

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA



Guía técnica de mejores prácticas ambientales (MPA) y mejores técnicas disponibles (MTD) para los principales sectores productivos que generan los compuestos orgánicos persistentes no intencionales (COP NIs) en el Ecuador.



sembramos
Futuro

Lenín



Índice

1. Presentación	4
2. Introducción	5
3. Referencias sobre las mejores prácticas ambientales (MPA) y mejores técnicas disponibles (MTD)	7
4. Categorías y Subcategorías	8
4.1 COP NIs en Ecuador	10
5. Mejores prácticas ambientales (MPA) y mejores técnicas disponibles (MTD) para los sectores productivos	12
5.1. Incineradoras de desechos	12
5.1.1. Rellenos sanitarios y vertederos de desechos sólidos urbanos	17
5.1.2. Instalaciones de incineración de desechos peligrosos	17
5.1.3. Incineración de lodos de depuradora	18
5.1.4. Incineración de desechos sanitarios	18
5.2. Quema intencional de biomasa	20
5.2.1. Desechos agrícolas (quema de caña de azúcar)	21
5.2.2. Incendios forestales	22
5.3. Procesos térmicos en la industria metalúrgica	22
5.3.1. Producción de hierro, acero y fundiciones	22
5.4. Coprocesamiento de desechos peligrosos en hornos cementeros	28
Abreviaturas	34
Glosario	35
Referencias bibliográficas	37

Publicación realizada en el marco del Programa Nacional para la Gestión Ambientalmente Adecuada de Sustancias Químicas en su Ciclo de Vida (PNGQ), iniciativa liderada por el Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE) con el apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Consultoría realizada por
Jenny Arias

Revisión
Ministerio del Ambiente y Agua.

Equipo técnico de la Dirección de
Sustancias Químicas

Programa Nacional para la Gestión
Ambientalmente Adecuada de
Sustancias Químicas en su Ciclo de
Vida (PNGQ)

Diagramación
Yeti Group



1. Presentación:

El crecimiento poblacional, así como el desarrollo tecnológico e industrial han provocado un incremento en el uso de sustancias y compuestos químicos empleados en varios sectores industriales. Sustancias químicas como los denominados Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) son empleados en varias industrias a nivel global y han sido reconocidos como un peligro, tanto para la salud de los seres humanos como para los ecosistemas cuando son liberados de manera no controlada sobre los componentes ambientales: aire, suelo y agua. Incluso existen procesos que ocasionan la formación y liberación accidental de este tipo de contaminantes como subproductos a los que se los conoce como Contaminantes Orgánicos Persistentes No Intencionales (COP NIs).

El principal problema de dichas sustancias radica en su toxicidad, persistencia en el ambiente, bioacumulación en los tejidos vivos y biomagnificación en la cadena trófica, lo que ocasiona impactos ambientales negativos irreversibles y serias enfermedades. En ese sentido, con el objetivo de aportar al

desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente, el Ministerio del Ambiente y Agua con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ejecuta el Programa Nacional para la Gestión Ambientalmente Adecuada de Sustancias Químicas en su Ciclo de Vida (PNGQ), que busca promover acciones preventivas que disminuyan la generación de desechos altamente tóxicos, especialmente aquellos que se producen de manera no intencional.

Para cumplir este objetivo en 2019 el PNGQ llevó a cabo un diagnóstico en instituciones públicas y privadas para identificar las principales actividades generadoras de este tipo de contaminantes. Gracias a la información recabada se genera esta guía en la que se detallan las medidas de prevención y de reducción, así como materiales o procesos sustitutos recomendados para ser incorporados en sectores vinculados a rellenos sanitarios, producción de metales ferrosos y no ferrosos, incineración de desechos peligrosos, producción de cemento, hierro, acero y fundiciones, entre otras.

2. Introducción

El Convenio de Estocolmo es uno de los acuerdos más relevantes a nivel mundial que tiene como objetivo proteger la salud y el ambiente de los contaminantes orgánicos persistentes (COP). A través de este convenio se establecen lineamientos que buscan la restricción y, finalmente, eliminación de la producción, uso, comercio, liberación y almacenamiento de este tipo de contaminantes.

Dentro de la clasificación y categorización de los COP, existe un tipo de contaminantes que se produce como consecuencia de procesos productivos, de combustión o incineración que son conocidos como Contaminantes Orgánicos No Intencionales (COP NIs)



Dibenzoparadioxinas y Dibenzofuranos policlorados (PCCDD/PCDF)

Categorizadas dentro de la "Docena sucia" tipificada inicialmente en el Convenio de Estocolmo.

Otros COP NIs

Hexaclorobenceno (HCB), hexaclorobutadieno, pentaclorobenceno (PeCB), bifenilos policlorados (PCB), naftalenos policlorados, entre otros, los dicloronaftalenos, tricloronaftalenos, tetracloronaftalenos, pentacloronaftalenos, hexacloronaftalenos, heptacloronaftalenos, octacloronaftaleno.

Los países adheridos al Convenio de Estocolmo deben contar con una estimación de las liberaciones generadas a nivel nacional, desarrollar un plan de acción y promover medidas que reduzcan las liberaciones de COP no intencionales o eliminen sus fuentes, así como el desarrollo de materiales, productos y procesos alternativos para prevenir la formación y liberación de este tipo de contaminantes.



Específicamente, el Convenio enumera categorías de fuentes que tienen alto potencial de formación y liberación de COP producidos de manera no intencional, algunas de las cuales son:

Incineradores de desechos municipales (peligrosos y médicos) y lodos de depuración.



Hornos de cemento en los que se queman desechos peligrosos.



Producción de pulpa en la que se emplea lejía con cloro.



Procesos térmicos en la industria metalúrgica: producción secundaria de cobre, plantas de sinterización en la fabricación de hierro y acero, producción secundaria de aluminio y producción secundaria de zinc.



Los productos químicos enumerados en el Anexo C del Convenio de Estocolmo sobre los que se debe tomar medidas para reducir y cuando sea posible eliminar liberaciones no intencionales son: hexaclorobenceno

(HCB), hexaclorobutadieno (HCBd), bifenilos policlorados (PCB), dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD), dibenzofuranos policlorados (PCDF), naftalenos policlorados, pentaclorobenceno.

3. Referencias sobre las mejores prácticas ambientales (MPA) y mejores técnicas disponibles (MTD)

La información relacionada a las mejores prácticas ambientales (MPA) y mejores técnicas disponibles (MTD) para la gestión de COP NIs se ha desarrollado ampliamente a nivel internacional. A continuación, se detallan puntos clave de los principales documentos de referencia:

Convenio de Estocolmo

En función a lo establecido en el Art.5 del Convenio de Estocolmo, la Secretaría ha desarrollado las recomendaciones para las Mejores Prácticas Ambientales (MPA) y Mejores Tecnologías Disponibles (MTD) en las *Guidelines on best available techniques and provisional guidance on best environmental practices*

relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, 2006 y sus actualizaciones. Estas orientaciones indican las acciones para que los sectores que generan COP NIs cuenten con medidas efectivas para disminuirlas (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2019a).

Estados Unidos

Regula las emisiones industriales a través de un conjunto de estándares de desempeño basados en tecnología. Los datos de monitoreo de emisiones en Estados Unidos están disponibles a través del Inventario de Emisiones Tóxicas (TRI)¹, el Inventario Nacional de Emisiones y la base de datos WebFIRE. Se puede acceder a la información sobre

tecnologías de contaminación de aire y valores límite de emisiones pertenecientes a instalaciones individuales a través del Centro de Intercambio de Información RACT/BACT/LAER y algunos datos de actividad se pueden descargar de los Resúmenes de productos minerales del Servicio Geológico de EE. UU.



Unión Europea y OCDE

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) es el resultado de una alianza intergubernamental formada por representantes de 36 países industrializados de América del Norte y del Sur, Europa y la región de Asia y el Pacífico, así como la Comisión Europea.

En este espacio, se unen para coordinar y armonizar políticas, discutir temas de interés mutuo y generar respuestas a problemáticas internacionales. Cuenta con más de 200 comités especializados y grupos de trabajo compuestos por delegados de los países miembros (Comisión Europea, 2012).

Por tanto, las mejores técnicas disponibles (MTD) de la Unión Europea para prevenir y controlar la contaminación industrial, se remontan a la Directiva de 1984 especializada en la lucha contra la contaminación atmosférica de las plantas industriales (UE, 1984), que posteriormente se

consolidó como la Directiva de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC), (UE, 1996), y finalmente la Directiva de emisiones industriales de 2010 (IED) (UE, 2010); reflejando más de 30 años de trabajo relevante en el tema.

Adicionalmente, la Unión Europea ha desarrollado los Best Available Techniques Reference Document (BREF) y las conclusiones sobre MTD, documentos que presentan los resultados de un intercambio de información entre los Estados miembros de la Unión Europea y las industrias interesadas sobre las mejores técnicas disponibles (MTD), requisitos de control y evaluación. Son publicados por la Comisión Europea en aplicación del artículo 16 (2) de la Directiva IPPC y, por lo tanto, deben tenerse en cuenta, de acuerdo con el Anexo IV de la Directiva, al determinar las "mejores técnicas disponibles" (Comisión Europea, 2012).

¹Pollution Prevention (P2) and TRI | Toxics Release Inventory (TRI) Program | US EPA

Estos documentos técnicos detallan información precisa para quienes desean obtener una licencia de operación o quienes definen los requisitos técnicos para las licencias de operación. Los BREF constituyen la referencia europea para juzgar el rendimiento de una instalación y determinar las condiciones de la licencia de explotación.



4. Categorías y Subcategorías

Convenio de Estocolmo

Las directrices sobre mejores técnicas disponibles (BAT por sus siglas en inglés) y orientación sobre mejores prácticas ambientales (BEP por sus siglas en inglés) brindan la guía necesaria a las Partes para reducir la liberación de COP de producción

no intencional de conformidad con el Artículo 5 y el Anexo C del Convenio. Para lo cual, algunas de las categorías de fuentes indicadas en la parte I y II del Anexo C se dividen en subcategorías de la siguiente manera:



Incineradoras de desechos

- Desechos sólidos urbanos.
- Desechos peligrosos y lodos de alcantarillado.
- Desechos médicos.



Procesos térmicos de la industria metalúrgica

- Producción secundaria de cobre.
- Plantas de sinterización en la industria del hierro e industria siderúrgica.
- Producción secundaria de aluminio.
- Producción secundaria de zinc.



Quema a cielo abierto de desechos, incluida la quema en vertederos

- Quema intencional de biomasa.
- Quema a cielo abierto de materiales específicos, y materiales varios.
- Quema a cielo abierto de desechos mixtos de consumo.



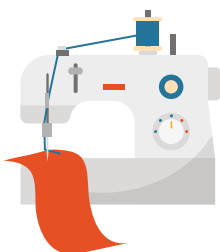
Procesos térmicos de la industria metalúrgica no mencionados en el Anexo C, Parte II

- Producción secundaria de plomo.
- Producción primaria de aluminio.
- Producción de magnesio.
- Producción secundaria de acero.
- Fundición primaria de metales comunes.



Procesos de elaboración de productos químicos determinados que liberan de forma no intencional contaminantes orgánicos persistentes

- Proceso de oxiclорación.
- Otros contactos con cloro elemental.
- Uso de cloro en obtención del dióxido de titanio.
- Destrucción de subproductos de procesos químicos que contengan ácido clorhídrico.



Teñido (con cloranil) y terminado (con extracción alcalina) de textiles y cueros

- Industria textil.
- Acabado de cueros.

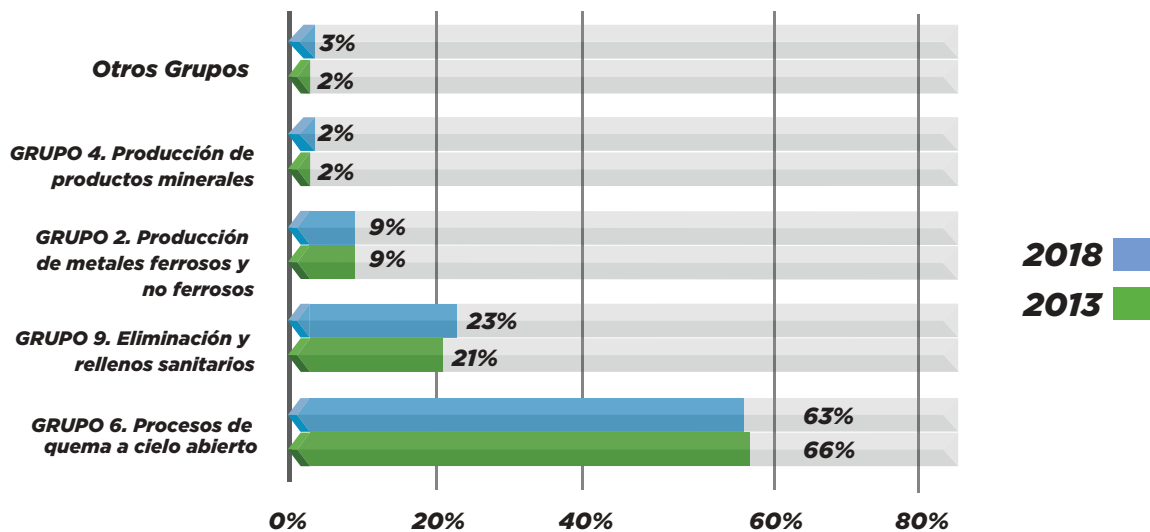
4.1 COP NIs en Ecuador



Ecuador en el año 2019, a través del Programa Nacional para la Gestión Ambientalmente Adecuada de Sustancias Químicas en su Ciclo de Vida (PNGQ) elaboró un diagnóstico en instituciones públicas y privadas, en el que se identificó las principales actividades generadoras de COP NIs, actualizando el inventario de este tipo de sustancias para los años 2013 y 2018.

Como se muestra en gráfico 1, en relación a dioxinas y furanos, las principales fuentes de emisión tanto para el 2013 y 2018 fueron: quema de biomasa, rellenos sanitarios, minería de vertederos, producción de hierro y acero y fundiciones.

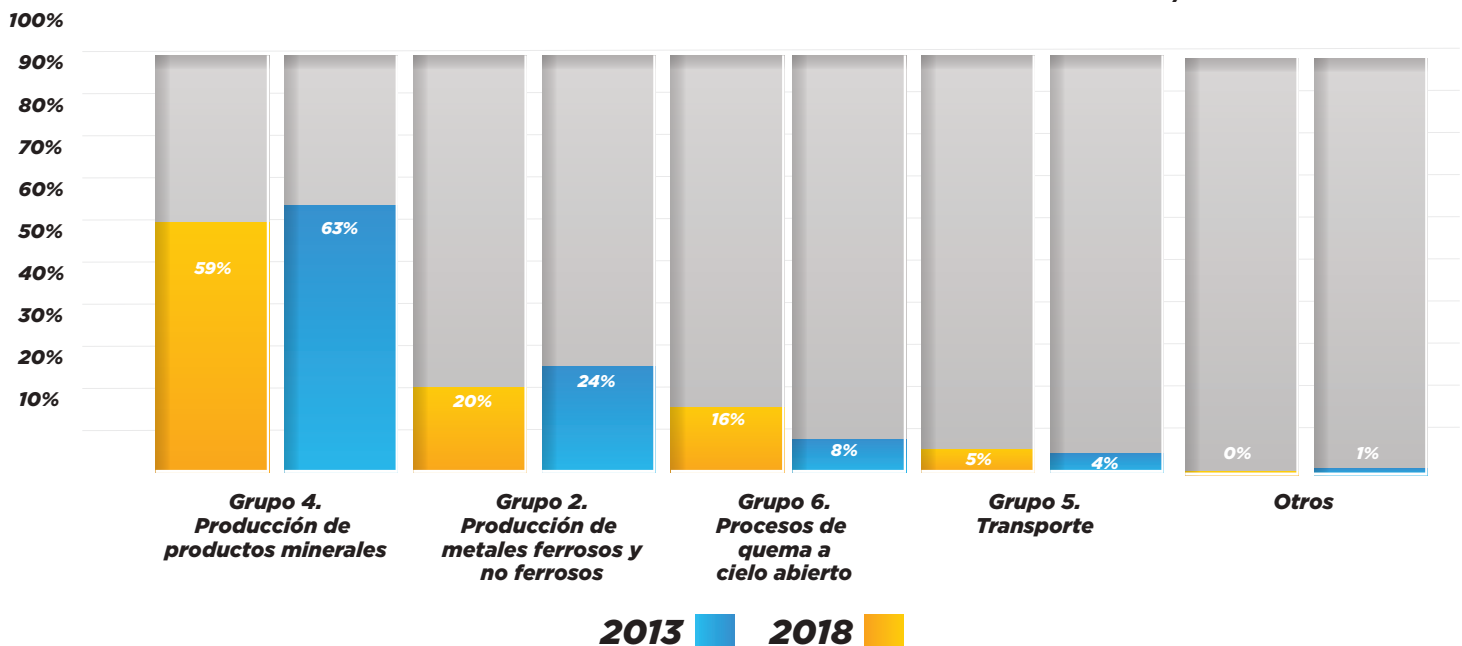
Gráfico 1. Estimación de emisiones de Dioxinas y Furanos (PCDD/PCDF) en 2013 y 2018



Fuente: Diagnóstico de COP NIs y actualización de inventario para los años 2013 y 2018. PNGQ

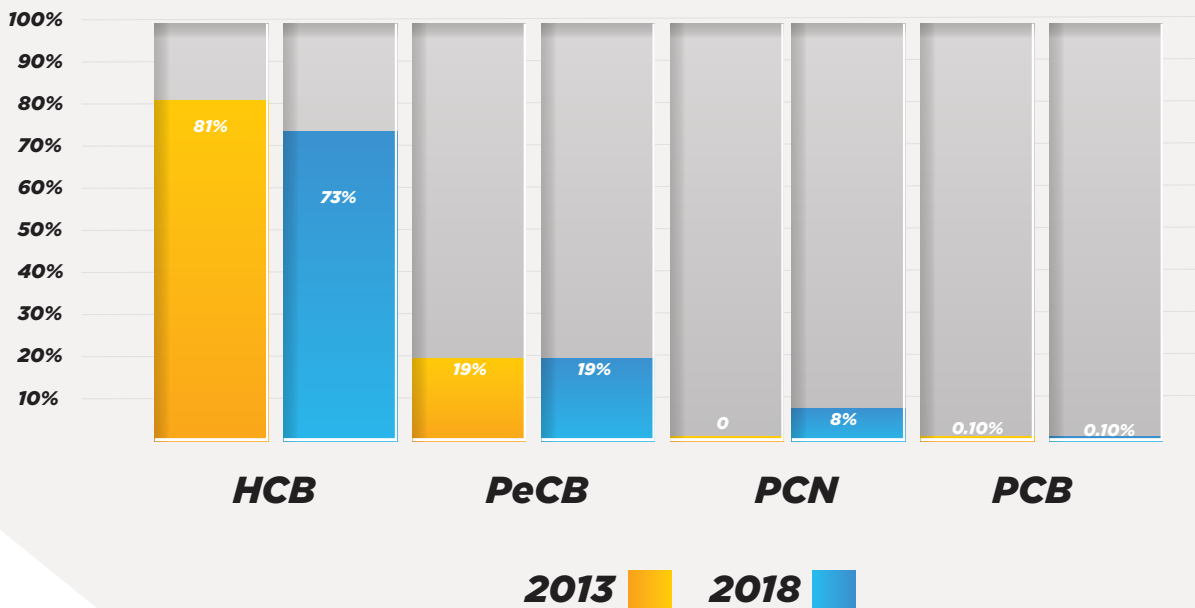
Por otra parte, las actividades que reportaron mayor importancia de generación de COP NIs industriales son: Producción de ladrillos, producción de cemento, producción de hierro, acero y fundiciones, como se muestran en los gráficos 2 y 3.

Gráfico 2. Estimación de emisiones de COP NIs industriales en 2013 y 2018



Fuente: Diagnóstico de COP NIs y actualización de inventario para los años 2013 y 2018. PNGQ

Gráfico 3. Tipo de COP NIs de las estimaciones para el 2013 y 2018



Fuente: Diagnóstico de COP NIs y actualización de inventario para los años 2013 y 2018. PNGQ

De acuerdo al diagnóstico realizado en 2019, se prioriza los siguientes sectores para brindar lineamientos de MPA y MTD de COP NIs:



Fuente: Diagnóstico de COP NIs y actualización de inventario para los años 2013 y 2018. PNGQ

5. Mejores prácticas ambientales (MPA) y mejores técnicas disponibles (MTD) para los sectores productivos

Las mejores técnicas disponibles se definen como “la etapa más efectiva y avanzada en el desarrollo de actividades y sus métodos de operación que indican la idoneidad práctica de técnicas particulares para proporcionar, en principio, la base de las limitaciones de liberación diseñadas para prevenir y, cuando eso no sea posible, reducir las emisiones de los productos

químicos enumerados en la Parte I del Anexo C y su impacto en el ambiente en general. Por otra parte, las mejores prácticas ambientales se definen como “la aplicación de la combinación más apropiada de medidas y estrategias de control ambiental” (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2010).

5.1. Incineradoras de desechos

La gestión adecuada de desechos incide en la reducción de la contaminación en cuerpos acuíferos y las liberaciones de sustancias químicas peligrosas al ambiente, los cuales pueden ser asociados principalmente, a procesos inadecuados de combustión. En la quema de desechos en rellenos sanitarios o a cielo abierto e incineradores inapropiados, se pueden liberar altos niveles de sustancias incluidas en el Anexo C, así como hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales pesados y material particulado (Secretaría del Convenio de Estocolmo, n.d.).

En primer lugar, se debe reducir la cantidad de desechos a través de acciones de prevención que identifiquen su potencial riesgo, involucren a diferentes sectores industriales y promuevan la responsabilidad de los fabricantes, quienes deben desarrollar y emplear tecnología que aumente la eficiencia y eficacia en los procesos productivos y, a la vez, contribuyan con una adecuada gestión de los desechos (ver gráfico 4). Esto enmarcado en el principio de jerarquización, establecido en el Código Orgánico del Ambiente.



Gráfico 4. Jerarquía de la gestión de desechos

Adicionalmente, de forma general se recomienda incorporar las siguientes mejores prácticas ambientales para el funcionamiento de incineradoras de desechos (PNUMA, 2015):

ETAPA

**Prácticas generales
aplicadas antes
del tratamiento**

PROCESOS

Idoneidad del diseño del proceso para los desechos.

Buena práctica operativa general.

Control de calidad de los desechos entrantes.

Almacenamiento de desechos.

Pretratamiento de los desechos entrantes.

Transferencia y carga de desechos.

ETAPA

**Tratamiento
térmico**

PROCESOS

Selección de tecnología de combustión.

Uso de modelos de flujo.

Características de diseño de la cámara de combustión.

Diseño para aumentar la turbulencia en la cámara de combustión secundaria.

Funcionamiento continuo.

Selección y uso de sistemas y parámetros adecuados de control de combustión.

Uso de cámaras de infrarrojos para monitorear y controlar la combustión.

Optimización de la estequiometría del suministro de aire.

Optimización y distribución del suministro de aire primario.

Precalentamiento del aire primario y secundario.

Inyección, optimización y distribución de aire secundario.

Sustitución de parte del aire secundario por gases de combustión recirculados.

Aplicación de aire enriquecido con oxígeno.

Refrigeración de parrillas.

Refrigeración por agua de hornos rotativos.

Incineración a alta temperatura (escorificación).

Aumento de la agitación y del tiempo de residencia de los desechos en el horno.

Ajuste del rendimiento para mantener buenas condiciones de quema y combustión.

Optimización del tiempo, temperatura, turbulencia de los gases en la zona de combustión, y concentraciones de oxígeno.

Uso de quemadores auxiliares operados automáticamente.

ETAPA

Recuperación de energía

Reducción del índice de cribados en las parrillas y/o devolución de los cribados enfriados a la cámara de combustión.

Protección de las paredes de membrana del horno y del primer paso de la caldera con revestimiento refractario u otros materiales de combustión.

Uso de bajas velocidades de gas en el horno e inclusión de pasos vacíos antes de la sección convectiva de la caldera.

Determinación del valor calorífico de los desechos y su uso como parámetro de control de la combustión.

Quemadores bajos en NOx para desechos líquidos.

Gasificación en lecho fluidizado.

Combustión en alta temperatura de gas de síntesis de cogasificación fusión de cenizas.

TÉCNICAS GENERALES A CONSIDERAR

Optimización de la eficiencia energética global y recuperación de energía. Reducción de pérdidas de energía (en gases de combustión).

Aumento de la quema de los desechos.

Reducción de los volúmenes de exceso de aire.

Otras medidas de reducción de pérdidas de energía.

Reducción del consumo global de energía del proceso.

Selección de turbina.

Aumento de los parámetros del vapor y aplicación de materiales especiales para reducir la corrosión en calderas.

Reducción de la presión del condensador (mejora del vacío).

Selección de sistema de refrigeración.

Optimización de la arquitectura de la caldera.

Uso de un horno-caldera integral.

Uso de paredes de agua en el primer paso (vacío).

Uso de un sobre-calentador de placas.

Reducción de las temperaturas de gas de combustión después de la caldera.

Uso de lavadores de condensación de gases combustión.

Uso de bombas de calor para aumentar la recuperación de calor.

Configuraciones especiales de ciclo de agua/vapor con centrales de energía externas.

Limpieza eficaz de los haces de convección.

ETAPA

Tratamiento de los gases de combustión

TÉCNICAS GENERALES A CONSIDERAR

Factores a considerar a la hora de seleccionar sistemas de tratamiento de gases de combustión.

Reducción de las emisiones de partículas.

Reducción de las emisiones de gases ácidos.

Reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno.

Reducción de las emisiones de PCDD/ PCDF.

Reducción de las emisiones de mercurio.

Otras técnicas y sustancias.

ETAPA

Tratamiento y control de las aguas de proceso

TÉCNICAS GENERALES A CONSIDERAR

Aplicación de tecnología de incineración óptima.

Aplicación de tecnología de limpieza de gases sin agua residual.

Recirculación de agua residual contaminada en sistemas húmedos de limpieza de gases.

Enfriamiento adicional del agua de alimentación de los sistemas húmedos de limpieza de gases.

Uso de agua de desagüe de caldera como suministro de agua para lavadores.

Tratamiento de agua residual de laboratorio en el lavador.

Recirculación de efluentes al proceso en lugar de su vertido.

Evacuación separada del agua de lluvia de tejados y otras superficies limpias.

Existencia de capacidad de almacenamiento previo e intermedio para aguas residuales.

Aplicación de tratamiento fisicoquímico a efluentes de lavadores húmedos y otras aguas residuales contaminadas de la planta.

Eliminación de amoníaco de los efluentes.

Tratamiento separado de efluentes derivados de distintas etapas de lavado húmedo.

Evaporación del efluente de lavadores húmedos en el proceso de incineración.

Evaporación separada del efluente de lavadores húmedos.

Recuperación de ácido clorhídrico de los efluentes de lavadores húmedos.

Recuperación de yeso del efluente de lavadores húmedos.

ETAPA

TÉCNICAS GENERALES A CONSIDERAR

Técnicas de tratamiento de desechos sólidos

- Mejora de la combustión de cenizas de fondo.
- Segregación de la ceniza de fondo de los desechos de tratamiento de gases de combustión.
- Separación de la etapa de eliminación de partículas de otros tratamientos de los gases de combustión.
- Ceniza de fondo-separación de metales.
- Criba y trituración de cenizas de fondo.
- Tratamiento de ceniza de fondo mediante envejecimiento.
- Tratamiento de cenizas de fondo mediante sistemas de tratamiento seco.
- Tratamiento de cenizas de fondo mediante sistemas de tratamiento húmedo.
- Tratamiento de cenizas de fondo mediante sistemas térmicos.
- Horno rotativo a alta temperatura (escorificación).
- Tratamientos de desechos de TGC.

Además de las consideraciones generales para las instalaciones de incineración indicadas anteriormente, a continuación, se indican ciertas MTD específicas para diferentes tipos de instalaciones (España & Comisión Europea, 2011):



5.1.1. Rellenos sanitarios y vertederos de desechos sólidos urbanos

- Almacenar todos los desechos² en superficies estancas, con desagüe controlado, en naves cubiertas y cerradas con paredes.
- Cuando los desechos se apilen (normalmente para incineración posterior) se recomienda embalarlos para reducir riesgos de olores, suciedad, incendio y lixiviación.
- Pretratamiento para homogenizar los desechos, según el sistema de combustión empleado:
 - a. Mezcla en el búnker.
 - b. Uso de trituración o machacado para desechos voluminosos, como muebles, que deban ser incinerados.
- Garantizar la refrigeración de la parrilla por medio de un diseño que permita la variación del suministro de aire primario y, de esta manera, mejore el control de la combustión.
- Ubicar instalaciones nuevas de manera que se potencie al máximo el uso de cogeneración y/o el aprovechamiento del calor y/o vapor, de modo que en general se supere un nivel de exportación total de energía de 1,9 MWh/ tonelada de desechos sólidos urbanos (DSU).
- Reducir la demanda eléctrica media de la instalación (excluyendo pretratamiento de los desechos a incinerar o tratamiento de desechos finales) hasta menos de 0,15 MWh/tonelada de DSU procesados en base a un poder calorífico neto (PCN) medio de 2,9 MWh/tonelada de DSU.



5.1.2. Instalaciones de incineración de desechos peligrosos

Utilizar en las incineradoras de desechos peligrosos (IDP) sistemas y procedimientos específicos, empleando un enfoque basado en riesgos según la procedencia de los desechos, para el etiquetado, verificación, muestreo y

ensayo de los desechos a almacenar/tratar. Los procedimientos analíticos deben ser gestionados por personal calificado. Para llevar a cabo el proceso se debe evaluar previamente:



²Con excepción de desechos especialmente preparados para almacenamiento de elementos voluminosos con bajo potencial de contaminación, p.ej. muebles



- Realizar el pretratamiento de los desechos, su mezcla y combinación tomando en cuenta la homogeneidad, características de combustión y quema con las consideraciones de seguridad. Por ejemplo, si se realiza la trituración de desechos debe colocarse en bidones y envases aplicando una atmósfera inerte.
- Uso de un sistema de ecualización para la alimentación de desechos peligrosos sólidos, a fin de mejorar las características de combustión y la estabilidad de la composición de los gases, mejorando el control de los picos de emisiones de CO de corta duración.
- Inyección directa de desechos peligrosos líquidos y gaseosos, cuando requieran reducción específica de exposición, emisiones o riesgo de olores.
- Diseño de una cámara de combustión que proporcione contención, agitación y transporte de los desechos, por ejemplo, hornos rotativos con o sin refrigeración por agua. La refrigeración por agua, puede ser favorable en situaciones en las que:
 - a. El poder calorífico inferior (PCI) los desechos alimentados sea alto (ej. >15-17 GJ/tonelada)
 - b. Se utilicen temperaturas elevadas, ej. >1100°C (ej. para escorificación de cenizas o destrucción de desechos específicos).
- Reducir la demanda energética de la instalación (excluyendo pretratamiento de desechos a incinerar o de tratamiento de los desechos finales) por debajo de 0,3-0,5 MWh/tonelada de desechos procesados.
- Para IDP comerciales y otras incineradoras de desechos peligrosos que se alimenten de desechos de composiciones y procedencias altamente variables, se recomienda el uso de:
 - a. Sistema de tratamiento de gases de combustión (TGC) húmedo para mejorar el control de las emisiones a la atmósfera a corto plazo.
 - b. Técnicas específicas empleadas para reducir las emisiones de yodo y bromo elemental, en el caso de que existan concentraciones en los desechos a incinerar.

5.1.3. Incineración de lodos de depuradora

- Uso de tecnología de lecho fluidizado: recomendada por la eficacia de combustión y bajos volúmenes de gases derivados. Sin embargo, puede haber riesgo de obstrucción del lecho con algunas composiciones de lodos.
- Secado del lodo de depuradora: se realiza con el calor recuperado de la incineración, evitando el uso de combustibles adicionales para el funcionamiento normal de la instalación (en este caso, la operación normal excluye los arranques, paradas y el uso ocasional de combustibles de refuerzo para mantener las temperaturas de combustión).

5.1.4. Incineración de desechos sanitarios

- Uso de sistemas no manuales de manejo y carga de los desechos.
- Recepción y almacenamiento de desechos sanitarios en recipientes o contenedores cerrados que sean suficientemente resistentes a fugas y perforaciones.
- Lavar los contenedores de desechos que deban reutilizarse en una instalación específica de tal forma que permita la desinfección y facilite la alimentación de los sólidos acumulados al incinerador de desechos.

- En el caso de usar parrillas garantizar la refrigeración a través de la variación del suministro de aire primario para de esta manera mejorar el control. Las parrillas refrigeradas con buena distribución de aire son adecuadas para desechos de poder calorífico neto (PCN) de hasta 18 MJ/ kg. Los desechos con valor calorífico (VCN) más altos pueden requerir refrigeración por agua u otro líquido, a fin de evitar la necesidad de niveles excesivos de aire primario, es decir, niveles que producirían un suministro de aire mayor que el óptimo para el control de la combustión.
- Uso de un diseño de cámara de combustión que proporcione contención, agitación y transporte de los desechos, por ejemplo, hornos rotativos con o sin refrigeración por agua. La refrigeración por agua para hornos rotativos, puede ser favorable en situaciones en las que:
 - a. PCN de los desechos alimentados sea alto (ej. >15-17 GJ/tonelada)
 - b. Se utilicen temperaturas elevadas (ej. >1100°C para escorificación de cenizas o destrucción de desechos específicos)

Finalmente, el Convenio de Estocolmo establece las siguientes mejores prácticas ambientales (MPA)

para el funcionamiento de una incineradora de desechos:

1. Prácticas de gestión de desechos:





2. Prácticas de operación y gestión de incineradoras:

- i** Asegurar una buena combustión
- ii** Evitar arranques en frío, alteraciones y suspensiones
- iii** Inspecciones regulares de la planta y almacenamiento
- iv** Monitoreo
- v** Manipulación de residuos
- vi** Capacitación de los operadores
- vii** Sensibilización y comunicación permanente

5.2. Quema intencional de biomasa

La quema a cielo abierto abarca gran variedad de prácticas de combustión de desechos incontroladas como la quema en vertederos, fosas, terrenos planos o en bidones. En muchas partes del mundo la quema a cielo abierto es la forma más barata, fácil y limpia de reducir el volumen de materiales combustibles y eliminarlos, especialmente, en poblaciones sin acceso un sistema organizado de manejo de desechos.



5.2.1. Desechos agrícolas (quema de caña de azúcar)

Por lo general, este material se compone de biomasa, dependiendo del lugar, puede contener sisal, cáscara de café, corontas, tallos de maíz, caña de azúcar o cascarilla de arroz. Puede estar compuesto por plantas vivas, árboles caídos o material vegetal seco. A continuación, se detallan consideraciones importantes para reducir las emisiones de COP NIs en este tipo de fuente (Secretaría del Convenio de Estocolmo, n.d.):

- Los gobiernos pueden permitir quemas por prescripción de la Autoridad de Agricultura en coordinación con la Autoridad Ambiental, sea por supuesto beneficio económico (reducción de costos), supuestas ventajas para la agricultura (uso de cenizas como aditivo para suelos), prevención de riesgos (ej., disminución de los incendios de matorrales en Australia), control de termitas, reptiles u otras plagas, por conveniencia o con fines recreativos.
- Cuando sea posible, se recomienda la cosecha mecanizada, en conjunto con usos alternativos y no destructivos de los materiales. En zonas ganaderas, las cosechas se pueden almacenar en silos, hacer heno de la hierba seca y, con otros desechos de la cosecha, se puede obtener forraje, fermentarlos y dejarlos descomponer in situ. Los desechos de huerta pueden servir como compost y usarse para mejorar los suelos, y existe biomasa

no tradicional que puede usarse como materia prima para papel.

- Desarrollar proyectos de demostración e investigaciones para el sector agrícola que ayuden a comprender la viabilidad de alternativas a la quema a cielo abierto, el uso de maquinaria adecuada y la promoción de incentivos que puedan reducir esta práctica. Una alternativa viable y económica es utilizar la biomasa como combustible alternativo para la industria cementera.
- Cuando las políticas gubernamentales permitan la quema a cielo abierto de biomasa, se debe planificar cuidadosamente en función de las condiciones climáticas y se debe evitar la exposición potencial de poblaciones ubicadas en la misma dirección del viento.
- Se debe reducir la aplicación de sustancias químicas en la agricultura y silvicultura, de conformidad con las necesidades locales y con los principios de buena gestión. Deben evitarse las quemas ocasionales, sin embargo, de acuerdo a las condiciones y en caso de ser necesario las pequeñas quemas podrían incluirse en un plan general de gestión de suelos.



5.2.2. Incendios forestales

Los incendios de bosques, arbustos, y pastizales pueden ser deliberados y accidentales. Los incendios deliberados son, por ejemplo, las quemas controladas prescritas para zonas boscosas y de pastoreo que sirven para la limpieza de vegetación, mantenimiento de servidumbres de paso, beneficio de otros recursos o para combatir otros fuegos. La ignición en fuegos accidentales puede ser causada por rayos, cigarrillos encendidos, reflejos de lentes, etc.

Para este tipo de fuente se sugieren las siguientes MTD:

- Acciones de educación orientadas a sensibilizar y concientizar sobre las conductas que pueden desencadenar un incendio forestal y cómo evitarlas. Especialmente, en zonas cercanas a áreas protegidas o atractivos turísticos.
- En zonas turísticas o áreas de recreación se debe generar espacios específicos para realizar

fogatas seguras. La basura generada al interior de la unidad deberá ser tratada o retirada, no quemada. Dicha prohibición adquiere mayor importancia si se registran fuertes vientos en la zona.

- Los caminos y senderos al interior de las áreas vegetales o de bosques, deben mantenerse limpios. Para reducir el riesgo de incendios es importante que no exista vegetación seca en los bordes.
- Entre el límite del área protegida y predio colindante, se deberá construir un cortafuego.
- Mantener limpia la zona cercana a tendidos eléctricos evitará la generación de chispas. Se debe procurar detectar este tipo de riesgo e informarlo a las empresas a cargo.



5.3. Procesos térmicos en la industria metalúrgica

La industria de hierro y acero emplea de manera intensiva energía y materias primas como minerales, pellets, chatarra, carbón, cal, piedra caliza, aditivos y auxiliares y en algunos casos

petróleo pesado y plásticos. Más de la mitad de la masa que entra se convierte en emisiones al aire, desechos sólidos o subproductos.

5.3.1. Producción de hierro, acero y fundiciones

Sinterización de hierro

Las plantas de sinterización se utilizan en la fabricación de hierro y acero en acerías integradas. El proceso de sinterización es una fase de pretratamiento en la que partículas finas de minerales de hierro y, en

algunas plantas, desechos secundarios de óxido de hierro (polvo capturado, cascarilla de laminación) se aglomeran por combustión (Comisión Europea, 2012).

A continuación, se indican las MTD para este tipo de proceso (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2019b):

Medidas	Descripción
Procesos alternativos que generan menor impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Reducción directa de hierro en: hornos de cubilote (Midres, HyL), hornos rotatorios (proceso SL/RN), hornos de solera giratoria (Fastmet/Fastmelt, Inmetco/RedIron, ITmk) y reactores de lecho fluidizado (Fastmet, Circored y Circofer). Fundición directa.
Requisitos de desempeño	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación estricta de requisitos de desempeño y registro, asociados a mejores técnicas disponibles.

Resumen de medidas primarias y secundarias para plantas de sinterización de hierro:

Medidas	Descripción
Medidas primarias	
Funcionamiento estable y uniforme de la planta de sinterización	<ul style="list-style-type: none"> Operar la cadena de sinterizado de forma que el proceso se mantenga en condiciones estables y uniformes (operaciones estabilizadas, mínimas alteraciones en el proceso) a fin de disminuir la formación y liberación de PCDD, PCDF y de otros contaminantes.
Vigilancia continua de los parámetros	<ul style="list-style-type: none"> Emplear un sistema de vigilancia continua de los parámetros para asegurar un funcionamiento óptimo de la cadena de sinterizado y de los sistemas de acondicionamiento para gases residuales.
Recirculación de gases residuales	<p>Los gases residuales pueden devolverse a la cadena de sinterizado para reciclarlos, a fin de disminuir las emisiones contaminantes y la cantidad de gases residuales que requieren tratamiento al final del proceso y recuperar calor.</p> <p>Se puede realizar de las siguientes formas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reciclaje de la cadena de sinterización final, combinado con intercambio de calor. Reciclaje de parte de la cadena de sinterización final y el uso del gas residual del enfriador de sinterización. Reciclaje de parte del gas residual hacia otra parte de la cadena de sinterización.



Disminución de los materiales de alimentación que contienen contaminantes orgánicos persistentes o que conducen a su formación

Revisar los materiales de alimentación y determinar materiales y/o procedimientos alternativos para reducir al mínimo la entrada de material no deseado. Se deberían formular y aplicar procedimientos documentados para efectuar los cambios apropiados.

Evitar el uso de material contaminado (por ejemplo, el polvo del sinterizado capturado por precipitadores electrostáticos).

Especificar los límites de las concentraciones admisibles de sustancias no deseadas (por ejemplo, el límite de aceite en el alimento debería ser menor a 0.02 %).

Preparación del material de alimentación

El material fino (por ejemplo polvos capturados) debería ser aglomerado antes de ser depositado en la cadena de sinterizado.

Los materiales de alimentación deberían estar perfectamente mezclados antes de colocarlos en la cadena de sinterizado.

Inyección de urea

Agregar cantidades controladas de gránulos de urea a la mezcla en la cadena de sinterizado para inhibir las reacciones catalíticas en las superficies pertinentes; se considera que esta técnica evita o reduce tanto las PCDD/PCDF como las emisiones de HCl y HF.

Se recomienda usar en combinación con sistemas de depuración de aire para eliminar las emisiones gaseosas de nitrógeno.

Medidas

Descripción

Medidas secundarias

Reducción catalítica selectiva (SCR)

La SCR se puede utilizar en un sistema de alto y bajo nivel de polvo y como sistema de gas limpio. Hasta ahora, en las plantas de sinterización solamente se han empleado sistemas de gas limpio.

El gas deberá contener poco polvo y metales pesados, ya que estos pueden hacer que la superficie del catalizador sea ineficaz.

Recubrimiento de la cadena de sinterizado

Usar campanas en la cadena de sinterizado para disminuir las emisiones difusas del proceso.

Para lograr la reducción de PCDD, PCDF y otros contaminantes orgánicos persistentes, estas medidas deben aplicarse en combinación con otras medidas identificadas.

Adsorción/ absorción y desempolvamiento de alta eficiencia

El uso de esta técnica debería comprender la fase de adsorción junto con el control efectivo del material particulado, como componentes esenciales del sistema de acondicionamiento de gases de escape. Las técnicas empleadas son las siguientes:

- Inyectar carbón activado antes de los precipitadores electrostáticos, en los que se puede emplear carbonato cálcico como material inerte.
- Aplicar tecnología para la regeneración de carbón activado (RCA) en la que primero se depuran los gases con precipitadores electrostáticos, y pasan por un lecho móvil de adsorción (carbón vegetal) tanto para adsorber los PCDD/PCDF como para filtrar partículas. Luego, el material adsorbente se regenera a temperaturas de 400 – 450 °C.

- Inyectar carbón activado, lignito u otro material adsorbente similar (zeolitas) en la corriente de gas seguida por filtros de tela.

Usualmente se combina con la eliminación de los compuestos ácidos de los gases residuales mediante la inyección de cal o bicarbonato de sodio.

Filtros de manga - reducción combinada o integrada de contaminantes sólidos o gaseosos

En los filtros de mangas, la eliminación de polvo se combina con la eliminación de compuestos ácidos de los gases de desecho como HCl, HF y SOX mediante la inyección de soluciones de cal apagada o bicarbonato de sodio y la eliminación de contaminantes orgánicos persistentes tales como PCDD/F, PCB, HCB o PAH mediante la inyección de adsorbentes (principalmente coque de lignito en polvo o carbón activado y/o, en ocasiones, zeolitas).

Los extremos de alimentación y descarga de la cadena de sinterizado deberían contar con campanas adecuadas para capturar y mitigar las emisiones difusas.

Producción secundaria de acero

La fundición directa de materiales con contenido de hierro en las acerías modernas, se realiza en hornos de arco eléctrico. El horno funde y refina la carga metálica de chatarra para producir aceros al carbón, aleados e inoxidables en acerías (secundarias) no integradas.

Medidas para nuevos hornos de arco eléctrico

Medidas	Descripción
Diseño de proceso	Debería darse prioridad a los diseños de proceso comprobados más recientes, tomando en cuenta su desempeño en materia de proceso y emisiones.
Requisitos de funcionamiento	La normativa pertinente debería exigir que los hornos de arco cumplan niveles más estrictos de desempeño y de registro de emisiones.

Medidas para hornos de arco eléctrico nuevos y existentes

Medidas	Descripción
Prácticas operativas generales	Incluir mejores prácticas ambientales de funcionamiento y mantenimiento para cada operación y proceso de fabricación de acero con hornos de arco eléctrico en el programa para prevención de la contaminación de la planta.
Calidad de la materia prima	Revisar los insumos de alimentación e identificar materiales y procedimientos alternativos que disminuyan el ingreso de partículas no deseadas. Desarrollar y poner en práctica procedimientos documentados para efectuar los cambios adecuados.
Operación de hornos de arco eléctrico	Reducir el tiempo de apertura del techo para la carga y la infiltración de aire en el horno, y evitar o disminuir los retrasos en la operación.
Acondicionamiento de gases residuales	El diseño e instalación de un sistema bien dimensionado para el acondicionamiento de los gases, con base en los parámetros óptimos del sistema, debería evitar o disminuir la formación de PCDD/PCDF durante este proceso. Elaborar y ejecutar procedimientos documentados de operación y mantenimiento para potenciar el funcionamiento del sistema de acondicionamiento de gases.

Monitoreo continuo de parámetros

Utilizar un sistema de monitoreo continuo de parámetros como los Monitores de Opacidad Continua (COM) o Detectores de Fugas en las Mangas (BLD) para asegurar un funcionamiento óptimo.

Los operadores deberían preparar un plan de vigilancia particular para monitorear parámetros y llevar registros.

Medidas secundarias

Recolección de gases residuales

La eficiencia de la recolección de polvo de las emisiones primarias y secundarias del horno se podría potenciar combinando gases de escape con sistema de campanas, con boca de carga con sistema de campanas o instalando un sistema de evacuación de aire.

Los sistemas de ventilación de nave de fundición deberían estar adecuadamente dimensionados para asegurar la captura de las emisiones del proceso dentro de la planta y su transferencia al sistema de control de contaminación atmosférica.

Filtros de tela

Establecer procedimientos para la operación y mantenimiento del sistema de recolección de polvo con filtros de tela mejora los ciclos de limpieza.

Prever un sistema continuo de control de temperatura y alerta para monitorear la temperatura de entrada de los gases residuales al dispositivo de control de emisiones. Contar con un sistema para detectar filtraciones en las mangas con procedimientos de operación y mantenimiento documentados para responder a las alertas del sistema de monitoreo.

Prever un sistema continuo de control de temperatura y alerta para monitorear la temperatura de entrada de los gases residuales al dispositivo de control de emisiones. Contar con un sistema para detectar filtraciones en las mangas con procedimientos de operación y mantenimiento documentados para responder a las alertas del sistema de monitoreo.

Postcombustión de gases residuales

Puede disminuirse la formación de PCDD/PCDF con una postcombustión dentro del sistema de ductos de gases residuales o mediante cámara de postcombustión separada.

Hay indicios de que la postcombustión interna puede ser una opción más atractiva que la externa para prevenir la formación de PCDD/PCDF.

Inyección adsorbente

La inyección de carbón activado o de un material de adsorción similar en los gases residuales antes de los filtros de tela de alta eficiencia en hornos de arco eléctrico en acerías europeas constantemente logró emisiones bajas de PCDD/PCDF, según datos de los proyectos de demostración.

Disminución de la generación de desechos sólidos

La escoria de hornos de arco eléctrico y el polvo del filtro deberían reciclarse.

El polvo del filtro proveniente de la producción de acero de alta aleación, puede ser tratado, cuando sea posible, para recuperar metales valiosos.

Formular y aplicar mejores prácticas de gestión para el acarreo y manipulación de los desechos sólidos que generan polvo.

Los desechos sólidos excedentes deberían eliminarse de forma ambientalmente racional, priorizando el aprovechamiento de los mismos antes de su disposición final.

Disminución de aguas residuales

Los sistemas de enfriamiento de aguas por circuito cerrado para componentes de hornos de arco eléctrico evitan la generación de agua residual.

Se debe reciclar las aguas residuales y tratar el agua residual restante.

Diseñar sistemas semisecos para control de la contaminación a fin de no realizar descargas de aguas residuales.

Tratar el agua residual de los sistemas húmedos para limpieza de gases antes de su descarga al ambiente.

5.4. Coprocesamiento de desechos peligrosos en hornos cementeros

La finalidad principal de los hornos de cemento es la producción de clínker. Con la combustión de desechos en hornos de cemento se busca recuperar energía y sustituir combustibles fósiles o minerales. En muchos casos, se eliminan desechos peligrosos en estas plantas. El proceso de combustión en el horno tiene el potencial de producir y luego liberar sustancias que figuran en el Anexo C del Convenio de Estocolmo (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2019a). Además, se pueden producir liberaciones en los lugares de almacenamiento.



Ambientales

El coprocesamiento de desechos peligrosos solo debería realizarse si se cumplen ciertas condiciones en cuanto a calidad y alimentación de los desechos

El coprocesamiento de desechos no cambiará significativamente las emisiones provenientes de la chimenea de un horno de cemento residuales.

Algunos combustibles pueden contener metales con una alta volatilidad, como el mercurio, cuyo coeficiente de captura es bajo. Por lo tanto, es necesario limitar la entrada de mercurio al sistema del horno sometiendo a los combustibles alternativos a un riguroso procedimiento de admisión e inspección antes de ser usados.

La monitorización constante de las emisiones es obligatoria a fin de verificar la conformidad con las leyes, reglamentaciones y acuerdos existentes.

Operativos

Los operadores deben asegurarse de que solo se aceptarán desechos peligrosos generados por entidades dignas de confianza, y deben aquilatar la integridad de todos los participantes en la cadena de abastecimiento.

Debe garantizarse la trazabilidad de los desechos antes de su recepción en la planta, y si son inadmisibles, serán rechazados.

El transporte, manipulación y almacenamiento de materias primas debe vigilarse de forma efectiva, y debe garantizarse la observancia plena de todos los requisitos reglamentarios, lo que implica el análisis y registro de parámetros como el poder calorífico, contenido de agua, metales pesados, de cenizas, azufre y cloro.

Asimismo, las muestras retenidas deberían conservarse durante cierto tiempo.

El documento de referencia europeo sobre las MTD establece que, para mejorar el rendimiento ambiental global de las instalaciones de fabricación de cemento, en implementar y respetar un sistema de gestión ambiental SGA.

Salud y Seguridad

Debe evaluarse la idoneidad del lugar de producción para evitar riesgos asociados a la ubicación (proximidad de lugares habitados, efecto potencial de las emisiones, logística, transporte) e infraestructura (posibles emisiones de vapores y olores o eventuales filtraciones de desechos peligrosos u otras sustancias perjudiciales en el entorno que requieran control mediante la aplicación de soluciones técnicas).

Es obligatorio contar con la documentación y la información pertinente acerca de cómo deben manejarse los combustibles derivados de desechos en condiciones de seguridad y sobre medidas de emergencia y contingencia.

La planta debe informar a colaboradores y colaboradoras sobre las medidas y normas de salud y seguridad. Es esencial que colaboradores y colaboradoras, las autoridades reguladoras y los servicios locales de emergencia (ej., bomberos) tengan esta información con anticipación, antes de que comiencen las operaciones de combustión de desechos, incluidos los desechos peligrosos, en una planta cementera.

Responsabilidad social

Se deberían tomar en consideración los siguientes aspectos generales de gestión:

- Infraestructura general, pavimentación, ventilación.
- Buena gestión interna del sitio y las instalaciones
- Control y monitorización general de los parámetros básicos de desempeño
- Control y reducción de las emisiones atmosféricas (NO_x, SO₂, partículas, metales).

- Establecer una vigilancia ambiental continua (crear protocolos de monitorización normalizados).
- Establecer sistemas de auditoría y registro.
- Aplicación de sistemas de autorización y auditoría específicos para uso de desechos y combustibles alternativos.
- Demostración, mediante la vigilancia de emisiones, de que la planta puede atenerse a un límite de emisiones determinado.

- Precauciones de salud y seguridad laborales:
- Los hornos de cemento que incineran desechos y combustibles alternativos deben contar con prácticas apropiadas para proteger a las personas que manipulan esos materiales durante el proceso de alimentación de los hornos.
- Profesionalización y capacitación suficiente del personal.

³Para mayor referencia revítese las Directrices técnicas del Convenio de Basilea:

<http://www.basel.int/Implementation/TechnicalMatters/DevelopmentofTechnicalGuidelines/TechnicalGuidelines/tabid/8025/Default.aspx>



Para plantas nuevas o adecuaciones se recomienda emplear hornos de proceso seco con precalentador y precalcinador de varias etapas para la producción de clínker de cemento.

Las investigaciones demuestran que en los hornos

rotatorios el material y el clínker absorben mejor las sustancias peligrosas que en otros tipos de hornos, por ejemplo, hornos verticales (Ministerio de Medio Ambiente de España, 2004).

Las MTD para plantas nuevas o en actualizaciones importantes se sugiere considerar:

Medidas

Descripción

Optimización del proceso

- Asegurar que la temperatura de los gases de combustión baje rápidamente a menos de 200 °C y reducir al mínimo el tiempo de permanencia de los gases de escape y del contenido de oxígeno en las zonas donde las temperaturas sean de entre 300 y 450 °C
- Caracterizar los parámetros que correspondan a un funcionamiento adecuado y usarlos como base para mejorar otros aspectos del desempeño operativo, evaluar los cambios y prácticas necesarias para controlar las emisiones.
- Gestionar el proceso de cocción para alcanzar y mantener condiciones estables de operación, es decir, controlar el proceso de la mejor manera (incluso mediante sistemas de control automático).
- Disminuir el gasto energético mediante el uso de precalentadores y precalcinadores en la medida de lo posible, según la configuración del sistema de horno existente y mediante el uso de enfriadores de clínker modernos, con lo que se puede lograr un máximo de recuperación energética de los gases de combustión.

Alimentación y pretratamiento de desechos

- Realizar el pretratamiento de desechos, incluidos los desechos peligrosos, con la finalidad de obtener un crudo más homogéneo y, por lo tanto, condiciones de combustión más estables, según la naturaleza del combustible derivado de desechos (puede implicar el secado, trituración, mezcla o molienda).
- Suministrar de forma precisa, regular y a largo plazo un determinado tipo de desecho o combustible alternativo (ej., un suministro de un mes o más) para mantener condiciones estables durante el funcionamiento.
- Seleccionar y controlar cuidadosamente las sustancias que ingresan al horno. Se deberían establecer las especificaciones teniendo presente los factores producto/proceso o las emisiones que deben ser monitoreadas.
- Suministrar continuamente los combustibles alternativos con especificaciones de metales pesados, cloro y azufre.
- Evitar la introducción de mezcla cruda que contenga desechos con compuestos orgánicos que pudieran actuar como precursores.
- Utilizar puntos de alimentación apropiados en términos de temperatura y tiempo de permanencia, en dependencia del diseño y del funcionamiento del horno; en general, los desechos deberían alimentarse por el quemador principal o el quemador secundario en el caso de hornos con precalentador /precalciner.
- Alimentar los desechos halogenados por el quemador principal. La temperatura debe elevarse hasta 1100 °C si el desecho peligroso introducido en el horno contiene más del 1 % de sustancias orgánicas halogenadas (expresadas en cloro).
- Introducir los materiales de desecho que contengan componentes orgánicos que puedan volatilizarse antes de la zona de calcinación en las áreas adecuadas de altas temperaturas del sistema del horno.
- Nunca usar combustible derivado de desechos durante el encendido y apagado.
- Tener uniformidad en las características del combustible (tanto alternativo como fósil).
- Mantener uniformidad en el suministro de combustible o frecuencia de la introducción de materiales cargados por lotes.
- Contar con suministro del exceso de oxígeno necesario para lograr una buena combustión.
- Vigilar constantemente las concentraciones de CO en los gases de combustión, en especial que no rebasen los niveles preestablecidos que son indicativos de malas condiciones de combustión.

Medidas para la reducción y recirculación de polvo

- Manipular cuidadosamente el polvo de horno de cemento. En muchos casos puede volver a introducirse en el horno siempre que resulte viable y para evitar emisiones excesivas de metales volátiles y sales de álcalis. Cuando este flujo reciclado pueda aprovecharse al máximo reducirá la problemática de la eliminación del polvo. El polvo que no pueda reciclarse debe ser manipulado en condiciones de seguridad verificadas.
- El material particulado de fuentes puntuales puede eliminarse efectivamente con la aplicación de estos métodos:
 - o Precipitadores electrostáticos con equipos de medición y control rápidos para disminuir la cantidad de picos de CO.
 - o Filtros de tela con compartimentos múltiples y detectores de roturas.

Filtro de carbón activado

Esta medida es de gran eficiencia para la eliminación de ciertos contaminantes (> 90 % en general; > 99 % para algunos compuestos). Contaminantes como el dióxido de azufre (SO₂), compuestos orgánicos, metales, amoníaco (NH₃), compuestos de amonio (NH₄⁺), cloruro de hidrógeno (HCl), fluoruro de hidrógeno (HF) y polvo residual (después de un precipitador electrostático o filtro de tela) pueden eliminarse de los gases de escape que han sido tratados en un lecho de carbón activado.

- Inyectar carbón activado en polvo antes del filtro recolector, con lo que se puede lograr la eliminación eficiente de metales y compuestos orgánicos. No obstante, cabe hacer las siguientes observaciones:
 - o Una temperatura de funcionamiento de menos de 160°C es esencial para la aplicación satisfactoria de esta técnica.
 - o Al mismo tiempo, la temperatura debe mantenerse por encima del punto de rocío ácido para evitar condensación o corrosión.
 - o Si se va a reciclar el polvo del horno de cemento en el horno, como suele suceder, esta técnica no será efectiva para el control de emisiones de mercurio, ya que el mercurio recolectado volverá a liberarse dentro del horno.
 - o No se ha demostrado que esta tecnología de inyección de carbón sirva para el control de emisiones de PCDD/PCDF de hornos de cemento y sólo se ha aplicado en incineradores de desechos urbanos.



Medida para reducir los compuestos orgánicos

La oxidación térmica o la oxidación térmica regenerativa de mayor eficiencia energética (utilizando un lecho de material cerámico para absorber el calor del gas de escape) es una medida para reducir compuestos orgánicos. Hasta ahora, solamente unos pocos hornos de cemento funcionan con este equipamiento, por ejemplo, algunos hornos en los Estados Unidos de América y dos hornos en Austria.

Reducción catalítica selectiva

Utilizar instalaciones de reducción catalítica selectiva para el control de NOx. El proceso reduce el NO y NO₂ a N₂ utilizando NH₃ como agente reductor en presencia de un catalizador apropiado a una temperatura del orden de 300 °C a 400 °C, lo que requeriría calentar los gases de escape de un horno de cemento habitual. Sólo una parte de los catalizadores capaces de reducir los óxidos de nitrógeno sirve también para la destrucción de los contaminantes del Anexo C como las PCDD/PCDF.

Abreviaturas

BAT	Best Available Techniques
BEP	Best Environmental Practices
BLD	Detectores de Fugas en las Mangas
Br	Bromo
BREF	Best Available Techniques Reference Document
Cl	Cloro
CO	Monóxido de Carbono
COM	Monitores de Opacidad Continua
COP	Contaminantes Orgánicos Persistentes
COP NIs	Contaminantes Orgánicos Persistentes No Intencionales
DSU	Desechos sólidos urbanos
F	Flúor
HCB	Hexaclorobenceno
HCBd	Hexaclorobutadieno
HCl	Cloruro de hidrógeno
HF	Fluoruro de hidrógeno
IDP	Incineradoras de desechos peligrosos
IED	Directiva de emisiones industriales
IPPC	Directiva de prevención y control integrados de la contaminación
MPA	Mejores Prácticas Ambientales
MTD	Mejores Técnicas Disponibles
NOx	Óxidos de Nitrógeno
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PAH	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
PCB	Bifenilos Policlorados
PCDD	Dibenzo paradioxinas policloradas
PCDF	Dibenzofuranos policlorados
PCI	Poder calorífico inferior
PCN	Naftalenos policlorados
PCN	Poder calorífico neto
PeCB	Pentaclorobenceno
PNGQ	Programa Nacional para la Gestión Ambientalmente adecuada de Sustancias Químicas en su Ciclo de Vida
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RACT / BACT / LAER	Reasonably Available Control Technology/ Best Available Control Technology/ Lowest Achievable Emission Rate
RCA	Regeneración de carbón activado
SCR	Reducción catalítica selectiva
SGA	Sistema de Gestión Ambiental
SOx	Óxidos de Azufre
TGC	Tratamiento de gases de combustión
TRI	Inventario de Emisiones Tóxicas
UE	Unión Europea
VCN	Valor calorífico neto

Adsorción/ absorción.- La adsorción es un fenómeno de superficie que se sitúa entre dos sustancias. El adsorbato se pega a la superficie de una de las sustancias sin formar parte de ninguna de ellas. La composición de la adsorción es diferente al de las fases originales como, por ejemplo, la adsorción con carbón activado para la decoloración del agua.

Por otro lado, la absorción es la penetración física de una sustancia en otra como es, por ejemplo, el caso químico de la separación de gases mediante un solvente líquido que absorbe uno de los gases para crear una nueva sustancia.

Biomasa.- se define como la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biológica degradable de los residuos industriales y municipales.

BREF.- (Best available techniques Reference document) son los documentos que recogen las mejores técnicas disponibles (MTD) de los diferentes sectores industriales y son de ámbito europeo. El objetivo de estos documentos es servir de referencia para el sector industrial al que sean aplicables, por ejemplo para preparar la documentación para la solicitud de autorización ambiental, y también servir de referencia para las autoridades ambientales responsables de establecer los valores límite de emisión en la autorización ambiental.

Clinkerización.- Formación termoquímica de minerales de clínker, especialmente aquellas reacciones que se producen por encima de 1.300°C; también se denomina así a la zona del horno de cemento donde ocurre este proceso. Se conoce también como sinterización o calcinación.

Contaminantes Orgánicos Persistentes.- Sustancias químicas orgánicas, es decir a base de carbono, que se encuentran definidas en el Convenio de Estocolmo y que poseen una combinación particular de propiedades físicas y químicas las cuales una vez liberadas en el ambiente pueden:

- Permanecer intactas durante períodos excepcionalmente largos de tiempo (muchos años).
- Distribuirse ampliamente en el ambiente como resultado de procesos naturales, involucrando al suelo, agua y en particular al aire.
- Acumularse en tejidos grasos de los organismos vivos, incluyendo los seres humanos y se encuentran en concentraciones más altas en los niveles superiores de la cadena alimentaria.
- Son tóxicos para los seres humanos y la vida silvestre.

Contaminantes Orgánicos Persistentes No Intencionales.- Son todas aquellas sustancias listadas en el Convenio de Estocolmo que se generan en actividades de forma "no intencional", es decir, no han sido producidas, importadas ni almacenadas con fines específicos o productivos. Estas sustancias principalmente se forman en procesos químicos y de combustión, es decir, incineraciones controladas y no controladas, quemas a cielo abierto, procesos químicos industriales y otros.

Glosario

Coprocesamiento.- Uso de materiales de desecho adecuados en los procesos de fabricación con el propósito de recuperar energía y recursos, a través de la reducción de uso de combustibles y materias primas convencionales.

Coronita.- Mazorca de maíz después de desgranada.

Desecho.- Sustancias sólidas, semisólidas, líquidas o gaseosas o materiales compuestos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, utilización o consumo, para cuya eliminación o disposición final se procede conforme a lo dispuesto en la legislación ambiental nacional e internacional aplicable y no es susceptible de aprovechamiento o valorización.

Incineración.- Proceso térmico en presencia de oxígeno en el cual se realiza la oxidación térmica de los materiales combustibles contenidos en los residuos y desechos, transformándolos en dióxido de carbono, agua, escorias, calor y gases. La incineración se utiliza para reducir el volumen, la peligrosidad y descomponer o cambiar la composición física, química o biológica de un desecho sólido, líquido, o gaseoso.

Poder calorífico.- Calor producido por unidad de masa en la combustión completa de una sustancia determinada. El poder calorífico se utiliza para expresar el poder energético de los combustibles, y normalmente se expresa en megajulios por kilogramo (MJ/kg).

Reducción catalítica selectiva.- es una tecnología de control de emisiones que convierte los óxidos de nitrógeno (NOx) en nitrógeno molecular (N₂) y agua (H₂O) mediante el empleo de un catalizador y un reductor gaseoso, generalmente amoníaco, aplicado en la salida de gases del motor.

Relleno sanitario.- Es una técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los desechos y/o residuos sólidos; consiste en disponerlos en celdas debidamente acondicionadas para ello y en un área del menor tamaño posible, sin causar perjuicio al ambiente, especialmente por contaminación a cuerpos de agua, suelos, atmósfera y sin causar molestia o peligro a la salud y seguridad pública. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los desechos y/o residuos, reduciendo su volumen al mínimo aplicable, para luego cubrirlos con una capa de tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente y efectuando el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores.

Residuos o desechos peligrosos.- Residuos o desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos generados a partir de una actividad productiva, de servicio o debido al consumo domiciliario con características de peligrosidad, tales como corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente de acuerdo a la normativa aplicable.

Sisal.- Variedad de agave, planta de hojas radicales largas, triangulares, carnosas, terminadas en un fuerte aguijón, y flores amarillentas en ramillete sobre un eje central; es originaria de México; se emplea en la fabricación de fibras textiles y en la elaboración de mezcal y tequila.

Sinterización de hierro.- El sinter es una materia prima primordial para el proceso del alto horno, principal reactor a nivel mundial empleado para la producción de hierro de primera fusión. Su producción se lleva a cabo en una máquina integrada por una cadena sin fin con una sección de ignición en el extremo inicial del recorrido y un sistema de succión de aire por la parte inferior para fomentar la combustión y en consecuencia la fusión incipiente de algunos componentes de la mezcla. La materia prima consiste en una mezcla de finos de mineral de hierro, finos de coque, finos de pelet y fundentes, además, el proceso emplea gas de coque y aire de la atmósfera.

Tratamiento de los gases de combustión.- La incineración de residuos y otros muchos procesos industriales generan gases de combustión. Estos gases suelen contener sustancias contaminantes tales como óxidos de azufre (SO₂ + SO₃), ácido clorhídrico (HCl) o ácido fluorhídrico (HF), así como metales pesados, dioxinas y furanos, por lo cual es necesario realizar un tratamiento adecuado de los mismos.

Referencias Bibliográficas

- Comisión Europea. (2012). Decision 2012/119. 1–39.
- España, G. de, & Comisión Europea. (2011). Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2004). Prevención y control integrados de la contaminación (IPCC). [http://www.prtr-es.es/data/images/BREF \(Versión en castellano\)-B55D7871A8D6C2F1.pdf](http://www.prtr-es.es/data/images/BREF_(Versión_en_castellano)-B55D7871A8D6C2F1.pdf)
- Ministerio de Medio Ambiente de España. (2004). Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento. In Gobierno de España.
- PNUMA. (2015). Proyecto de directrices sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales. Instalaciones de incineración de desechos. <http://www.mercuryconvention.org>
- Secretaría del Convenio de Estocolmo. (n.d.). UNEP-POPS-BATBEP-GUID-GUIDELINES-Incineración.
- Secretaría del Convenio de Estocolmo. (2019a). UNEP-POPS-BATBEP-GUID-GUIDELINES-2019-hornos de cemento.
- Secretaría del Convenio de Estocolmo. (2019b). UNEP-POPS-BATBEP-GUID-GUIDELINES-2019-metalurgia.
- Secretaría del Convenio de Estocolmo. (n.d.). UNEP-POPS-BATBEP-GUID-GUIDELINES-quema cielo abierto.
- Secretaría del Convenio de Estocolmo. (2010). Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). Enmendado en 2017. <http://www.pops.int/>



MINISTERIO DE
ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES
NO RENOVABLES

 @Ambiente_Ec

 @AmbienteEc

 @ambienteec

 ambienteec

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código postal: 170525 / Quito - Ecuador
Teléfono: 593-2 398-7600



sembramos
Futuro

Lenín

