dioxinas y furanos se expresa en ng/Nm³)
 E_M = concentración de emisión medida, referida a gas seco en condiciones normalizadas, expresada en mg/Nm³ (o ng/Nm³ para dioxinas y furanos)
 O_R = concentración de oxígeno de referencia, expresada en % de volumen

Conversión a concentración de gas seco

En los casos en que las concentraciones en emisión se deban referir sobre gas seco como en los hornos de cemento, condición diferente a la real, la conversión se realiza con base en la ecuación nº 5 siguiente.

Ecuación nº 5: Conversión a concentración de gas seco

$$C_s = \frac{C_H}{1 - H}$$

En donde:

- C_s = concentración de emisión referida a gas seco en condiciones normalizadas, expresada en mg/Nm³ (en el caso de las dioxinas y furanos se expresa en ng/Nm³)
 C_H = concentración de emisión sobre condiciones reales de humedad en condiciones normalizadas, expresada en mg/Nm³ (en el caso de las dioxinas y furanos se expresa en ng/Nm³)
 H = humedad de los gases de salida en el punto de medida del contaminante, expresada en tanto por uno

Anexo V. Cuestionario y herramienta estadística para la recogida de información de Oficemen

CUESTIONARIO DE EMISIONES DE HORNOS



oficemen
Agrupación de fabricantes de cemento de España

CUESTIONARIO DE EMISIONES DE HORNO INDICE

GUIA TECNICA DE CUMPLIMENTACION

GUIA INFORMATICA DE CUMPLIMENTACION

CUESTIONARIO DE EMISIONES DE HORNO

CUESTIONARIO SOBRE OTRAS SUSTANCIAS EMITIDAS

GUÍA TÉCNICA DE CUMPLIMENTACIÓN DEL CUESTIONARIO DE EMISIONES DE HORNO.

Introducción

Todas las medidas deben expresarse en la unidad señalada en el cuestionario. Todos los valores deben estar referidos en condiciones normales: 273K de temperatura, presión de 101,3 kPa y oxígeno al 10% por defecto. Se necesita la referencia del contenido de oxígeno si es diferente a lo establecido por defecto (10%).

Las mediciones en continuo tienen preferencia sobre las mediciones en discontinuo

En el caso de que algún horno disponga para algún contaminante de mediciones en continuo y en discontinuo, se cumplimentará únicamente el dato de la medición en continuo, siempre que los equipos de medición en continuo estén correctamente calibrados.

Mediciones en continuo: en relación con la columna "mediciones", los valores de la columna "continuo" se darán como media anual.

Mediciones en discontinuo: respecto a las mediciones "discontinuas", se reportará la media de las medidas realizadas, indicando el número de medidas llevadas a cabo (dentro de la columna "# mediciones").

Tratamiento de datos por debajo del límite de detección

Los métodos de medida normalmente tienen limitaciones con respecto a la concentración más baja que pueden detectar; es importante tener claro el tratamiento y la manera de reflejar en los informes estas situaciones.

Principalmente y tal y como se recoge en el BREF de los Principios generales de Monitorización, existen cinco posibilidades diferentes para tratar los valores por debajo del límite de detección:

1. usar en los cálculos el valor medido, incluso si no es fiable. Esta posibilidad sólo está disponible para ciertos métodos de medida,
2. usar en los cálculos el límite de detección. Este método tiende a sobreestimar el resultado,
3. usar en los cálculos la mitad del límite de detección. Este método puede tanto sobrestimar como subestimar el resultado. En la primera versión de la Guía PRTR del sector cementero español (octubre 2009) se utilizó este criterio. Por comparación con los datos notificados por el sector a E-PRTR en otros estados miembros, se ha constado que para algunos contaminantes este método ha sobrestimado los resultados,
4. usar la siguiente estimación en los cálculos:
$$\text{Valor estimado} = (100\% - A) * LD$$
, donde:
A = porcentaje de muestras por debajo del LD
LD = límite de detección del parámetro medido
5. usar en los cálculos el valor cero

Procedimiento a utilizar en la cumplimentación de los cuestionarios de "Emisiones de horno" para estimar valores por debajo del límite de detección (opción 4 del BREF Monitorización).

El procedimiento general para estimar los valores de un parámetro medido con resultados por debajo del límite de detección se basará en la siguiente ecuación:

$$\text{Valor estimado} = (100\% - A) * LD$$

A = porcentaje de muestras por debajo del LD
LD = límite de detección del parámetro medido

Dos opciones:

a) En el caso de que existan medidas por encima y por debajo del LD.

Cuando no todos los muestreos presenten el mismo límite de detección para un mismo contaminante, se aplicará el procedimiento general teniendo en cuenta los diferentes LD al calcular el % de muestras por debajo del límite de detección y calculando el valor medio de los valores estimados.

El valor medio que se asigna al parámetro en función del valor medio de los valores estimados es:

- Cero (0) cuando el valor medio de los valores estimados es inferior al límite de detección inferior.
- El valor medio de los valores estimados, cuando este valor es superior o igual al límite de detección inferior.

Ejemplo de aplicación de la opción elegida para la cumplimentación.

Ejemplo de estimación de valores a partir de resultados de medidas con diferentes LD				
Nº de muestra	Resultado de la medida	Límite de detección de la medida	%de muestras por debajo del LD	Valor estimado de la medida=(100-A)*LD
1	<2	2	16,67%	1,67
2	<3	3	33,33%	2
3	<8	8	83,33%	1,33
4	10	8		10
5	4	3		4
6	5	3		5
LD inferior del conjunto de medidas disponibles		2		
Valor medio de los valores estimados				4
Valor medio asignado al parámetro				4

En el caso de la muestra nº1, solo hay 1 medida de 6 por debajo del LD=2 (1/6), lo que representa un 16,67% de muestras por debajo de ese LD.

En el caso de la muestra nº2, habría 2 medidas de 6 por debajo del LD=3 (2/6), lo que representa un 33,33% de muestras por debajo de ese LD.

En el caso de la muestra nº3, habría 5 medidas de 6 por debajo del LD=8 (5/6), lo que representa un 83,33% de muestras por debajo de ese LD.

Sólo se estiman los valores cuyo resultado medido es inferior al límite de detección correspondiente. En este ejemplo, el valor medio asignado al parámetro coincide con el valor medio de los valores estimados, ya que este valor "4" es superior al límite de detección inferior "2" del conjunto de medidas disponibles.

En este caso, se reportará en el cuestionario el valor medio asignado al parámetro en la casilla de "discontinuo: valor medio" y el número de mediciones realizadas en la casilla de "discontinuo: #mediciones". Además se reportará el menor límite de detección obtenido en las medidas.

Ejemplo de cumplimentación en cuestionario:

	Valor/límite de detección	Mediciones		
		Continuo	Discontinuo	
			Valor medio	#mediciones
Cadmio(Cd)	2		4	6

b) En el caso de que todas las medidas estén por debajo del LD

Si no existieran las tres últimas muestras (4, 5 y 6) y todos los valores están por debajo del límite de detección, se debe también realizar la estimación.

Caso I.

Ejemplo de estimación de valores a partir de resultados de medidas con diferentes LD y todas ellas inferiores al correspondiente LD				
Nº de muestra	Resultado de la medida	Límite de detección de la medida	%de muestras por debajo del LD	Valor estimado de la medida= $(100-A)*LD$
1	<2	2	33,33%	1,3
2	<3	3	66,67%	1
3	<8	8	100,00%	0
LD inferior del conjunto de medidas disponibles		2		
Valor medio de los valores estimados				0,8
Valor medio asignado al parámetro				0

En este ejemplo, se obtendría un valor medio de los tres valores estimados de 0,8 que al ser inferior, al límite de detección inferior “2” el valor medio asignado al parámetro es cero.

Es decir si el valor medio de los valores estimados es inferior, al límite de detección inferior, entonces se asignará 0 al valor medio asignado al parámetro.

En este caso, se reportará en el cuestionario 0 (cero) en la casilla de “discontinuo: valor medio” y el número de mediciones realizadas en la casilla de “discontinuo: #mediciones”. Además se reportará el menor límite de detección obtenido en las medidas.

Ejemplo de cumplimentación en cuestionario:

	Valor/límite de detección	Mediciones		
		Continuo	Discontinuo	
			Valor medio	#mediciones
Cadmio(Cd)	2		0	3

Caso 2

Si por el contrario el valor medio de los valores estimados (p.ej en lugar de 0.8 nos da 3.2) es superior al límite de detección inferior “2”, entonces se asignará ese valor medio de los valores estimados como valor asignado al parámetro.

Ejemplo de cumplimentación en cuestionario:

	Valor/límite de detección	Mediciones		
		Continuo	Discontinuo	
			Valor medio	#mediciones
Cadmio(Cd)	2		3,2	3

GUIA INFORMATICA DE CUMPLIMENTACION DEL CUESTIONARIO DE EMISIONES DE HORNOS

I. ARCHIVOS RECIBIDOS POR CORREO ELECTRÓNICO

Usted recibirá por correo electrónico los siguientes archivos:

- Nombre Instalación_nombre horno Hornos.xls. Ejemplo Mataporquera_IV Hornos.xls
- Datos Definitivos.xls

Todos los archivos que se envían deben guardarse en una misma carpeta (el nombre de la carpeta es indiferente). Esta será su **carpeta de trabajo** a la que haremos referencia.

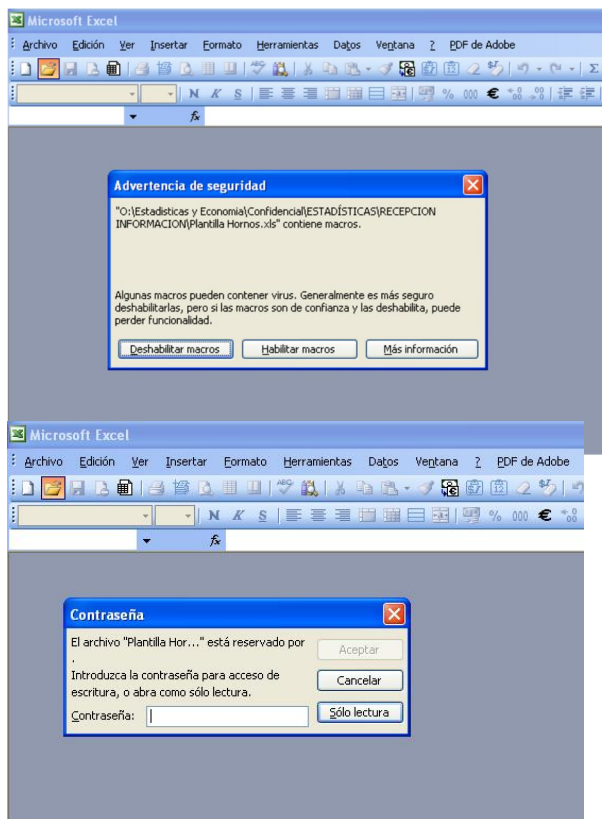
Respecto a los archivos que ha recibido:

- **Nombre Instalación_nombre horno Hornos.xls:** corresponde al cuestionario sobre el que hay que cumplimentar la información anual sobre emisiones de hornos
- **Datos Definitivos.xls:** es un archivo que contiene la base de datos general en donde se localizan las definiciones y características de cada uno de los elementos que se identifican en el cuestionario.

II. USO GENERAL DE LA PLANTILLA EXCEL

I. ¿Cómo entrar en las plantillas?

Para comenzar a rellenar la plantilla de emisiones de hornos, vamos a nuestra carpeta de trabajo donde están guardados los dos archivos mencionados en el apartado anterior y hacemos “doble clic” en la plantilla de la instalación que vamos a rellenar.



Al hacerlo se abrirá Excel y nos saldrá un mensaje que dice que el archivo contiene macros, debemos seleccionar “**Habilitar macros**”.

Después de esto aparece otro cuadro de diálogo en el que tendremos que seleccionar “**Sólo lectura**” para que la plantilla se abra.

2.¿Cómo cumplimentar la plantilla?

El documento Excel cuyo nombre es del tipo “INSTALACIÓN_nombre de horno Hornos.xls” corresponde a la plantilla del parte de emisiones de horno que usted tendrá que abrir cada vez que inicie la cumplimentación de un parte de hornos nuevo.

Consta de 4 hojas visibles que contienen la siguiente información:

- **Carátula:** título de la plantilla
- **Índice:** hoja desde la que se tiene acceso a la guía técnica de cumplimentación, a la presente guía informática y a las dos hojas de cumplimentación de datos
- **Emisiones de horno**

Al ser esta la primera hoja de cumplimentación de datos, aparecen en ella el nombre de la instalación, el horno y la empresa, debiendo cumplimentarse el año para el que hacen referencia los datos.

Las casillas sombreadas en verde son las casillas donde deben introducirse los datos a cumplimentar

La información requerida en esta página se puede dividir en dos tipos de información:

a) El primer tipo se refiere a los contaminantes habituales medidos en ese año. Estos están organizados por grupos: polvo, gases, metales totales y sus componentes y compuestos orgánicos. En cada uno de estos grupos usted deberá cumplimentar aquellos contaminantes que hayan sido medidos ese año en ese horno de acuerdo a las instrucciones contenidas en la guía técnica de cumplimentación.

b) El segundo tipo de información es un cuestionario al que deberán contestar Si o No a todas las preguntas

- **Otras sustancias emitidas**

En esta hoja hay una primera parte de otros contaminantes en el listado sectorial de PRTR. Además aparecen dos casillas adicionales donde deben cumplimentarse el volumen total de gases emitidos en el año por el horno y la producción anual de clinker verificada para dicho horno.

¿Cómo cumplimentar la emisión de un contaminante?

De acuerdo a las instrucciones que se continen en la guía técnica, para todo contaminante deben cumplimentarse dos tipos de información: el valor límite de detección y la medición de las emisiones de dicho contaminante.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	A partir de la monitorización en continuo y de valores medios anuales de mediciones individuales	Valor límite de detección	Unidad	Continuo	Discontinuo	Valor medio	# mediciones	referencia en %	Observaciones
7									
8									
9									
10	I. Polvo (PST)		mg/Nm³	3				10.00	
11	Polvo (PST)		mg/Nm³	3				10.00	
12									
13	II. Gases								
14	Amoníaco (NH3)		mg/Nm³		3			10.00	
15	Compuestos de Cloro (como HCl)		mg/Nm³		0.05			10.00	
16	Compuestos de Flúor (como HF)		mg/Nm³					10.00	
17	Óxido de Azufre (SO2)		mg/Nm³					10.00	
18	Monóxido de Carbono (CO)		mg/Nm³					10.00	
19	Óxidos de Nitrógeno (como NO2)		mg/Nm³					10.00	
20									
21	III. Metales Totales y sus componentes								
22	Antimonio (Sb)		mg/Nm³					10.00	
23	Arsénico (As)		mg/Nm³					10.00	
24	Berilio (Be)		mg/Nm³					10.00	
25	Cadmio (Cd)		mg/Nm³					10.00	
26	Cobalto (Co)		mg/Nm³					10.00	
27	Cobre (Cu)		mg/Nm³					10.00	
28	Cromo (Cr)		mg/Nm³					10.00	
29	Mercurio (Hg)		mg/Nm³					10.00	
30	Manganeso (Mn)		mg/Nm³					10.00	

En el caso de que falte por cumplimentar alguna de ambas informaciones las casillas correspondientes se sombrearán en rojo, indicando que queda pendiente por introducir algún dato.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	A partir de la monitorización en continuo y de valores medios anuales de mediciones individuales	Valor límite de detección	Unidad	Continuo	Discontinuo	Valor medio	# mediciones	referencia en %	Observaciones
7									
8									
9									
10	I. Polvo (PST)		mg/Nm³	3				10.00	
11	Polvo (PST)	2.000	mg/Nm³	3	5			10.00	
12									
13	II. Gases								
14	Amoníaco (NH3)		mg/Nm³		3			10.00	
15	Compuestos de Cloro (como HCl)		mg/Nm³		0.05			10.00	
16	Compuestos de Flúor (como HF)		mg/Nm³					10.00	
17	Óxido de Azufre (SO2)		mg/Nm³					10.00	
18	Monóxido de Carbono (CO)		mg/Nm³					10.00	
19	Óxidos de Nitrógeno (como NO2)		mg/Nm³					10.00	
20									
21	III. Metales Totales y sus componentes								
22	Antimonio (Sb)		mg/Nm³					10.00	
23	Arsénico (As)		mg/Nm³					10.00	

Igualmente, y tal como se describe en la guía técnica, la información sobre emisiones solo puede introducirse en continuo o en discontinuo, pero no ambas. En este último caso aparecerá un mensaje de error.

3. ¿Cómo guardar la plantilla?

Las plantillas pueden guardarse en cualquier momento del proceso de grabación o bien al final.

Como la plantilla se ha abierto bajo la restricción de “Sólo lectura”, a la hora de guardar la información se guardará una copia de ella.

Si lo hacemos saliendo de Excel nos preguntará primero: ¿Desea guardar los cambios efectuados en 'INSTALACIÓN_nombre de horno Hornos.xls'? A lo que responderemos "Sí"

Y en cualquiera de las dos opciones, para guardar la información aparecerá antes un mensaje de advertencia: "INSTALACIÓN_nombre de horno Hornos.xls" es un archivo de sólo lectura. Para guardar una copia, haga clic en Aceptar y dé un nuevo nombre al libro en el cuadro de diálogo Guardar como." Debemos marcar "Aceptar".

Entonces entraremos en un cuadro de diálogo en el que elegiremos dónde guardar el archivo y con qué nombre.

El nombre del archivo con el que se grabe la plantilla preferiblemente debe tener una estructura fija determinada:

Se escriben las cuatro cifras del año, espacio, nombre de la instalación (en mayúsculas y sin espacios), el nombre del horno, espacio Hornos:

"aaaa INSTALACIÓN_nombre de horno Hornos.xls".

Ejemplo: 2010 Mataporquera_IV Hornos.xls

NOTA: Para cumplimentar una nueva plantilla de Hornos se abrirá el documento "INSTALACIÓN_nombre de horno Hornos.xls" que aparecerá "limpio" de datos. En ningún caso se utilizará el archivo de un año previo aaaa INSTALACIÓN_nombre de horno Hornos.xls) para cumplimentar los datos de una nueva plantilla de emisiones de hornos.

Cuestionario y emisiones de hornos 2020							
Empresa:		ANO	2020	Pais:	ESPAÑA		
Instalación:				Horno:			
Concentración de emisiones: A partir de la monitorización en continuo y de valores medios anuales de mediciones individuales	Valor/límite de detección	Unidad	Mediciones			O ₂ de referencia en %	Observaciones
			Continuo	Discontinuo			
				Valor medio	# mediciones		
I. Polvo (PST)							
Polvo (PST)	0,186	mg / Nm ³	4,6			10,00	
II. Gases							
Amoníaco (NH ₃)		mg / Nm ³				10,00	
Compuestos de Cloro (como HCl)		Nm ³				10,00	
Compuestos de Flúor (como HF)		mg / Nm ³				10,00	
Dióxido de Azufre (SO ₂)		mg / Nm ³				10,00	
Monóxido de Carbono (CO)		mg / Nm ³				10,00	
Óxidos de nitrógeno (como NO ₂)		mg / Nm ³				10,00	
III. Metales Totales y sus componentes							
Antimonio (Sb)		mg / Nm ³				10,00	
Arsénico (As)		Nm ³				10,00	
Berilio (Be)		mg / Nm ³				10,00	
Cadmio (Cd)		mg / Nm ³				10,00	
Cobalto (Co)		Nm ³				10,00	
Cobre (Cu)		mg / Nm ³				10,00	
Cromo (Cr)		mg / Nm ³				10,00	
Estaño (Sn)		mg / Nm ³				10,00	
Manganeso (Mn)		mg / Nm ³				10,00	
Mercurio (Hg)		Nm ³				10,00	
Níquel (Ni)		mg / Nm ³				10,00	
Plomo (Pb)		Nm ³				10,00	
Selenio (Se)		mg / Nm ³				10,00	
Talio (Tl)		mg / Nm ³				10,00	
Teluro (Te)		Nm ³				10,00	
Vanadio (V)		mg / Nm ³				10,00	
Zinc (Zn)		Nm ³				10,00	
IV. Compuestos Orgánicos							
Benceno (C ₆ H ₆)		mg / Nm ³				10,00	
BTEX (suma de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)		Nm ³				10,00	
Compuestos Orgánicos Totales (COT)		mg / Nm ³				10,00	
Dioxinas y Furanos (PCDD/F)		mg / Nm ³				10,00	
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs de acuerdo al E-PRTR)		mg / Nm ³				10,00	
Metano (CH ₄)		mg / Nm ³				10,00	
Policlorobifenilos (PCBs de acuerdo al E-PRTR)		µg / Nm ³				10,00	
Por favor elija si o no ("Yes" o "No") según corresponda a continuación Nota 1: Combustión por etapas "otro tipo" quiere decir: inyección de combustible en condiciones reductoras que tenga un efecto en la reducción de NO _x por ejemplo: calcinación pequeña (10-25%) o sin aire terciario, o introducción de combustible en trozos gruesos (ya sean residuos o combustible convencional) a la entrada del horno o en un precalcinador.							
Medidas de reducción de NO_x instaladas							
Primaria.1. Enfriamiento de llama	No						
Primaria.2. Quemadores de bajo NO _x	Yes						
Primaria.3. Otros	No						
Primaria.4.1. Combustión por etapas (precalcinador especialmente diseñado para reducción de NO _x)	Yes						
Primaria.4.2. Combustión por etapas (otro tipo)- ver Nota 1	No						
Secundaria.1. SNCR (amoníaco)	Yes						
Secundaria.2. SNCR (urea)	No						
Secundaria.3. SNCR otros	No						
Secundaria.4. SCR	No						
Secundaria.5. Otros	No						
Secundaria.6. Ninguno	No						
Medidas de reducción de polvo instaladas							
1. Filtros de mangas	Yes						
2. Precipitador electrostático	No						
3. Filtros híbridos	No						
Medidas de reducción de SO_x instaladas							
1. Adición de absorbente	No						
2. Lavadores de gases húmedos	No						
3. Lavadores de gases secos	No						
4. Carbon activado	No						
5. Otros	No						

143

Anexo VI. Listado de instrucciones técnicas de las comunidades autónomas sobre control de emisiones a la atmósfera

LISTADO DE INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA				
Comunidad Autónoma	Codificación	Denominación	Revisión y fecha de aprobación	Objeto
Andalucía	IT-ATM-01	Acondicionamiento de los puntos de toma de muestra	Orden de 19 de abril de 2012, por la que se aprueban instrucciones técnicas en materia de vigilancia y control de las emisiones atmosféricas. (BOJA 103, 28.05.12)	Definir los requisitos mínimos que deberán cumplir las bocas de muestreo y las plataformas donde se realicen las medidas de emisiones.
	IT-ATM-02	Criterios para garantizar la representatividad de las tomas de muestra y medidas a realizar en un foco emisor		Establecer unos criterios homogéneos, con el fin de garantizar la representatividad en la toma de muestra y ensayos de emisiones in situ, durante las inspecciones que se realizan en los focos emisores y, por tanto, que los valores obtenidos puedan ser comparados con los valores límites de emisión que les son de aplicación.
	IT-ATM-03	Número y situación de los puntos de medida. Acondicionamiento de los focos		Definir los requisitos mínimos que deberán cumplir las chimeneas o conductos donde se realicen las medidas de emisiones. Dentro de la presente instrucción técnica se definen los requisitos que deben cumplir: - La sección de medida - El plano de muestreo Además, se recoge la sistemática para verificar la homogeneidad del flujo y definir los puntos donde se realizará el muestreo en rejilla, para el caso de que el muestreo sea isocinético o el flujo no homogéneo.
	IT-ATM-04	Criterios para definir métodos de referencia para la determinación de contaminantes		Definir, en cada caso, el método de referencia que se debe usar para la determinación de la concentración de cada contaminante, de forma que se unifiquen los métodos y se obtengan resultados comparables en todas las instalaciones. Quedan excluidos los SAM, que son objeto de una instrucción técnica específica.
	IT-ATM-05	Interpretación de resultados		Definir la sistemática a seguir para la correcta interpretación de los resultados de las medidas de emisiones atmosféricas, así como los criterios a tener en cuenta para su comparación con los valores límites de emisión. Son objeto de la presente IT las medidas realizadas de forma manual, automática in situ o en continuo, tras el correspondiente tratamiento de datos.
	IT-ATM-06	Aseguramiento de la calidad en las medidas		Definir los criterios a tener en cuenta, así como la frecuencia mínima de realización, para las actividades a desarrollar con el objeto de asegurar la calidad de las medidas realizadas en los focos de emisión (intercomparaciones).
	IT-ATM-08.1	Métodos de medidas no normalizados. Determinación de la velocidad y el caudal		Definir la sistemática para la realización de medidas necesarias para la determinación de la velocidad y el caudal de un gas residual, en chimeneas y conductos que cumplan con lo establecido en las IT-ATM-01 y IT-ATM-03
	IT-ATM-08.2	Métodos de medidas no normalizados.		Definir la sistemática para la realización de medidas de opacidad BACHARACH en focos de emisión

LISTADO DE INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA				
Comunidad Autónoma	Codificación	Denominación	Revisión y fecha de aprobación	Objeto
		Medida de opacidad Bacharach		procedentes de instalaciones de combustión.
	IT-ATM-08.3	Métodos de medidas no normalizados. Medida de gases de combustión mediante células electroquímicas		<p>Definir la sistemática para la realización de medidas de los gases de combustión - óxidos de nitrógeno (NO y NO₂), dióxido de azufre, monóxido de carbono y oxígeno -, mediante analizadores dotados de células electroquímicas, en focos de emisión procedentes de instalaciones de combustión en los que ni en su normativa de aplicación ni en su autorización administrativa se refleje explícitamente el uso de normas CEN.</p> <p>Esta instrucción técnica es también aplicable para instalaciones que no sean de combustión, cuando se necesite determinar algunos de los compuestos anteriormente citados.</p> <p>Así mismo, esta instrucción técnica es de aplicación para las medidas de dióxido de carbono.</p>
	IT-ATM-08.4	Métodos de medidas no normalizados. Medida de Compuestos Orgánicos Volátiles - COV		Definir la sistemática para la realización de la toma de muestra de compuestos orgánicos volátiles (en adelante, COV) en focos de emisión.
	IT-ATM-08.5	Métodos de medidas no normalizados. Medida de Carbono Orgánico Total - COT		Definir la sistemática para la realización de medidas de la concentración máscica de carbono orgánico total (COT) en gases efluentes mediante un instrumento que use detección por ionización de llama (FID). Para ello, esta instrucción técnica especifica un conjunto de requisitos mínimos de funcionamiento de dicho instrumento, junto con los procedimientos para su calibración y operación.
	IT-ATM-09	Inspecciones reglamentarias de emisiones fugitivas de partículas sedimentables y en suspensión		Definir la metodología a aplicar para la inspección y control de las emisiones difusas de acuerdo al Decreto 151/2006, de 25 de julio, por el que se establecen los valores límite y la metodología a aplicar en el control de las emisiones no canalizadas de partículas por las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.
	IT-ATM-10	Aprobación del SAM. Contenido del proyecto		Definir el contenido mínimo del proyecto que se deberá presentar para la aprobación de la instalación de un SAM.
	IT-ATM-11	Integración de los datos del SAM		Definir la sistemática a seguir para la correcta integración de los datos de los SAM a la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire.
	IT-ATM-12	SAM en instalaciones que no están obligadas por legislación específica		<p>Establecimiento de la metodología y los criterios a seguir para la realización de las actividades necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de los SAM instalados en focos de emisión de actividades que no tienen obligación de utilizar normas CEN para el control en continuo de sus emisiones a la atmósfera, salvo que el titular de la instalación voluntariamente decida el uso de normas CEN. Asimismo, se establecen los criterios para informar de los resultados obtenidos.</p> <p>Dentro de la presente instrucción técnica se establecen diferentes objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir los requisitos que deben cumplir los SAM.

LISTADO DE INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA				
Comunidad Autónoma	Codificación	Denominación	Revisión y fecha de aprobación	Objeto
Cantabria	IT-ATM-13	SAM en instalaciones que están obligadas por legislación específica		<p>- Definir los requisitos que debe cumplir el sitio para la ubicación del SAM y para su calibración con Método de Referencia Patrón (MRP).</p> <p>- Definir la sistemática a seguir para garantizar la representatividad y trazabilidad de las medidas realizadas y los valores obtenidos; en concreto, se incluye en la presente instrucción técnica lo referente al NGC2 o certificación, Ensayo Bienal de Seguimiento (EBS) o verificación externa y NGC3 o control interno.</p> <p>Establecimiento de la metodología y los criterios a seguir, para la realización de las actividades descritas en la norma UNE EN 14181:2005, para asegurar el correcto funcionamiento de los SAM en focos de emisión, así como de informar de los resultados obtenidos.</p> <p>Dentro de la presente instrucción técnica se establecen diferentes objetivos:</p> <p>- Definir los requisitos que deben cumplir los SAM.</p> <p>- Definir los requisitos que deben cumplir el sitio para la ubicación del SAM y para las medidas con MRP para su calibración.</p> <p>- Definir la sistemática a seguir para garantizar la representatividad y trazabilidad de las medidas realizadas y los valores obtenidos, en concreto, se incluye en la presente instrucción técnica lo referente al NGC2 o certificación, EAS o verificación externa y NGC3 o seguimiento interno.</p>
	IT/APCA/02	Instrucción Técnica relativa a los criterios para definir métodos de referencia para la determinación de contaminantes con métodos de muestreo manual	Orden MED 2/2013, de 25 de enero, por la que se aprueban las instrucciones técnicas en materia de control de las emisiones a la atmósfera	Establece los criterios para definir los métodos de referencia a utilizar durante las inspecciones realizadas por las entidades Colaboradoras de la Administración en materia de medio ambiente atmosférico o por el titular, en las diferentes actividades industriales, cuando se emplean métodos de muestreo manuales (captación en sonda y fijación en un soporte a analizar posteriormente o analizadores in situ portátiles).
	IT/APCA/03	Instrucción técnica relativa a los criterios para garantizar la representatividad de las tomas de muestra y medidas a realizar en un foco emisor en Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera (APCAs)	(BOC 27, 8.02.2013)	Establece los criterios para definir la representatividad de las inspecciones realizadas en los focos de emisión a la atmósfera de las actividades industriales en función de los diferentes procesos que pueden encontrarse.
	IT/APCA/05	Instrucción Técnica relativa a los criterios para la definición de superaciones de los Valores Límite de Emisión (VLE) en medidas puntuales		Establece los criterios para definir las superaciones del VLE aplicable, a partir de los resultados obtenidos de una instalación, ya sean obtenidos de una instalación, ya sean obtenidos a partir de una serie de medidas puntuales.

LISTADO DE INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA				
Comunidad Autónoma	Codificación	Denominación	Revisión y fecha de aprobación	Objeto
Castilla y León	-	Guía Técnica de Monitorización de Emisiones en Castilla y León	04.06.2019	Fija criterios y estándares para la realización del control de las emisiones, mediante el establecimiento de una serie de Recomendaciones Técnicas que definen la sistemática de toma de muestra para los distintos contaminantes, así como los criterios y formatos que contribuyan a que las medidas realizadas sean representativas y se lleven a cabo de modo que se obtengan resultados fiables y comparables con independencia de quien realice las medida.
Comunidad de Madrid	ATM-E-MC-01	Instrucción técnica para el aseguramiento de la calidad de los Sistemas Automáticos de Medida de Emisiones a la atmósfera en focos estacionarios en la Comunidad de Madrid	27.01.2011	<p>Establecer las características mínimas que deben cumplir los SAM, definiéndose unos requisitos mínimos de homologación, diseño, instalación, operación y mantenimiento, para garantizar la fiabilidad y trazabilidad de los valores medidos.</p> <p>Plantear los requisitos que habrán de cumplir las ubicaciones de los SAM y sus accesos, así como los planos de medida y plataformas para la utilización de los métodos de referencia patrón (orificios de toma de muestras, servicios y todos los complementos que, en conjunto, faciliten las operaciones de comprobación descritas en esta instrucción).</p> <p>Definir la metodología para asegurar que las mediciones realizadas por los sistemas de medición de emisiones en continuo (SMEC) son representativas de las emisiones que pretenden cuantificar y asegurar la calidad de los datos obtenidos por estos sistemas.</p> <p>Establecer unos criterios generales mínimos que deberán cumplir los sistemas de adquisición, tratamiento de datos, etc., para la generación de informes, validación y transmisión de los mismos a la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.</p> <p>Fijar el contenido mínimo de los informes que deben elaborar los laboratorios de ensayo cuando realizan las tareas que tienen encomendadas.</p>
		Fe de erratas y Preguntas más frecuentes en relación con la Instrucción Técnica para el aseguramiento de la calidad de los Sistemas Automáticos de Medida de Emisiones a la atmósfera en focos estacionarios en la Comunidad de Madrid		
	ATM-E-EC-02	Adecuación de focos estacionarios canalizados para la medición de las emisiones	12.07.2013	Establece las directrices para que el sitio de medición permita realizar un muestreo representativo de las emisiones de focos estacionarios canalizados, asegurando al personal un desenvolvimiento adecuado de su trabajo, en

LISTADO DE INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA				
Comunidad Autónoma	Codificación	Denominación	Revisión y fecha de aprobación	Objeto
				términos de seguridad y eficiencia.
	ATM-E-EC-03	Metodología para la medición de las emisiones de focos estacionarios canalizados	12.07.2013	Definir el método de referencia que se debe usar, en cada caso, para la determinación de la concentración de los contaminantes y de los parámetros auxiliares en las emisiones de focos estacionarios canalizados. Serán utilizados para evaluar el cumplimiento de los valores límite de emisión y otros requerimientos legales relativos a la cuantificación de las emisiones.
	ATM-E-EC-04	Determinación de la representatividad de las mediciones periódicas y valoración de los resultados. Contenido del informe	12.07.2013	<p>Establece criterios homogéneos para garantizar la representatividad de los controles atmosféricos en focos estacionarios canalizados en relación con el funcionamiento de los procesos productivos que generan emisiones.</p> <p>Define tareas que deben realizar los Organismos de control en relación con la planificación y ejecución de los controles de las emisiones de focos estacionarios canalizados.</p> <p>Establece los criterios a tener en cuenta para la realización de cálculos, interpretación de los resultados y determinación del cumplimiento de los VLE.</p> <p>Define el contenido mínimo de los informes y los registros necesarios relativos a los correspondientes controles de las emisiones a la atmósfera de focos estacionarios canalizados.</p>
Cataluña	IT-AT-02	Acondicionamiento de los puntos de muestreo	Rev.03 Noviembre/2016	Definir las especificaciones técnicas que tienen que cumplir los focos emisores para efectuar los controles de emisiones indicados en cualquier normativa sectorial o permiso administrativo de funcionamiento.
	ITVCA 08	Realización del control de emisiones a la atmósfera en las actividades extractivas de superficie con o sin instalaciones de tratamiento de productos minerales	2ª ed. Mayo 2004 (revisada junio 2009)	Fijar los requerimientos exigibles para el control de las emisiones a la atmósfera de las actividades extractivas de superficie con o sin instalaciones de tratamiento de productos minerales
	I.T.014	Calibrado de SAM	Rev. 5 Noviembre/2016	<p>Establecer las características mínimas que tienen que cumplir los SAM.</p> <p>Definir unos requisitos mínimos de operación y mantenimiento de SAM para garantizar la fiabilidad y trazabilidad de los valores medidos.</p> <p>Definir como se tiene que efectuar la calibración de los analizadores en continuo para asegurar que las mediciones efectuadas por estos son representativas de los gases emitidos objeto de medición.</p> <p>También, se indican los requerimientos que tendrán que cumplir las instalaciones que dispongan de estos aparatos en cuanto a plataformas para la toma de muestras, orificios de toma de muestras para los métodos de referencia, servicios y todos los complementos que en conjunto faciliten las operaciones de comprobación descritas en esta instrucción.</p>

LISTADO DE INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA				
Comunidad Autónoma	Codificación	Denominación	Revisión y fecha de aprobación	Objeto
	IT-AT-17	Selección del método de medida de las emisiones a la atmósfera. Límite de cuantificación	Rev. 03 Junio/2015	El objeto de esta instrucción técnica (IT) es indicar los métodos de medición a utilizar para la toma de muestras y análisis de las emisiones de contaminantes en actuaciones para evaluar el cumplimiento del VLE u otros requerimientos legales, así como indicar los métodos de referencia para calibrar los SAM de las emisiones.
	IT-AT-18	Gestión de los datos generados por un sistema automático de medida	Rev.02 Julio/2014	Definir el procedimiento de tratamiento de los datos generados por los sistemas automáticos de medición de las emisiones a la atmósfera.
	I.T.019	Verificación del cumplimiento del VLE en focos emisores de contaminantes a la atmósfera	Rev.02 Abril/2016	Definir los criterios para verificar el cumplimiento del VLE, tanto a partir de los datos obtenidos por un SAM de las emisiones como si se realizan medidas periódicas.
	IT-AT-20	Conexión y transmisión de datos a la Red de Emisiones Atmosféricas de Cataluña (XEAC)	Rev.01 Ene/2012	Definir el procedimiento para la conexión de los focos a la XEAC.
	IT-AT-25	Extensión del rango válido en la calibración de sistemas automáticos de medida de las emisiones de hornos de cemento que coincieran	Rev.02 Junio/2018	Definir el procedimiento de establecer el rango válido en SAM, calibrados de acuerdo a la norma UNE-EN 14181, e instalados en hornos de cemento que coincieran
Extremadura	IT-DGECA-EA-01	Instrucción técnica sobre medición en continuo de emisiones a la atmósfera	22.04.2010 v.01	Garantizar la calidad de los datos de los sistemas de medición en continuo de emisiones a la atmósfera (SMCEA). El principal criterio de calidad de los datos es el cumplimiento de los requisitos de incertidumbre de los valores medidos en continuo establecidos en la legislación vigente o por la Dirección General de Evaluación y Calidad Ambiental (DGECA).
Galicia	IT/FE/DXCAA/01	Criterios para definir valores límite de emisión	Rev: 03 Fecha: 30.08.2007	Se establecen los criterios para definir los VLE aplicables a las diferentes instalaciones. También se definen los contaminantes a considerar en cada tipo de instalación como objeto de control.
	IT/FE/DXCAA/08	Requisitos y condiciones de seguridad a contemplar en los puntos de muestreo de focos emisores a la atmósfera	Rev: 01 Fecha: 30.10.2007	Definir las condiciones mínimas de seguridad y salud para acceder y trabajar en focos emisores atmosféricos industriales, presentes en APCAs.
	IT/FE/SXCAA/09	Acondicionamiento de la sección de medida en focos emisores a la atmósfera	Rev: 04 Fecha: 07.06.2012	Establece los criterios para definir la adecuación de la sección de medida situada en el foco emisor con el fin de asegurar la fiabilidad y comparabilidad de los resultados. Así, se define la ubicación del plano de medición y la ubicación de los orificios de medida de que debe

LISTADO DE INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA				
Comunidad Autónoma	Codificación	Denominación	Revisión y fecha de aprobación	Objeto
				disponer la instalación.
	IT/FE/DXCAA/10	Criterios de representatividad	Rev: 01 Fecha: 30.10.2007	Establece los criterios para definir la representatividad de las inspecciones realizadas en las diferentes actividades APCA's en función de los diferentes procesos que pueden encontrarse, de cara a su comparación con los valores límite de emisión.
	IT/FE/SXCAA/11	Criterios para definir métodos de referencia	Rev: 02 Fecha: 07.06.2012	Establece los métodos de medición a utilizar para la toma de muestras y análisis de las emisiones de contaminantes atmosféricos de forma periódica, cuyos resultados sirven para declarar la conformidad frente a los valores límite de emisión u otros requerimientos legales. También se indica los métodos de referencia para calibrar los sistemas automáticos de medición.
	IT/FE/DXCAA/12	Certificación de los sistemas automáticos de medida de emisiones	Rev: 00 Fecha: 30.08.2007	Se establecen las características mínimas que deben cumplir los SAM, así como se definen unos requisitos mínimos de operación y mantenimiento del SAM para garantizar la fiabilidad y trazabilidad de los valores medidos. También se desarrolla como se debe realizar la calibración de los analizadores en continuo para asegurar que las mediciones efectuadas por estos son representativas de los gases emisores objeto de medición. Además se plantean los requisitos que deben cumplir las instalaciones con respecto a plataformas para la toma de muestras, orificios de toma de muestras para los métodos de referencia, servicios y todos los complementos que en conjunto faciliten las operaciones de comprobación descritas en esta instrucción.
	IT/FE/DXCAA/14	Criterios para la interpretación de resultados de medidas	Rev: 02 Fecha: 30.10.2007	Establece los criterios para definir las superaciones del VLE aplicable, a partir de los resultados obtenidos de una instalación, ya sean obtenidos a partir de una serie de medidas discretas o a partir de los datos generados por un analizador en continuo. Asimismo, también se definen criterios para comunicar de forma urgente los resultados obtenidos, en el caso de superaciones de límite así como algunos criterios de garantía de calidad asociados a los muestreos a realizar.
	IT/FE/DXCAA/15	Criterios para la verificación del cumplimiento de los valores límite de emisión	Rev: 01 Fecha: 30.10.2007	Definir los criterios para verificar el cumplimiento del VLE, tanto a partir de los datos obtenidos por un SAM de las emisiones como si se realizan medidas discretas.
	PG/FE/DXCAA/02	Regularización de focos emisores de contaminantes a la atmósfera	Ed: 02 Rev: 02 Fecha: 09.02.2009	Se recoge el proceso de regularización (autorización y notificación) de focos emisores a la atmósfera de las APCAs tal y como se define en este procedimiento y en la normativa vigente, artículo 13 de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
	PG/FE/DXCAA/03	Controles de emisión	Rev: 04 Fecha: 30.08.2007	Se recoge el proceso de control de los focos emisores a la atmósfera de las APCAs

LISTADO DE INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA				
Comunidad Autónoma	Codificación	Denominación	Revisión y fecha de aprobación	Objeto
Islas Baleares	Guía Técnica	Guía técnica por la que se establecen los métodos de referencia para la determinación de contaminantes atmosféricos por parte de organismos de control autorizados	05.02.2018	Establece un listado de métodos de referencia para la determinación de contaminantes atmosféricos por parte de organismos de control autorizados.
	Procedimiento	Procedimiento de la determinación de gases de combustión mediante sensor de células electroquímicas	05.12.2017	Establece un procedimiento para que los servicios de inspección propios de la administración y los organismos de control autorizados puedan llevar a cabo la determinación de gases de combustión mediante célula electroquímica y se entenderá como norma adicional a la norma de referencia ASTM 6522
Navarra	Orden Foral	Orden Foral 106/2014, de 8 de abril, del Consejo de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, por la que se establecen los métodos específicos para la determinación de emisiones a la atmósfera de CO, O ₂ , NO _x y SO ₂	08.04.2014	Se establecen los métodos específicos para la determinación de emisiones a la atmósfera de CO, O ₂ , NO _x y SO ₂
	IT-ATM-02	Criterios de comprobación del cumplimiento de valores límite de emisión a la atmósfera.	08.04.2014	Se fijan los criterios de comprobación del cumplimiento de valores límite de emisión a la atmósfera a partir de mediciones discretas
País Vasco	IT-01	Controles externos	Orden de 11 de julio de 2012, de la Consejera de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, por la que se dictan instrucciones técnicas para el desarrollo del Decreto 278/2011, de 27 de diciembre, por el que se regulan las instalaciones en las que se desarrollen actividades potencialmente contaminadoras	Establece los requisitos de los controles externos reglamentarios de las instalaciones donde se desarrollan APCAs.
	IT-02	Controles de las emisiones		Establece los requisitos de los sitios de medición en conductos gaseosos; los requisitos del número de mediciones y duración de cada una de ellas; los criterios relativos a las condiciones de producción en el que se deben realizar las mediciones y los criterios para seleccionar los métodos a emplear en las mediciones.
	IT-05	Sistemas de medición de emisiones en continuo (SMEC): Instalación, calibración, mantenimiento y comunicaciones		Establece los criterios de aplicación, puesta en servicio y funcionamiento de los sistemas de medición de emisiones en continuo, así como la forma de comunicación de los resultados obtenidos.
	IT-06	Sistemas de medición de emisiones en		Establece las características mínimas que deben cumplir los sistemas de medición de emisiones en continuo (SMEC), definiéndose las características de

LISTADO DE INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA				
Comunidad Autónoma	Codificación	Denominación	Revisión y fecha de aprobación	Objeto
		continuo (SMEC): Características de equipos; Secciones y sitios de medición; Y calibraciones	de la atmósfera. (BOJA 180, 14.09.12)	<p>los SAM, de los sistemas de adquisición, tratamiento y comunicación de datos (SATC) y de los gases de referencia para las verificaciones.</p> <p>Plantea los requisitos que habrán que cumplir las ubicaciones de los SAM y sus accesos, así como los planos de medición y plataformas para la utilización de los métodos de referencia patrón (orificios de toma de muestras para los métodos de referencia, servicios y todos los complementos que faciliten las operaciones de comprobación.</p> <p>Define las dos metodologías para la calibración de los sistemas automáticos de medida, dependiendo de si la instalación ha de instalarse y calibrarse de acuerdo a normas CEN o no.</p>
Región de Murcia	I.T. DGCEA. SPYEA—TM-2.9	Instrucción técnica para el registro y transmisión automática de datos relativos a la monitorización en continuo de instalaciones, actividades y/o emisiones.	Rev. 9 06/06/2017	Se establece el contenido relativo al control continuo de los datos relativos a instalaciones, actividades y/o emisiones confinadas (focos) que han de registrarse y transmitirse a la CARM, así como la frecuencia de su registro y transmisión y el procedimiento básico de transmisión de los datos a la CARM.
	I.T. DGMA SPYEA-ATM-3.0	Instrucción técnica para el aseguramiento de la calidad de los datos de los sistemas automáticos de medición	Rev. 1 13/08/2015	Se establecen y completan los procedimientos de garantía de calidad descritos en la norma europea UNE-EN 14181 aplicables a cualquier SAM instalado para la monitorización en continua de sustancias contaminantes y determinados parámetros, y se facilita su aplicación a los principales agentes implicados (laboratorios de ensayo y titulares de instalaciones).

Anexo VII. Glosario de términos

AAI	Autorización Ambiental Integrada	DEI	Directiva de Emisiones Industriales
AENOR	Asociación Española de Normalización	Documento BREF	Documento sobre Mejores Técnicas Disponibles
AFNOR	<i>Association française de Normalisation</i>	EMEP	<i>European Monitoring and Evaluation Programme</i> de la CEPE
APCA	Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera	EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>	ENAC	Entidad Nacional de Acreditación
BAT	Mejores técnicas disponibles (<i>Best Available Techniques</i>)	EPA	<i>U.S. Environmental Protection Agency</i>
BAT-AEL	Niveles de emisión asociados a esas mejores técnicas disponibles (<i>emission levels associated with the best available techniques</i>)	eSPIRS	Sistema de recuperación de información de las plantas Seveso
CEN	Comité Europeo de Normalización	Fuentes difusas	Aquellas instalaciones o zonas en las que el contaminante pasa al aire al ser arrastrado por el viento o se difunde a la atmósfera como consecuencia de operaciones de manipulación y transporte de materiales en lugares no cerrados. Estas fuentes no se localizan, por tanto, en un único sitio de descarga
CEPE	Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas	Fuentes puntuales	Aquellas fuentes en las que el contaminante está en una corriente gaseosa generada artificialmente (por ejemplo, la chimenea de un horno) que descarga en una localización específica
CIS	Acrónimo inglés de la Comunidad de Estados Independientes, formada por Armenia, Azerbaiyán, Bielorrusia, Georgia, Kazajistán, Kirguistán, Moldavia, Rusia, Tayikistán, Uzbekistán y Ucrania, y Turkmenistán como miembro asociado	GEI	Gases de Efecto Invernadero
COP	Contaminantes Orgánicos Persistentes	GIC	Grandes instalaciones de combustión (<i>LCP Large Combustion Plants</i>)
	Sustancias químicas persistentes, bioacumulables, altamente tóxicas y que tienen potencial para transportarse a larga distancia	ICAS	<i>Intersociety Committee of Air Sampling</i>
CORINAIR	<i>CORe INventory of AIR emissions</i>	INST	Instituto Nacional de Higiene en el Trabajo
		IT	Instrucción técnica

IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático		(Pollutant Release and Transfer Registers)
IPPC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático	SAM	Sistema Automático de Medida. Sistema de medida instalado permanentemente en un punto para la medida en continuo de emisiones
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>		
LD	Límite de detección. La cantidad más baja detectable de un compuesto		Un SAM es un método que es trazable a un método de referencia
LOQ	Límite de cuantificación La cantidad más baja cuantificable de un compuesto		Aparte del analizador, un SAM incluye dispositivos para toma de muestras (por ejemplo sonda, líneas de gas de muestreo, medidores de flujo, reguladores, bombas) y para acondicionamiento de la muestra (por ejemplo filtro de partículas, dispositivos de eliminación de humedad, convertidores, diluidores). Esta definición también incluye dispositivos de ensayo y ajuste que se requieren para las verificaciones regulares de funcionamiento.
Medición en discontinuo o puntual	Determinación puntual de determinados parámetros en un periodo de tiempo limitado		[Norma UNE-EN 14181:2005]
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica		
MRP	Métodos de referencia patrón		
MTD	Mejores Técnicas Disponibles		
	La fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir la base de los valores límite de emisión y otras condiciones del permiso destinadas a evitar, o, cuando ello no sea practicable, reducir las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente		
NGC	Niveles de garantía de calidad		
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>		
Nm ³	Unidad de volumen (m ³) tomada en condiciones normales (0°C y 1 atm)		[Norma UNE-EN 14181:2005]
OCA	Organismos de Control Autorizados		
PRTR	Registro de Emisiones y Fuentes Contaminantes		
		SAM extractivo	Sistema Automático de Medida que tiene la unidad de detección separada físicamente de la corriente de gas, mediante un sistema de medida
			[Norma UNE-EN 14181:2005]
		SAM no extractivo	Sistema Automático de Medida que tiene la unidad de detección en la corriente de gas o en una parte de ella
			[Norma UNE-EN 14181:2005]
		SATC	Sistemas de adquisición, tratamiento y comunicación de datos
		SMEC	Sistemas de medición de emisiones en continuo

SNAP	<i>Selected Nomenclature for Air Pollution</i>
SNCR	<i>Selective Non-Catalytic Reduction</i>
UNE	Una Norma Española
UNECE	Comisión Socioeconómica de las Naciones Unidas para Europa (<i>The United Nations Economic Commission for Europe</i>)
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>)
VLE	Valor Límite de Emisión
WI	Plantas de incineración o co-incineración

Anexo VIII. Bibliografía y referencias

Legislación de referencia

- Instrumento de ratificación del convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989. (BOE nº 227, de 22 de septiembre de 1994).
- Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (BOE nº 172, de 20 de julio de 1999).
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (BOE nº 157, de 2 de julio de 2002).
- Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades (BOE nº 33, de 7 de febrero de 2003).
- Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos. (BOE nº 142, de 14 de junio de 2003).
- Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo (BOE nº 69, de 20 de marzo).
- Reglamento 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2006, relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes y por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE del Consejo (DOUE nº L33/1, de 4 de febrero de 2006).
- Decreto 151/2006, de 25 de julio, por el que se establecen los valores límite y la metodología a aplicar en el control de las emisiones no canalizadas de partículas por las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera (BOJA nº 147, de 1 de agosto de 2006).
- Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire). (DOUE nº 108, de 25 de abril de 2007)
- Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas (BOE nº 96, de 21 de abril de 2007).
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera (BOE nº 275, de 16 de noviembre de 2007).
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. DOUE nº L 312/3, de 22 de noviembre de 2008.

- Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo (BOE nº 163, de 6 de julio de 2010).
- Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación) (DOUE L 334, de 17 de diciembre de 2010).
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación. (BOE nº 25, de 29 de enero de 2011).
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire (BOE nº 25, de 29 de enero de 2011).
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. (BOE nº 181, de 29 de julio de 2011)
- Decisión de ejecución de la Comisión 2012/119/UE de 10 de febrero de 2012 por la que se establecen normas en relación con las guías sobre la recogida de datos y las orientaciones sobre la redacción de documentos de referencia MTD y sobre su aseguramiento de la calidad a que se refiere la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las emisiones industriales. (DOUE nº 63, de 02 de marzo de 2012).
- Reglamento (UE) nº 600/2012 de la Comisión, de 21 de junio de 2012, relativo a la verificación de los informes de emisiones de gases de efecto invernadero y de los informes de datos sobre toneladas-kilómetro y a la acreditación de los verificadores de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo Texto pertinente a efectos del EEE. (DOUE nº 181, de 12 de julio de 2012).
- Reglamento (UE) nº 601/2012 de la Comisión, de 21 de junio de 2012, sobre el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en aplicación de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo Texto pertinente a efectos del EEE. (DOUE nº 181, de 12 de julio de 2012).
- Decisión de ejecución de la comisión 2013/163/UE de 26 de marzo de 2013 por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) para la fabricación de cemento, cal y óxido de magnesio conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las emisiones industriales. (DOUE nº 100, de 9 de abril de 2013).
- Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. (BOE nº 140, de 12 de junio de 2013).
- Reglamento (UE) nº 525/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2013, relativo a un mecanismo para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y para la notificación, a nivel nacional o de la Unión, de otra información relevante para el cambio climático, y por el que se deroga la Decisión nº 280/2004/CE (DOUE nº 165, de 18 de junio de 2013).

- Decisión nº 529/2013/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2013, sobre las normas contables aplicables a las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes de actividades al uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura y sobre la información relativa a las acciones relacionadas con dichas actividades (DOUE nº 165, de 18 de junio de 2013).
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002. (BOE nº 251, de 19 de octubre de 2013).
- Reglamento de Ejecución (UE) nº 749/2014 de la Comisión, de 30 de junio de 2014, relativo a la estructura, el formato, los procesos de presentación de información y la revisión de la información notificada por los Estados miembros con arreglo al Reglamento (UE) nº 525/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo (DOUE nº 203, de 11 de julio de 2014).
- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación. (BOE nº 316, de 31 de diciembre de 2016).
- Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. (DOUE nº 150, de 14 de junio de 2018).
- Decisión de ejecución (UE) 2018/1135 de la Comisión de 10 de agosto de 2018 por la que se establecen el tipo, el formato y la frecuencia de la información que deben comunicar los Estados miembros sobre la aplicación de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las emisiones industriales. (DOUE nº 205, de 14.08.2018).
- Reglamento de Ejecución (UE) 2018/2066 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2018, sobre el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en aplicación de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y por el que se modifica el Reglamento (UE) nº 601/2012 de la Comisión. (DOUE nº 334, de 31 de diciembre de 2018).

Referencias bibliográficas

- AEA (2011). *Analysis of the reports submitted by Member States on the implementation of Directive 2008/1/EC, Directive 2000/76/EC, Directive 1999/13/EC and further development of the web platform to publish the information. Report on subtask 3.2: Analysis of Member States implementation of IPPC and WI Directives. Part II: Member States reports on their implementation of the Waste Incineration (WI) Directive 2000/76/EC for the period 2006 - 2008 - Final Report* “. Comisión Europea.
- Agencia Europea de Medio Ambiente (2016). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. “Manufacturing industries and construction (combustion)” y “Cement production”*.
- Agencia Europea de Medio Ambiente (2019). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. “Manufacturing industries and construction (combustion)” y “Cement production”*.
- Amec Foster Wheeler Environment & Infrastructure UK Ltd in colaboración con Millie Ltd (2016). *Assessment and Sumary of Member States’ implementation reports for the IED, IPPCD, SED and WID*. Comisión Europea.
- Comisión Europea (2005). *Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Un paso adelante en el consumo sostenible de recursos: estrategia temática sobre prevención y reciclado de residuos*. COM(2005) 666 final.
- Comisión Europea (2010). *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN Europa 2020. Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador*. COM(2010) 2020
- Comisión Europea (2010). *“Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries”* (BREF del cemento, cal y óxidos de magnesio).
- Comisión Europea (2011). *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES. Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos*”. COM FINAL 2011/571.
- Comisión Europea (2011). *Guidelines on the interpretation of the R1 energy efficiency formula for incineration facilities dedicated to the processing of Municipal Solid Waste according to Annex II of Directive 2008/98/EC on waste*.
- Comisión europea (2012). *Guidance on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98/EC on waste*.
- Comisión Europea (2013) *“Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide”* (BREF del cemento, cal y óxidos de magnesio).
- Comisión Europa (2014). *Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las regiones. “Hacia una economía circular: un programa cero residuos para Europa”*. COM(2014) 398 final.

- Comisión Europea (2015). *Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*. COM(2015) 614 final.
- Comisión Europea (2015). *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO, AL COMITÉ DE LAS REGIONES Y AL BANCO EUROPEO DE INVERSIONES Estrategia Marco para una Unión de la Energía resiliente con una política climática Prospectiva*. COM (2015) 80 final.
- Comisión Europea (2015). *Propuesta de DIRECTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE, sobre los residuos*. COM(2015) 595 final.
- Comisión Europea (2017). *Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las regiones: El papel de la transformación de los residuos en energía*.
- Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente (2003). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de Fabricación de Cemento*.
- Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente (2003). *Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). Documento de referencia de los principios generales de Monitorización. Documento BREF*.
- Dirección General de Medio Ambiente, Comisión Europa (2006). *Guía para la implantación del E-PRTR. Comisión Europea*.
- Environmental Agency (United Kingdom) (2012). *Pollution inventory reporting – cement and lime guidance note*. Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2010, Regulation 60(1). Versión 4, diciembre 2012.
- Holcim Groun Support Ltd & Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (2006). *Guidelines on co-processing waste materials in cement production. The GTZ-Holcim public private partnership*.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2018). *INFORMATIVE INVENTORY REPORT, Submission to the Secretariat of the Geneva SPAIN Convention and EMEP Programme (1990-2016)*
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2018). *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto invernadero (serie 1990-2016)*.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2018). *Tablas total nacional por SNAP*.
- Ministerio de Medio Ambiente (2007). *Plan Nacional de Aplicación (PNA) del Convenio de Estocolmo y del Reglamento 850/2004/CE, sobre COP*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2011). *Guía de la normativa estatal sobre emisiones a la atmósfera. Ley 34/2007 y Real Decreto 100/2011*.
- Ministerio para la Transición Ecológica (2019). *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto invernadero (serie 1990-2017)*.

- Ministerio para la Transición Ecológica (2019). *INFORMATIVE INVENTORY REPORT, Submission to the Secretariat of the Geneva SPAIN Convention and EMEP Programme (1990-2017)*.
- Ministerio para la Transición Ecológica. Sistema Español de Inventario de Emisiones. *Metodologías de estimación de emisiones. Fabricación de cemento (combustión)*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/SEI-Metodologias.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica. *Sistema Español de Inventario de Emisiones. Metodologías de estimación de emisiones. Fabricación de cemento (proceso de descarbonatación)*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/SEI-Metodologias.aspx>
- Ruiz, M. Luisa, Martínez, M. Ángeles y de la Torre, Adrián (2005). *Estudio y resultados de la participación del sector cementero español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000 – 2003)*. Ciemat, Ministerio de Educación y Ciencia. Editado por Begoña Fabrellas.
- OFICEMEN (2009). *Estudio de métodos de medición, cálculo y estimación para las emisiones de las sustancias PRTR adecuados al sector del cemento en España*.
- OFICEMEN (2013). *Guía de métodos de medición y factores de emisión del sector cementero en España*.
- OFICEMEN (2017). *Anuario del sector cementero español 2016*.
- OFICEMEN (2017). *Guía de métodos de medición y factores de emisión del sector cementero en España*.
- PNUMA (2012). *Convenio de Basilea. Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento*.
- United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC. *Manual del sector de la energía: Quema de combustibles*. Grupo Consultivo de Expertos sobre las comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención (GCE).
- U.S. EPA (1995). “AP-42 *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 11.6 Portland Cement Manufacturing*”.
- Verein Deutscher Zementwerke, VDZ (2018) “*Environmental Data of the German Cement Industry 2017*”.
- WBCSD (2012). *Guidelines for Emissions Monitoring and Reporting in the cement industry*.

Páginas web visitadas

- Comisión Europea, Circular Economy: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm
- European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR). <https://prtr.eea.europa.eu/#/home>

- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR-España). <https://www.prtr-es.es>
- The European Cement Association (CEMBUREAU). <https://cembureau.eu/>
- World Bussiness for Sustainble Development-Cement Sustainability Initiative (WBSCD-CSI). <https://www.wbcd.org/>

