



Consulnima
Consultoría e Ingeniería Ambiental



oficemen
Agrupación de fabricantes de cemento de España

Guía de Métodos de medición y Factores de emisión del sector cementero en España



Julio 2017

EQUIPO DE TRABAJO Y REDACCIÓN:

- Pedro Mora Peris, Oficemen
- Sonia Silva Segovia, Oficemen
- Marina Romay Díaz ,Oficemen
- Lola Iturralde Pardo, Consulnima
- Virginia Villa Jiménez, Consulnima
- Isabel de Lucas Martín, Consulnima

ISBN 13: 978-84-697-7112-9

Í N D I C E

1. Objeto y alcance de esta guía.....	4
2. Marco legal.....	4
2.1. Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes: PRTR-España.....	4
2.2. Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera.....	6
2.3. La Directiva de Emisiones Industriales y la legislación IPPC en España.....	8
2.4. Contaminantes Orgánicos Persistentes.....	12
3. Información general sobre la industria del cemento en España.....	14
4. Proceso de fabricación del cemento.....	17
5. Aspectos ambientales de la fabricación del cemento.....	18
6. Control de los vertidos de aguas residuales en la industria cementera.....	19
7. Control de las emisiones a la atmósfera en la industria cementera.....	20
8. Medición de emisiones a la atmósfera.....	22
8.1. Medición en continuo.....	26
8.1.1. Introducción.....	26
8.1.2. Seguimiento y control de las emisiones atmosféricas mediante Sistemas Automáticos de Medición. Orientaciones para el mantenimiento, operación y tratamiento de datos.....	28
8.1.3. Condiciones de operación diferentes a las normales.....	32
8.1.4. Aplicación de la norma UNE-EN 14181 sobre aseguramiento de la calidad de los SAM.....	34
8.1.5. Determinación de la carga contaminante a partir de datos obtenidos mediante Sistemas Automáticos de Medida.....	40
8.2. Medición en discontinuo o puntual.....	44
8.2.1. Determinación de la carga contaminante a partir de sistemas de muestreo y análisis puntuales o en discontinuo.....	44
8.3. Límite de detección y límite de cuantificación.....	45
8.4. Métodos de medición de las emisiones a la atmósfera de la industria del cemento.....	47
9. Cálculo de emisiones a la atmósfera: Factores de emisión.....	49
9.1. Determinación de la carga contaminantes a partir del cálculo.....	49
9.2. Descripción de la metodología para el cálculo de los factores de emisión para hornos propios del sector cementero español.....	50
9.2.1. Antecedentes y objeto.....	50
9.2.2. Metodología.....	51
9.2.3. Cálculo de los factores de emisión.....	51
9.2.4. Información recibida de las empresas cementeras españolas.....	52
9.2.5. Análisis estadístico de los datos.....	53
9.2.6. Valores por debajo del límite de detección.....	53
9.2.7. Representatividad de los factores de emisión calculados.....	53
9.3. Estudio comparativo de las emisiones del sector cementero español incluidas en el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera y las calculadas a partir de los factores de emisión propuestos en la presente guía.....	54
Anexo I. Conversión de unidades en la determinación de la carga contaminante a partir de medidas en continuo o puntuales.....	55
Anexo II. Métodos de medición de las emisiones a la atmósfera de la industria del cemento.....	58
Anexo III. Factores de emisión de los hornos de la industria del cemento.....	84
Anexo IV. Cuestionario y herramienta estadística para la recogida de información de Oficemen.....	108
Anexo V. Listado de instrucciones técnicas de las comunidades autónomas sobre control de emisiones a la atmósfera.....	118
Anexo VI. Glosario de términos.....	125
Anexo VII. Bibliografía y referencias.....	127

1. Objeto y alcance de esta guía

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 sobre las cuales el sector cementero español 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

En el caso del sector cementero español, las obligaciones de información de las sustancias contaminantes emitidas a la atmósfera derivan fundamentalmente del **Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes** y el **Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera**.

Por otro lado, la **Directiva de emisiones industriales (DEI)** y la legislación **IPPC** española establecen la obligación de obtener un permiso para la operación de las fábricas de cemento en el que la autoridad competente, además, de imponer valores límite de emisión, incluye requisitos en materia de control de emisiones (metodología de medición, frecuencia...).

2.1. Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes: PRTR-España

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 el Real Decreto 102/2011³, son las normas que regulan el registro español y las obligaciones para con el registro europeo y demás requisitos internacionales.

¹ DOCE L33, de 4.02.2006, pág. I.

² BOE n° 96, de 21.04.2007, pág. 17686.

³ BOE n° 25, de 29.01.2011, pág. 9593.

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 los complejos industriales que se encuentran integrados en el Registro PRTR-España, de acuerdo con 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 contaminación⁴, incluidos en su anexo I, se encuentra:

- La fabricación de cemento por molienda con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias.
- La 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.

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.).

⁴ BOE n° 316, de 31.12.2016, pág. 91806.

- 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 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 Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), quién publicará aquellos datos que superan los valores umbrales de información pública establecidos para cada sustancia en el anexo II del Real Decreto 508/2007, mediante su difusión por internet a través del Registro PRTR-España (www.prtr-es.es).

Es importante destacar que los umbrales PRTR no son límites legales ni implican ningún incumplimiento normativo. Los umbrales PRTR, fijados en el anexo II del Real Decreto 508/2007, son una línea de corte que marca si los datos notificados serán públicos o no. El hecho de que un establecimiento supere uno o más umbrales de información pública no significa un incumplimiento de sus valores límites de emisión (VLE) establecidos en su autorización ambiental. Por tanto, la obligación del complejo es notificar las emisiones al aire, agua y suelo en cualquier caso, tanto si supera el umbral, como si no. Los datos notificados sólo serán públicos posteriormente si se superan los umbrales PRTR.

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, 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/>).

2.2. Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera

El **Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones de Contaminantes 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 regulados por el Protocolo de Kyoto del Convenio Marco sobre Cambio Climático, así como otros contaminantes incluidos en el Convenio de Ginebra de Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia, el Convenio de Estocolmo sobre eliminación o reducción de Compuestos Orgánicos Persistentes y la Directiva de Techos Nacionales de Emisión, 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, desarrollado según la metodología EMEP/CORINAIR⁵-IPCC⁶.

⁵ EMEP: *European Monitoring and Evaluation Programme* de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE).

⁶ IPCC: Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático.

Tabla I. Contaminantes incluidos en el Inventario Nacional y obligaciones de información en el marco legal vigente.

Contaminantes	Inventario Base Nacional	Convenio Marco Cambio Climático	Convenio de Ginebra	Directiva de Techos
SO ₂	•	•	•	•
NO _x	•	•	•	•
CO ₂	•	•		
CH ₄	•	•		
N ₂ O	•	•		
COVNM	•	•	•	•
CO	•	•	•	
NH ₃	•		•	•
PARTÍCULAS ^(a)	•		•	
METALES PESADOS ^(b)	•		•	
COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES ^(c)	•		•	
OTROS	• HFCs • PFCs • SF ₆	• HFCs • PFCs • SF ₆		

^(a) Partículas en suspensión totales (PST), partículas de diámetro aerodinámico inferior a 10 micras (PM₁₀) y partículas de diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras (PM_{2,5})

^(b) As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn

^(c) Hexaclorociclohexano (HCH), pentaclorofenol (PCP), hexaclorobenceno (HCB), tetraclorometano (TCM), tricloroetileno (TRI), tetracloroetileno (PER), triclorobenceno (TCB), tricloroetano (TCE), dioxinas y furanos (PCDD + PCDF), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

Fuente: Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 1990-2012. Documento resumen. Mayo 2014 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.

El inventario nacional cubre prácticamente la totalidad de las actividades contempladas en la nomenclatura SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*) desarrollada en el proyecto EMEP/CORINAIR y que ha sido armonizada con la nomenclatura de categorías fuente de actividades emisoras del IPCC/OCDE. Entre las actividades cubiertas están las siguientes:

030311 Cemento (combustión)
040612 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 se aplica en el inventario 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 gases de efecto invernadero.

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 realizados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

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

2.3. 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 transposición 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.

El nuevo 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:

“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 esta 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 contaminación y que integra en un texto único las sucesivas modificaciones introducidas en la Ley 16/2002, de 1 de julio, a través de una serie de leyes entre las que se incluye la Ley 5/2013, de 11 de junio, que transpone en parte la Directiva de emisiones industriales 2010/75/UE, y, 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**⁷, y, completa a su vez, la transposición de los preceptos de carácter técnico de la Directiva 2010/75/UE a nuestro acervo legislativo. Según se establece en el Real Decreto 815/2013 desde el punto de vista técnico se incorporan a este RD las previsiones de la Directiva 2010/75/UE 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, cuyas prescripciones técnicas y valores límite de emisión se especifican en los anexos correspondiente

Este Real Decreto 815/2013 de 18 de octubre de emisiones industriales establece la distinción clara entre actividades de co-incineración y actividades de incineración de residuos, con definiciones distintas para ambas actividades según el artículo 2:

2.14 Instalación de co-incineración de residuos: 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.

2.17 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.

Y con valores límite de emisión distintos para ambas actividades recogidos en su Anejo 2 “Disposiciones técnicas para instalaciones de incineración o co-incineración de residuos” donde en la su parte 2 se incluyen 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
 2. Se definen los valores límites de emisión para instalaciones de combustión que co-incineren residuos
 3. Disposiciones especiales para instalaciones de co-incineración de residuos en sectores industriales no incluidos en el apartado 1 ni en el apartado 2 anteriores,
- y, en la parte 5 se incluyen los valores límite de emisión a la atmósfera para las instalaciones de incineración de residuos

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

⁷ BOE nº 251, de 19.10.2013, pág. 85173.

En la siguiente tabla se recoge el contenido de la autorización ambiental integrada:

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. - 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 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 1254/1999, de 16 de julio, 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 precisa que la AAI debe contener, en su caso, el número de gestor y productor de residuos.

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 autorización ambiental integrada establecido en el Real Decreto legislativo 1/2016.

Una de las principales novedades que introduce la DElel 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 mejores técnicas disponibles, concepto que ya existía en la legislación anterior, y, especialmente, los documentos de conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles.

“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.”

Las mejores técnicas disponibles 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 mejores técnicas disponibles (*"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 mejores técnicas disponibles 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 según la Directiva, 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 en la autorización ambiental integrada de los valores límite de emisión, 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 mejores técnicas disponibles, sin prescribir la utilización de una técnica o tecnología específica.

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 dispone que los niveles de emisión asociados a las mejores técnicas disponibles incluidos en las Conclusiones relativas a los documentos de referencia MTD, están definidos para "condiciones normales de funcionamiento": «niveles de emisión asociados con las mejores técnicas disponibles»: 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 período de tiempo, en condiciones de referencia específicas.

Esos niveles de emisión asociados a las MTD no son graduaciones fijas sino que se establecen entre un máximo y un mínimo, a tal efecto la 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, 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.

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 en condiciones de funcionamiento normales (incluyendo tanto la tecnología utilizada como la forma en que la instalación está diseñada, construida, mantenida, explotada y paralizada”.

Según el art. 7.5 de la Ley 16/2002 (actualizado por la Ley 5/2013), 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:

- 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 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 ⁸.

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.

2.4. Contaminantes Orgánicos Persistentes

Consciente de que los compuestos orgánicos persistentes (COP) plantean peligros importantes y cada vez mayores a la salud humana y al medio ambiente, en 1995, el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), pidió que se iniciara un proceso de evaluación de una lista inicial de 12 COP y que el Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química (FISQ), elaborara

⁸ DOUE L100/I, de 9.04.2013.

recomendaciones respecto de la adopción de medidas a nivel internacional, incluido un instrumento internacional jurídicamente vinculante.

Así nació el Convenio de Estocolmo, un tratado internacional que tiene como finalidad proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes, fijando para ello medidas que permitan eliminar, y cuando esto no sea posible, reducir las emisiones y las descargas de estos contaminantes. El convenio se firmó en mayo de 2001 y entró en vigor el 17 de mayo de 2004.

El Convenio de Estocolmo sobre COP proporciona un marco, basado en el principio de cautela, que persigue garantizar la eliminación segura y la disminución de la producción y el uso de estas sustancias nocivas para la salud humana y el medio ambiente. El convenio afectaba inicialmente a 12 COP prioritarios, pero el objetivo a largo plazo es que abarque otras sustancias. Actualmente, la lista inicial de los 12 COP se ha incrementado con 9 COP más.

El Convenio es un instrumento internacional jurídicamente vinculante que establece tres líneas de compromiso:

- La prohibición de la fabricación y uso de los productos COP que se mencionan en su anexo A, como los policlorobifenilos (PCB), ampliamente empleados como dieléctricos, y otras sustancias, como aldrina, endrina, y otras sustancias que se emplean principalmente como insecticidas o plaguicidas.
- Las restricciones al uso de algunos productos COP para los que puede haber exenciones identificados en anexo B: como el DDT, por su necesidad como instrumento de control de enfermedades transmisibles.
- Las medidas a tomar para minimizar las emisiones no intencionales de las sustancias identificadas en el anexo C, por ejemplo, dioxinas y furanos o hexaclorobenceno.

La aplicación en Europa de los requisitos del Convenio de Estocolmo se ha realizado a través del Reglamento 850/2004/CE sobre COP, que va más allá del convenio, y de otra legislación específica y así como de planes nacionales que regulan la gestión de residuos para que ésta se realice en condiciones que minimicen la emisión potencial de COP.

De acuerdo con el Reglamento 850/2004/CE, se elaborarán y mantendrán inventarios de emisiones a la atmósfera, a las aguas o a los suelos de las sustancias incluidas en el Anexo III, entre las que se encuentran las dioxinas, furanos, PCB, hexaclorobenceno e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

En España, en febrero de 2007 se aprobó el Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo y el Reglamento 850/2004, sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, que ha sido revisado y actualizado en 2013. Este Plan define que la aplicación del convenio en España para el sector cementero se concreta en garantizar que la incineración y co-incineración de residuos se efectúe de acuerdo con el Real Decreto 653/2003 (recientemente derogado por 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).

En cuanto a la información disponible acerca de las emisiones de hexaclorobenceno, el plan destaca que únicamente se dispone de estimaciones de emisiones en los dos principales inventarios existentes en España, el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera y el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, PRTR-España.

En el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera sólo se dispone de datos de unos pocos subsectores de actividad, entre los que no se encuentra el sector cementero: hornos eléctricos de acerías, tráfico marítimo internacional, incineración de residuos municipales y emisiones difusas por el uso de pesticidas en aplicaciones agrícolas. En todos los casos los factores de emisión utilizados son datos estimados o basados en un número muy pequeño de mediciones, lo que resta exactitud y representatividad a los mismos.

3. Información general sobre la industria del cemento en España

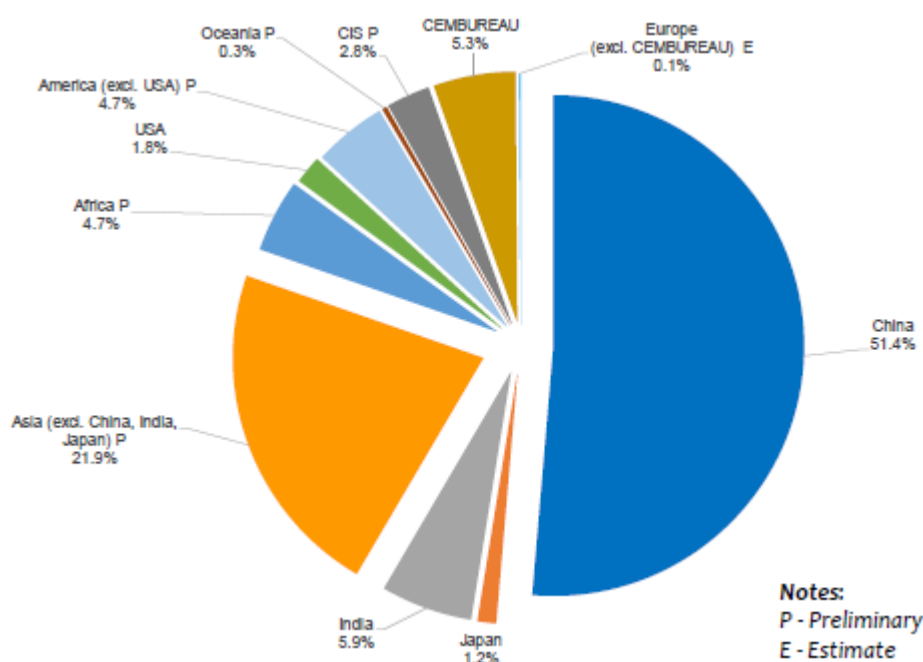
El cemento es un material inorgánico, no metálico y finamente molido, que cuando se mezcla con agua y áridos forma una pasta que fragua y endurece (morteros y hormigones). Este endurecimiento hidráulico se debe principalmente a la formación de silicatos hidratados como resultado de la reacción entre 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 2015 fue de 4,6 billones de toneladas. La producción creció progresivamente en todas las regiones hasta 2007, momento en el que comienza a disminuir en Europa y los países del CIS⁹, 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-27.

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 1. Producción de cemento en el mundo. 2015(%)



Fuente: Cembureau

⁹ 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

Durante 2015, la producción global de clínker gris en España alcanzó una cifra de 16,86 millones de toneladas, lo que supuso un incremento del 2,6% respecto a 2014. Por otro lado, la producción de cemento gris alcanzó los 14,26 millones de toneladas, lo que significó un aumento del 2,1% respecto al ejercicio anterior.

El consumo de cemento también presentó un comportamiento más positivo que en años anteriores, pues se situó a finales de año en 11,47 millones de toneladas, con un crecimiento del 5,9%.

En términos *per cápita*, durante 2015 en España se consumieron unos 247 kg de cemento por habitante. Este nivel de consumo *per cápita* hace retroceder a España casi 50 años, a niveles de 1962 cuando se situaba en torno a 241 kg por habitante y año.

En la EU28 en su conjunto, la producción de cemento en 2015 se incrementó ligeramente pasando de 166,8 Mt en 2014 a 167,2 Mt en 2015.

En cuanto a número de instalaciones integrales (con hornos de clínker y molinos de cemento), en 2007 ascendían a 268 en la UE-27, lo que suponía un total de 377 hornos, aunque no todos están en funcionamiento de forma simultánea. Además, existían dos plantas de producción de clínker sin molino y 90 instalaciones únicamente de molienda de cemento.¹⁰

Aproximadamente el 90% de la producción de cemento en la Unión Europea era vía seca en 2007. Del resto, el 7,5% lo constituían hornos de vía semiseca o semihúmeda y el 2,5% hornos de vía húmeda.

En España a 31 de diciembre de 2013, el sector de la fabricación de cemento está constituido por 13 empresas y la producción se realiza en 34 fábricas integrales, existiendo además plantas donde únicamente se realiza la molienda del cemento. La distribución geográfica de estas fábricas se puede apreciar en la siguiente figura.

¹⁰ "(BAT) Reference Document for the production of Cement, Lime and Magnesium Oxide" (documento BREF del cemento, cal y óxidos de magnesio). Comisión Europea. 2013.

Figura 2. Distribución geográfica de las fábricas de cemento en España por grupo empresarial.



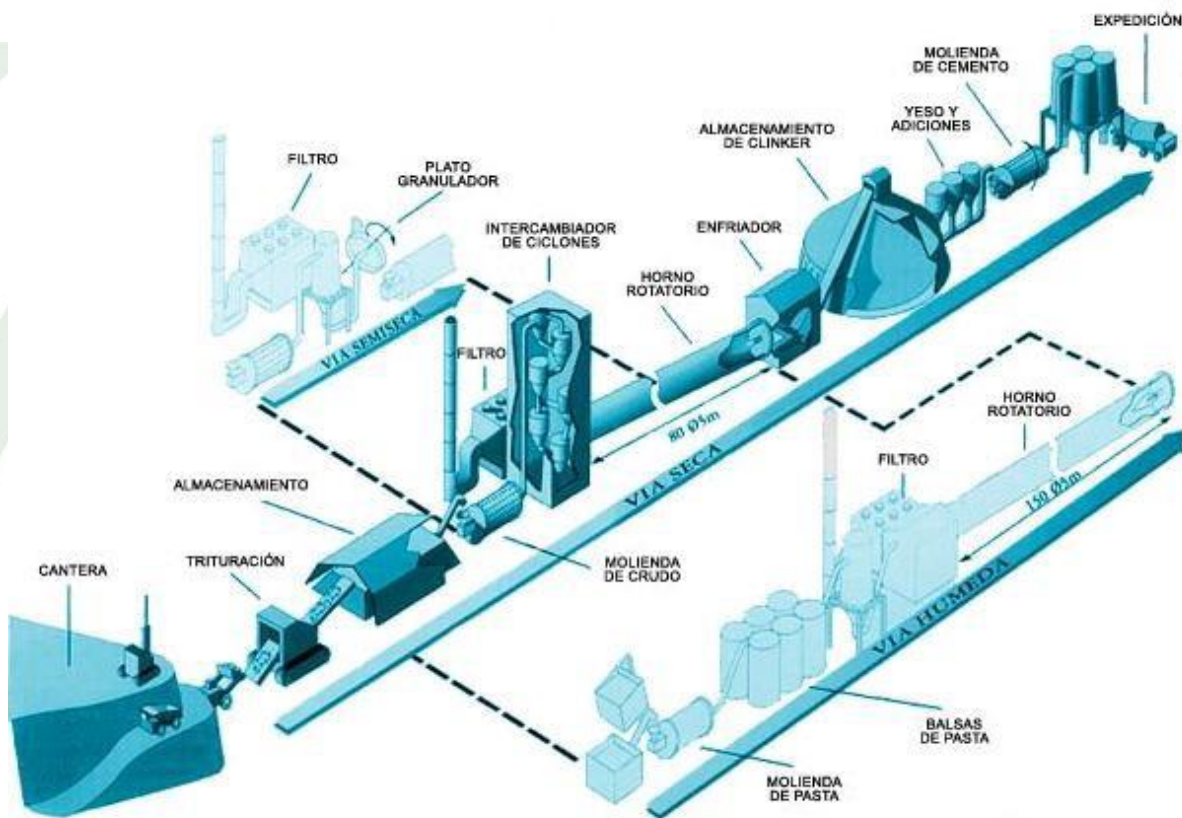
Actualmente, todos los hornos existentes en España son de vía seca.

El destino mayoritario del consumo de cemento en España en 2015 ha continuado con la tendencia de años previos, siendo la obra civil el consumidor mayoritario de cemento. Prueba de ello es que el 61% del consumo se ha destinado a obra civil frente al 39% destinado a edificación. Solo en vivienda se consumió en 2015 el 18% del cemento, mientras que la edificación no residencial se situó en el 21%.

4. Proceso de fabricación del cemento

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

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del cemento



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.¹¹

En la “Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento” y en el documento BREF 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.

¹¹ Fuente: Guía de Mejores técnicas disponibles en España de fabricación de cemento

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, temperatura, conductividad, nitratos, nitritos, etc., que no son sustancias PRTR. 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.
- 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.

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, de la lista de sustancias contaminantes emitidas a la atmósfera incluida en el Anexo II de la Directiva de Emisiones Industriales, se consideran relevantes en el caso de la fabricación de cemento, incluyendo el uso de residuos como sustitutos de materias primas y combustibles:

- Óxidos de nitrógeno (NO_x) y otros compuestos de nitrógeno.
- Dióxido (SO₂) de azufre y otros compuestos de azufre.
- Partículas, incluidas las partículas finas.
- 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).
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de carbono (CO₂).

Por otro lado, el Reglamento n° 166/2006 de la UE, el Real Decreto 508/2007 y el RD legislativo 1/2016 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.

No obstante, y de forma genérica, cada actividad industrial suele estar asociada a emisiones de determinados contaminantes. Así, en el apéndice 4 de la “Guía para la implantación del E-PRTR” 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).
- Cloro y compuestos inorgánicos (HCl).
- Flúor y compuestos inorgánicos (HF).
- Partículas (PM₁₀)

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

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

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}).
- PCDD+PCDF (dioxinas+furanos) (como Teq).

- Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

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 autorización ambiental integrada 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 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 4. Caracterización de emisiones a la atmósfera. Parámetros de control del horno¹²

Objeto	Parámetro
Control operacional del horno	Presión (en kPa)
	Temperatura (en grados centígrados)
	Contenido en oxígeno (en %)
	Caudal
	Partículas
	Monóxido de carbono (CO) (*)
	Óxidos de nitrógeno (NO _x)
	Dióxido de azufre (SO ₂)

(*)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).

¹² “(BAT) Reference Document for the production of Cement, Lime and Magnesium Oxide” (documento BREF del cemento, cal y óxidos de magnesio). Comisión Europea. 2013.

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).

En el caso de los hornos que coincineran residuos, de acuerdo con la normativa estatal y las AAI emitidas, los contaminantes que suelen medirse en continuo son monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas totales, carbono orgánico total, cloruro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno.

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 “Assessment and Sumary of Member States’ implementation reports for the IED, IPPCD, SED and WID”¹³, en el periodo 2012-2013 un total de 21 estados miembros han aplicado exenciones en Europa, en los valores límite de emisión de NOx, SOx, partículas y COT. Otras exenciones aplicadas fueron las relativas a sustituir las mediciones en continuo de HF, HCl y SO2 sustituyéndolas por mediciones periódicas, existiendo también varios países que permitieron reducir la frecuencia de medición de dioxinas y furanos y metales pesados. 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.

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 34/2007¹⁴, Real Decreto 100/2011¹⁵, Real Decreto 815/2013¹⁶ y legislación autonómica sobre emisiones a la atmósfera).

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.

¹³ “Assessment and Sumary of Member States’ implementation reports for the IED, IPPCD, SED and WID Amec Foster Wheeler Environment & Infrastructure UK Ltd para la Comisión Europea. Marzo, 2016.

¹⁴ Ley 34/ 2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. BOE número 275 de 16/11/2007.

¹⁵ 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

¹⁶ 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.

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 autorización ambiental integrada de la instalación.

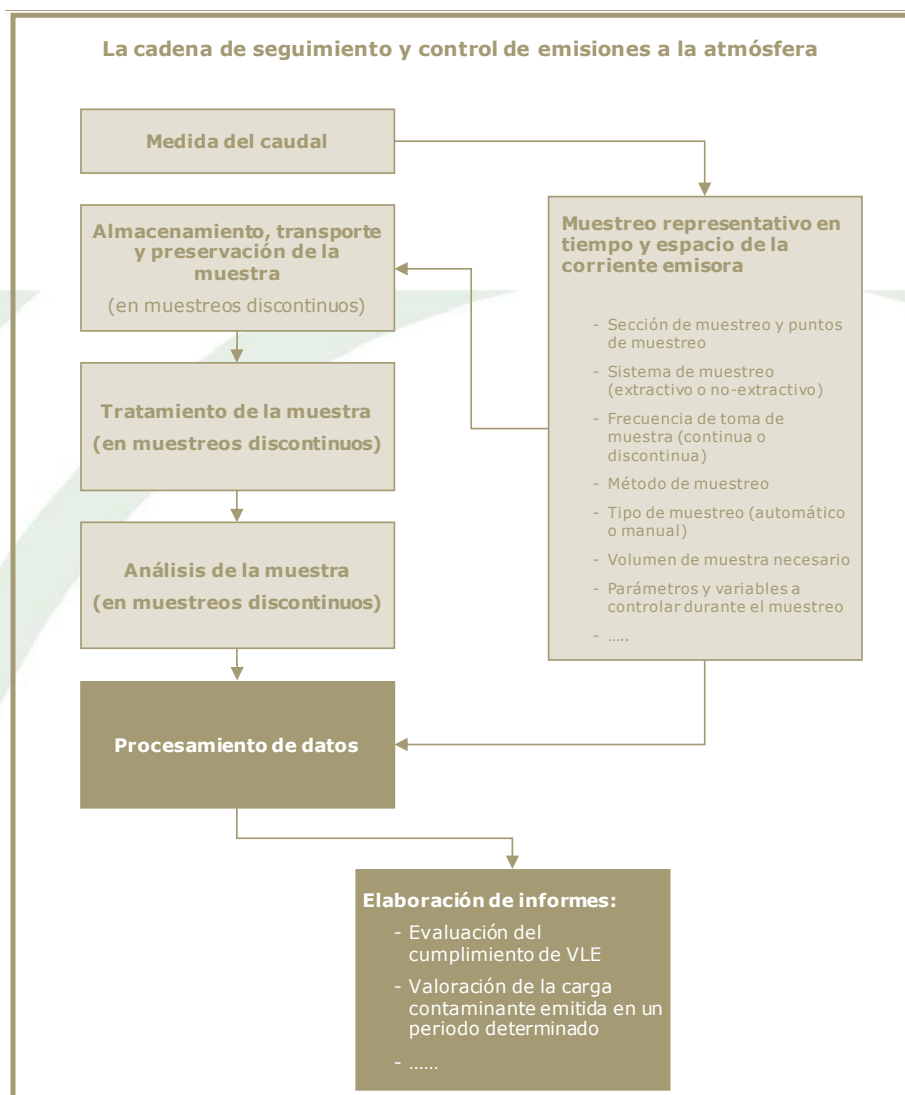
Ya en el marco de la legislación PRTR, es necesario tener en cuenta que un dato de emisión es medido cuando ha sido obtenido “en base a medidas de emisiones cuando procedan de sistemas de control o monitorización de los procesos, o cuando las emisiones anuales se determinen en base a mediciones puntuales. Pueden ser necesarios cálculos adicionales para obtener los datos de emisiones correspondientes al año de referencia”¹⁷.

La cadena de producción de datos¹⁸ 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.

¹⁷ Guía de implantación E-PRTR

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



El presente capítulo 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 valores límite de emisión (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.

Por lo tanto, hay que destacar que para el cumplimiento de los VLE deberán tenerse en cuenta entre otras cosas la incertidumbre asociada a los sistemas de medición, puesto que la técnica de monitorización utilizada tiene una gran influencia en el nivel de las emisiones notificadas.

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 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

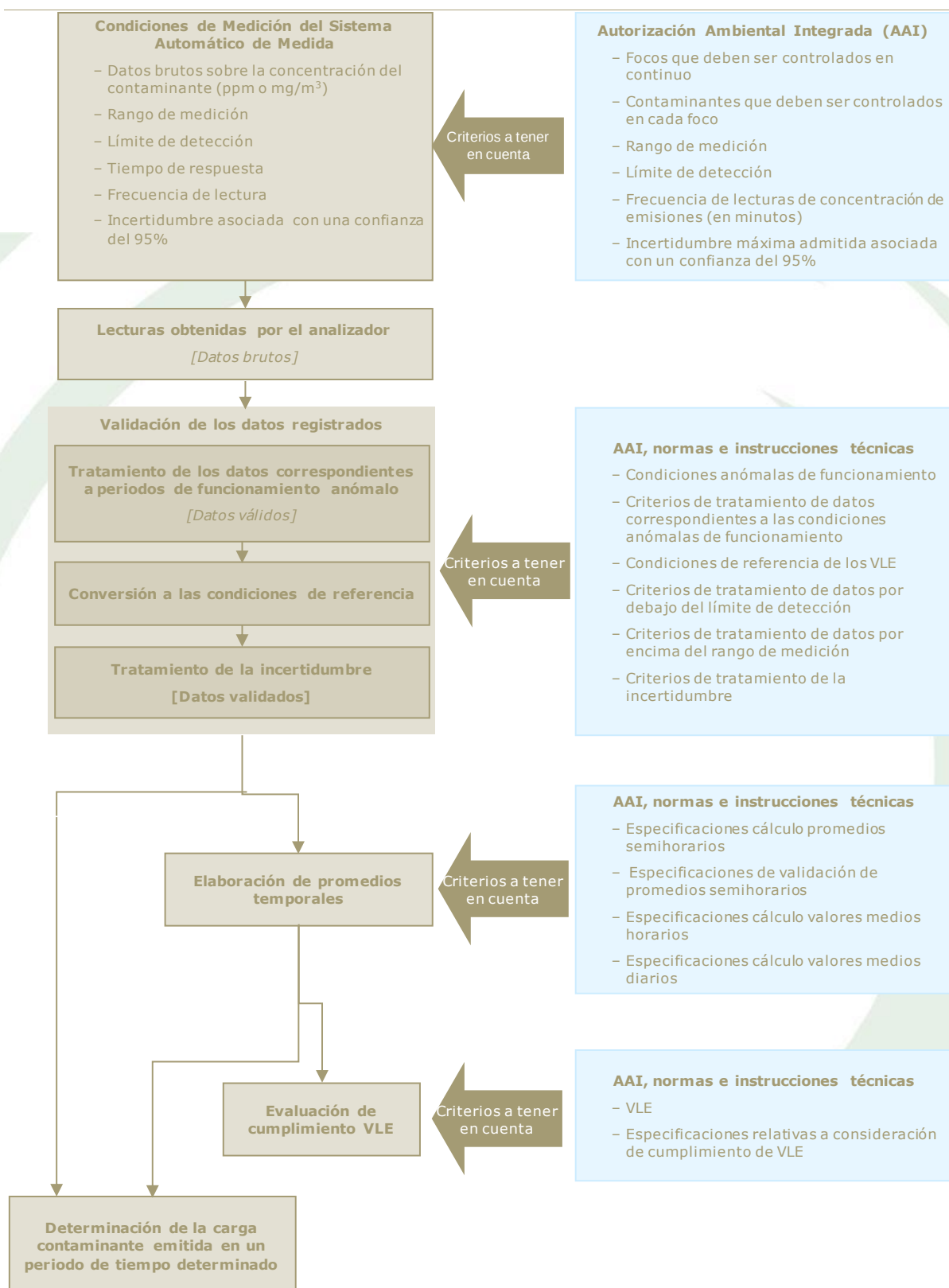
Tanto las AAI como la normativa estatal y autonómica recogen requisitos en relación con el control y monitorización de las emisiones utilizando sistemas automáticos de medición en continuo. La “Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento” incluye en su capítulo 5.5 la metodología 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.¹⁹

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 V.

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.

¹⁹ Documento “2.a. med cont guía MTD APROBADO COM SEG AC VOL MIMAM 220306.doc”

Figura 6. 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 brutos²⁰ 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 medida.

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 no afectados por dicha normativa. Asimismo, para otros focos como molinos o enfriadores, en la actualidad resulta de difícil aplicación 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 V.

²⁰ 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.

8.1.2.1. 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 coincineran 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 NGCI.

8.1.2.2. 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 coincineran 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 recogen 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 emisión²¹.

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 de la guía de aplicación de esta norma publicada por AFNOR 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%

²¹ En algunos casos el rango puede establecerse de modo diferente en función de criterios técnicos como la mejor calibración o la mejor calidad de los datos obtenidos.

Para hornos que coincidieran residuos, según la antigua Directiva 2000/76/CE de incineración de residuos y su transposición mediante el Real Decreto 653/2003, la calibración de los SAM se debía realizar cada 3 años, con una prueba anual de supervisión. La nueva Directiva 75/2010/UE de emisiones industriales (que deroga la anterior) no recoge de modo idéntico estos requisitos, sino 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”.

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, más frecuentemente. Además, anualmente debe efectuarse un ensayo seguimiento (EAS) del SAM.

Las instrucciones técnicas autonómicas también establecen que el ensayo anual de seguimiento (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 diferentes 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 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 Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, o por las entidades de normalización de los estados miembros de la Unión Europea).

8.1.2.3. 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)²², 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

²² Ver apartados 8.1.3.4 y 8.1.4.

Real Decreto 815/2013, para los hornos que coincineran 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 la autorización incluya límites para valores medios diarios, se debería definir el número de datos de funcionamiento efectivo de la instalación necesarios para realizar el cálculo de una media diaria. Como ejemplo, la IT-AT 018 de la *Generalitat* de Cataluña requiere que, en el caso de las instalaciones cementeras cuando coincineran 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 diarios u horarios, 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 horno²³.

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 valor límite de emisión. 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 períodos de arranque o parada de la instalación, si no se alimentan residuos.*

8.1.2.4. Disponibilidad de los equipos de medición

La normativa establece que puede haber ciertos periodos, a definir en las AAI, 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 coincineran residuos, el Real Decreto 815/2013 establece que:

²³ Directiva 2010/75/UE sobre las emisiones industriales.

...”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 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 de 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.

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 cumplir 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 técnicas²⁴, 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 valor límite de emisión.

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.

²⁴ IT –AT 018 Generalitat de Cataluña; Dirección General de Qualitat Ambiental

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.

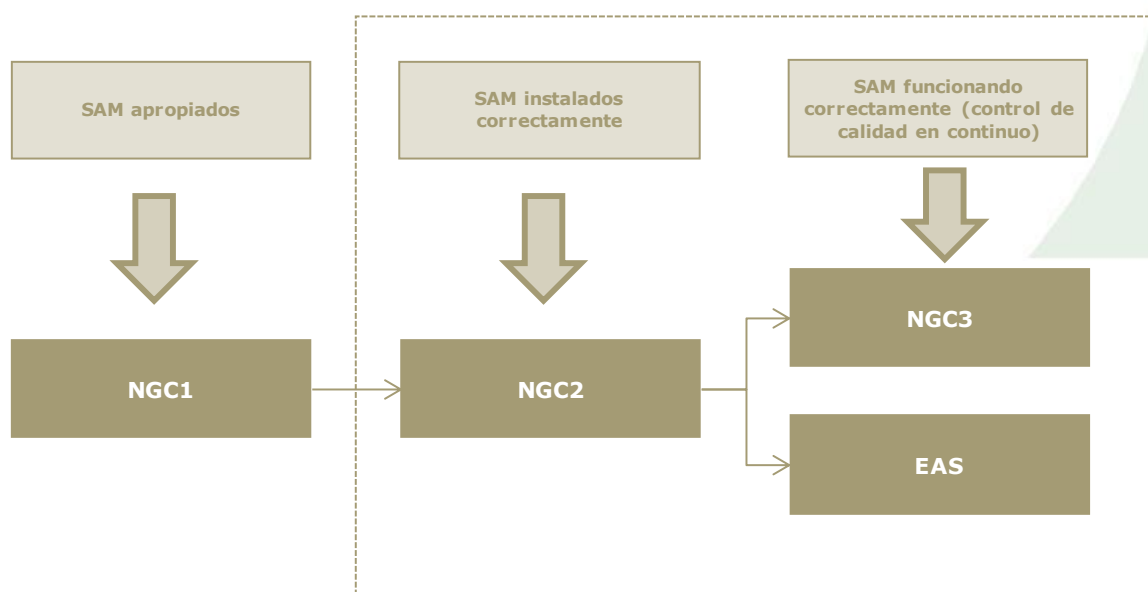
En cuanto al número de horas consecutivas, se recomienda que no superen 24 horas consecutivas en estas condiciones.

8.1.4. 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 del gas efluente. En la legislación sectorial (Directiva 2010/75/UE) se requiere que el aseguramiento de la calidad de los SAM se lleve a cabo de acuerdo a esta norma en el caso de las actividades de incineración y coincineración de residuos. Esto habrá que tenerlo en cuenta en el caso de aquellos hornos de cemento que coincineren residuos.

Figura 7. 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 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 periodos 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).
- 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.

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 ISO 14956 o UNE-EN 15267-3, 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 ISO 14956 o UNE-EN 15267-3.

8.1.4.1. Elementos a considerar en la aplicación práctica de la norma UNE-EN 14181 y orientaciones contenidas en la guía de la aplicación de la norma de AFNOR

Esta norma 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:

- CEN/TR 15983:2010: *Stationary source emissions - Guidance on the application of EN 14181:2004*, elaborada por el Comité Europeo de Normalización, que ha sido adoptada por AENOR a través del documento UNE-CEN/TR 15983:2011 IN: Emisiones de fuentes estacionarias. Orientaciones para la aplicación de la Norma EN 14181:2004 (2011).
- “Technical Guidance Note M20 (Monitoring). Quality assurance of continuous emission monitoring systems-application of BSEN14181 and BS EN 13284-2. Version 2.4”. Environment Agency, 2012.²⁵
- “Air Guidance Note on the Implementation of I.S. EN 14181 (AG3)”. Agencia de Protección Ambiental de Irlanda. 2008.
- “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”. AFNOR, 2007.

²⁵ La Environment Agency es un organismo público de Reino Unido.

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”²⁶ que un estudio realizado por la Agencia Ambiental ADEME y FNADE²⁷ 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.”

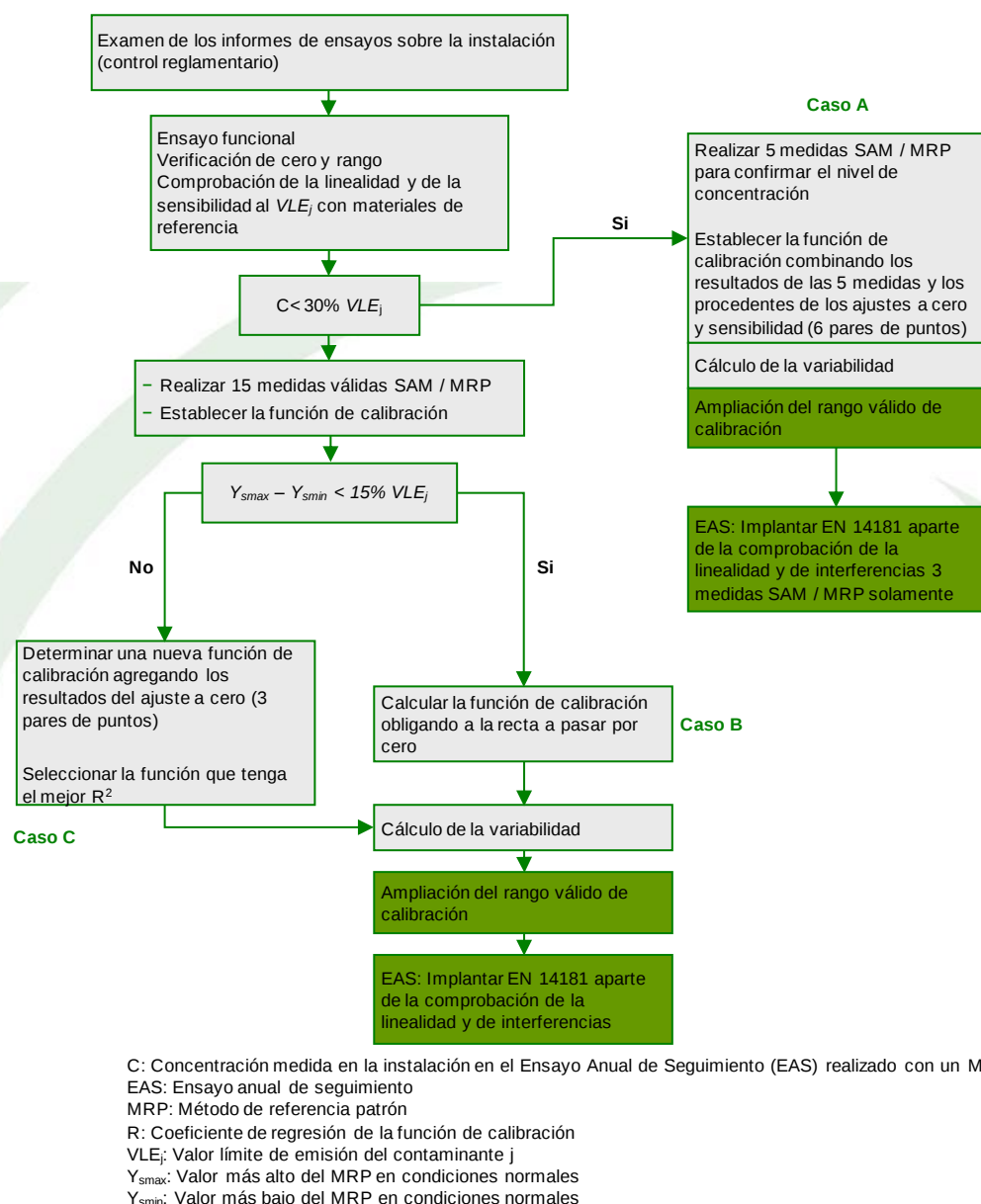
La guía de aplicación de la norma fue publicada por AFNOR para tratar de solucionar algunos problemas que se planteaban en la práctica cuando las instalaciones trataban de operar de acuerdo a ella. Se trata de una guía de aplicación voluntaria, que ha sido elaborada por consenso entre profesionales de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

En el siguiente esquema se resume el procedimiento a seguir para la realización del NGC2 y el EAS, de acuerdo con la guía de AFNOR, identificando las diferencias existentes con la norma EN 14181.

²⁶ “Circulaire du 12/09/06 relative aux Installations classées – Appareils de mesure en continu utilisés pour la surveillance des émissions atmosphériques”.

²⁷ 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)

Figura 8. Esquema del procedimiento a seguir para el NGC 2 y el EAS, propuesto por la guía de aplicación de la norma 14181 publicada por AFNOR



Entre la detallada descripción de prácticas de calibración de SAM analizadas por la guía de AFNOR, 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 autorización ambiental integrada de la instalación o la normativa o instrucciones técnicas aplicables deban aplicar la norma UNE-EN 14181.

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 NGC2²⁸.

- Tras el primer NGC2, para cada contaminante se podrá sustituir el siguiente por un EAS si entre los dos ejercicios de NGC2²⁹:
 - 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.³⁰

Calibración: Medidas en paralelo con un MRP

- La norma establece que cuando el laboratorio de ensayo realiza las medidas en paralelo con un MRP durante el NGC2 y el EAS, debe tomar las señales medidas directamente por el SAM. La guía de AFNOR permite también utilizar los ficheros de datos utilizando el sistema de registro de datos de la instalación.
- 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.³¹

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

- Para el caso de compuestos diferentes de las partículas³²:
 - Si los niveles de emisión son inferiores al 30% del VLE, la guía permite realizar sólo 5 medidas en paralelo y establecer la recta de calibración tomando estos resultados y el ajuste del instrumento con material de referencia para cero y para el rango.

En caso de un MRP, la recta de calibración se determina tomando las parejas de datos siguientes:

- para el SAM, las concentraciones medidas al inyectar el gas, y
- para el MRP las concentraciones de las botellas del gas patrón.
- Si los niveles de emisión son superiores al 30% del VLE, la guía, como la norma, distingue entre los siguientes casos:

²⁸ Página 12, apartado 3.1 de la guía de AFNOR.

²⁹ Página 24, apartado 3.10 de la guía de AFNOR.

³⁰ Página 12, apartado 3.1 de la guía de AFNOR.

³¹ Página 16, apartado 3.4.1.1. de la guía de AFNOR.

³² Página 18, apartado 3.4.2 de la guía de AFNOR.

- Si la dispersión (diferencia entre el valor superior y el inferior) de las concentraciones emitidas en base semihoraria, correspondientes al año anterior, es inferior al 15% del VLE, entonces a partir del NGC2 siguiente al inicial pueden realizarse con sólo 5 medidas en paralelo en lugar de con 15.
- Si la dispersión (diferencia entre el valor superior y el inferior) de las concentraciones emitidas en base semihoraria, correspondientes al año anterior, es superior al 15% del VLE, y el coeficiente R^2 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, 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 y a 0,5 para los SAM de partículas.

Calibración: Programa de ensayos para SAM aplicables a partículas

- En el caso de partículas³⁴:
 - Si los niveles de emisión son inferiores al 30% del VLE, la guía permite realizar sólo 5 medidas 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 los niveles de emisión son superiores al 30% del VLE, si la dispersión (diferencia entre el valor superior y el inferior) de las concentraciones emitidas en base semihoraria, correspondientes al año anterior es superior al 15% del VLE, y el cuadrado del coeficiente de correlación (R^2) de la función de calibración - determinada con base en los 15 pares de medidas SAM/MRP - 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 .

Calibración: ampliación del rango válido de calibración

- Se admiten las siguientes disposiciones derogatorias de la norma³⁵:
 - **El rango válido de calibración para los SAM de partículas se puede ampliar en un 100% del VLE, ó hasta dos veces el VLE.**
 - Para SAM de compuestos diferentes a las partículas, la norma EN 14181 permite ampliar el rango de calibración³⁶. 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 hasta la concentración más alta en el que la respuesta calibrada del equipo permanece dentro del intervalo de confianza requerido. También se debe controlar, como en la norma, que la desviación del cero respecto a un material de referencia sea inferior al 10% del VLE. La inyección de los materiales de referencia se realiza en cabecera de línea del SAM. Las parejas de datos se constituyen por los resultados calibrados del SAM y por el valor esperado de la concentración del material referencia.

Cabe destacar en este punto de la ampliación del rango válido de calibración, que la guía publicada por la Agencia Ambiental de Inglaterra y Gales también permite que, 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 hasta dos veces el límite de emisión, siempre y cuando se mantenga la linealidad de los datos y se respeten los intervalos de confianza reglamentarios.

³⁴ Página 20, apartado 3.4. 2.3 de la guía de AFNOR.

³⁵ Página 23, apartado 3.6 de la Guía de AFNOR.

³⁶ 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 $y_{s,max}$, determinado durante el procedimiento NGC2, más una extensión del 10% del $y_{s,max}$ o el 20% del VLE, el que sea mayor.

También se prevé que esta aproximación se pueda aplicar por un sector industrial con el acuerdo de la Agencia Ambiental.³⁷

*“en situaciones en las que la variabilidad del proceso normal haga impracticable obtener un rango válido de calibración suficientemente alto, usando esta aproximación, el rango válido de calibración puede ser extendido hasta 2*VLE usando materiales sustitutos”...*

La administración de la Comunidad Autónoma de Cataluña ha desarrollado criterios similares 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.

Tratamiento de datos de cara a establecer la función de calibración y el test de variabilidad³⁸

Para realizar el análisis de datos, después del ajuste, es necesario realizar cronológicamente los pasos siguientes:

- Presentación de los resultados obtenidos, incluyendo los valores negativos, con el SAM y el MRP en forma de tabla.
- Expresar los resultados brutos (medidos directamente) obtenidos con el MRP en las mismas condiciones de referencia que los determinados por el SAM
- Representar en el mismo gráfico los valores del SAM y del MRP (en las mismas unidades que el SAM y no corregidas).
- Determinar la función de calibración.
- Determinar la presencia de valores aberrantes y, después de su eliminación, determinar la nueva función de calibración.
- Convertir los resultados del SAM con la función de calibración y los valores normalizados.
- Realizar el ensayo de variabilidad párale conjunto de datos inferiores al VLE.

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 Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, otros organismos nacionales relevantes de la UE así como otros documentos aprobados por las comunidades autónomas.”

8.1.5. 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

³⁷ Página 32, apartado 3.9.2. del documento “Technical Guidance Note M20 (Monitoring). Quality assurance of continuous emission monitoring systems-application of BSEN14181 and BS EN 13284-2. Version 2.4”.

³⁸ Página 22, apartado 3.5.1 de la Guía de AFNOR.

este apartado nos centramos en la metodología de evaluación de la carga contaminante emitida a través de focos canalizados.

Los datos proporcionados por los sistemas automáticos de medida (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.

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.

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 nº 3: Cálculo de la concentración media semihoraria

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

En donde:

- C_{sh} = concentración media semihoraria, en mg/Nm³ en condiciones de referencia
 C_{min} = concentración minotal registrada, en mg/Nm³ en condiciones de referencia
 n_{min} = número de lecturas minotales 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 n° 6: Cálculo del caudal medio a partir de mediciones en discontinuo

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

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 n° 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 n° 7 siguiente.

El cálculo de las concentraciones y caudales medios horarios, a partir de los registros minutales disponibles, se realiza aplicando, respectivamente, las ecuaciones n° 8 y n° 9 siguientes.

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

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

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 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 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 minatural 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: *Calculo 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: *Calculo de la carga contaminante media emitida a partir de datos de concentración y caudal medidos en un SAM*

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

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 minutales 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 I 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.

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

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

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

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.

De nuevo, la información proporcionada en el Anexo I 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.

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 ³⁹ (LOD):	La cantidad más baja detectable de un compuesto
Límite de cuantificación ³⁹ (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 valor límite de emisión establecido para el proceso³⁹.

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:

³⁹ 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

LD = Límite de detección del parámetro medido
A = porcentaje de las muestras medidas con resultados inferiores a LD

Por tanto, si, por ejemplo, 6 muestras de 20 están por debajo del límite de detección, el valor que se usaría para los cálculos sería $(100-30)*LD = 70\%$ del LD.

El cálculo de los factores de emisión propios del sector cementero español en esta guía se ha realizado utilizando la última opción.

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 siguiente metodología⁴⁰.

Para cada una de las muestras, el valor a utilizar será:

- 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 que ha realizado las mediciones 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 que se asigna al contaminante es:

- Cero (0) cuando el valor medio de los valores a utilizar en cada muestra es inferior al menor límite de detección que ha proporcionado el laboratorio.
- El valor medio de los valores estimados, cuando este valor es superior o igual al menor límite de detección proporcionado por el laboratorio.

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:

Tabla 5. Ejemplo de determinación del valor medio asignado a un contaminante a partir de resultados de medidas con diferentes límites de detección

Nº de muestras	Resultado de la medida	Límite de detección de la medida	% de muestras por debajo del LD	Valor a utilizar = $(100-A)*LD$
1	< 2	2	16,67% (*)	1,67
2	< 3	3	33,33% (**)	2,00
3	< 8	8	83,33% (***)	1,33
4	10	(****)	-	10,00
5	4	(****)	-	4,00
6	5	(****)	-	5,00
Límite de detección inferior del conjunto de medidas disponibles		2	-	-
Valor medio de los valores a utilizar en cada medida				4
Valor medio asignado al contaminante				4

⁴⁰ Propuesta por la Comunidad de Madrid para la notificación de emisiones al registro PRTR-España en el documento “Criterios para la notificación de datos PRTR en la Comunidad de Madrid. Periodo de notificación correspondiente al año 2016”.

(*) De las 6 muestras medidas por el laboratorio, sólo la muestra número 1, es decir, el 16,67% del total de muestras, está por debajo del límite de detección de 2 proporcionado por el laboratorio para esta medida.
 (***) De las 6 muestras medidas por el laboratorio, sólo las muestras número 1 y 2, es decir, el 33,33% del total de muestras, están por debajo del límite de detección de 3 proporcionado por el laboratorio para esta medida.
 (****) De las 6 muestras medidas por el laboratorio, sólo las muestras número 1, 2, 5 y 6 es decir, el 83,33% del total de muestras, están por debajo del límite de detección de 3 proporcionado por el laboratorio para esta medida.
 (*****) En muchas ocasiones, cuando la medida está por encima del límite de detección, el laboratorio no proporciona información acerca del límite de detección de la muestra.

En este ejemplo, el valor medio asignado al parámetro coincide con el valor medio de los valores a utilizar en cada muestra, ya que este valor (4) es superior al menor límite de detección (2) del conjunto de medidas disponibles.

En el siguiente ejemplo, todas las medidas del contaminante realizadas por el laboratorio se encuentran por debajo del límite de detección. En este caso, se obtendría un valor medio de los tres valores estimados de 0,8 que al ser inferior al límite de detección medio (2) el valor medio asignado al contaminante es cero.

Tabla 6. Ejemplo de determinación del valor medio asignado a un contaminante a partir de resultados de medidas con diferentes límites de detección y todas ellas inferiores al correspondiente límite de detección (LD)

Nº de muestra	Resultado de la medida	Límite de detección de la medida	% de muestras por debajo del LD	Valor a utilizar de la medida = $(100-A)*LD$
1	< 2	2	33,33	1,3
2	< 3	3	66,67	1,0
3	< 8	8	100,00	0,0
Límite de detección inferior del conjunto de medidas disponibles		2	-	-
Valor medio de los valores a utilizar en cada medida				0,8
Valor medio asignado al contaminante				0,0

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 autorización ambiental integrada.

En caso de que la autorización no establezca ningún requisito en este sentido, en el anexo II 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:

- Normas, métodos y estándares incluidos en la “Guía europea para la implantación del registro E-PRTR”.
- Normas, métodos y estándares incluidos en las autorizaciones ambientales integradas concedidas al sector hasta la fecha.
- Otras normas, métodos y estándares utilizados habitualmente por organismos de control autorizados, laboratorios acreditados y entidades de inspección acreditadas en las empresas cementeras españolas. Esta información se ha obtenido a partir de la campaña de mediciones de emisiones a la atmósfera llevada a cabo por las empresas cementeras agrupadas en Oficemen durante los años 2009 a 2013.

Los principales organismos de normalización que se han utilizado como referencia en la presente guía son:

- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR): normas UNE.
- Comité Europeo de Normalización (CEN): normas EN.

- *International Organization for Standardization (ISO)*: normas ISO.
- *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)*: normas EPA.
- *AFNOR*: normas NF.
- *American Society for Testing and Materials (ASTM)*: normas ASTM.
- *The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*: normas NIOSH.
- *Intersociety Committee of Air Sampling (ICAS)*: normas ICAS.
- Instituto Nacional de Higiene en el Trabajo (INST): normas MTA/MA.

En el ámbito internacional, la *International Organization for Standardization* elabora normas ISO. A nivel europeo el Comité Europeo de Normalización (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.

En el ámbito internacional, la *International Organization for Standardization* elabora normas ISO. A nivel europeo el Comité Europeo de Normalización (CEN) crea normas EN. Las normas UNE (Una Norma Española) son normas elaboradas por el organismo de normalización en España AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).

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.

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 *Intersociety Committee of Air Sampling (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. 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 II pueden utilizarse para la medición de contaminantes a la atmósfera de los hornos de las fábricas de cemento y, en el caso de las partículas, para el resto de los focos canalizados (molinos y enfriadores).⁴¹

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:

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 III 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 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 2011-2015. 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 2011- 2015. 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.

⁴¹ 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.

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 III 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 2016”, 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 I.23. “Data of emissions ranges from European cement kilns” del documento 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 Nm³/tonelada de clínker (gas seco, 101,3 kPa, 273 K).

En el “Estudio de métodos de medición, cálculo y estimación para las emisiones de las sustancias PRTR adecuados al sector del cemento en España” (2009) se incluyeron factores de emisión publicados por la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos en los documentos:

- “AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 11.6 Portland Cement Manufacturing”. U.S. EPA, 1995.
- “Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polycyclic Organic Matter, cap. 4.8 – Portland Cement Manufacturing – 1998” (solo en el caso del antraceno).

En la presente guía se ha optado por no incluir de nuevo estos factores ya que están determinados a partir de datos recogidos en fábricas de cemento en la mayoría de ocasiones, en un único horno⁴², localizadas solo en Estados Unidos y, además, están basados en mediciones realizadas antes de 1994 (1998 en el caso del antraceno), con lo que no se consideran representativos para el sector cementero español.

En el caso del dióxido de carbono (CO₂), 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 gases de efecto invernadero.

9.2. Descripción de la metodología para el cálculo de los factores de emisión para hornos propios del sector cementero español

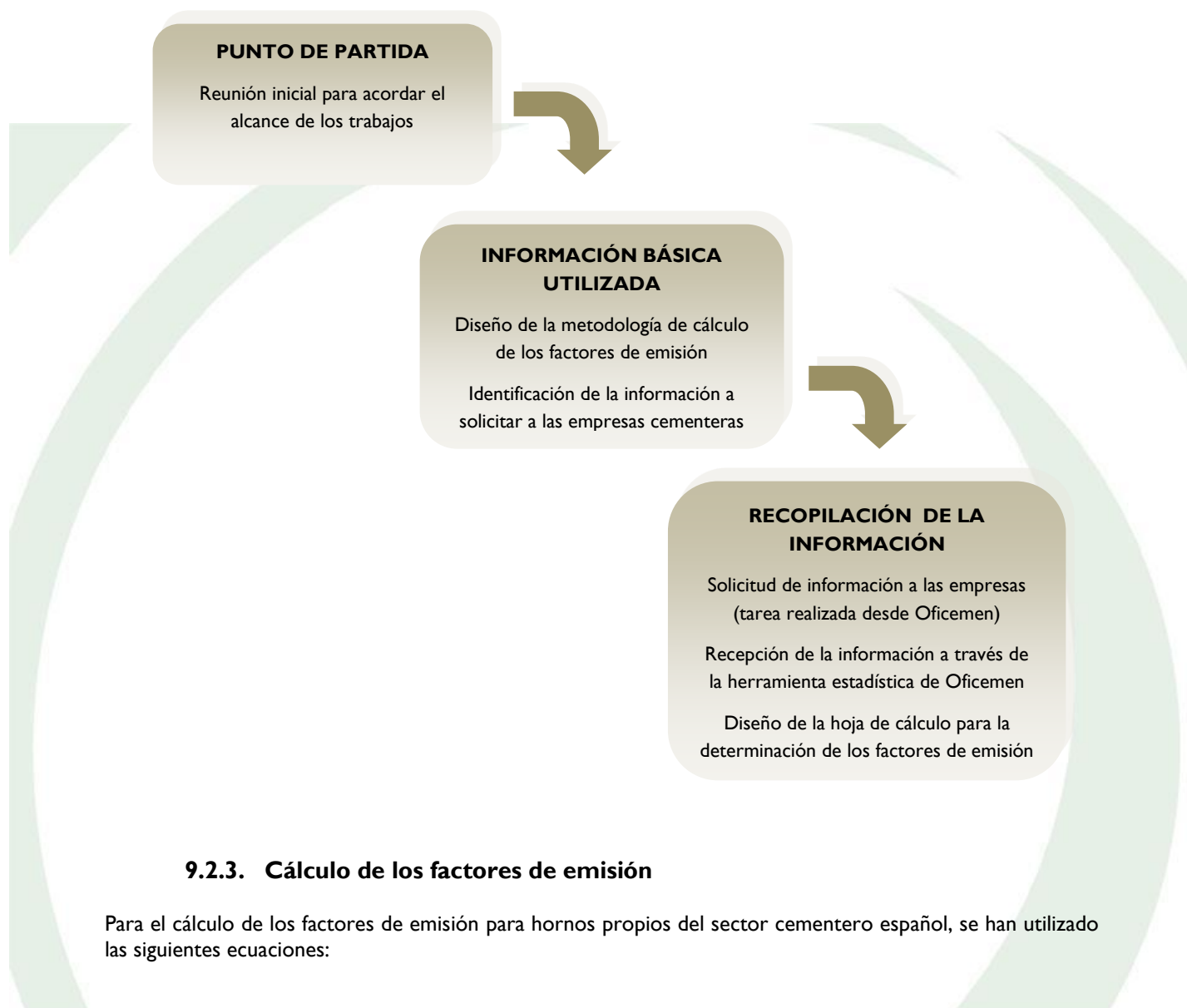
9.2.1. Antecedentes y objeto

Los factores de emisión publicados por EPA, EMEP/CORINAIR 2016 y en el Documento BREF (2013) para el sector cementero, fueron calculados sobre muestras de empresas estadounidenses, en el primer caso, y europeas, en el segundo y tercer caso. Además, los factores de emisión publicados por EPA están basados en mediciones realizadas antes de 1995 y, en ocasiones, en un único horno. En el caso de EMEP/CORINAIR, no hay que olvidar que los factores de emisión están calculados para la realización de inventarios nacionales de emisiones.

⁴² Los datos utilizados por la EPA para el cálculo de sus factores de emisión se describen en el documento “Background Document: Emission Factor Documentation for AP-42 Section 11.6 Portland Cement Manufacturing”, de mayo de 1994

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:

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

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 clinker)
 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
 $Pk_{\text{horno } i, \text{ año } x}$ = producción de clinker del horno i en el año x , en t clinker/año

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

Para cada fábrica, contaminante y año:

$$FE_{\text{fábrica } f, \text{ año } x} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (FE_{\text{horno } i, \text{ año } x} * Pk_{\text{horno } i, \text{ año } x})}{\sum (Pk_{\text{horno } i, \text{ año } x})}$$

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 clinker)
 $FE_{\text{horno } i, \text{ año } x}$ = Carga contaminante específica del horno i para el año x (en kg de contaminante/t clinker)
 $Pk_{\text{horno } i, \text{ año } x}$ = Producción de clinker del horno i en el año x (en t clinker/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:

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

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

$$FEQ_{\text{sector año } x} = \frac{\sum_{i=1}^{i=x} (FE_{\text{sector año } x} * Pk_{\text{sector, año } x})}{\sum (Pk_{\text{sector año } x})}$$

En donde:

$FEQ_{\text{sector año } x}$ = Carga contaminante específica o factor de emisión quinquenal (media móvil) del sector en el año x , (en kg de contaminante/t clinker)
 $FE_{\text{sector año } x}$ = Carga contaminante específica o factor de emisión del sector en el año x (en kg de contaminante/t clinker)
 $Pk_{\text{sector, año } x}$ = 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 2011-2015, en mg/Nm³, calculada a partir de la concentración del contaminante corregida 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 2011-2015, en Nm³/año corregido al 10% de O₂ y en base seca, incluido en la base de datos de Oficemen.
- Datos reales de producción de clínker por horno correspondientes al periodo 2011-2015 de cada una de las empresas.

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

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 marzo y junio de 2016.

9.2.5. Análisis estadístico de los datos

Se ha realizado el siguiente análisis estadístico de los datos:

- Cálculo de estadísticos: media anual del sector y media móvil quinquenal sectorial, ponderadas por la producción de clínker, 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 una de las opciones planteadas en el “Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización”:

- 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 descrita en el apartado 8.3 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.

9.3. Estudio comparativo de las emisiones del sector cementero español incluidas en el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera y las calculadas a partir de los factores de emisión propuestos en la presente guía

El Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990 – 2013 (Volumen 2: Análisis por actividades SNAP), publicado en abril de 2015, tiene un apartado dedicado a las emisiones del sector cementero (apartado 2.A.1). En este apartado, el Inventario Nacional ha mantenido para los años 2013 y 2014 la información facilitada utilizando los factores de emisión incluidos en los estudios sectoriales realizados en 2013⁴⁶ y en 2014 ⁴⁷ para los siguientes contaminantes:

- SO_x, NO_x, CO, COVNM, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, PST y dioxinas y furanos

En el caso del CH₄, el N₂O y los HAP, el Volumen 2 del Inventario utiliza factores de emisión por combustible, en lugar de por producción de clínker, por lo que no coinciden con los incluidos en el estudio sectorial. El factor de emisión utilizado en el Volumen 2 del Inventario tampoco coincide con el incluido en el mencionado estudio.

La presente guía supone una revisión y actualización tanto de los factores de emisión publicados en el año 2014.

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 2011 a 2015 en las fábricas de cemento asociadas a OFICEMEN, así como de datos reales de producción anual de clínker por horno, para el mismo periodo, proporcionados por las fábricas. 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.

Anexo I. 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 n° 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 n° 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 n° 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 n° 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)
 t_{med} = condiciones de temperatura en que se ha realizado la medida (en grado centígrados)

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
- t_{med} = condiciones de temperatura en que se ha realizado la medida (en grados centígrados)
- P_R = presión de referencia estándar en que hay que expresar el resultado, en kilopascal

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 condiciones⁴³: temperatura 273 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.

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
- O_M = concentración de oxígeno medida, referida a gas seco en condiciones normalizadas, 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

⁴³ 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 nº 251, de 19 de octubre de 2013)

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

DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)		Nº ficha:	I
MEDIO:	AIRE		
Origen de la emisión:	Aproximadamente el 62% de las emisiones de CO ₂ proviene del proceso de calcinación por descomposición del CaCO ₃ en CaO y CO ₂ . 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 dos nuevos 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.

Para una descripción detallada de la metodología de cálculo, consultar el Reglamento (UE) n° 601/2012, así como la "Guía de monitorización de Emisiones de dióxido de carbono del sector Cementero español de acuerdo al Reglamento (UE) n° 601/2012 de 21 de junio de 2012", elaborada por Oficemen (enero 2014).

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)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI:	UNE ISO 10396:2009. Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de concentraciones de gas de emisión para sistemas de medida instalados permanentemente.	Muestreo extractivo o no extractivo en SAM	-
	EPA CTM 30. "Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers". (EPA, 1997) (I)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Células electroquímicas
	ASTM D6522-11. "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, 2011)	Determinación en continuo y discontinuo	Células electroquímicas
	EPA 10: "Determination of carbon". (EPA, 2006)	Muestreo + Determinación en continuo	Analizador
	ISO 12039:2001: "Stationary source emissions – Determination of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen – Performance characteristics and calibration of automated measuring systems". (ISO, 2001)	Determinación en continuo y discontinuo	Método de absorción infrarroja Método de célula electroquímica
	UNE 77229: 2004. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno. Características de funcionamiento y calibración de los sistemas automáticos de medida. (II)	Determinación en continuo y discontinuo	Método de absorción infrarroja Método de célula electroquímica
Norma especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 15058:2007. Emisión de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de monóxido de carbono (CO). Método de referencia: Espectrometría infrarroja no dispersiva. (AENOR, 2007)	Determinación en continuo o discontinuo	Espectrofotometría infrarroja no dispersiva (NDIR)

OBSERVACIONES

(I) Incluida en la Categoría D (*Historic Conditional Methods*) de la EPA. En esta categoría se incluyen determinados métodos que fueron categorizados como "métodos condicionales" antes de que las categorías de métodos de la EPA se revisaran. Continúan estando incluidos en la EPA porque se trata de métodos mencionados permisos, actos legislativos, etc. La EPA recomienda, si es posible, el uso de la norma ASTM D6522-00.

(II) Idéntica a la ISO 12039:2001.

En algunas fábricas del sector en España, el laboratorio acreditado que realiza los análisis de las emisiones a la atmósfera utiliza el método DOAS (Espectrometría de absorción óptica diferencial) para la medición en discontinuo de este contaminante.

ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x – como NO₂)

Nº ficha: 3

MEDIO: AIRE

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.

Las principales fuentes de producción de NO_x son:

- 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 presente en el combustible reaccionan con el oxígeno del aire para formar óxidos de nitrógeno.

Origen de la emisión:

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.

Como el NO se oxida rápidamente en la atmósfera a NO₂, los resultados de las mediciones de óxidos de nitrógeno se expresan en NO₂.

(Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI:	UNE ISO 10396:2009. Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de concentraciones de gas de emisión para sistemas de medida instalados permanentemente.	Muestreo en continuo	-
	UNE 77224:2000. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno. Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida. (AENOR, 2000) (I)	Muestreo + Determinación en continuo o discontinuo	Sistemas extractivos: Quimioluminiscencia (UNE 77212:1993), NDIR, NDUV. Sistemas no extractivos: Método óptico, DOAS, Método espectroscópico, Método electroquímico
	UNE 77228:2002. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno. Método fotométrico de la naftilendiamina (NEDA). (AENOR, 2002) (II)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método fotométrico de naftilendiamina
	EPA 7: “Determination of nitrogen oxide emissions from stationary sources”. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Medición colorimétrica mediante el procedimiento del ácido fenoldisulfónico
	EPA 7C: “Determination of nitrogen oxide emissions from stationary sources (alkaline permanganate/colorimetric method)”. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método colorimétrico
	EPA 7D: “Determination of nitrogen oxide emissions from stationary sources (alkaline-permanganate/ion chromatographic method)”. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica

MEDICIÓN (M)			
Categoría	Título	Alcance	Método
Norma especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 14792:2006. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno (NO _x). Método de referencia: quimioluminiscencia. (AENOR, 2006)	Muestreo + Determinación en continuo	Quimioluminiscencia
Normas utilizadas por el sector:	ASTM D6522-11. “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, 2011).	Determinación en continuo y discontinuo	Células electroquímicas

OBSERVACIONES

NDIR: Infrarrojo no dispersivo (IRND)

NDUV: Ultravioleta no dispersivo

DOAS: Espectrometría de absorción óptica diferencial

(I) Idéntica a ISO 10849:1996 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR). Utilizada por el sector.

(II) Idéntica a ISO 11564:1998 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR).

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)			
Categoría	Título	Alcance	Método
Norma especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN ISO 21258:2010 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de monóxido de dinitrógeno (N ₂ O).	Muestreo + Determinación en continuo	Método infrarrojo no dispersivo
Normas utilizadas por el sector:	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
	NIOSH 6600 (NIOSH, 1994).	Determinación en discontinuo	Espectrofotometría de IR
OBSERVACIONES			

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 NO_x.

(Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI:	EPA CTM-027. "Procedure for collection and analysis of ammonia in stationary sources" (EPA, 1997) (I)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica
	Met. 401 Intersociety Committee of Air Sampling.	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método del indofenol (colorimétrico)

OBSERVACIONES

- (I) Incluida en la Categoría D (*Historic Conditional Methods*) de la EPA. En esta categoría se incluyen determinados métodos que fueron categorizados como "métodos condicionales" antes de que las categorías de métodos de la EPA se revisaran. Continúan estando incluidos en la EPA porque se trata de métodos mencionados permisos, actos legislativos, etc.

ÓXIDOS DE AZUFRE (SO_x – como SO₂)

Nº ficha: 6

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:

Las emisiones de SO₂ de las fábricas de cemento están directamente relacionadas con el contenido en compuestos volátiles de azufre en las materias primas. El azufre presente en los combustibles que alimentan los hornos no genera emisiones significativas de SO₂, debido a la naturaleza fuertemente alcalina en la zona de sinterización, en la zona de calcinación y en la etapa más baja del precalentador.

(Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas especificadas en la Guía para la implantación del E-PRTR y en AAI:	UNE-EN 14791:2006. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración máscica de dióxido de azufre. Método de referencia. (AENOR, 2006)	Muestreo (manual) + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica/Método de la torina (fotodiodo en conexión con bureta o espectrofotómetro)
Normas incluidas en AAI:	UNE 77216:1995. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración máscica de dióxido de azufre. Método del peróxido de hidrógeno/perclorato de bario/torina. (I)	Muestreo + Determinación	Método del peróxido de hidrógeno/perclorato de bario/torina (pH-metro de lectura directa)
	UNE 77216/IM:2000. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración máscica de dióxido de azufre. Método del peróxido de hidrógeno/perclorato de bario/torina. (AENOR, 1995 y 2000)		
	UNE 77226:1999. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración máscica de dióxido de azufre. Método de cromatografía iónica. (AENOR, 1999) (II)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica
	UNE ISO 10396:2009. Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de concentraciones de gas de emisión para sistemas de medida instalados permanentemente.	Muestreo en continuo	-
	UNE 77222:1996. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración máscica de dióxido de azufre. Características de funcionamiento de los métodos automáticos de medida. (AENOR, 1999) (III)	Muestreo + Determinación en continuo o discontinuo	Sistemas extractivos: absorción atómica de radiación IR o UV, fluorescencia de radiación UV, interferometría, conductimetría. Sistemas no extractivos: celda óptica
Normas utilizadas por el sector	EPA 6: “Determination of sulfur dioxide emissions from stationary sources”. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método de valoración de la torina-bario
	EPA CTM 30. “Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers”. (EPA, 1997) (IV)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Células electroquímicas

MEDICIÓN (M)			
Categoría	Título	Alcance	Método
	EPA 8: “Determinación de la concentración másica de nieblas de ácido sulfúrico y dióxido de azufre por titulación volumétrica”. EPA (2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método de valoración de la torina-bario

OBSERVACIONES

- (I) Idéntica a la ISO 7934:1989 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR).
- (II) Idéntica a la ISO 11632:1998 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR).
- (III) Idéntica a la ISO 7935:1992 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR).
- (IV) Incluida en la Categoría D (*Historic Conditional Methods*) de la EPA. En esta categoría se incluyen determinados métodos que fueron categorizados como “métodos condicionales” antes de que las categorías de métodos de la EPA se revisaran. Continúan estando incluidos en la EPA porque se trata de métodos mencionados permisos, actos legislativos, etc. La EPA recomienda, si es posible, el uso de la norma ASTM D6522-00.

En algunas fábricas del sector en España, el laboratorio acreditado que realiza los análisis de las emisiones a la atmósfera utiliza el método DOAS (Espectrometría de absorción óptica diferencial) para la medición en discontinuo de este contaminante.

CLORO Y COMPUESTOS INORGÁNICOS (HCl)

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)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	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
Normas utilizadas por el sector:	EPA 26 A: "Determination of hydrogen halide and halogen emissions from stationary sources. Isokinetic method." (EPA, 2000).	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica

OBSERVACIONES

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)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-ISO 15713:2007: “Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo y determinación del contenido de fluoruros gaseosos”. (AENOR, 2007)	Muestreo + Determinación en discontinuo	-
Normas incluidas en AAI o utilizadas por el sector:	EPA 13 B: “Determination of total fluoride emissions from stationary sources (specific ion electrode method)”. (2000).	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método del electrodo de ión
	EPA 26 A: “Determination of hydrogen halide and halogen emissions from stationary sources. Isokinetic method”. (EPA, 2000).	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica

OBSERVACIONES

(I) Idéntica a la ISO 15713:2006 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR).

METALES Y SUS COMPUESTOS

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

MEDIO: AIRE

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.

Los compuestos metálicos pueden clasificarse en cuatro categorías, en función de la volatilidad de los metales y sus sales:

Origen de la emisión:

- Metales no volátiles: As, Cr, Cu, Ni, V y Mn.
- Metales semivolátiles: Sb, Cd, Se y Pb.
- Metales volátiles: Tl.

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.

(Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	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	AAS, ICP-OES, ICP-MS
Normas incluidas en AAI:	EPA 29. Determination of metals emissions from stationary sources. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	ICAP, AAS, GFAAS, ICP-MS

OBSERVACIONES

AAS: Espectroscopia de absorción atómica.

ICP-OES: Espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente.

ICP-MS: Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo.

GF-AAS: Espectroscopia de absorción atómica en horno de grafito.

ICAP: Espectrometría de emisión con plasma de argón acoplado inductivamente.

Ambas normas son utilizadas por el sector para la determinación de metales. La EPA 29 es aplicable también a la determinación de Se.

MERCURIO Y SUS COMPUESTOS (Hg)

Nº ficha: 10

MEDIO: AIRE

El mercurio es un elemento 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.

Origen de la emisión: 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 clinker. Son precipitados en el gas de salida y retenidos en los filtros de gases de salida del sistema.

(Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 13211:2001. Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método manual de determinación de la concentración de mercurio total. 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)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Según norma EN 1483
Normas incluidas en AAI:	EPA 29. "Determination of metals emissions from stationary sources". (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CV-AAS)

OBSERVACIONES

ZINC Y SUS COMPUESTOS (Zn)	Nº ficha: II
-----------------------------------	---------------------

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:

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 s, las emisiones de metales procedentes de las materias primas suelen ser predominantes. Se trata de un metal semivolátil.

(Fuente: BREF, 2013)

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI:	EPA 29. "Determination of metals emissions from stationary sources". (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CV-AAS)

OBSERVACIONES

PARTÍCULAS TOTALES, PM_{10} Y $PM_{2,5}$

Nº ficha: 12

MEDIO: AIRE

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.

Otros procesos subsidiarios que pueden producir emisiones canalizadas de partículas en las fábricas de cemento son:

Origen de la emisión:

- 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)

(Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI:	UNE-EN 13284-1:2002. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 1: Método gravimétrico manual.	Muestreo + Determinación en discontinuo	Gravimetría
	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
	EPA 5, "Determination of particulate matter emissions from stationary sources" (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Gravimetría
	EPA 17, "Determination of particulate matter emissions from stationary sources" (EPA, 2000).	Muestreo + Determinación en discontinuo	Gravimetría
	UNE-EN 13284-2:2005. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 2: Sistemas automáticos de medida	Especifica los criterios de ensayo para el NGC (Nivel de Garantía de Calidad) 1 y los requisitos específicos para los NGC 2, NGC 3 y EAS (Ensayo Anual de Seguimiento) para los SAM de partículas	
	UNE 77219:1998. Emisiones de fuentes estacionarias. Medición automática de la concentración másica de partículas. Características de funcionamiento, métodos de ensayo y especificaciones. ERRATUM 2009	Muestreo + Determinación en continuo o discontinuo	Analizador

MEDICIÓN (M)			
Categoría	Título	Alcance	Método
	EPA 201: “Determination of PM10 emissions (Exhaust Gas Recycle Procedure)”. (EPA, 1996)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Gravimetría
Normas utilizadas por el sector:	UNE-EN 14907:2006. Método gravimétrico de medida para la determinación de la fracción másica PM2,5 de la materia particulada en suspensión.	Muestreo + Determinación en discontinuo	Gravimetría
	EPA 201A: “Determination of PM10 and PM2.5 emissions from stationary sources (constant sampling rate procedure)”. (EPA, 2010)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Gravimetría
Otras normas	UNE EN ISO 23210:2010. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica PM10/PM2,5 en gas efluente. Medición a bajas concentraciones mediante el uso de impactadores.	Muestreo + Determinación en discontinuo	Impactadores de boquilla redonda + 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
OBSERVACIONES			

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DISTINTOS DEL METANO (COVNM)

Nº ficha: 13

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:

En general, la emisión de compuestos orgánicos volátiles en los procesos de combustión va asociada a combustiones incompletas de los combustibles

Fuente: EMEP/CORINAIR

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas especificadas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 13649:2002. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de compuestos orgánicos gaseosos individuales. Método de carbón activado y desorción por disolvente. (AENOR, 2002)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Carbón activado y desorción por disolventes
Normas incluidas en AAI:	EPA 18: Measurement of gaseous organic compound Emissions by gas chromatography. (EPA 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases (+ detector de ionización de llama/fotoionización/captura de electrones para cuantificación)

OBSERVACIONES

ANTRACENO

Nº ficha: 14

MEDIO: AIRE

Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas.

Origen de la emisión: (Fuente: "Environmental Data of the German Cement Industry 2015". Verein Deutscher Zementwerke (VDZ))

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR:	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 (parte 1) + Determinación en discontinuo (parte 2)	HPLC, CG-EM
Normas incluidas en AAI:	NF X43-329: "Émissions de sources fixes - Prélèvement et mesurage d'hydrocarbures aromatiques polycycliques à l'émission" (AFNOR, 2003).	Muestreo + Determinación en discontinuo	HPLC, CG-EM

OBSERVACIONES

HPLC: Cromatografía líquida de alta resolución.

CG-EM: Cromatografía de gases en combinación con espectrometría de masas.

El antraceno es un hidrocarburo aromático policíclico (HAP), si bien, no se encuentra dentro de los cuatro compuestos que deben ser notificados como HAP en el Registro PRTR (benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno)⁴⁴.

⁴⁴ De acuerdo con la nota 14 del anexo II del 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 núm. 96, de 21 de abril de 2007).

BENCENO	Nº ficha: 15
----------------	---------------------

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)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 13649:2002. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración málica de compuestos orgánicos gaseosos individuales. Método de carbón activado y desorción por disolvente. (AENOR, 2002)	Determinación en discontinuo	Carbón activado y desorción por disolventes
Normas utilizadas por el sector:	NIOSH 1501. (NIOHS, 2003)	Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases (GC)/Detector de ionización de llama (FID)

OBSERVACIONES

NAFTALENO

Nº ficha: 16

MEDIO: AIRE

Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas.

Origen de la emisión: (Fuente: "Environmental Data of the German Cement Industry 2015". Verein Deutscher Zementwerke (VDZ))

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas especificadas en la Guía para la implantación del E-PRTR (para HAP):	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 (parte 1) + Determinación en discontinuo (parte 2)	HPLC, CG-EM
Normas incluidas en AAI:	NF X43-329: "Émissions de sources fixes - Prélèvement et mesurage d'hydrocarbures aromatiques polycycliques à l'émission" (AFNOR, 2003).	Muestreo + Determinación en discontinuo	HPLC, CG-EM

OBSERVACIONES

HPLC: Cromatografía líquida de alta resolución.

CG-EM: Cromatografía de gases en combinación con espectrometría de masas.

El naftaleno es el hidrocarburo aromático policíclico (HAP) predominante (puede suponer más del 90% en masa de las emisiones totales de HAP), si bien, no se encuentra dentro de los cuatro compuestos que deben ser notificados como HAP en el Registro PRTR (benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno)⁴⁵. Las emisiones de naftaleno se suelen eliminar en el alto horno rotatorio del clínker debido a las altas temperaturas que se alcanzan.

⁴⁵ De acuerdo con la nota 14 del anexo II del 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 num. 96, de 21 de abril de 2007).

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)

Nº ficha: 17

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:

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.

(Fuente: "Environmental Data of the German Cement Industry 2015". Verein Deutscher Zementwerke (VDZ))

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas especificadas en la Guía para la implantación del E-PRTR (para HAP):	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	HPLC, CG-EM
Normas incluidas en AAI:	NF X43-329: "Émissions de sources fixes - Prélèvement et mesurage d'hydrocarbures aromatiques polycycliques à l'émission". (AFNOR, 2003).	Muestreo + Determinación en discontinuo	HPLC, CG-EM
Normas utilizadas por el sector:	NIOSH 5506. (NIOSH, 1998)	Determinación en discontinuo	HPLC, Detección fluorescencia/UV

OBSERVACIONES

HPLC: Cromatografía líquida de alta resolución.

CG-EM: Cromatografía de gases en combinación con espectrometría de masas.

DIOXINAS Y FURANOS (PCDD Y PCDF)

Nº ficha: 18

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:

Puede resultar de una combinación de factores dependiendo del horno y del proceso, condiciones de combustión, características de alimentación y del tipo y del sistema de depuración.

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.

(Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas especificadas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 1948-1 a 3:2007. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica 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. (AENOR, 2007)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases/espectrometría de masas combinada con la técnica de dilución isotópica
Normas especificadas en AAI:	EPA 23: "Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Municipal Waste Combustors". (EPA, 1995)	Muestreo + Determinación en discontinuo	HRGC/ HRMS

OBSERVACIONES

HRGC: Cromatografía de gases de alta resolución.

HRMS: Espectrometría de masas de alta resolución.

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: 19

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:

Los PCB pueden ser introducidos en el proceso vía materia prima y combustible alternativo. Las altas temperaturas que se alcanzan en el horno garantizan, la destrucción de estos elementos traza.

(Fuente: "Environmental Data of the German Cement Industry 2015". Verein Deutscher Zementwerke (VDZ))

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 1948-4:2011 I: 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. (I)	Muestreo (según UNE-EN 1948-1) + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases/espectrometría de masas combinadas con la técnica de dilución isotópica
Normas utilizadas por el sector:	UNE-EN 1948-1:2007. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de PCDD/PCDF y PCB similares a dioxinas. Parte I: Muestreo de PCDD/PCDF. (AENOR, 2007)	Muestreo	

OBSERVACIONES

HRGC: Cromatografía de gases de alta resolución

HRMS: Espectrometría de masa de alta resolución

El alto horno rotatorio del clinker suele garantizar la destrucción de las trazas de esta sustancia.

- (I) Únicamente se utiliza para medir PCBs similares a dioxinas (*dioxin-like PCB*), que son 12 (no- y mono-orto-) de los 209 PCB existentes. También es aplicable a la medida de otros congéneres (los llamados *marcador de PCB*, que son los PCB 28, 52, 101, 138, 153 y 180).

DI-ETIL-HEXIL-FTALATO (DEHP)	Nº ficha: 20
-------------------------------------	---------------------

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:

No se encuentran referencias asociadas en el proceso de fabricación de cemento.

Las Normas NIOSH mencionadas son métodos utilizados para el muestreo y análisis de contaminantes en el aire ambiente del lugar de trabajo y en la sangre y orina de los trabajadores con exposición ocupacional en sectores que sí usan o fabrican esta sustancia.

No existen normas específicas para emisiones, por lo tanto los resultados son las aproximaciones más razonables posibles.

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas utilizadas por el sector:	NIOSH 5020 (NIOSH, 1994)	Muestreo + determinación en discontinuo	CG-FID

OBSERVACIONES

CIANURO DE HIDRÓGENO (HCN)

Nº ficha: 21

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:

No se encuentran referencias asociadas en el proceso de fabricación de cemento.

Las Normas NIOSH mencionadas son métodos utilizados para el muestreo y análisis de contaminantes en el aire ambiente del lugar de trabajo y en la sangre y orina de los trabajadores con exposición ocupacional en sectores que sí usan o fabrican esta sustancia.

No existen normas específicas para emisiones, por lo tanto los resultados son las aproximaciones más razonables posibles.

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas utilizadas por el sector:	NIOSH 6010 (NIOSH, 1994)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Espectrofotometría absorción visible
	NIOSH 7904 (NIOSH, 1994)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Electrodo de ión específico

OBSERVACIONES

CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT, como C total)

Nº ficha: 22

MEDIO: AIRE

Origen de la emisión:

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.

(Fuente: BREF 2013)

MEDICIÓN (M)

Categoría	Título	Alcance	Método
Normas incluidas en AAI:	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. (AENOR, 2013)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Detector de ionización de llama (FID)
	EPA 25: "Determination of total gaseous nonmethane organic emissions as carbon". (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases (CG)/ Detector de ionización de llama (FID)
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)". (VDI, 2007)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Detector de ionización de llama (FID)
	EPA 25A: "Gaseous Organic Concentration (Flame Ionization)". (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Detector de ionización de llama (FID)

OBSERVACIONES

METANO (CH₄)		Nº ficha:	24
MEDIO:	AIRE		
Origen de la emisión:	Se produce en pequeñas cantidades durante la combustión de los combustibles. (Fuente: UNFCCC)		

MEDICIÓN (M)			
Categoría	Título	Alcance	Método
Normas especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR:	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 continuo o discontinuo	Detección de ionización de llama (FID)
Normas utilizadas por el sector:	ASTM D1946-90 (2011). <i>Standard practice for analysis of reformed gas by gas chromatography.</i>	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases
OBSERVACIONES			

--

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

DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)		Nº ficha:	I
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 (UE) nº 601/2012, así como la “Guía de monitorización de Emisiones de dióxido de carbono del sector Cementero español de acuerdo al Reglamento (UE) nº 601/2012 de 21 de junio de 2012”, elaborada por Oficemen (enero 2014).

MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Nº ficha: 2

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	2,108		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clinker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	1,455	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)
BREF 2013 (IPPC) (kg / t clinker)	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 Nm3/t clinker (BREF 2013)

OBSERVACIONES

ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x – como NO₂)

Nº ficha: 3

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	1,79		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	1,241	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)
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)

OBSERVACIONES

ÓXIDO NITROSO (N₂O)

Nº ficha: 4

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	0,00473	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

OBSERVACIONES

AMONIACO (NH₃)	Nº ficha: 5
----------------------------------	--------------------

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	0,029	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

OBSERVACIONES

ÓXIDOS DE AZUFRE (SO_x – como SO₂)

Nº ficha: 6

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,137		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	0,374	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2010 (European Commission 2013)
BREF 2013 (IPPC) (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)

OBSERVACIONES

(1) Captación mediante torre de aspersión

CLORO Y COMPUESTOS INORGÁNICOS (HCI)

Nº ficha:

7

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	0,00466	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
BREF 2013 (IPPC) (kg / t clinker)	$0,046 \cdot 10^{-3} - 0,046$	A partir de emisiones notificadas por el sector europeo. Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm ³ /t clinker (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)	0,000416	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
BREF 2013 (IPPC) (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 Nm³/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) SELENIO (Se) MANGANESO (Mn)	Nº ficha: 9
---	---	--------------------

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Arsénico y compuestos (As)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	$5,83 \cdot 10^{-6}$		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	$2,65 \cdot 10^{-5}$	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)

Cadmio y compuestos (Cd)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	$4,38 \cdot 10^{-6}$		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	$8 \cdot 10^{-6}$	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)

Cromo y compuestos (Cr)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	$3,17 \cdot 10^{-5}$		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	$4,1 \cdot 10^{-5}$	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)

Cobre y compuestos (Cu)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	$3,22 \cdot 10^{-5}$		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	$6,47 \cdot 10^{-5}$	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)

(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)	2,79 · 10 ⁻⁵		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	4,9 · 10 ⁻⁵	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)
Plomo y compuestos (Pb)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	4,33 · 10 ⁻⁵		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	9,8 · 10 ⁻⁵	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)
Talio y compuestos (Tl)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	1,43 · 10 ⁻⁵		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
Antimonio y compuestos (Sb)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	7,66 · 10 ⁻⁶		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
Cobalto y compuestos (Co)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	4,95 · 10 ⁻⁶		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
Vanadio y compuestos (V)			
Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	5,97 · 10 ⁻⁶		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

Manganeso y compuestos (Mn)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	$2,68 \cdot 10^{-5}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

Selenio y compuestos (Se)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	$1,82 \cdot 10^{-5}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos $2,53 \cdot 10^{-5}$	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)

MERCURIO Y SUS COMPUESTOS (Hg)	Nº ficha: 10
--------------------------------	--------------

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	$2,05 \cdot 10^{-5}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos $4,9 \cdot 10^{-5}$	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)
BREF 2013 (IPPC) (kg / t clínker)	$0 - 69 \cdot 10^{-6}$	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)

ZINC Y SUS COMPUESTOS (Zn)	Nº ficha: 11
----------------------------	--------------

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	$1,22 \cdot 10^{-4}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos $4,24 \cdot 10^{-4}$	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)

PARTÍCULAS TOTALES y PM₁₀

Nº ficha: 12

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Partículas totales en suspensión (PST)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones	
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,025		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.	
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker) (I)	Tier I		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) EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Comission 2013)	
	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) EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para el tier 2 el borrador del docuemnto BREF del Cemento y la Cal del año 2007 (EIPPCB 2007). Sin embargo ya se dispone del BREF 2013
		Resto de filtros de mantas o ESP	0,046	
	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.
BREF 2013 (IPPC) (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)	

Partículas PM ₁₀		
Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,00908	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Tier I	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) EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Comission 2013)
	Tier 3 (kg/ t clínker)	Aplicable a los hornos $VLE_{\text{horno}} \text{ (mg/Nm}^3\text{)} \cdot$ Volumen medio de gases emitidos en el horno (Nm ³ /t clínker) $VLE_{\text{horno}} \text{ (mg/Nm}^3\text{)}$ para PM ₁₀ establecido en la AAI de cada instalación Volumen medio de gases emitidos en el horno de cemento: 2.300 Nm ³ /t clínker (BREF 2013) La utilización de este factor de emisión claramente sobrevalora la carga contaminante de la instalación.

**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)	0,0175		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg /t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	0,018	EMEP/CORINAIR 2016 utiliza como fuente para este factor el documento BREF del Cemento y la Cal del año 2013 (European Commission 2013)

OBSERVACIONES

ANTRACENO

Nº ficha: 14

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	$1,44 \cdot 10^{-6}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

OBSERVACIONES

B E N C E N O	Nº ficha: 15
----------------------	---------------------

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	0,00192	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

OBSERVACIONES

NAFTALENO

Nº ficha: 16

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	$4,80 \cdot 10^{-5}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

OBSERVACIONES

**HIDROCARBUROS AROMÁTICOS
POLICÍCLICOS (HAP)**

Nº ficha: 17

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	$1,26 \cdot 10^{-5}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

OBSERVACIONES

DIOXINAS Y FURANOS (PCDD Y PCDF)

Nº ficha: 18

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (ng/t clinker)	27,26		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
“Estudio y resultados de la participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003)”	ng I-TEQ/t clinker	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: 19

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	2,48 · 10 ⁻⁹		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
EMEP/CORINAIR 2016 (kg / t clínker)	Carbón, coke, gas natural, fuel, residuos	1,03 · 10 ⁻⁹	EMEP/CORINAIR 2013 utiliza como fuente para este factor Eviromental Data of the German Cement Industry 2010. Verein Deutscher Zementwerke 2011 (VDZ 2011)

OBSERVACIONES

DI-ETIL-HEXIL-FTALATO (DEHP)

Nº ficha: 20

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	$3,81 \cdot 10^{-6}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

OBSERVACIONES

CIANURO DE HIDRÓGENO (HCN)

Nº ficha: 21

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	$1,42 \cdot 10^{-4}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

OBSERVACIONES

**CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT,
como C total)**

Nº ficha: 22

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	0,0431	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.
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 Nm³/t clínker (BREF 2013)

OBSERVACIONES

METANO (CH₄)	Nº ficha: 24
--------------------------------	---------------------

MEDIO: AIRE

CÁLCULO (C)

Fuente	Factor de emisión	Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clinker)	0,00296	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el periodo 2011-2015.

OBSERVACIONES

CUESTIONARIO DE EMISIONES DE HORNOS



oficemen
Agrupación de fabricantes de cemento de España

CUESTIONARIO DE EMISIONES DE HORNOS

INDICE

GUIA TECNICA DE CUMPLIMENTACION

GUIA INFORMATICA DE CUMPLIMENTACION

CUESTIONARIO DE EMISIONES DE HORNOS

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 constatado 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 1.

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.

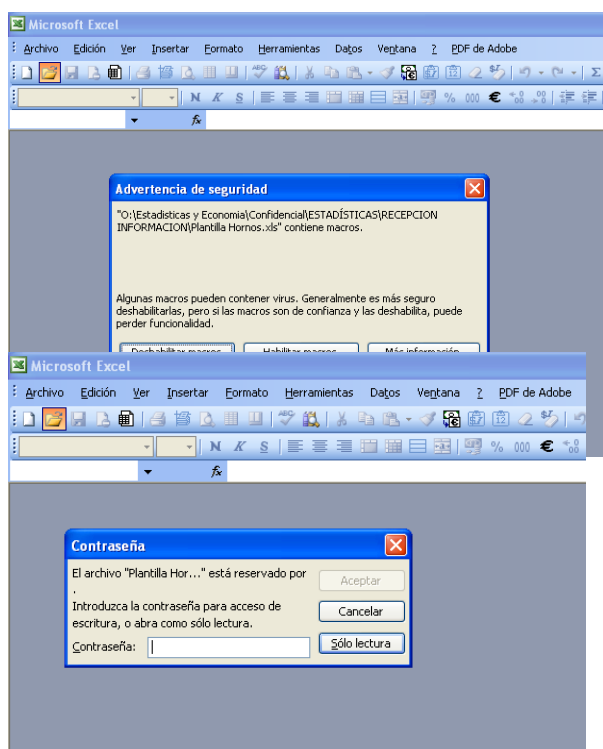
Respecto a los archivos que ha recibido:

- **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

1. ¿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	Valor medio	Discontinuo	# mediciones	referencia en %	Observaciones
9	I. Polvo (PST)								
11	Polvo (PST)		mg/Nm³	3				10,00	
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	Dióxido 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	
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	Estañio (Sn)		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 sombreaman en rojo, indicando que queda pendiente por introducir algún dato.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
				Valor límite de detección	Unidad	Continuo	Discontinuo	Valor medio	Número de mediciones	Referencia en %	Observaciones
7	A partir de la monitorización en continuo y de valores medios anuales de mediciones individuales										
10	I. Polvo (PST)										
11		Polvo (PST)		2,000	mg/m ³	3	5			10,00	
14	Error Mediciones										
15	Escriba mediciones continuas o discontinuas pero sólo una de ellas.										
16	Reintentar Cancelar										
19		Oxidos de nitrógeno (como NO ₂)			mg/m ³					10,00	
20	III. Metales Totales y sus componentes										
22		Antimonio (Sb)			mg/m ³					10,00	
23		Arsénico (As)			mg/m ³					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 2011

Empresa:		AÑO	2011	País:	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)		mg/Nm ³			10,00	

II. Gases						
Amoníaco (NH ₃)		mg/Nm ³			10,00	
Compuestos de Cloro (como HCl)		mg/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	
Oxidos 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)		mg/Nm ³			10,00	
Berilio (Be)		mg/Nm ³			10,00	
Cadmio (Cd)		mg/Nm ³			10,00	
Cobalto (Co)		mg/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)		mg/Nm ³			10,00	
Níquel (Ni)		mg/Nm ³			10,00	
Plomo (Pb)		mg/Nm ³			10,00	
Selenio (Se)		mg/Nm ³			10,00	
Talio (Tl)		mg/Nm ³			10,00	
Teluro (Te)		mg/Nm ³			10,00	
Vanadio (V)		mg/Nm ³			10,00	
Zinc (Zn)		mg/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)		mg/Nm ³			10,00	
Compuestos Orgánicos Totales (COT)		mg/Nm ³			10,00	
Dioxinas y Furanos (PCDD/F)		ng T-TEQ / 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 sí 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	
a.1. Enfriamiento de llama	
a.2. Quemadores de bajo NO _x	
a.3. Combustión por etapas	
a.4. Combustión por etapas (precalcinador especialmente diseñado para reducción de NO _x)	
a.5. Combustión por etapas (otro tipo): ver Nota 1	
a.6. SNCR (ammonia)	
a.7. SNCR (urea)	
a.8. Otros	

Medidas de reducción de polvo instaladas	
b.1. Filtros de mangas	
b.2. Precipitador electrostático	
b.3. Filtros híbridos	

Medidas de reducción de SO _x instaladas	
c.1. Adición de absorbente	
c.2. Lavadores de gases húmedos	
c.3. Lavadores de gases secos	
c.4. Carbon activado	
c.5. Otros	

Empresa:		AÑO	2011
Instalación:			

País:	ESPAÑA
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	Valor medio	# mediciones		

V. Otros contaminantes en el listado sectorial PRTR							
Antraceno		mg/Nm ³				10,00	
Ftalato de Bis (2-etilhexilo) DEHP		mg/Nm ³				10,00	
HCN		mg/Nm ³				10,00	
N ₂ O		mg/Nm ³				10,00	
Naftaleno		mg/Nm ³				10,00	
NMVOC		mg/Nm ³				10,00	
PM ₁₀		mg/Nm ³				10,00	
PM _{2,5}		mg/Nm ³				10,00	

Volumen total de gases emitidos en el año (10 ⁶ m ³ N/año)	
--	--

Producción anual de clínker verificada del Horno (Tn)	
---	--

Anexo V. 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 realicen 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. Medida de opacidad Bacharach		Definir la sistemática para la realización de medidas de opacidad BACHARACH en focos de emisión procedentes de instalaciones de combustión.
	IT-ATM-08.3	Métodos de medidas no normalizados. Medida de gases de combustión mediante células electroquímicas		Definir la sistemática para la realización de medidas de los gases de combustión - óxidos de nitrógeno (NO y NO ₂), 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

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
				administrativa se refleje explícitamente el uso de normas CEN. Esta instrucción técnica es también aplicable para instalaciones que no sean de combustión, cuando se necesite determinar algunos de los compuestos anteriormente citados. Así mismo, esta instrucción técnica es de aplicación para las medidas de dióxido de carbono.
	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 másica 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		Establecimiento de la metodología y los criterios a seguir para la realización de las actividades necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de los Sistemas Automáticos de Medidas de Emisiones (en adelante, 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. Dentro de la presente instrucción técnica se establecen diferentes objetivos: - Definir los requisitos que deben cumplir los SAM. - Definir los requisitos que debe cumplir el sitio para la ubicación del SAM y para su calibración con Método de Referencia Patrón (MRP). - 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 Nivel de Garantía de Calidad 2 (NGC2) o certificación, Ensayo Bienal de Seguimiento (EBS) o verificación externa y Nivel de Garantía de Calidad 3 (NGC3) o control interno.
	IT-ATM-13	SAM en instalaciones que están obligadas por legislación específica		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 Sistemas Automáticos de Medidas de Emisiones (en adelante SAM) en focos de emisión, así como de informar de los resultados obtenidos. Dentro de la presente instrucción técnica se establecen diferentes objetivos: - Definir los requisitos que deben cumplir los SAM. - Definir los requisitos que deben cumplir el sitio para la ubicación del SAM y para las medidas

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
				con MRP para su calibración. - 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 Nivel de Garantía de Calidad 2 (NGC2) o certificación, Ensayo Anual de Seguimiento (EAS) o verificación externa y Nivel de Garantía de Calidad 3 (NGC3) o seguimiento interno.
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 de la atmósfera. (BOJA 180, 14.09.12)	Establece los requisitos de los controles externos reglamentarios de las instalaciones donde se desarrollan actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera (APCA).
	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 continuo (SMEC): Características de equipos; Secciones y sitios de medición; Y calibraciones		Establece las características mínimas que deben cumplir los sistemas de medición de emisiones en continuo (SMEC), definiéndose las características de los sistemas automáticos de medida (SAM), de los sistemas de adquisición, tratamiento y comunicación de datos (SATC) y de los gases de referencia para las verificaciones. 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. 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.
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).
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	Establecer las características mínimas que deben cumplir los Sistemas Automáticos de Medida (en adelante SAM), definiéndose unos requisitos mínimos de homologación, diseño, instalación, operación y mantenimiento, para garantizar la fiabilidad y trazabilidad de los valores medidos. 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,

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
				faciliten las operaciones de comprobación descritas en esta instrucción). 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. 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. Fijar el contenido mínimo de los informes que deben elaborar los laboratorios de ensayo cuando realizan las tareas que tienen encomendadas.
		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 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	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. 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. Establece los criterios a tener en cuenta para la realización de cálculos, interpretación de los resultados y determinación del cumplimiento de los VLE. 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.
Cataluña	IT-AT-02	Acondicionamiento de los puntos de muestreo	Rev.01 Julio/2011	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
	ITVCA 11	Metódica de control reglamentario de los focos emisores potencialmente contaminantes de la	1ª ed Agos/1999	Establecer un criterio a la hora de interpretar la normativa vigente en materia de contaminación atmosférica por parte de los inspectores acreditados, en cuanto a tramitación de los libros 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
		atmósfera		registro de los focos emisores, identificación de los focos emisores potencialmente contaminantes de la atmósfera existentes a la actividad y planificación de su control en función de sus características y de sus emisiones.
	I.T.014	Calibrado de sistemas automáticos de medición (SAM)	3ª ed Ene/2009	Establecer las características mínimas que tienen que cumplir los Sistemas Automáticos de Medida (SAM). Definir unos requisitos mínimos de operación y mantenimiento de SAM para garantizar la fiabilidad y trazabilidad de los valores medidos. 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. 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.
	I.T.016	Entidades encargadas de realizar las tareas de calibrado de los analizadores en continuo	1ª ed Ene/2009	Definir las entidades encargadas de realizar los trabajos de calibración de los analizadores en continuo que se encuentran dentro de los establecimientos que, ya sea por normativa sectorial o por resolución individual, están obligados a disponer de estos analizadores en continuo.
	IT-AT-17	Selección del método de medida de las emisiones a la atmósfera. Límite de cuantificación	Rev. 02 Mar/2012	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 valor límite de emisión u otros requerimientos legales, así como indicar los métodos de referencia para calibrar los sistemas automáticos de medición (SAM) de las emisiones.
	IT-AT-18	Gestión de los datos generados por un sistema automático de medida	Rev.01 Junio/2011	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 valor límite de emisión en focos emisores de contaminantes a la atmósfera	Rev.01 Feb/2012	Definir los criterios para verificar el cumplimiento del Valor Límite de Emisión (VLE), tanto a partir de los datos obtenidos por un Sistema Automático de Medida (SAM) de las emisiones como si se realizan medidas periódicas.
	IT-AT-20	Conexión y transmisión de datos a la XEAC	Rev.01 Ene/2012	Definir el procedimiento para la conexión de los focos a la Red de Emisiones Atmosféricas de Cataluña (XEAC).
	IT-AT-25	Extensión del rango válido en la calibración de sistemas automáticos de medida de las emisiones de hornos de cemento que coincideran	1ª ed Nov/2012	Definir el procedimiento de establecer el rango válido en sistemas automáticos de medida(SAM), calibrados de acuerdo a la norma UNE-EN 14181, e instalados en hornos de cemento que coincideran
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 valores límite de emisión (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 Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera (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.

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
				Así, se define la ubicación del plano de medición y la ubicación de los orificios de medida de que debe 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 Sistemas Automáticos de Medida (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/13	Criterios para la instalación de sistemas automáticos de medida de Emisiones (SAME)	Rev: 01 Fecha: 30.08.2007	Establece los criterios para definir la necesidad de un foco emisor de disponer de un Sistema Automático de Medida de Emisiones (en adelante SAME) a la atmósfera. También se incluyen en esta instrucción técnica el procedimiento de instalación y puesta en servicio de los mismos, así como el sistema de comunicación de los resultados obtenidos.
	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 valor límite de emisión 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 Valor Límite de Emisión (VLE), tanto a partir de los datos obtenidos por un Sistema Automático de Medida (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 Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera (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 Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera (APCAs)
Cantabria	IT/APCA/02	Instrucción Técnica relativa a los criterios para definir métodos de referencia para la determinación de contaminantes con métodos	Orden MED 2/2013, de 25 de enero, por la que	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

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
		de muestreo manual	se aprueban las instrucciones técnicas en materia de control de las emisiones a la atmósfera (BOC 27, 8.02.2013)	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)		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 valor límite de emisión 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.

Anexo VI. Glosario de términos

AAI	Autorización Ambiental Integrada
AENOR	Asociación Española de Normalización
AFNOR	<i>Association française de Normalisation</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BAT-AEL	Niveles de emisión asociados a esas mejores técnicas disponibles (<i>emission levels associated with the best available techniques</i>)
CEPE	Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas
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
CEN	Comité Europeo de Normalización
COP	Contaminantes Orgánicos Persistentes
	Sustancias químicas persistentes, bioacumulables, altamente tóxicas y que tienen potencial para transportarse a larga distancia
CORINAIR	<i>CORe INventory of AIR emissions</i>
Documento BREF	Documento sobre Mejores Técnicas Disponibles
EMEP	<i>European Monitoring and Evaluation Programme</i> de la CEPE
ENAC	Entidad Nacional de Acreditación
EPA	<i>U.S. Environmental Protection Agency</i>
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
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
ICAS	<i>Intersociety Committee of Air Sampling</i>
INST	Instituto Nacional de Higiene en el Trabajo
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>

Límite de cuantificación (LOQ)	La cantidad más baja cuantificable de un compuesto
Límite de detección (LOD)	La cantidad más baja detectable de un compuesto
Medición en discontinuo o puntual	Determinación puntual de determinados parámetros en un periodo de tiempo limitado
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
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
PRTR	Registro de Emisiones y Fuentes Contaminantes (<i>Pollutant Release and Transfer Registers</i>)
Sistema Automático de Medida (SAM)	Sistema de medida instalado permanentemente en un punto para la medida en continuo de emisiones
	Un SAM es un método que es trazable a un método de referencia
	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.
	[Norma UNE-EN 14181:2005]
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]
SNAP	<i>Selected Nomenclature for Air Pollution</i>



Anexo VII. Bibliografía y referencias

- 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 legislativo , de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación (BOE núm. 316, de 31 de diciembre de 2016).
- 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.
- 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.
- 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
- 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/I, de 4 de febrero de 2006).
- 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 núm. 96, de 21 de abril de 2007).
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire (BOE núm. 25, de 29 de enero de 2011).
- Decisión 2007/589/CE de la Comisión, de 18 de julio de 2007, por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE (DOUE nº L229/I, de 31 de agosto de 2007).
- 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 (BOE núm. 59, de 10 de octubre de 2005).
- Guía para la implantación del E-PRTR. Comisión Europea. Dirección General de Medio Ambiente. 2006.
- “Guía de monitorización de Emisiones de dióxido de carbono del sector Cementero español de acuerdo al Reglamento (UE) nº 601/2012 de 21 de junio de 2012”, elaborada por Oficemen (enero 2014).
- Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de Fabricación de Cemento. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. 2003.
- Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). Documento de referencia de los principios generales de Monitorización. Documento BREF. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. 2003.
- “(BAT) Reference Document for the production of Cement, Lime and Magnesium Oxide” (documento BREF del cemento, cal y óxidos de magnesio). Comisión Europea. 2013.

- Estudio y resultados de la participación del sector cementero español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000 – 2003). Ministerio de Educación y Ciencia. Ciemat. 2005.
- “AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 11.6 Portland Cement Manufacturing”. U.S. EPA. 1995.
- “Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polycyclic Organic Matter, chapter 4.8 – Portland Cement Manufacturing”. EPA - L&E (Locating and Estimating). 1998.
- “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016”. “Manufacturing industries and construction (combustion)” and “Cement production”. 2016.
- “Guía de la normativa estatal sobre emisiones a la atmósfera. Ley 34/2007 y Real Decreto 100/2011”. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2011.
- “Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990–2013” (Volumen 2: Análisis por actividades SNAP), Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2015.
- “Inventario de emisiones de España. Directiva Techos: Sumario de resultados. Edición correspondiente a la serie 1990-2015”. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 2017.
- “Inventario de emisiones de España. Comunicación a la Secretaría del Convenio de Ginebra y al Programa EMEP”. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2017.
- “Environmental Data of the German Cement Industry 2015”. Verein Deutscher Zementwerke (VDZ).
- Assessment and Summary of Member States’ implementation reports for the IED, IPPCD, SED and WID Amec Foster Wheeler Environment & Infrastructure UK Ltd para la Comisión Europea. Marzo, 2016.



Consulnima
Consultoría e Ingeniería Ambiental



oficemen
Agrupación de fabricantes de cemento de España