

DOCUMENTO TÉCNICO

Proyecto de Resolución “Por la cual se modifica la Resolución 909 de 2008 y la Resolución 1377 de 2015 y se adoptan otras disposiciones”

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo aportar los elementos técnicos que soportan el proyecto de norma cuyo objeto realizar es modificar la Resolución 909 de 2008 y la Resolución 1377 de 2015 en lo relacionado con estándar de emisión de ácido fluorhídrico al aire para las industrias de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla, el oxígeno de referencia en hornos continuos de producción de cerámica no refractaria, mediciones en secadores naturales y uso de calor residual, la frecuencia de monitoreo de benzopireno y dibenzo antraceno en los hornos crematorios y el tratamiento térmico de residuos de sustancias clorofluorocarbonadas - CFC, hidroclorofluorocarbonadas - HCFC e hidrofluorocarbonadas – HFC.

2. ESTÁNDAR DE EMISIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO (HF) AL AIRE PARA LAS INDUSTRIAS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE CERÁMICA REFRACTARIA, NO REFRACTARIA Y DE ARCILLA.

La información del presente capítulo es adaptada de los documentos “propuesta modificación artículo 32 y 33 de la resolución 909 de 2008 y artículo 1 de la Resolución 1377 de 2015. Sector Baldosas cerámicas” y “Concepto Técnico Sobre los Estándares de Emisiones Admisibles para Fluoruro de Hidrógeno en la Industria Cerámica a Nivel Nacional” (Documentos soporte del proyecto normativo) generados en el año 2017 en el marco de la mesa técnica de calidad del aire con productores de cerámica refractaria que contó con la participación de: la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia – ANDI, Corona, Alfagres, Cerámica Italia, Cerámica San Lorenzo, Euro Cerámica, Universidad del Bosque y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Antecedentes

“La construcción, ha sido una de las actividades productivas más dinámicas al registrar un crecimiento promedio entre el 2000-2012 de 7.5% frente a 4.3% del PIB total, lo que se ha traducido en un aumento de su participación en la economía pasando de representar 4.4% en el año 2000 a 6.8% en el 2014.” (ANDI, 2014)

El término “cerámica” (productos cerámicos) se utiliza para materiales inorgánicos (que pueden tener algún contenido orgánico) formados por compuestos no metálicos y estabilizados mediante un proceso de cocción. La cocción de cuerpos cerámicos produce una transformación de los minerales constituyentes, que depende del tiempo y de la temperatura, y que, en general, da lugar a una mezcla de nuevos minerales y fases vítreas. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011).

El sector cerámico en Colombia está concentrado, más del 85% de la producción pertenece a cinco empresas: ColCerámica (Grupo Corona), Alfagres, Cerámica Italia, Cerámica San Lorenzo y Eurocerámica. En el año 2012 la producción de cerámica en Colombia fue de 72 millones de metros cuadrados según la publicación de Ceramic World Review, lo que representa el 0,6% de la producción mundial.

Marco Jurídico.

El capítulo 1 del título 5 del Decreto 1076 (antiguo Decreto 948 de 1995) “Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire” faculta al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a establecer límites máximos permisibles de contaminantes al aire, definiendo en su artículo 2.2.5.1.2.6. Que las normas emisión que expida la autoridad ambiental competente contendrán estándares de emisión legalmente admisibles de contaminantes aire.

En tal sentido, el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 909 de 2008 modificada por la Resolución 1377 de 2015 adoptó los estándares máximos de emisión admisibles de ácido fluorhídrico al aire para las industrias de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla.

Adicionalmente, con el objetivo de garantizar la adecuada dispersión de dichos contaminantes, tanto la citada resolución, como la Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, establece criterios como las Buenas Prácticas de Ingeniería – BPI, las cuales permiten minimizar el impacto sobre la salud de las personas y el ambiente, sumado a otro tipo de controles asociados al adecuado funcionamiento de los sistema de control de emisiones, control sobre el origen de los combustibles y análisis de las condiciones de operación de los equipos.

Emisiones de HF

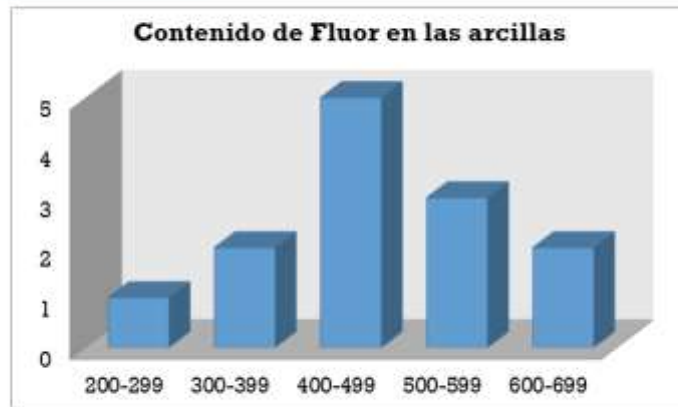
Las emisiones de flúor en la industria de la cerámica dependen de la composición de la materia prima principal, la arcilla (su porcentaje de flúor y en algunos casos de su porcentaje de carbonatos).

En las arcillas, el mayor contenido en flúor se encuentra en las illitas, seguido de la montmorillonita y en menor cuantía en caolinita, interestratificados y apatito. Arcillas con altos porcentajes de carbonatos no liberan flúor.

Formaciones de arcilla en Europa: Las arcillas primarias: las hallamos en los lugares en los que se encuentran las rocas de las que proceden. Siendo sus principales características las de ser: de color blanco o tirando al gris, poco plásticas y muy puras. Sus principales yacimientos europeos se encuentran en Cornwall en Inglaterra, Meissen en Alemania y Limoges en Francia. Lo cual nos indica que por su característica primaria son arcillas con un bajo contenido de minerales anteriormente descritos.

Formaciones de arcilla en Colombia: Las arcillas secundarias: son las que se han formado a lo largo de los años separándose de las rocas de origen y sedimentándose, en ocasiones a unas distancias considerables. Sus características principales son: tienen colores muy diversos, según su composición, desde el rojo al negro, pasando por el amarillo y el gris; en contra de las arcillas primarias, éstas, resultan muy plásticas y con altos contenidos de montmorillonita y caolines por lo que resultan arcillas un poco más sucias.

+ Contenido de flúor en las arcillas Colombianas



Total de muestras analizadas: 15

Análisis Realizado: Instituto técnico Cerámico - España

Observación: ITC concluye en uno de sus reportes que el contenido de flúor de las arcillas Colombianas, es muy similar al de las arcillas Españolas

Figura 1. Contenido de flúor en arcillas Colombianas (instituto técnico cerámico España)

Normas internacionales:

Revisada la regulación federal proferida por la EPA (Environmental Protection Agency siglas en ingles) en relación con, los límites permisibles de emisiones atmosféricas para la industria cerámica se encuentran definidos en la “Subpart KKKKK—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Clay Ceramics Manufacturing - Source: 68 FR 26738, May 16, 2003”, de la Parte 63 “NATIONAL EMISSION STANDARDS FOR HAZARDOUS AIR POLLUTANTS FOR SOURCE CATEGORIES” del Título 40 “Protection of Environment”.

Revisados los parámetros de emisiones de HF referentes a la industria cerámica nuevas se encuentra que esta no debe exceder los 0.029 kg/Mg (0.057 lb/ton) de producto cocido.

Para la industria cerámica y vidrio no existe una legislación específica a nivel europeo en materia de contaminación atmosférica. No obstante en la directiva 84/360/CEE, se indica que los estados miembros de la Unión Europea deben tomar medidas adecuadas para prevenir o reducir la contaminación atmosférica procedente de las instalaciones industriales.

País	PARTÍCULAS SÓLIDAS	SO _x	NO _x	CLORUROS (HCl)	FLUORUROS (HF)	CO
ALEMANIA	50	500(*) 1500	500	30	5	-
BÉLGICA (Reg. Flamenca)	50 (F>0.5 kg/h) 150 (F<0.5 kg/h)	500	500	30	5	100
ESPAÑA	150	4300	615	460	80	625
FRANCIA	50 (F>1 kg/h) 150 (F<1 kg/h)	500	500	50	5	-
GRECIA	100	350	-	-	80	-
HOLANDA	10	200	200	30	5	-
ITALIA (Emilia Romagna)	30 molienda, atomizador y prensado 10 esmaltado 5 cocción de baldosas 30 fusión de fritas	-	-	-	5	-
PORTUGAL	150	1500	-	-	50	-
REINO UNIDO	50	1500	-	30	5	200

Figura 2. Norma de emisión de HF en Países Europeos (directiva 96/61/CE).

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad (MASS) son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden lograrse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables, para la cual no define estándares máximos permisibles de Flúor.

Los Documentos BREF comenzaron a elaborarse con la entrada en vigor de la Directiva 96/61/CE del Consejo, relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación. Con la entrada en vigor de la Directiva de Emisiones Industriales, contienen las mejores prácticas disponibles para los sectores productivos. De acuerdo con el BREF del sector cerámico la emisión de HF con las mejores tecnologías disponibles (metas de alto desempeño ambiental) corresponden al 60 ug/m³ y no son de obligatorio cumplimiento en todo el territorio europeo.

Emisiones HF en Colombia.

De acuerdo con información propia del sector, en el país existen más de 40 hornos productores de cerámica, de los cuales a continuación se ilustran 18 datos de las caracterizaciones de 16 fuentes de los fabricantes: Corona, Alfagres, Eurocerámica y San Lorenzo.

El monitoreo de emisiones se realizó con empresas y laboratorios acreditados por el IDEAM, como lo son: Air Clean System, Consultoría Control Ambiental, Gestión y Servicios Ambientales, GSA SAS, Servicios de Ingeniería y Ambiente, entre otras.

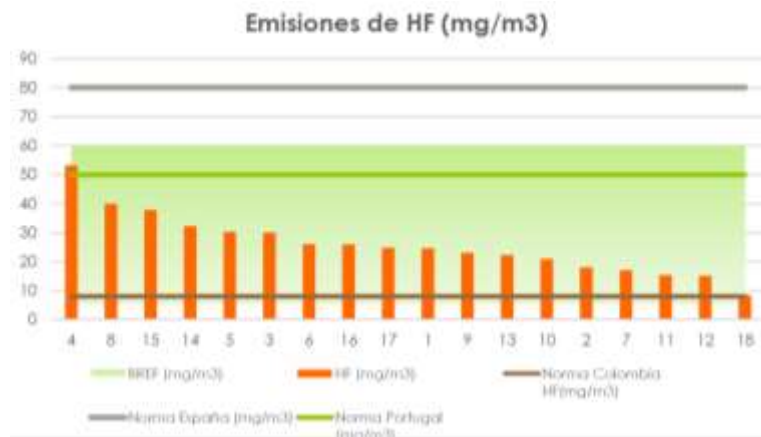


Figura 3. Emisión HF en empresas Colombianas (Mediciones directas)

Las emisiones de HF del sector en Colombia se ubican dentro del rango (5-60 mg/m³) valore que se encuentran por debajo de las Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea- Sector de la fabricación cerámica (BREF), incluso por debajo de la norma de España, país que produce 6 veces más cerámico que Colombia.

Evaluación de impacto en calidad del aire y riesgos en salud.

De acuerdo con lo establecido por la Organización Mundial de la Salud – OMS, para el caso de fluoruro de hidrógeno, y particularmente para el caso de los niveles que buscan proteger la salud de las personas y el medio ambiente, es decir, los niveles de inmisión, se tienen definidos valores de 0,03 mg/m³ para un periodo de exposición de 1 hora, mientras que para un periodo de 24 horas el valor es de 0,01 mg/m³, para el promedio de los datos. De acuerdo con lo anterior, al cumplir con estos valores se estima que no se generan alternaciones o afectaciones a la calidad de vida y salud de las personas que puedan estar expuestas a este tipo de contaminantes. (Evolution of WHO air quality guidelines -2017)

De conformidad con el numeral 4.4 del Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas El monitoreo de calidad del aire por parte de las empresas responsables de las emisiones atmosféricas, con el fin de evaluar la magnitud del impacto ambiental asociado, hace parte de las Buenas Prácticas de Ingeniería (BPI).

En este sentido, en el año 2017 en el marco de la mesa técnica de calidad del aire con productores de cerámica se realizó un estudio de impacto en calidad del aire adelantado por la consultora CAIA Ingeniería “Concepto Técnico Sobre los Estándares de Emisiones Admisibles para Fluiruro de Hudrógeno en la Industria Cerámica a Nivel Nacional” quien con información de emisiones del sector e información geo-meteorológica modelaron (modelo Calpuff) los impactos en calidad del aire que tendrían diferentes niveles de emisión de HF.

- Topografía: Con fuente en el GFS (Global Forecast System) o del Climate Forecast System (CFS). Para este caso en particular se tomó información de un proyecto cerámico localizado en el Municipio de Girardota en donde las condiciones topográficas de valle encañonado dificultan la adecuada dispersión de los contaminantes.

- Meteorología: El modelo meteorológico Weather Research and Forecasting (WRF-ARWv3.7) es un modelo meteorológico no hidrostático de nueva generación desarrollado por el National Center for Atmospheric Research (NCAR) que forma parte de la Agencia de Meteorología de Estados Unidos (US-NOAA). El modelo WRF-ARW dispone de una estructura modular tiene capacidad para ejecuciones en modo multi-tarea sobre computadores con memoria distribuida o compartida.
- Emisiones: Información obtenida a través de laboratorios acreditados por parte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

Los datos anteriormente indicados y relacionados permitieron obtener la dispersión de los contaminantes, para los periodos de exposición para los cuales se logró identificar un nivel máximo permisible, establecido por la Organización Mundial de la Salud – OMS, es decir, para una y para 24 horas. En este sentido, se aplicaron dos modelos de simulación, los cuales cuentan con la siguiente información de entrada supuesta:

Escenario No. 1: Concentración de 8 mg/m^3 para la totalidad de las fuentes de emisión de un proyecto cerámico, con datos de carga con base en los estudios de evaluación realizados por laboratorio acreditado.

Escenario No. 2: Concentración de 40 mg/m^3 para la totalidad de las fuentes de emisión de un proyecto cerámico, con datos de carga con base en los estudios de evaluación realizados por laboratorio acreditado. El cual corresponde con un valor con referencia para actividades cerámicas localizadas principalmente en España y Europa.

De acuerdo con los resultados del estudio, se evidencia que para los escenarios de simulación que se indicaron, es decir, con concentración de emisión de fluoruro de hidrógeno de 8 mg/m^3 y de 40 mg/m^3 , los valores máximos (escenario crítico) de concentración en la atmosfera de HF corresponden a $0,002106 \text{ mg/m}^3$ (datos horarios) y $0,008733 \text{ mg/m}^3$ (dato diario), valores inferiores, (Incluso dos veces menores en orden de magnitud) tanto para los periodos de exposición de 1 hora ($0,03 \text{ mg/m}^3$) como de 24 horas ($0,01 \text{ mg/m}^3$), para los cuales es importante precisar que los niveles establecidos por la OMS buscan proteger a salud de las personas y el ambiente

Ajuste normativo.

Teniendo en cuenta las características geológicas del país, las características físico químicas de las capas arcillosas que proveen a las zonas productivas de cerámica del país, el marco regulatorio internacional y la evaluación de impacto en calidad del aire y riesgos en la salud (recomendaciones OMS), se requiere ajustar los niveles máximos permisibles de HF para la fabricación de productos de cerámica refractaria y no refractaria establecidos en la Tabla 26 del artículo 31 de la Resolución 909 de 2008, pasando de 8 mg/m^3 guía BREF de la Comunidad europea a 40 mg/m^3 norma próxima a la de la Comunidad Europea correspondiente a Portugal (50 mg/m^3).

Tabla. Estándares de emisión admisibles de ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico al aire para las industrias de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 18%.

Combustible	Estándares de emisión admisibles de contaminantes peligrosos (mg/m ³)	
	HCl	HF
Todos	40	40

3. RANGO DE TEMPERATURA DE LOS GASES EMITIDOS PARA LOS PROCESOS DE VITRIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE CERÁMICA REFRACTARIA, NO REFRACTARIA Y DE ARCILLA.

Las actividades de vitrificación son procesos que permiten dar acabados “esmaltados” o “brillantes” a productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla. Durante este proceso se requiere llevar las materias primas a temperaturas cercanas a los 1000°C durante tiempos controlados, lo cual diferencia esta actividad de las demás de producción de cerámica y arcilla como ladrilleras y hornos alfareros.

En este sentido, el artículo 33 de la Resolución 909 de 2008 en lo referente a niveles de temperatura de emisiones de actividades de producción de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla se fundamentó en las características de hornos de producción de ladrillo y no integra las condiciones y características técnicas de los procesos de vitrificación, en el año 2015 mediante el Artículo 2 de la Resolución 1377, se modificó el Artículo 33 de la Resolución ibídem, haciendo una relación entre el rango de temperatura y los niveles de emisión de HF.

Ajuste normativo.

Teniendo en cuenta que en el presente proyecto normativo se ajustan los niveles de emisión de HF para actividades de producción de cerámica refractaria y no refractaria (ver numeral 2.), se hace necesario modificar el Artículo 33 de la Resolución 909 con el fin de mantener la armonía con los estándares de HF propuesto y haciendo claridad sobre el concepto de emisiones no detectables.

“Parágrafo: Para los procesos de vitrificación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla en los que se demuestre a través de mediciones directas de las emisiones de compuestos orgánicos que contengan cloro (Cl), ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorhídrico (HF) son inferiores a 30 µg/m³, el rango de temperatura de los gases emitidos será hasta 400 °C durante la etapa de máximo consumo de combustible.”

4. OXÍGENO DE REFERENCIA EN HORNOS CONTINUOS DE PRODUCCIÓN DE CERÁMICA REFRACTARIA.

Contexto del sector ladrillero en Colombia:

En Colombia, de acuerdo al más reciente inventario del sector ladrillero realizado por la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM), filial de la Cámara de Comercio de Bogotá en alianza con la Coalición de Clima y Aire Limpio para la reducción de contaminantes climáticos de vida corta (CCAC por sus siglas en

inglés, Climate and Clean Air Coalition), se han podido identificar para el año 2015, un total de 1.508 industrias ladrilleras de las cuales se identificaron 1.279 industrias con información de su estructura tecnológica, 1.284 con información de producción y 1.248 con información del tipo y cantidad de combustible utilizado. La producción de ladrillos es una práctica tradicional y antigua que se da en diferentes países, en diferentes tipos de tecnologías de cocción, que van desde hornos artesanales hasta hornos continuos. Estos hornos utilizan como combustible principalmente el carbón, la leña y la biomasa.

A través de visitas y recolección de información primaria y análisis estadísticos, la CAEM pudo identificar un total de 2.435 hornos distribuidos en diferentes modelos tecnológicos, categorizados en hornos intermitentes, semi continuos y continuos. La identificación de los hornos se realizó en 15 departamentos del país: Huila, Norte de Santander, Cundinamarca, Valle del Cauca, Boyacá, Cesar, Antioquia, Atlántico, Santander, Tolima, Caldas, Cauca, Nariño, Sucre y Guajira. La producción anual estimada es de 1.058.656 ton/mes para el año 2015 (CAEM 2015). En el año 2013, también se había realizado un inventario del sector ladrillero en el que se habían considerado cuatro (4) departamentos. En la siguiente tabla, se presenta el comparativo de las regiones estudiadas y la producción mensual para 2013 y 2015.

Tabla 1. Comparativo Producción regional Ton/mes para el año 2013 y 2015

Región	Producción regional para el año 2013 (Ton/mes)	Producción regional para el año 2015 (Ton/mes)
Bogotá D.C y Cundinamarca	184.704	271.956
Norte de Santander	53.903	147.350
Antioquia	35.809	157.693
Valle del Cauca	29.401	107.903
Huila	Sin información en 2013	76.232
Boyacá	Sin información en 2013	40.222
Cesar	Sin información en 2013	46.706
Atlántico	Sin información en 2013	30.660
Santander	Sin información en 2013	16.063
Caldas	Sin información en 2013	12.407
Nariño (Zona de Jongovito-Pasto)	Sin información en 2013	17.007
Guajira	Sin información en 2013	8.520
Cauca	Sin información en 2013	114.602
Tolima	Sin información en 2013	5.946
Sucre	Sin información en 2013	5.390
Total	303.817	1.058.656

Fuente. CAEM, información primaria y secundaria 2015

De acuerdo a resultados del proyecto Eficiencia Energética en Ladrilleras en América Latina (EELA), desarrollado también por CAEM y del inventario nacional, en Colombia se identificaron aproximadamente doce (12) modelos tecnológicos, que se han implementado de acuerdo a la capacidad productiva de la ladrillera. Los modelos identificados en el país son principalmente tres (3): modelos intermitentes, semi continuos y continuos.

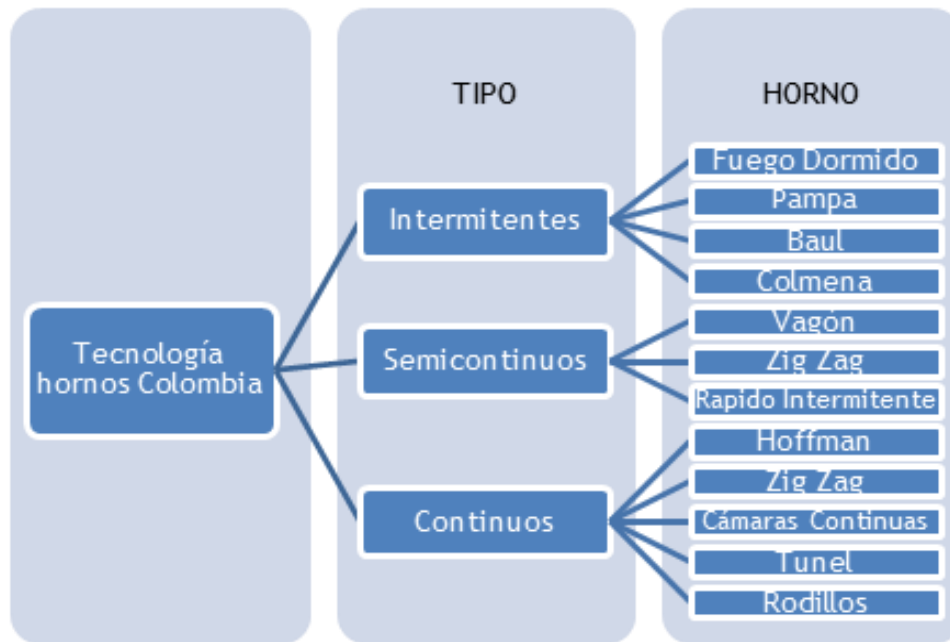


Figura 4. Modelos tecnológicos de cocción para material cerámico en Colombia (EELA-CAEM, 2012)

En el marco del proyecto EELA, se consideraron tres (3) factores principales para realizar una comparación del desempeño energético de cada tecnología: consumo energético, producción y tiempo de cocción. Sin embargo, el desempeño energético depende de un sinnúmero de variables, entre muchas otras, el tamaño del horno, sus condiciones medioambientales, la inercia térmica característica de cada horno, el espesor de las paredes de aislamiento, el ritmo y forma de trabajo del personal involucrado, el tipo de combustible utilizado, inclusive la naturaleza misma del tipo del horno dificulta la tarea de comparación de los mismos (EELA-CAEM, 2012). En la siguiente figura, se presenta el consumo energético por unidad de producción de cada tipo de horno. Se evidenció que el consumo energético para el mismo tipo de horno podía llegar a presentar variaciones significativas dependiendo del país de operación.

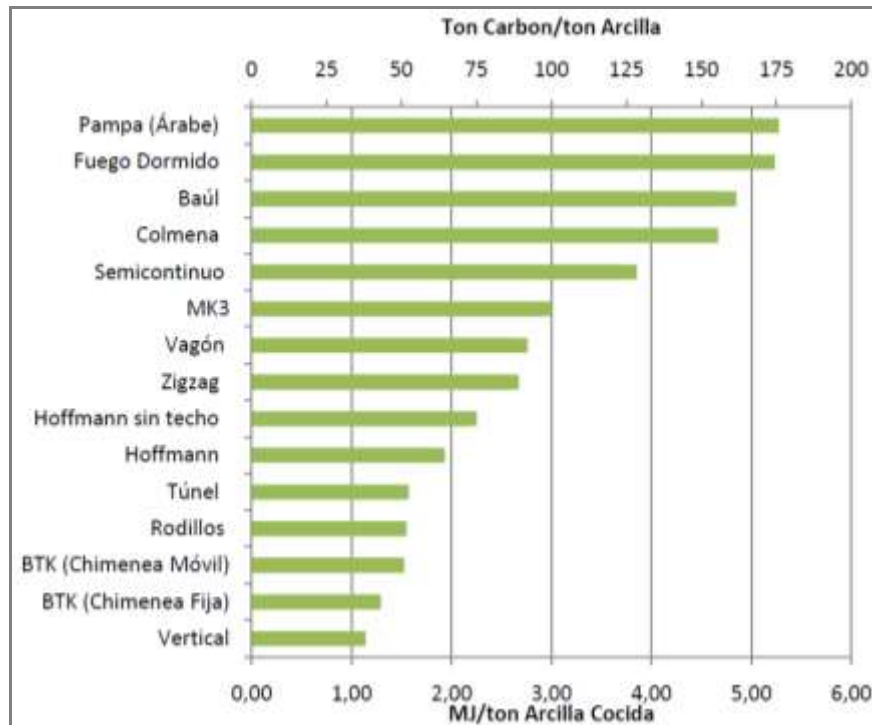


Figura 5. Consumo de combustible por tecnología (ton carbón/ton arcilla – MJ/ton arcilla cocida). Fuente CAEM – EELA 2011.

Como lo muestra la comparación anterior, las tecnologías intermitentes, especialmente el horno pampa (árabe) y el horno fuego dormido son las tecnologías más ineficientes en cuanto al consumo energético por cantidad de arcilla producida. Con base en la capacidad de producción, el tipo de horno y el proceso productivo para la elaboración del material cerámico la clasificación del tamaño de las empresas se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación de la industria ladrillera en Colombia – Fuente: Modificado de (RUIZ & PARRA, 2008)

Tipo	Horno	Producción (ton/año)	Nivel tecnológico de la producción	Tipo de producto
Unidades productivas Artesanales	Fuego Dormido Árabe – Colmena (1-2 hornos)	400-2500	Manual	Tolete – Tejas
Pequeña Industria	Baúl, Colmena (3-5 hornos) Vagón	2500 - 5000	Semi – mecanizado (Proveeduría Local)	Adoquín, Tableta, Tejas, bloque
Mediana Industria	Hoffman, Colmenas (+5 hornos) Cámaras, Zigzag, Semi continuos.	5000-10000	Mecanizado	Bloques, rejillas, adoquín y productos gran formato
Gran Industria	Túnel, Rodillos	20000-120000	Mecanizado y/o automatizado	Bloques, ladrillos de fachada, divisorios, prensados y productos gran formato

En la siguiente figura, se presenta la distribución del sector ladrillero en cuando al número de empresas por tamaño y de la producción nacional, según el inventario de 2013.

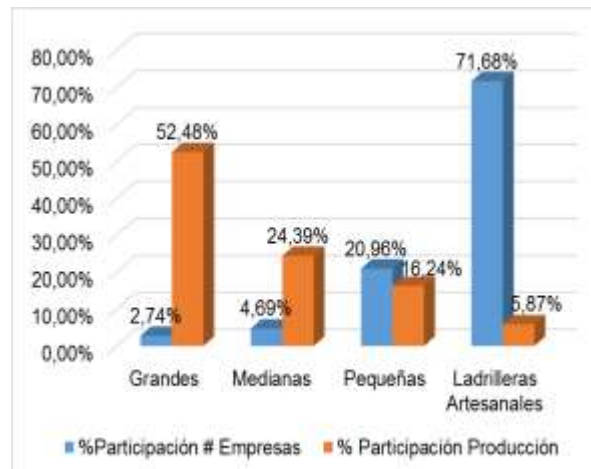


Figura 6. Participación porcentual en tamaño de empresas y producción nacional 2013. Fuente. (CAEM, 2013)¹. (CAEM, 2012)².

¹ (Tomado de Línea Base Estandarizada CAEM, 2013, mayo)

² TNA- CAEM, 2012. Evaluación de necesidades tecnológicas para la mitigación al cambio climático en Colombia. Informe Final, Bogotá.

En esta gráfica se evidencia que el 2.74% de las empresas que se clasifican como grandes, son responsables del 52.48% de la producción nacional, mientras que el 71.68% de las empresas, catalogadas como ladrilleras pequeñas y artesanales, contribuyen con el 5.87% de la producción nacional. En la siguiente gráfica se presenta la distribución del sector ladrillero en cuanto al número de empresas por tamaño y de la producción nacional, según el inventario de 2015.

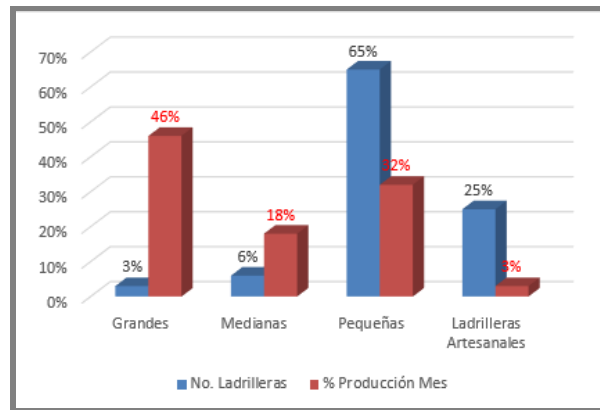


Figura 7. Participación porcentual en tamaño de empresas y producción nacional 2013. 2002. Fuente. CAEM, información primaria y secundaria 2015

En esta gráfica se evidencia que el 3% de las empresas que se clasifican como grandes, son responsables del 46% de la producción nacional, mientras que el 90% de las empresas, catalogadas como ladrilleras pequeñas y artesanales, contribuyen con el 35% de la producción nacional. Esto permite concluir que en el país aún hay un gran potencial de reconversión tecnológica para sustituir las ladrilleras artesanales (hornos fuego dormido o pampa) poco eficientes hacia tecnologías más eficientes. Al comparar la información de los inventarios de 2013 y 2015 (teniendo en cuenta las diferencias de cubrimiento geográfico), se observa que en los últimos años el país no solo ha incrementado su producción de cerámicos sino que también ha demostrado una tendencia hacia el cambio tecnológico, resaltando que a la fecha hay menos ladrilleras artesanales que han migrado hacia mecanizadas y pequeñas.

Espacios de diálogo con el sector ladrillero

La conformación de la Mesa Ladrillera Nacional nace como respuesta a un llamado del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el fin de consolidar un espacio de diálogo las acciones dirigidas al mejoramiento tecnológico, ambiental y productivo del sector ladrillero nacional. La Mesa se constituyó formalmente el día 22 de octubre de 2014 en Bogotá y hasta la fecha ha habido nueve (9) sesiones. Los temas que se han tratado en estos espacios de diálogo son:

NORMATIVOS:

- Revisión y aclaración de alcances normativos
- Interacción entre normatividad minero-ambiental
- Concertación de planes de acción empresariales
- Problemática socio-económico minería artesanal

TECNOLÓGICOS:

- Validación de información sectorial existente
- Presentación de iniciativas de reconversión tecnológica y esfuerzos sectoriales.
- Presentación de estudios e investigaciones de importancia para el sector: tecnologías, análisis de demanda, análisis económicos y potencial de mejora.
- Calidad e innovación de productos y procesos productivos.
- Visibilización de casos sectoriales exitosos.
- Intercambio de experiencias a nivel local, regional y nacional

INSTITUCIONALES:

- Articulación de iniciativas y/o proyectos existentes a nivel nacional
- Articulación interinstitucional
- Unificación de criterios normativos
- Gestión de recursos de cooperación nacional e internacional

SECTORIALES

- Visibilización de modelos exitosos de reconversión tecnológica.
- Acompañamiento en procesos de innovación.
- Generación de procesos de investigación en nuevos productos.

En esta Mesa Nacional Ladrillera, se tiene la participación de representantes gremiales de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander, Eje Cafetero y Valle del Cauca. En el marco de estos espacios de diálogo, se discutieron los aspectos técnicos relacionados con la modificación normativa y se obtuvo información de los muestreos iso cinéticos realizados por el sector que han servido como insumo para el análisis de la modificación relacionada con el aumento del porcentaje del oxígeno de referencia de 18% al 19% para hornos continuos.

Justificación del aumento del porcentaje de oxígeno de referencia

Los hornos continuos para la cocción de ladrillos tienen unas propiedades termodinámicas particulares, muy propias de este proceso industrial, que no los hace comparables con un proceso común de combustión para la generación de calor. En este tipo de hornos, se requieren caudales altos, adicionales a los estequiométricos, para asegurarse de que haya transferencia de calor de los gases calientes a los ladrillos que están en el proceso de cocción. Significa que no solamente se requiere el aire de la combustión en los excesos estequiométricos acostumbrados sino que además, se necesita un caudal de aire para transferir el calor de la combustión a los ladrillos. No obstante, esta misma característica es la que asegura la eficiencia de esta tecnología de sistemas continuos de cocción, puesto que los gases, que están inicialmente a temperaturas cercanas a los 1 000 °C, se descargan fríos a la atmósfera, generalmente por debajo de los 100 °C, lo que significa que estos gases ceden casi todo su calor a la masa de ladrillos que ingresa al horno.

Pero, para efectos de que este proceso termodinámico se lleve a cabo de manera eficiente, se requiere forzar el flujo de los gases, primero en dirección a la salida (descarga) y, segundo, a través de los paquetes de ladrillos cargados dentro del horno; para ello, es necesario forzar el tiro, con ventiladores de caudales elevados, proporcionales a las altas producciones propias de este tipo de hornos. Debe tenerse en cuenta que se trata de tecnologías costosas, que aplican solamente si las producciones son elevadas, de otra manera no son económicamente sustentables y debe acudirse entonces a tecnologías de hornos

intermitentes, de más bajo costo, producciones más limitadas y consumos de combustible tres a cuatro veces mayores por tonelada cocida.

Los hornos tipo túnel usan entonces tiros forzados y caudales del orden de 3,5 a 4,0 kg de aire por kg cocido. Además de ello, para efectos de aprovechamiento energético, se usan aires adicionales a la salida para el enfriamiento forzado de los ladrillos, lo que permite recuperar gran parte del calor de enfriamiento de los mismos, para ser llevado a los secaderos, en donde se ahorra combustible para la evaporación del agua; igualmente, es necesario el uso de ventiladores de recirculación de aire en la zona de ascenso de la quema, con el fin de homogenizar las temperaturas en la altura del horno y romper estratificaciones de aire y, también, usar ventiladores debajo de los vagones del horno para su refrigeración. Estos aires no permiten comparar las chimeneas de estos hornos con las de hornos intermitentes de tiro natural.

Si se analiza la composición de los gases de combustión en hornos Túnel, usando aires de combustión de 3,5 y de 4,0 kg/kg cocido, se encontrará que, con cualquier carbón comercial de Colombia, los contenidos de oxígeno en la chimenea estarán entre 18 y 18,5%, sin que ello signifique que el empresario ladrillero está haciendo una dilución de los contaminantes. Los hornos túneles muy grandes y de producciones más elevadas, pueden reducir la cantidad de aire a 3,0 kg por kg cocido, en razón de que sus volúmenes de producción más elevados les permiten esta mejoría en la eficiencia. Se anexa como soporte el documento y los estudios que contiene dichos cálculos, con tres tipos de carbones en Antioquia, tres en Cundinamarca, tres de Boyacá y tres de Norte de Santander y que verifica lo expuesto (Ver archivo Excel adjunto).

Por lo tanto, es común que en muchas mediciones, los valores de oxígeno superen el 18%, haciendo que hornos, que tienen un flujo limitado de partículas dentro de los límites normativos, resulten siendo contaminantes debido a la corrección de oxígeno de referencia. Mientras tanto, las producciones que usan el triple o más de gasto de carbón por tonelada cocida, por tener oxígenos de referencia más bajos en la chimenea, resultan más limpias, bajo el esquema de la normatividad actual. Este hecho podría considerarse como contrasentido si se procura reducir los consumos de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio.

A continuación en las Figuras 8 y 9 se presentan dos esquemas que pretenden explicar el funcionamiento del horno túnel y el horno colmena y los flujos de aire dentro de los mismos.



Figura 8. Esquema funcionamiento del horno túnel y flujo de aire

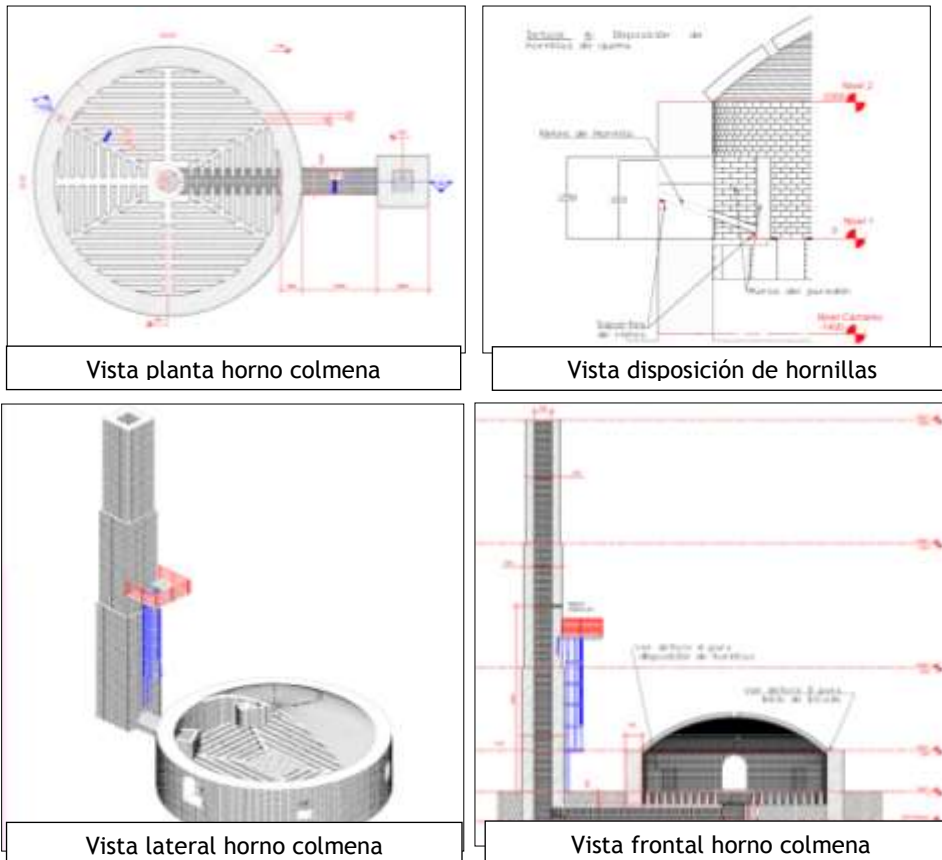


Figura 9. Esquema funcionamiento del horno colmena y flujo de aire.

Estos esquemas permiten evidenciar que la tecnología continúa del horno tipo túnel no puede ser comparada con los hornos intermitentes ni con ningún tipo de horno que dependa de entradas de aire adicionales para su eficiencia termodinámica, hecho al que se le debe el bajo consumo de combustible.

Por las razones expuestas anteriormente es que se decide aumentar el porcentaje de oxígeno de referencia del 18% al 19% para hornos continuos, teniendo en cuenta que estas tecnologías presentan una mayor eficiencia energética, y por lo tanto un menor consumo de combustible, pero que requieren de entradas adicionales de aire para garantizar la termodinámica del proceso. Con esta modificación también se pretende no desincentivar la reconversión tecnológica hacia hornos con mayor eficiencia energética, debido a que la corrección por oxígeno al 18% podría generar incumplimientos normativos.

5. MEDICIONES DE EMISIONES EN SECADORES NATURALES Y USO DE CALOR RESIDUAL.

Hay dos maneras básicas de secar los ladrillos para que entren secos a los hornos: secado natural en ramadas, que se usa en pequeñas producciones artesanales y, secaderos artificiales, en los que se usan calor y ventilación, y se utilizan en producciones industrializadas.

El calor es necesario para forzar la evaporación del agua; la fuente de este calor, comúnmente, consiste en hornillas que consumen algún tipo de combustible para inyectar dentro del secadero los gases calientes de combustión; en este caso, se dispone de una fuente fija y, dependiendo del combustible utilizado, se hacen las mediciones y se les aplican los límites de emisión pertinentes.

En muchos hornos, es posibles recuperar calor del enfriamiento de los ladrillos -después de la zona o etapa de cocción, es decir, aire limpio, caliente y no gases de combustión y llevar este aire a los secaderos para reemplazar en parte o en toda la generación de calor con la fuente fija.

La propuesta es, que cuando los secaderos utilicen el 100% del calor obtenido de la recuperación de aire caliente de los hornos, no se requiera hacer mediciones de ningún tipo puesto que no existe una fuente fija, ya que el propósito de la recuperación es la supresión de dicha fuente. Al no existir la fuente por no haber proceso de combustión, no tendría sentido persistir con el control.

6. FRECUENCIA DE MONITOREO DE BENZOPIRENO Y DIBENZO ANTRACENO EN LOS HORNOS CREMATORIOS.

La información del presente capítulo es adaptada del documento “Evaluación de Hornos Crematorios de Colombia” (Documento soporte del proyecto normativo) generado en el marco de la mesa técnica de calidad del aire con el sector de servicios funerarios en la cual participa: La Federación Nacional de Comerciantes, Corona, Asocolparques y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Antecedentes

La cremación de restos humanos es realizada en Colombia a través de entidades tales como parques cementerios que ofrecen este servicio como alternativa a la inhumación de cadáveres. En cumplimiento de los requerimientos en materia de medición de las emisiones de contaminantes al aire, el sector a través de la mesas sectoriales ha manifestado los bajos niveles de emisión de Benzo[a]pireno y Dibenzo[a,h]antraceno, sus altos costos de monitoreo y la falta de reglamentación internacional en la materia.

Marco Jurídico.

El capítulo 1 del título 5 del Decreto 1076 (antiguo Decreto 948 de 1995) “Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire” faculta al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a establecer límites máximos permisibles de contaminantes al aire, definiendo en su artículo 2.2.5.1.2.6. Que las normas emisión que expida la autoridad ambiental competente contendrán estándares de emisión legalmente admisibles de contaminantes aire.

En tal sentido, el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 909 de 2008 adoptó los estándares máximos de emisión admisibles de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a)antraceno al aire para hornos crematorios.

Así mismo, mediante el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas adoptado mediante la Resolución 760 de 2010 establece en el numeral 3.1 que la frecuencia para el monitoreo de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a)antraceno será cada 6 meses.

Normas internacionales:

En la investigación que se realizó no se encontró ningún país que exigiera a los hornos crematorios el monitoreo de hidrocarburos totales y la sumatoria de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a)antraceno.

En Chile se establece la norma de emisión para incineración y co-incineración, N° 45.- Publicado en el Diario Oficial de 05.10.07, Santiago (Chile), 5 de marzo de 2007.

En la norma oficial mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental-Incineración de Residuos, Especificaciones de Operación y Límites de Emisión de Contaminantes, excluyen a los hornos crematorios de este cumplimiento.

La Directiva 2010-75-EU IPPC, en el capítulo de instalaciones de incineración de residuos y las instalaciones de co-incineración de residuos, descarta a los hornos crematorios en esta exigencia, al indicar que quedan excluidos las instalaciones que traten canales de animales.

Directiva 2000/76/CE del parlamento europeo y del consejo de 4 de diciembre de 2000 relativa a la incineración de residuos, establece que las instalaciones de incineración o co-incineración que traten únicamente residuos de origen animal, reguladas por la Directiva 90/667/CEE, quedan excluidas del ámbito de aplicación de la presente directiva, es decir, ... y continua ... Se deben aplicar requisitos menos estrictos a las plantas de incineración de baja capacidad, como por ejemplo las ubicadas en granjas y en los crematorios de animales de compañía.

Emisiones de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a)antraceno

Como soporte del ajuste normativo se realizó un Inventario (mediciones directas) de las emisiones de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a)antraceno en hornos crematorios de diversos parques cementerios ubicados en diferentes regiones del país como lo muestra la siguiente tabla.

Empresa	Cantidad	Ciudad	Comentario
UAESP	4	Bogotá	Cementerio del Norte
UAESP	1	Bogotá	Cementerio del Sur
UAESP	1	Bogotá	Cementerio Serafin
Jardines de Paz	2	Bogotá	Jardines de Paz
Grupo recordar	1	Barranquilla	Jardines de la Eternidad Norte
Grupo recordar	1	Bogotá	Jardines del Recuerdo
Grupo recordar	1	Cartagena	Jardines de Cartagena
Grupo recordar	1	Cali	Jardines del Recuerdo
Jardines El Apogeo	1	Bogotá	Jardines El Apogeo
Paraiso	1	Autop Med	Paraiso parque cementerio
Olivos	2	Autop Med	Funerales los Olivos
Grupo Prever	2	Medellin	Casa de funerales la piedad Medellin
Grupo Prever	1	Manizales	Casa de funerales La Esperanza Manizales
Grupo Prever	1	Armenia	Casa de funerales La Esperanza Armenia
Grupo Prever	1	Cali	Casa de funerales La Ermita Cali
Metropolitano	2	Cali	Cementerio del Norte
Metropolitano	2	Cali	Cementerio del Sur
La Ofrenda	1	Pereira	La ofrenda Pereira
La Ofrenda	1	Calarca	La ofrenda Calarca

Figura 10. Inventario (mediciones directas) de las emisiones de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a)antraceno en hornos crematorios de parques cementerios en Colombia

Los análisis de los resultados realizados por Ambar Tech figura 10, evidencian que los hornos crematorios cuentan con emisiones de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a)antraceno significativamente bajas.

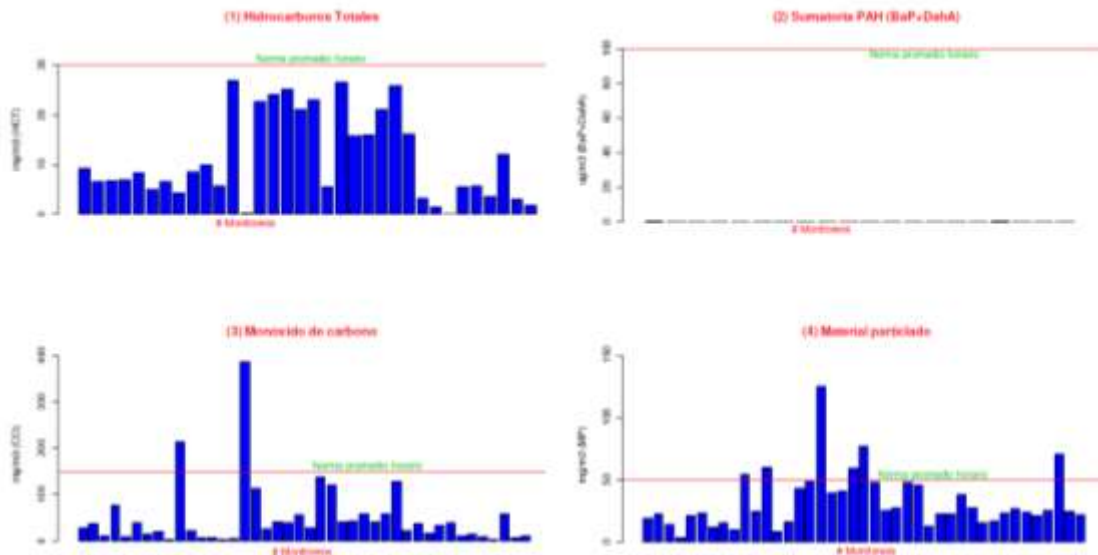


Figura 11. Emisiones hornos crematorios

Ajuste normativo:

Teniendo en cuenta, los bajos niveles de emisión de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a)antraceno en procesos de cremación de cadáveres, sus altos costos de monitoreo y la falta de reglamentación internacional en la materia se requiere modificar la tabla 7 del numeral 3.1.1 del Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, la cual quedará así:

“Tabla 7. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos crematorios.

CONTAMINANTES	FRECUENCIAS DE MONITOREO
Material Particulado (MP)	Realizar medición directa cada seis (6) meses
CO	Realizar monitoreos continuos con toma permanente durante la operación. Registro de datos máximo cada 5 minutos
Hidrocarburos Totales expresados como CH4	Realizar una medición directa cada seis (6) meses
Sumatoria de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a) antraceno ¹	Se determinará mediante el uso de las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA) establecido en el numeral 3.2 del presente protocolo.

7. TRATAMIENTO TÉRMICO DE RESIDUOS DE SUSTANCIAS CLOROFUOROCARBONADAS - CFC, HIDROCLOROFUOROCARBONADAS - HCFC E HIDROFLUOROCARBONADAS – HFC

La información del presente capítulo es tomada del documento “Soporte técnico y operativo para la ejecución de las actividades relacionadas con la realización de las pruebas demostrativas de tratamiento térmico de residuos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono – SAO” (Documento soporte del proyecto normativo) generado en el marco del “Proyecto demostrativo piloto para la gestión integral de los residuos de sustancias agotadoras de la capa de ozono - SAO” proyecto PNUD/COL83728, el cual fue aprobado para Colombia por parte del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral para la implementación del Protocolo de Montreal y está siendo ejecutado en coordinación con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD.

Antecedentes

Colombia ratificó el Protocolo de Montreal mediante la Ley 29 de 1992, con lo cual se ha comprometido a la eliminación, mediante cronogramas definidos, del consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) listadas en los anexos A, B, C y E de dicho Protocolo. A la fecha, el país ha eliminado la importación y uso de las sustancias incluidas en los anexos A, B y E y ahora está en proceso para la eliminación de las sustancias del anexo C.

Como consecuencia de la implementación de los diferentes programas y proyectos financiados por el Protocolo de Montreal orientados a la disminución y eliminación del consumo de SAO, la reconversión voluntaria a tecnologías libres de SAO de grandes empresas, así como a los controles realizados para la importación y el comercio de las SAO, se han presentado existencias de residuos de SAO y equipos con SAO que requieren disposición final.

Las principales fuentes de estos residuos de SAO son: i) refrigerantes CFC, HCFC y HFC inutilizables provenientes de las actividades de reciclaje y regeneración; ii) existencias de CFC y HCFC recuperados de los equipos retirados de las instalaciones de los usuarios finales; iii) existencias residuales de SAO (por lo general de CFC-11 y CFC-12) que quedan después de la eliminación gradual o la reconversión a tecnologías libres de SAO; iv) las reservas de CFC, HCFC o HFC que puedan existir en las empresas cerradas o en quiebra; y v) el material confiscado por las autoridades aduaneras.

Asimismo, es importante destacar que siguen existiendo importantes bancos de sustancias agotadoras de la capa de ozono instaladas en equipos de refrigeración y aire acondicionado que se encuentran en uso en todo el país, especialmente bancos de CFC, instalados en los equipos de refrigeración doméstica fabricados o importados antes de 1997, con el agravante que las SAO contenidas en estos equipos muy probablemente serán liberadas de manera intencional a la atmósfera si no se realiza un esfuerzo enfocado a su recuperación, acopio y destrucción.

Con el propósito de preparar al país para la gestión integral de los residuos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono y de los equipos que las contienen y en consonancia con la adopción de los programas y políticas nacionales de uso racional y eficiente de la energía, de gestión integral de residuos peligrosos y de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de la Unidad Técnica Ozono – UTO y en coordinación con el PNUD, diseñó el proyecto demostrativo piloto para la gestión integral de residuos de SAO.

El citado proyecto fue aprobado por el Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal en abril de 2012 y uno de sus componentes esenciales es la identificación y calificación de la capacidad nacional para destruir los residuos de SAO de una manera ambientalmente responsable y de acuerdo con los requisitos establecidos por la legislación ambiental nacional, y a nivel internacional, por el Protocolo de Montreal. Después de un proceso de evaluación de diferentes tecnologías e instalaciones disponibles, se seleccionó la tecnología de incineración en horno rotatorio en instalaciones de gestión de residuos peligrosos para el desarrollo de las pruebas de quemado, cuyos resultados han permitido demostrar que existe capacidad nacional para la destrucción de residuos de SAO.

Marco Jurídico

De acuerdo con los numerales 2, 10, 11, 14 y 25 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993, corresponde al hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales y dictar regulaciones de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en el territorio nacional y establecer los límites máximos permisibles de emisión, descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier otra materia que pueda afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables.

En tal sentido, el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 909 de 2008 adoptó en el artículo 102 el listado residuos permitidos mediante tratamiento térmico en instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y hornos cementeros que realicen coprocesamiento.

Por otra parte, la Decisión XX/7 de la vigésima Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal alentó a las Partes a ofrecer soluciones prácticas para la gestión ambientalmente adecuada de residuos de sustancias que agotan el ozono, así como a la destrucción de bancos de estas sustancias. Asimismo, la Decisión XV/9 del Protocolo de Montreal aprobó el listado de tecnologías para la destrucción de sustancias que agotan la capa de ozono.

Normas internacionales

La situación marcada por el cese de la producción y la voluntad de limitar las emisiones de SAO ya fabricadas, ha exigido abordar el tema de la destrucción de estas sustancias. Por esta razón, durante la segunda reunión de las Partes del Protocolo de Montreal celebrada en Londres en junio de 1990, se decidió establecer un comité especial de asesoramiento técnico sobre las tecnologías de destrucción de SAO, el cual ha estudiado 45 tecnologías, de las cuales fueron seleccionadas inicialmente 16 con base en los siguientes criterios:

- Eficiencia en la Destrucción y Remoción (DRE): medida de qué tan completamente una tecnología particular destruye el contaminante de interés, en este caso, la transformación de SAO en subproductos NO SAO. La mínima DRE aceptable es: 95% para espumas y 99.99% para fuentes concentradas.
- Emisión de Dioxinas y Furanos: para propósitos de selección de tecnologías de destrucción de SAO, la máxima concentración de Dioxinas y Furanos en los gases de chimenea son: 0.5 ng-ITEQ/Nm³ para espumas y 0.2 ng-ITEQ/Nm³ para fuentes concentradas.
- Emisión de otros contaminantes: Para seleccionar las tecnologías se consideraron las siguientes concentraciones máximas:
 - 100 mg/Nm³ de HCl/Cl₂
 - 5 mg/Nm³ de HF
 - 5 mg/Nm³ de HBr/Br₂
 - 50 mg/Nm³ de partículas suspendidas totales (TSP)
 - 100 mg/Nm³ de CO
 - Capacidad técnica: a) se ha demostrado que destruye SAO cumpliendo con los criterios técnicos por lo menos a escala piloto o de demostración; b) se ha demostrado que destruye un compuesto organoclorado diferente a una SAO por lo menos a escala piloto o de demostración y c) la capacidad de proceso de la planta piloto o de demostración es superior a 1.0 kg/hr de sustancia destruida.

Las tecnologías de destrucción estudiadas se agrupan en tres categorías:

- Incineración (6): Reactor de craqueo, Oxidación en medio gaseoso, Inyección líquida, Horno rotatorio, Incinerador de basuras y Horno cementero.
- Plasma (6): Arco de Plasma con Argón, Plasma de frecuencia de radio inductivamente acoplado, Plasma AC, Plasma con CO₂, Plasma en microondas y Plasma con nitrógeno.
- Tecnologías de no incineración (otras tecnologías) (4): Descomposición por electrones solvatados, Reducción química en fase gaseosa, Deshalogenación catalítica en fase gaseosa y Reactor con vapor sobrecalentado.

Del análisis de DRE se recomendaron 12 tecnologías, tres (3) de las cuales son de uso comercial y solo dos (2) son recomendadas para la destrucción de espumas. Estas tecnologías fueron aprobadas por las Partes en la Decisión XV/9 del Protocolo de Montreal.

Referencias:

- TEAP Task Force Report on ODS Destruction Technologies (2002), http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/TEAP/Reports/Other_Task_Force/TEAP02V3b.pdf
- Handbook of the Montreal Protocol, 8th Edition (2009), Section 3.1, Page 457, http://www.unep.ch/ozone/Publications/MP_Handbook/MP-Handbook-2009.pdf

Tecnologías aprobadas por el Protocolo de Montreal para la destrucción de SAO y residuos de SAO

En la siguiente tabla se presentan las 12 tecnologías aprobadas por el Protocolo de Montreal para la destrucción de SAO, con sus ventajas y desventajas.

Tabla 3. Tecnologías aprobadas por el Protocolo de Montreal para la destrucción de SAO, con sus ventajas y desventajas

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Reactor de Craqueo	<ul style="list-style-type: none"> Alta temperatura de operación, lo cual minimiza la formación de PCDD/PCDF. No emite NOx Disposición de CFC, HCFC y HFC. DRE > 99.999% 	<ul style="list-style-type: none"> No permite la disposición de espumas. Altos costos de instalación y operación. Requiere pretratamiento de los residuos para eliminar aceite y Br.
2. Oxidación en Fase Gaseosa	<ul style="list-style-type: none"> Altas temperaturas. Operación continua y simple. Costos más bajos que otras tecnologías. DRE > 99.999% (Halon 1301) 	<ul style="list-style-type: none"> Solo destrucción de CFC y HCFC gaseosos y Halones. No espumas Costo accesible.
3. Horno Rotatorio	<ul style="list-style-type: none"> Puede manejar toda clase de residuos peligrosos (gases, líquidos, sólidos y lodos). Se pueden disponer espumas. Baja emisión de D&F DRE > 99.9999% 	<ul style="list-style-type: none"> Altos costos de construcción y mantenimiento.
4. Incineradores de Inyección Líquida	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de manipulación de líquidos y residuos gaseosos. Se pueden disponer espumas DRE > 99.99% Costo moderado 	<ul style="list-style-type: none"> Problemas de estabilidad de la llama por alimentación de grandes volúmenes.
5. Incineración con Basuras	<ul style="list-style-type: none"> Aplicable a destrucción de SAO contenidas en espumas. DRE > 99.99% Costo bajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones de PCDD/PCDF y HCl elevadas.
6. Horno Cementero	<ul style="list-style-type: none"> Es una tecnología de coprocesamiento Existencia de plantas instaladas Baja emisión de D&F 	<ul style="list-style-type: none"> Baja tolerancia al cloro y flúor Costo bajo

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	<ul style="list-style-type: none"> Disposición de espumas DRE > 99.99% 	
7. Plasma de Arco de Argón	<ul style="list-style-type: none"> Baja emisión de PCDD/PCDF y otros gases Destrucción de SAO incluyendo Halones Comercial DRE > 99.9999% 	<ul style="list-style-type: none"> No disposición de espumas Pretratamiento para eliminar aceite y otros contaminantes Costo elevado
8. Plasma de Radio Frecuencia Inductivamente Acoplado (ICRFP)	<ul style="list-style-type: none"> Muy alta temperatura Alto tiempo de resistencia del residuo en la llama Desarrollado comercialmente Baja emisión de PCDD/PCDF DRE > 99.99% 	<ul style="list-style-type: none"> No disposición de espumas Consumo de energía alto. Costo elevado.
9. Plasma de Microondas	<ul style="list-style-type: none"> Muy alta temperatura Baja emisión de gases contaminantes Planta compacta Costos accesibles DRE > 99.99% 	<ul style="list-style-type: none"> No espumas Alta producción de sales halogenadas por la neutralización de gases ácidos halogenados
10. Plasma de Arco de Nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> Destruye CFC, HCFC, HFC. Baja emisión de PCDD/PCDF. Plasma compacta Desarrollada comercialmente Tratamiento on-site. DRE > 99.9999% 	<ul style="list-style-type: none"> No espumas Costo elevado
11. Deshalogenación catalítica en fase gaseosa	<ul style="list-style-type: none"> Temperaturas más bajas que otros procesos de incineración. Consumo de energía bajo. Baja emisión de D&F DRE de CFC-12 > 99.99% DRE PCB > 99.9998% 	<ul style="list-style-type: none"> No espumas Sales de haluros deben ser descargadas como efluentes líquidos. Elevados costos
12. Reactor con vapor sobrecalentado	<ul style="list-style-type: none"> Baja emisión de D&F Proceso compacto que puede ser móvil DRE > 99.99% 	<ul style="list-style-type: none"> Necesaria disposición de sales de haluros. No disposición de espumas Elevados costos

Fuente: Unidad Técnica de Ozono con información del Protocolo de Montreal para la destrucción de SAO

Después de un proceso de evaluación de diferentes tecnologías e instalaciones disponibles, se seleccionó la tecnología de incineración en horno rotatorio en instalaciones de gestión de residuos peligrosos para el

desarrollo de las pruebas de quemado que han permitido demostrar que existe capacidad nacional para la destrucción de residuos de SAO.

Pruebas de quemado de residuos de sustancias que agotan la capa de ozono

Se realizaron pruebas de quemado para el tratamiento térmico de residuos de CFC-11, CFC-12 y espumas de poliuretano con CFC-11 y HCFC-141b durante los años 2014, 2015 y 2016 en un horno rotatorio de tratamiento de RESPEL y se adelantó la evaluación de los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras tomadas durante las pruebas, así como de los parámetros de operación y de las eficiencias de destrucción, obteniendo las siguientes conclusiones:

- Las pruebas de quemado demostraron que el horno rotatorio de incineración de residuos peligrosos de alta temperatura es capaz de destruir residuos de SAO con una eficiencia de destrucción superior a los requerimientos nacionales e internacionales.
- Los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras tomadas en la chimenea del horno rotatorio de incineración de residuos peligrosos de alta temperatura durante las pruebas de quemado, permitieron verificar el cumplimiento de los límites máximos de emisión establecidos por la reglamentación nacional e internacional.
- Cuando los residuos de SAO se alimentaron a bajas tasas, con una alimentación de cloro por hora inferior a 3,5 kg (lo cual corresponde entre 4 a 6 kg de sustancia, según el tipo de SAO), los parámetros directamente relacionados con la alimentación (HCl y HF) cumplen los requerimientos nacionales e internacionales para la destrucción de residuos de SAO. De igual forma, las emisiones de dioxinas y furanos cumplen los límites establecidos. Por lo tanto, la instalación puede destruir los residuos de SAO a bajas tasas de alimentación.
- Para garantizar el buen funcionamiento de la planta de incineración, es necesario verificar estrictamente los sistemas de control de emisiones y las características del residuo de alimentación.
- El sistema de monitoreo continuo de emisiones de la instalación permite seguir el funcionamiento del horno y podría advertir fallos en el funcionamiento de los sistemas de control de emisiones o alteraciones en las características de los residuos que se alimentan. Por lo anterior, se hace necesario tener en cuenta estos requisitos para los sistemas de monitoreo continuo de emisiones.

Es de aclarar que las pruebas de quemado fueron realizadas siguiendo lo establecido en el numeral 8 del Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas adoptado mediante la Resolución 760 de 2010.

Ajuste normativo

Considerando los importantes beneficios que la destrucción ambientalmente adecuada de los residuos de las sustancias que agotan el ozono traerán para el cambio climático y la capa de ozono, la presente medida promueve la integración y armonización de las políticas y objetivos ambientales y sectoriales que incluyen el cumplimiento de los compromisos derivados del Protocolo de Montreal, la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos o Desechos Peligrosos (RESPEL), la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) y el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no Convencionales (PROURE).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas de quemado realizadas durante los años 2014, 2015 y 2016 en el marco del “Proyecto demostrativo piloto para la gestión integral de los residuos de sustancias agotadoras de la capa de ozono - SAO” proyecto PNUD/COL83728, se modifica el artículo transitorio 102 de la Res. 909 para incluir los residuos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono como aquellos residuos permitidos para el tratamiento térmico, así:

“Artículo 102. Transitorio. Residuos permitidos mediante tratamiento térmico en instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y hornos cementeros que realicen coprocesamiento. Hasta tanto el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial reglamente las condiciones para el tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos, sólo se podrá realizar tratamiento térmico en instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y en hornos cementeros que realicen coprocesamiento a los siguientes residuos o mezcla de ellos:

- Residuos líquidos y sólidos con contenidos de hidrocarburos aromáticos policlorinados como bifenilos policlorinados (PCB), pesticidas organoclorados o pentaclorofenol (PCP) menor o igual a 50 mg/kg.
- Residuos líquidos y sólidos combustibles no explosivos.
- Residuos de aditivos de aceites lubricantes.
- Madera o retal de esta, tratada con compuestos órgano halogenados y órgano fosforados.
- Residuos domiciliarios.
- Residuos de destilación y conversión de las refinerías de petróleo y residuos del craqueo de la nafta.
- Residuos hospitalarios provenientes de la prestación de los servicios de salud.
- Residuos provenientes de mataderos y/o plantas de sacrificio.
- Residuos provenientes del procesamiento de residuos y/o partes de animales, que usen el proceso térmico para la obtención de productos como harinas o concentrados.
- Residuos de sustancias clorofluorocarbonadas - CFC, hidroclorofluorocarbonadas - HCFC e hidrofluorocarbonadas - HFC en estado puro o como parte de mezclas, únicamente en hornos rotatorios que cuenten con un sistema de control de alimentación enlazado y dependiente del sistema de monitoreo continuo de emisiones y del sistema de control de la operación del horno; y siempre y cuando se conozca la cantidad de cloro que ingresa al horno durante la alimentación de los residuos.
- Los demás que el Ministerio de Medio Ambiente establezca, con base en los estudios técnicos que indiquen la necesidad de controlar otras emisiones”.

Elaboró:

LIZETH CANTOR CANTOR
Grupo de Gestión Ambiental Urbana

LUISA FERNANDA GONZÁLEZ
Grupo de Gestión Ambiental Urbana

NIDIA PABÓN
Unidad Técnica de Ozono

Aprobó:

MAURICIO GAITAN VARÓN

Coordinador del Grupo de Gestión Ambiental Urbana

WILLER EDILBERTO GUEVARA HURTADO

Director de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana