



**ECOQUIMSA**  
LABORATORIO ECOLÓGICO Y QUÍMICO



# Ambiente

## **BANCO MUNDIAL | IFC**

Guías generales sobre Medio Ambiente - Emisiones al Aire y Calidad del aire ambiente



@LaboratorioEcoquimsa



(502) 2322-3600

[www.ecoquimsa.com](http://www.ecoquimsa.com)

9 Avenida 3-08, Colonia Alvarado zona 2 de Mixco, Guatemala

# Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad

## Introducción

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la Buena Práctica Internacional para la Industria (GIIP)<sup>1</sup>. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad se aplican conforme a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad deben usarse junto con las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el sector de la industria correspondiente, que ofrecen orientación a los usuarios sobre cuestiones relativas a cada sector industrial específico. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web: [1](#)

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden alcanzarse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del lugar así como un calendario adecuado para alcanzarlas. La aplicación de las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los

<sup>1</sup> Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

resultados de evaluaciones ambientales<sup>2</sup> en las que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia. En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Si corresponde utilizar niveles o indicadores menos rigurosos en vista de las circunstancias específicas del proyecto, debe incluirse como parte de la evaluación ambiental del emplazamiento en cuestión una justificación completa y detallada de cualquier alternativa propuesta, en la que se ha de demostrar que la selección del nivel de desempeño alternativo protege la salud humana y el medio ambiente.

Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad están divididas en las siguientes secciones:

<b>1. Medio ambiente</b>	<b>3</b>
1.1 Emisiones al aire y calidad del aire ambiente	3
1.2 Conservación de la energía	17
1.3 Aguas residuales y calidad del agua ambiente	24
1.4 Conservación del agua	32
1.5 Manejo de materiales peligrosos	35
1.6 Manejo de residuos	45
1.7 Ruido	51
1.8 Suelos contaminados	53
<b>2. Salud y seguridad ocupacional</b>	<b>59</b>
2.1 Aspectos generales del diseño y funcionamiento de las plantas	60
2.2 Comunicación y formación	62
2.3 Riesgos físicos	64
2.4 Riesgos químicos	68
2.5 Riesgos biológicos	70
2.6 Riesgos radiológicos	72
2.7 Equipos de protección personal (EPP)	72
2.8 Entornos de riesgo especiales	73
2.9 Seguimiento	74

<sup>2</sup> La IFC lleva a cabo dicha evaluación de forma acorde con la Norma de Desempeño 1, y el Banco Mundial, de acuerdo con su Política Operacional 4.01.

<b>3. Salud y seguridad de la comunidad</b>	<b>77</b>
3.1 Calidad y disponibilidad del agua	77
3.2 Seguridad estructural de la infraestructura del proyecto	78
3.3 Seguridad humana y prevención de incendios	79
3.4 Seguridad en el tráfico	82
3.5 Transporte de materiales peligrosos	82
3.6 Prevención de enfermedades	85
3.7 Plan de prevención y respuesta para emergencias	86
<b>4. Construcción y desmantelamiento</b>	<b>89</b>
4.1 Medio ambiente	89
4.2 Salud y seguridad ocupacional	92
4.3 Salud y seguridad de la comunidad	94
<b>Referencias y fuentes adicionales*</b>	<b>96</b>

## Enfoque general del manejo de cuestiones sobre medio ambiente, salud y seguridad en instalaciones o proyectos

El manejo eficaz de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad implica tener en cuenta estos aspectos en los procesos empresariales, tanto a nivel corporativo como en el ámbito de las instalaciones, como parte de un enfoque organizado jerárquicamente que comprende los siguientes pasos:

- Identificar, tan pronto como sea posible, los peligros que un proyecto conlleva para el medio ambiente, la salud y la seguridad<sup>3</sup>, así como otros riesgos asociados al mismo<sup>4</sup>, en el funcionamiento de la instalación o en el ciclo del producto, lo cual incluye la incorporación de consideraciones sobre medio ambiente, salud y seguridad en el proceso de selección de cada emplazamiento, el proceso de diseño del producto, el proceso de planificación de ingeniería para las solicitudes de capital, las órdenes de trabajos de ingeniería, las autorizaciones de modificación de instalaciones o los planes de diseño y cambio de procesos.

<sup>3</sup> Definidos como “amenazas a seres humanos y a sus bienes” (Kates y otros, 1985).

- Incorporar profesionales de medio ambiente, salud y seguridad que dispongan de la experiencia, la competencia y la formación necesarias para evaluar y gestionar los impactos y riesgos en estos ámbitos, así como para desempeñar funciones especializadas de manejo medioambiental, entre ellas la elaboración de planes y procedimientos específicos para proyectos y actividades que incorporen aquellas recomendaciones técnicas incluidas en el presente documento que sean pertinentes a cada proyecto.
- Comprender la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de los riesgos de medio ambiente, salud y seguridad, tomando como base:
  - La naturaleza de las actividades que conforman el proyecto, si las mismas van a generar cantidades significativas de emisiones o efluentes o si éstas implican el uso de materiales o procesos peligrosos;
  - Las posibles consecuencias que se derivarían de un manejo inapropiado de los riesgos para los trabajadores, las comunidades o el medio ambiente, según la proximidad de las actividades del proyecto a personas o a los recursos medioambientales de los cuales dependan dichas actividades.
- Dar prioridad a estrategias de manejo de riesgos, con el objetivo de lograr una reducción generalizada de riesgos para la salud de las personas y para el medio ambiente y dando prioridad a la prevención de efectos irreversibles y/o impactos significativos.
- Apoyar estrategias dirigidas a eliminar las causas de los riesgos desde su origen; optando, por ejemplo, por el empleo de materiales o procesos menos perjudiciales para el medio ambiente, la salud o la seguridad, que hagan innecesaria la

<sup>4</sup> Definidos como “mediciones cuantitativas de las posibles consecuencias de un riesgo, expresadas generalmente como probabilidades de ocurrencia de un daño”

aplicación de controles del medio ambiente, salud y seguridad.

- En los casos en que no sea factible evitar efectos negativos, incorporar controles técnicos y de manejo que eliminen o reduzcan al mínimo la posibilidad de ocurrencia y el alcance de consecuencias indeseables; poniendo en práctica, por ejemplo, controles sobre contaminación dirigidos a limitar emisiones de contaminantes que afecten a empleados o al medio ambiente.
- Preparar a los empleados y a las comunidades vecinas para reaccionar en caso de accidentes, proporcionándoles recursos técnicos y financieros para controlar de manera segura y eficaz estos eventos, y restablecer las condiciones de salud y seguridad en el entorno tanto de la comunidad como del lugar de trabajo.
- Mejorar el desempeño en materia de medio ambiente, salud y seguridad, combinando un seguimiento continuado con un sistema eficaz de responsabilidad.

---

(Kates y otros., 1985)

## 1.0 Medio ambiente

### 1.1 Emisiones al aire y calidad del aire ambiente

Aplicabilidad y enfoque.....	4
Calidad del aire ambiente .....	5
Enfoque general.....	5
Proyectos ubicados en atmósferas degradadas o en zonas ecológicamente sensibles .....	6
Fuentes fijas .....	6
Altura de las chimeneas de emisión .....	7
Guías sobre emisiones en pequeñas instalaciones de combustión.....	7
Fuentes fugitivas.....	9
Compuestos orgánicos volátiles (COV).....	9
Partículas sólidas (PM).....	10
Sustancias que agotan la capa de ozono (SAO).....	10
Fuentes móviles – vehículos a motor terrestres .....	10
Gases de efecto invernadero (GEI) .....	11
Seguimiento.....	11
Seguimiento de emisiones de pequeñas instalaciones de combustión.....	13

#### Aplicabilidad y enfoque

La presente guía es de aplicación a instalaciones o proyectos que generan emisiones al aire en cualquiera de las fases del ciclo de vida del proyecto. Complementa los principios generales sobre emisiones específicas de la industria contenidos en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad del sector de la industria, ofreciendo información acerca de las técnicas comunes de manejo de emisiones aplicables a una serie de sectores de la industrial. Ofrece, asimismo, una perspectiva general del manejo de las principales fuentes de emisiones, que incluye orientación específica para la evaluación y el seguimiento de impactos, así como información adicional acerca de distintos enfoques del manejo de emisiones en proyectos ubicados en áreas en las que, debido a la mala calidad del aire, pueda ser necesario establecer normas sobre emisiones para cada proyecto específico.

Las emisiones de contaminantes del aire pueden provenir de una amplia variedad de actividades durante las fases de construcción, funcionamiento y desmantelamiento de un proyecto. Dichas actividades pueden clasificarse según las características espaciales de la fuente de emisión, incluyendo fuentes fijas, fugitivas y móviles, y también según la clase de proceso, tal como combustión, almacenamiento de materiales u otros procesos específicos de cada sector de la industria).

Las instalaciones y procesos deberán evitar, reducir al mínimo y controlar, siempre que sea posible, los efectos adversos de las emisiones al aire sobre la salud de las personas, la seguridad y el medio ambiente. En los casos en que ello no sea posible, la generación y liberación de emisiones de cualquier clase habrá de manejarse combinando una serie de factores:

- Eficiencia en el uso de la energía
- Modificación de procesos industriales
- Selección de combustibles u otros materiales cuyo tratamiento genere un menor volumen de emisiones contaminantes
- Aplicación de técnicas de control de emisiones

Las técnicas de prevención y control seleccionadas pueden comprender uno o más métodos de tratamiento dependiendo de:

- Disposiciones reglamentarias
- Importancia de la fuente
- Ubicación de la instalación generadora de emisiones con relación a otras fuentes
- Ubicación de receptores sensibles
- Calidad actual del aire ambiente y potencial de degradación de la atmósfera del proyecto que se propone implementar

- Viabilidad técnica y relación eficacia en cuanto costos de las opciones disponibles de prevención, control y liberación de emisiones

## Calidad del aire ambiente

### Enfoque general

Los proyectos que utilicen fuentes significativas<sup>5,6</sup> de emisiones al aire y puedan causar impactos sustanciales en la calidad del aire ambiente deberán prevenir o reducir al mínimo éstos, garantizando que:

- Las emisiones no produzcan concentraciones contaminantes que igualen o superen las permitidas por las normas y las guías sobre calidad del ambiente<sup>9</sup> en aplicación de la legislación nacional, o en su ausencia, de las actuales Guías de Calidad del Aire de la OMS<sup>10</sup> (véase

Tabla 1.1.1), o de otras fuentes reconocidas internacionalmente<sup>11</sup>;

- Las emisiones no contribuyan en un porcentaje significativo a alcanzar los niveles fijados en las guías o en las normas aplicables sobre calidad del aire ambiente. La presente Guía sugiere, como regla general, un 25 por ciento de dichos niveles, lo cual permitiría un futuro desarrollo sostenible en el área.<sup>12</sup>

Tabla 1.1.1: Guías de calidad del aire ambiente de la OMS<sup>7, 8</sup>

	Periodo de promedio	Valor guía en µg/m <sup>3</sup>
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	24-horas	125 (límite provisional-1) 50 (límite provisional-2) 20 (guía)
	10 minutos	500 (guía)
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1-año	40 (guía)
	1-hora	200 (guía)
Materia particulada MP <sub>10</sub>	1-año	70 (límite provisional-1) 50 (límite provisional-2) 30 (límite provisional-3) 20 (guía)
	24-horas	150 (límite provisional-1) 100 (límite provisional-2) 75 (límite provisional-3) 50 (guía)
Materia particulada sólida PM <sub>2.5</sub>	1-año	35 (límite provisional-1) 25 (límite provisional-2) 15 (límite provisional-3)
	24-horas	10 (límite provisional-1) 7.5 (límite provisional-2) 37.5 (límite provisional-3) 25 (guía)
Ozono	8 horas diarias máximo	160 (límite provisional-1) 100 (guía)

<sup>5</sup> Se entiende por fuentes significativas de emisiones fijas y fugitivas aquéllas que, de manera general, contribuyen al incremento neto de las emisiones de materia particulada (MP 10/50), dentro de una zona atmosférica dada, de uno o varios de los siguientes contaminantes; NO<sub>x</sub>: 500 tpa; SO<sub>2</sub>: 500 tpa; o según los límites establecidos por la legislación del país de que se trate; así como las fuentes de combustión con una carga térmica de 50 MWth o superior. Los baremos que determinen si las emisiones de contaminantes orgánicos e inorgánicos son o no significativas deberán fijarse de forma específica para cada proyecto, teniendo en cuenta la toxicidad y otras propiedades del contaminante.

<sup>6</sup> Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA); Prevention of Significant Deterioration of Air Quality, 40 CFR Ch. 1 Part 52.21. Entre otras referencias sobre fijación de límites de emisiones significativas destaca el Documento de orientación para la realización del EPER, publicado en 2000 por la Comisión Europea: <http://ec.europa.eu/environment/ipcc/eper/index.htm>; y el registro estatal de contaminantes (National Pollutant Inventory Guide) publicado en 2004 por el Gobierno de Australia; <http://www.npi.gov.au/handbooks/pubs/npiguide.pdf>

<sup>7</sup> Organización Mundial para la Salud (OMS); Air Quality Guidelines Global Update, 2005. El valor de materia particulada (PM) en 24 horas es el percentil 99.

<sup>8</sup> Se incluyen los límites provisionales en vista de la necesidad de aplicar un enfoque por fases al cumplimiento de las guías recomendadas.

<sup>9</sup> Las normas de calidad del aire ambiente son los niveles de calidad del aire fijados y publicados a partir de procesos legislativos nacionales y procesos regulatorios, mientras que las guías sobre calidad del aire ambiente hacen referencia a niveles de calidad del aire obtenidos principalmente a través de datos clínicos, toxicológicos y epidemiológicos (como los publicados por la Organización Mundial para la Salud).

<sup>10</sup> Organización Mundial para la Salud (OMS). <http://www.who.int/en>

En lo que respecta a las instalaciones, se aconseja que el impacto se determine a través de evaluaciones cualitativas o cuantitativas utilizando un análisis de referencia de la calidad del aire y modelos de dispersión atmosférica para calcular posibles niveles de concentración terrestre. A la hora de elaborar los modelos de dispersión, protección contra los efectos de corrientes, turbulencias o inclemencias atmosféricas, estructuras próximas<sup>13</sup> y características del terreno, es recomendable recurrir a datos locales sobre estado de la atmósfera, clima y calidad del aire ambiente. El modelo de dispersión que se utilice deberá estar homologado internacionalmente, o al menos ser equiparable. El Anexo 1.1.1. incluye ejemplos de métodos comúnmente aceptados de modelos de dispersión y estimación de emisiones para fuentes fijas y fugitivas. Estos métodos incluyen modelos para evaluaciones de fuentes únicas de emisión (SCREEN3 o AIRSCREEN), así como otros modelos más complejos y refinados (AERMOD o ADMS). La selección de uno u otro modelo depende de la complejidad y las características geomorfológicas del emplazamiento del proyecto (por ejemplo, terrenos montañosos, zonas rurales, o áreas urbanas).

### *Proyectos ubicados en atmósferas degradadas o en zonas ecológicamente sensibles*

Las instalaciones o proyectos ubicados en áreas con mala calidad del aire<sup>14</sup>, y las situadas dentro o en las proximidades de zonas declaradas como ecológicamente sensibles (por ejemplo, parques nacionales), deberán garantizar que los incrementos en los niveles de contaminación sean tan pequeños como sea posible, y que no superen una parte de las guías o normas sobre calidad del aire media anual o a corto plazo establecidas en la evaluación ambiental específica para el proyecto. Entre las medidas recomendadas para mitigar estos incrementos se incluyen la

<sup>13</sup> Por "próximas" se entienden las situadas en el área comprendida dentro de un radio equivalente, como máximo, a 20 veces la altura de la chimenea de emisión.

reubicación de fuentes de emisiones significativas fuera del espacio atmosférico en cuestión, el uso de combustibles y tecnologías menos contaminantes, la aplicación de medidas globales de control de la contaminación, el uso de actividades compensatorias en instalaciones controladas por el promotor del proyecto o en otras instalaciones dentro del mismo área, y la reducción inicial de emisiones.

Las disposiciones específicas dirigidas a minimizar tanto las emisiones como su impacto sobre la calidad del aire o sobre espacios aéreos ecológicamente sensibles deberán establecerse de forma específica para cada proyecto o para cada industria, correspondiendo a la agencia local responsable de la concesión y el control de permisos de emisión, el seguimiento y la ejecución de las disposiciones compensatorias que no se hallen bajo el control directo del promotor del proyecto o de las reducciones iniciales. Dichas disposiciones habrán de estar en vigor antes de la puesta en servicio definitiva de la instalación /del proyecto.

### *Fuentes fijas*

Las fuentes fijas son fuentes de emisiones discretas, estacionarias e identificables que liberan contaminantes a la atmósfera y se hallan situadas habitualmente en fábricas o plantas de producción. Cada fuente fija puede estar compuesta por varios "puntos de emisión" individuales.<sup>15</sup>

Las fuentes fijas se caracterizan por ser emisoras de contaminantes generalmente asociados con la combustión de combustibles fósiles como óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de

<sup>14</sup> Se considera que la calidad del aire en un espacio atmosférico es mala cuando se excedan significativamente los límites fijados por las normas sobre calidad del aire de la legislación estatal o las guías sobre calidad del aire de la OMS.

<sup>15</sup> Los puntos de emisión hacen referencia a chimeneas, conductos de ventilación u otros puntos específicos de liberación de contaminantes. No deben confundirse con el concepto de fuentes fijas, ya que ambos términos expresan una distinción regulatoria de las fuentes móviles y de áreas. La división de fuentes fijas en distintos puntos de emisión resulta útil a la hora de obtener datos más detallados en los informes sobre emisiones.

azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y partículas sólidas (PS), así como con otros contaminantes atmosféricos, entre ellos ciertos compuestos orgánicos volátiles (COV) y metales también asociados a una amplia gama de actividades industriales.

Las emisiones provenientes de fuentes fijas deben ser evitadas y controladas de acuerdo con lo dispuesto en las prácticas internacionales recomendadas para la industria vigentes en el sector industrial de que se trate, dependientes de las condiciones ambientales, mediante la aplicación combinada de modificaciones de procesos y controles sobre las emisiones, tal y como se muestra en los ejemplos del Anexo 1.1.2. A continuación se ofrecen una serie de recomendaciones relativas a la altura de las chimeneas de emisión y a emisiones de pequeñas instalaciones de combustión.

### *Altura de las chimeneas de emisión*

La altura de las chimeneas de todas las fuentes fijas de emisiones, ya sean o no "significativas", deberá diseñarse de conformidad con las normas internacional recomendada para la industria (véase Anexo 1.1.3) a fin de evitar concentraciones excesivas a nivel del suelo debidas a corrientes, turbulencias o inclemencias atmosféricas y de garantizar una difusión adecuada que reduzca al mínimo los impactos. En aquellos proyectos en que existan múltiples fuentes de emisiones, las alturas de las chimeneas de emisión habrá de fijarse teniendo en cuenta las emisiones procedentes del resto de fuentes del proyecto, tanto fijas como fugitivas. Las fuentes de emisiones no significativas, entre ellas las pequeñas instalaciones de combustión,<sup>16</sup> deberán igualmente aplicar al diseño de las chimeneas la práctica internacional recomendada.

### *Guías sobre emisiones en pequeñas instalaciones de combustión*

Los procesos de combustión en plantas de pequeña capacidad son sistemas diseñados para producir energía eléctrica o mecánica, vapor, calor, o cualquier combinación de estos elementos, independientemente del tipo de combustible empleado, con una capacidad térmica nominal total de entre tres y cincuenta megavatios térmicos (MWth).

Las guías sobre emisiones de la Tabla 1.1.2 se refieren a instalaciones de pequeña capacidad que realizan procesos de combustión con un funcionamiento de más de 500 horas por año, y a aquellas cuya utilización de la capacidad anual sea superior al 30 por ciento. En las plantas que utilicen mezclas de combustibles en los procesos de combustión se deberá comparar el rendimiento de las emisiones con las guías de la tabla, tomando como base la suma del aporte relativo de cada combustible<sup>17</sup>. Se aplicarán valores mínimos de emisión cuando la instalación en cuestión se halle situada en un lugar en que el espacio atmosférico sea ecológicamente sensible, o en que la calidad del aire sea escasa, a fin de poder hacer frente a la acumulación de impactos potenciales provocados por varias plantas de combustión que formen parte de un proyecto de generación distribuida.

<sup>16</sup> Estas fuentes de combustión son aquellas con una capacidad térmica nominal de 50MWth como máximo.

<sup>17</sup> Se entiende por aporte de un combustible el porcentaje de poder calorífico inferior (LHV) del combustible utilizado multiplicado por su valor límite.



**Tabla 1.1.2 – Guías sobre emisiones en pequeñas instalaciones de combustión (3MWth – 50MWth) – (en mg/Nm<sup>3</sup>, salvo indicación en contrario)**

Tecnología de combustión/combustible	Partículas sólidas (PS)	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	Gas seco, exceso de contenido de O <sub>2</sub> (%)
<b>Motor</b>				
Gas	N/A	N/A	200 (Ignición por chispa) 400 (Combustible dual) 1.600 (Ignición por compresión)	15
Líquido	50; o hasta un máximo de 100 cuando esté justificado por las consideraciones específicas del proyecto (por ejemplo, viabilidad económica del empleo de combustible con bajo contenido en ceniza, o adición de tratamientos secundarios para cumplir el límite de 50 y capacidad medioambiental de la ubicación)	1,5 por ciento de azufre, o hasta un máximo de 3,0 por ciento cuando esté justificado por las consideraciones específicas del proyecto (por ejemplo, viabilidad económica del empleo de combustible con bajo contenido en azufre, o adición de tratamientos secundarios para cumplir el límite del 1,5 por ciento de azufre, y capacidad medioambiental de la ubicación)	Si el diámetro interior de la boca mide [en mm] < 400: 1460 (o hasta un máximo de 1.600, cuando esté justificado para mantener una alta eficiencia energética.) Si el diámetro interior de la boca mide [en mm] ≥ 400: 1.850	15
<b>Turbina</b>				
Gas natural De ≥3MWth a < 15MWth	N/A	N/A	42 ppm (Generación eléctrica) 100 ppm (Transmisión mecánica)	15
Gas natural De ≥15MWth a < 50MWth	N/A	N/A	25 ppm	15
Otros combustibles distintos del gas natural De ≥3MWth a < 15MWth	N/A	0,5 por ciento de azufre, o un porcentaje inferior (por ejemplo, 0,2) cuando sea comercialmente posible sin que suponga un exceso significativo sobre el coste del combustible	96 ppm (Generación eléctrica) 150 ppm (Transmisión mecánica)	15
Otros combustibles distintos del gas natural De ≥15MWth a < 50MWth	N/A	0,5 por ciento de azufre, o un porcentaje inferior (por ejemplo, 0,2) cuando sea comercialmente posible sin que suponga un exceso significativo sobre el coste del combustible	74 ppm	15
<b>Boiler</b>				
Gas	N/A	N/A	320	3
Líquido	50, o hasta un máximo de 150 cuando esté justificado por la evaluación ambiental	2000	460	3
Sólido	50, o hasta un máximo de 150 cuando esté justificado por la evaluación ambiental	2000	650	6

Notas: -N/A (no aplicable) indica que no existen guías sobre emisiones. Deben aplicarse niveles de rendimiento superiores a los de la Tabla a instalaciones ubicadas en zonas urbanas/ industriales con entornos atmosféricos degradados o próximas a zonas ecológicamente sensibles que exijan controles más restrictivos de las emisiones. MWth indica la potencia calorífica según poder calorífico superior (HHV). Los combustibles sólidos incluyen la biomasa. Nm<sup>3</sup> es para una atmósfera de presión y 0°C. La categoría de MWth se aplicará a la totalidad de las instalaciones compuestas por varias unidades cuando las emisiones provengan de una chimenea común, salvo en lo referente a los límites de emisión de NO<sub>x</sub> y partículas sólidas en turbinas y calderas. Los valores de las guías son de aplicación a instalaciones que estén en funcionamiento más de 500 horas al año y cuyo factor de utilización de capacidad anual supere el 30 por ciento

## Fuentes fugitivas

Las emisiones al aire provenientes de fuentes fugitivas corresponden a emisiones distribuidas espacialmente en zonas amplias, que no se concentran en un solo lugar de descarga y proceden de operaciones en las que los escapes no se canalizan a través de chimeneas y conductos de ventilación. Las emisiones fugitivas tienen un potencial de impacto terrestre por unidad mucho mayor que las emisiones de origen fijo, puesto que su descarga y dispersión se produce cerca de la tierra. Los dos tipos principales de emisiones fugitivas son los compuestos orgánicos volátiles (COV) y las partículas sólidas (PS). Otros contaminantes ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{CO}$ ) están asociados principalmente a los procesos de combustión descritos en párrafos anteriores. Los proyectos en los que existan fuentes de emisiones fugitivas potencialmente significativas deberán determinar la necesidad de prácticas de evaluación y seguimiento de la calidad ambiental.

La quema al aire libre de residuos sólidos, sean o no peligrosos, no se considera una práctica correcta y deberá evitarse, ya que no hay modo efectivo de controlar la generación de emisiones contaminantes procedentes de este tipo de fuentes.

### *Compuestos orgánicos volátiles (COV)*

Las fuentes más comunes de emisiones de compuestos orgánicos volátiles están asociadas a las actividades industriales que generan, almacenan y utilizan líquidos o gases que contienen compuestos orgánicos volátiles, donde los materiales se encuentran bajo presión, sometidos a una reducción de la presión de vapor o desplazados desde un espacio cerrado. Entre las fuentes habituales se incluyen fugas en los equipos, cubas abiertas y tanques de mezcla, tanques de almacenamiento, operaciones de unidades en sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como escapes accidentales. Las fugas en equipos afectan a válvulas, conexiones y empalmes expuestos a emisiones fugitivas bajo presión. Entre las técnicas

recomendadas para la prevención y el control de emisiones de COV asociadas a fugas se incluyen las siguientes:

- Modificaciones en los equipos; se indican algunos ejemplos en el Anexo 1.1.4;
- Implementación de programas de detección y reparación de fugas (LDAR), destinados al control de las emisiones fugitivas, mediante un seguimiento continuo dirigido a la detección de fugas y la aplicación de reparaciones, dentro de un periodo predefinido.<sup>18</sup>

Respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles asociadas a la manipulación de productos químicos en cubas abiertas y procesos de mezcla, las técnicas de prevención y control recomendadas incluyen:

- Sustitución de las sustancias menos volátiles, como los disolventes acuosos;
- Recogida de vapores a través de extractores de aire y posterior tratamiento de flujos de gas, mediante la eliminación de los compuestos orgánicos volátiles, a través de aparatos condensadores o mediante tratamientos de absorción de carbón activado;
- Recogida de vapores a través de extractores de aire y posterior tratamiento con aparatos de control destructivo, como los siguientes:
  - Incineradores catalíticos: se emplean para reducir los compuestos orgánicos volátiles procedentes de los gases de escape emitidos desde cabinas de pintura a pistola, hornos y otras operaciones del proceso
  - Incineradores térmicos: se emplean para controlar los niveles de un flujo de gas, introduciendo el flujo de gas a través de una cámara de combustión, donde los compuestos orgánicos volátiles se queman al aire a temperaturas entre 700° y 1.300° C

<sup>18</sup> Si desea más información, puede consultarse el Programa de Detección y Reparación de Fugas de Gases (Leak Detection and Repair Program, LDAR), en: <http://www.ldar.net>

- Cámaras de combustión: se emplean para convertir los compuestos orgánicos volátiles en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O mediante combustión directa
- Uso de techos flotantes en tanques de almacenamiento, con el fin de reducir las posibilidades de volatilización, mediante la eliminación de la cámara de aire existente en los tanques de almacenaje convencionales.

### Partículas sólidas (PM)

El contaminante más común presente en las emisiones de fuentes fugitivas es el polvo, o las partículas sólidas (PM). Este elemento se libera durante determinadas operaciones, como el transporte o almacenaje al aire libre de materiales sólidos, así como desde superficies de tierra descubiertas, como carreteras sin asfaltar. Algunos modos de prevención y control recomendados de estas fuentes de emisión son:

- Uso de métodos de control de polvo, como toldos, eliminación con agua o aumento del nivel de humedad en los almacenamientos de materiales al aire libre, así como controles de extracción de aire y tratamiento a través de una cámara de filtros o ciclón, para fuentes de manejo de materiales, como máquinas transportadoras y contenedores;
- Uso de la eliminación por agua para el control de materiales sueltos en superficies, tanto asfaltadas como sin asfaltar. La aplicación de petróleo o alguno de sus derivados no se recomienda como método para el control del polvo en carreteras no asfaltadas. El Anexo 1.1.5 muestra diversos ejemplos de opciones adicionales de control para carreteras sin asfaltar.

### Sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)

Algunos productos químicos están calificados como sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), estando prevista su eliminación progresiva, en cumplimiento del Protocolo de

Montreal sobre sustancias que agotan la capa de ozono.<sup>19</sup> Dicho Protocolo prohíbe la instalación de nuevos sistemas o procesos que incluyan el uso de CFC (clorofluocarbonos), halones, 1,1,1-Tricloroetano, tetracloruro de carbono, metilbromuro o HBFCs. Los HCFC deberán considerarse exclusivamente como alternativas provisionales / transitorias, de conformidad con los acuerdos y reglamentaciones adoptados por cada Estado..<sup>20</sup>

### Fuentes móviles – vehículos a motor terrestres

Al igual que ocurre en otros procesos de combustión, las emisiones provenientes de vehículos a motor, tanto de turismo como todo terreno, incluyen CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, partículas sólidas y COV. Estas emisiones deberán estar dentro de los límites fijados en los programas nacionales o regionales o, en caso de que estos no existieran, tener en cuenta los siguientes puntos:

- Independientemente del tamaño o tipo de vehículo de que se trate, los propietarios / operadores de flotas deberán aplicar los programas de mantenimiento mecánico recomendados por los fabricantes;
- Los conductores deberán recibir formación acerca de las ventajas de las prácticas de conducción de vehículos que reducen tanto el riesgo de accidentes como el consumo de combustible, así como sobre la importancia de evitar aceleraciones bruscas y de respetar los límites de velocidad;
- Los operadores de flotas de más de 120 unidades de vehículos de gran potencia (autobuses y camiones), o que

<sup>19</sup> Ejemplos: clorofluocarbonos (CFC); halones; 1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo); tetracloruro de carbono; hidroclofluorocarbonos (HCFC); hidrobromofluorocarbonos (HBFC) metilbromuro. Actualmente se emplean en múltiples aplicaciones, incluidas las siguientes: refrigeración doméstica, comercial e industrial (CFC y HCFC); sistemas de aire acondicionado domésticos, comerciales y de vehículos a motor (CFC y HCFC); en la fabricación de productos de espuma (CFC); en aplicaciones de limpieza con disolventes (CFC, HCFC, metilcloroformo y tetracloruro de carbono); en propelentes de aerosoles (CFC); en sistemas de protección de incendios (halones y HBFC), así como en fumigantes de cosechas (metilbromuro).

<sup>20</sup> Puede obtenerse más información en el sitio web de la Secretaría del Protocolo de Montreal, en la dirección: <http://ozone.unep.org/>

sumen más de 540 vehículos de menor potencia<sup>21</sup> (coches y furgonetas) dentro de un mismo espacio atmosférico deberán considerar otros métodos de reducción de impactos potenciales, entre ellos:

- Sustitución de los vehículos antiguos por alternativas modernas, con mayor control energético
- Adaptación de los vehículos más utilizados a energías más limpias, siempre que sea factible
- Instalación y mantenimiento de dispositivos de control de emisiones, como los convertidores catalíticos
- Implantación de un plan periódico de mantenimiento y reparación de vehículos

## Gases de efecto invernadero (GEI)

Entre los sectores susceptibles de sufrir potenciales emisiones significativas de gases de efecto invernadero (GEI)<sup>22</sup> se encuentran el energético, el de transporte y el de la industria pesada (por ejemplo, cementeras, fábricas de hierro/acero, fusión de aluminio, industrias petroquímicas, refinerías petrolíferas, fábricas de fertilizantes), así como la agricultura, la industria forestal y la de manejo de residuos. Los gases de efecto invernadero se originan a partir de las emisiones directas procedentes de instalaciones ubicadas dentro de los límites físicos del proyecto, mientras que las emisiones indirectas están asociadas a la generación de la energía externa utilizada en el proyecto.

Las siguientes son recomendaciones para la reducción y el control de los gases de efecto invernadero:

- Financiación del carbono;<sup>23</sup>
- Fomento de la eficiencia energética (consulte la sección "Conservación de la energía");
- Protección y fomento de sumideros y depósitos para gases de efecto invernadero;
- Promoción de modalidades sostenibles de explotación agrícola y forestal;
- Promoción, desarrollo y mayor uso de energías renovables;
- Tecnologías de secuestro y almacenamiento del carbono;<sup>24</sup>
- Reducción de las emisiones de metano mediante su recuperación y utilización en el manejo de residuos, así como en la producción, el transporte y la distribución de energía (carbón, petróleo y gas).

## Seguimiento

Los programas de seguimiento de las emisiones y la calidad del aire proporcionan información que permiten evaluar la efectividad de las estrategias de control de emisiones. Es recomendable la puesta en marcha de un proceso sistemático de planificación, a fin de garantizar que los datos obtenidos son los adecuados para los fines que se buscan (y de evitar la recopilación de datos innecesarios). Este proceso, en ocasiones denominado proceso de objetivos de la calidad de los datos, establece la finalidad de los datos recopilados, las decisiones que deberán emprenderse según los datos obtenidos, las consecuencias que se derivan de

<sup>21</sup> Se asume que los umbrales de tamaño de las flotas seleccionadas representan fuentes de emisiones potencialmente significativas, basados en vehículos individuales que recorren 100.000 kilómetros al año y en la media de los factores de emisión.

<sup>22</sup> Los seis gases de efecto invernadero incluidos en el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); hidrofluorocarbonos (HFC); perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

<sup>23</sup> La financiación del carbono como estrategia de reducción de emisiones de carbono supone el respaldo a los mecanismos para un desarrollo limpio por parte de la Administración, o bien la aplicación de las medidas de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

<sup>24</sup> El secuestro y almacenamiento del dióxido de carbono es un proceso que consiste en separar el CO<sub>2</sub> procedente de fuentes industriales y energéticas, transferirlo a una ubicación de almacenamiento y aislarlo de la atmósfera durante un largo periodo, por ejemplo en formaciones geológicas, en el océano, o en carbonatos minerales (reacción del CO<sub>2</sub> con óxidos metálicos en minerales de silicato para producir carbonatos estables). Este método está siendo objeto de estudios intensivos en todo el mundo, como el informe especial sobre captura y almacenamiento de dióxido de carbono del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006).

decisiones erróneas, los límites temporales y geográficos, y la calidad de los datos necesaria para adoptar una decisión correcta.<sup>25</sup> El programa de seguimiento de la calidad del aire deberá tener en cuenta los elementos siguientes:

- *Parámetros de seguimiento:* los parámetros de seguimiento escogidos deberán reflejar los contaminantes de mayor riesgo asociados a los procesos del proyecto. En los procesos de combustión, los parámetros indicadores suelen incluir la calidad de las aportaciones, como por ejemplo el contenido de azufre del combustible.
- *Cálculos básicos:* antes de desarrollar un proyecto, deberá realizarse un seguimiento de referencia de la calidad del aire tanto en el interior como en el exterior del emplazamiento, destinado a evaluar los niveles ambientales de contaminantes clave con el fin de establecer la diferencia entre las condiciones ambientales ya existentes y los impactos derivados del proyecto.
- *Tipo y frecuencia del seguimiento:* los datos sobre las emisiones y la calidad del aire ambiente generados durante el programa de seguimiento deberán ser representativos de la descarga de emisiones a lo largo de todo el proyecto. Algunos ejemplos de las variaciones basadas en el factor tiempo correspondientes al proceso de fabricación son la fabricación en lotes y las variaciones de los procesos estacionales. Las emisiones procedentes de procesos con alto grado de variación pueden requerir que el muestreo sea más frecuente o se realice mediante métodos combinados. El rango de la frecuencia y duración del seguimiento de las emisiones también puede oscilar, desde la ejecución continua para determinados parámetros operativos de procesos de combustión o aportaciones (por ejemplo, la

calidad del combustible), hasta una frecuencia menor de las pruebas mensuales, trimestrales o anuales de emisión de gases.

- *Ubicaciones de seguimiento:* el seguimiento de la calidad del aire ambiente puede llevarse a cabo tanto desde las instalaciones como fuera de ellas, y depender del promotor del proyecto, de la agencia gubernamental competente, o de ambos conjuntamente. La ubicación de las estaciones de seguimiento de la calidad del aire ambiente deberá establecerse conforme a los resultados de métodos científicos y modelos matemáticos, destinados a evaluar el impacto potencial causado en el espacio atmosférico por una fuente de emisiones, y tomando en consideración aspectos tales como el emplazamiento de las comunidades que pueden verse afectadas y la dirección del viento.
- *Métodos de muestreo y análisis:* los programas de seguimiento deberán aplicar métodos nacionales o internacionales de recogida y análisis de muestras, como los publicados por la Organización Internacional para la Estandarización,<sup>26</sup> el Comité Europeo para la Estandarización,<sup>27</sup> o la Agencia de Protección Medioambiental de EE.UU.<sup>28</sup> El muestreo deberá llevarse a cabo bajo la dirección o supervisión de personas cualificadas, y los análisis, por entidades autorizadas o que dispongan de los permisos necesarios para ello. Tanto los muestreos como los análisis se hallan sujetos al

<sup>25</sup> Véase, por ejemplo, el siguiente documento de la Agencia de Protección Medioambiental de EE.UU. (EPA): Guidance on Systematic Planning Using the Data Quality Objectives Process EPA QA/G-4, EPA/240/B-06/001, febrero de 2006.

<sup>26</sup> En la siguiente dirección se puede consultar un catálogo en línea de las normas ISO relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad: <http://www.iso.org/iso/en/CatalogueListPage.CatalogueList?ICS1=13&ICS2=&ICS3=&scopelist=>

<sup>27</sup> En la siguiente dirección se puede consultar un catálogo en línea de las normas europeas: <http://www.cen.eu/catweb/cwen.htm>.

<sup>28</sup> El Índice Nacional de Métodos Medioambientales Nacionales (National Environmental Methods Index) constituye un centro de intercambio de información sobre los métodos empleados en Estados Unidos, así como sobre procedimientos de seguimiento, tanto obligatorios como optativos, con respecto al agua, los sedimentos, el aire y los tejidos, y se encuentra disponible en la dirección siguiente <http://www.nemi.gov/>.

cumplimiento de planes de control y aseguramiento de la calidad, y deberán documentarse para garantizar que la calidad de los datos se corresponde con el uso previsto de los mismos (por ejemplo, si los límites de detección incluidos en el método se hallan por debajo de los niveles de riesgo). Los informes de seguimiento deberá incluir documentación acerca del control y aseguramiento de la calidad.

### *Seguimiento de emisiones de pequeñas instalaciones de combustión*

- Enfoques de seguimiento adicionales recomendados para calderas:

#### *Calderas con capacidades entre $\geq 3$ MWth y $< 20$ MWth:*

- Prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas sólidas. En las calderas a gas, solamente podrá efectuarse el cálculo de NO<sub>x</sub>. Los datos de SO<sub>2</sub> pueden calcularse a partir de la certificación de calidad del combustible, en caso de que no se utilice el equipo de control de SO<sub>2</sub>.
- Si la prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación genera resultados uniformes y considerablemente mejores que los niveles exigidos, podrá reducirse la frecuencia, y efectuarse la prueba cada dos o tres años.
- Seguimiento de emisiones: ninguno.

#### *Calderas con capacidades entre $\geq 20$ MWth y $< 50$ MWth*

- Prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas sólidas. En las calderas a gas, solamente podrá efectuarse el cálculo de NO<sub>x</sub>. Los datos de SO<sub>2</sub> pueden calcularse a partir de la certificación de calidad del combustible, en caso de que no se utilice el equipo de control de SO<sub>2</sub>.
- Seguimiento de emisiones: SO<sub>2</sub>: plantas con equipo de control de SO<sub>2</sub>: continuo. NO<sub>x</sub>: seguimiento continuo bien de las emisiones de NO<sub>x</sub>, o bien valor indicativo de

emisiones de NO<sub>x</sub> utilizando parámetros de combustión.

Partículas sólidas: seguimiento continuo de emisiones de partículas sólidas, de la opacidad, o del valor indicativo de las emisiones de partículas sólidas mediante parámetros de combustión/control visual.

- Enfoques de seguimiento adicionales recomendados para turbinas:
  - Prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación: NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> (NO<sub>x</sub> solo para turbina a gas).
  - Si la prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación genera resultados uniformes (durante 3 años consecutivos) y considerablemente mejores (por ejemplo, inferiores al 75 por ciento), que los niveles exigidos, podrá reducirse la frecuencia y efectuarse la prueba cada dos o tres años.
  - Seguimiento de emisiones: NO<sub>x</sub>: seguimiento continuo bien de emisiones de NO<sub>x</sub>, o bien del valor indicativo de las emisiones de NO<sub>x</sub> con parámetros de combustión. SO<sub>2</sub>: seguimiento continuo si se utiliza equipo de control de SO<sub>2</sub>.
- Enfoques de seguimiento adicionales recomendados para motores:
  - Prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación: NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y partículas sólidas (NO<sub>x</sub> solo para motores diesel a gas).
  - Si la prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación genera resultados uniformes (3 años consecutivos) y considerablemente mejores (por ejemplo, inferior al 75 por ciento), que los niveles exigidos, podrá reducirse la frecuencia y efectuarse la prueba cada dos o tres años.
  - Seguimiento de emisiones: NO<sub>x</sub>: seguimiento continuo bien de emisiones de NO<sub>x</sub>, o bien del valor indicativo de las emisiones de NO<sub>x</sub> con parámetros de combustión. SO<sub>2</sub>: seguimiento continuo, si se utiliza el equipo de

control de SO<sub>2</sub>. Partículas sólidas: seguimiento continuo de las emisiones de partículas sólidas, o valor indicativo de las emisiones de partículas sólidas con parámetros de funcionamiento.

### Anexo 1.1.1 – Estimación de emisiones al aire y métodos de creación de modelos de dispersión

A continuación se ofrece una lista parcial de documentos de ayuda para el cálculo de las emisiones al aire de diversos procesos y modelos de dispersión de aire:

Manuales de técnicas de estimación de emisiones del gobierno australiano (Australian Emission Estimation Technique Manuals):  
<http://www.npi.gov.au/handbooks/>

Guía metodológica de elaboración de inventarios de emisiones a la atmósfera (Atmospheric Emission Inventory Guidebook), UN / ECE / EMEP y la Agencia Medioambiental Europea  
<http://www.aeat.co.uk/netcen/airqual/TFEI/unece.htm>

Factores de emisión y métodos de estimación de emisiones, Oficina de planificación y normas de la calidad del aire, Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos.(EPA)  
<http://www.epa.gov/ttn/chief>

Guías sobre modelos de calidad del aire (Revisadas), Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos.(EPA), 2005  
[http://www.epa.gov/scram001/guidance/guide/appw\\_05.pdf](http://www.epa.gov/scram001/guidance/guide/appw_05.pdf)

Preguntas frecuentes, Unidad de evaluación y modelos de calidad del aire, Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido  
[http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/airquality/236092/?version=1&lang=\\_e](http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/airquality/236092/?version=1&lang=_e)

Base de datos de la OCDE sobre el uso y liberación de productos químicos industriales <http://www.olis.oecd.org/ehs/urchem.nsf/>



### Anexo 1.1.2 – Tecnologías de control y prevención de emisiones al aire desde fuentes fijas

Fuentes y problemas principales	Prevención general / Modificación de procesos	Opciones de control	Eficiencia de la reducción(%)	Estado del gas	Observaciones
<b>Partículas sólidas (PS)</b>					
Las principales fuentes son la combustión de combustibles fósiles y numerosos procesos de fabricación que recogen partículas sólidas a través de los sistemas de extracción de aire y de ventilación. Los volcanes, el spray marino, los incendios forestales y las nubes de polvo (sobre todo en climas secos y semiáridos) contribuyen a los niveles de fondo.	Cambio de combustibles (por ejemplo, seleccionando combustibles con concentraciones bajas de azufre) o reducción de la cantidad de partículas finas que se añaden a un proceso.	Filtros de tejido	99 – 99,7%	Gas seco, temperatura <400F	La aplicabilidad de este método depende de las características del gas de humos (temperatura, propiedades químicas, abrasión y carga). La relación típica aire/tejido va de 2,0 a 3,5 cfm/ft <sup>2</sup> . Pueden obtenerse concentraciones de salida de 23 mg/Nm <sup>3</sup>
		Precipitador electrostático (ESP)	97 – 99%	Varía según el tipo de partículas	Como condición previa, el gas debe poder eliminar partículas grandes. La eficiencia depende de la resistividad de las partículas. Pueden obtenerse concentraciones de salida de 23 mg/Nm <sup>3</sup>
		Ciclón	74 – 95%	Ninguno	Mayor eficiencia con partículas grandes. Pueden obtenerse concentraciones de salida de 30 - 40 mg/Nm <sup>3</sup>
		Depurador húmedo	93 – 95%	Ninguno	Deshacerse de los lodos húmedos puede suponer un problema, dependiendo de la infraestructura del lugar de la instalación. Pueden obtenerse concentraciones de salida de 30 - 40 mg/Nm <sup>3</sup>
<b>Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</b>					
Producido principalmente por la quema de combustibles como petróleo y carbón, y también como producto derivado de algunos procesos de tratamiento de aguas residuales y de producción química.	La selección del sistema de control depende en gran medida de la concentración en los puntos de entrada. Para concentraciones de SO <sub>2</sub> superiores al 10%, se hace pasar la corriente de combustible a través de una planta de ácido, tanto para reducir las emisiones de SO <sub>2</sub> , como para generar azufre de alta calidad destinado a la venta. Los niveles inferiores al 10% no son lo bastante ricos para este proceso, por lo que deben utilizarse procesos de absorción o depuración en los que las moléculas de SO <sub>2</sub> son capturadas en una fase líquida, o de adsorción, en los que se capturan en la superficie de un adsorbente sólido.	Cambio de combustible	>90%		Algunas alternativas son el carbón con baja concentración de azufre, el diesel ligero o el gas natural, que permiten una reducción de las emisiones de partículas de tipo sulfuroso en el combustible. Otra opción viable es la preparación o limpieza del combustible antes de la combustión, aunque puede tener efectos económicos
		Inyección de sorbentes	30% - 70%		Se inyecta calcio o cal en los gases de combustión y el sorbente adsorbe el SO <sub>2</sub>
		Desulfurización de humo seco	70%-90%		Puede reutilizarse o desecharse
		Desulfurización de humo húmedo	>90%		Produce yeso como producto derivado

### Anexo 1.1.2: Tecnologías de control y prevención de emisiones al aire desde fuentes fijas (continuación)

Óxidos de nitrógeno (NOx)		Reducción porcentual por tipo de combustible			Observaciones
		Carbón	Petróleo	Gas	
<p>Asociados a la quema de combustibles. Pueden adoptar varias formas de óxido de nitrógeno: óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que es también un gas causante del efecto invernadero. El término NOx funciona como amalgama entre NO y NO<sub>2</sub> y a él se atribuyen normalmente las emisiones. En este caso NO se multiplica por la relación entre los pesos moleculares de NO<sub>2</sub> a NO y se suma a las emisiones de NO<sub>2</sub>.</p> <p>Los métodos de reducción de NOx parten de alteraciones en condiciones de funcionamiento; como reducir el tiempo de residencia a temperaturas máximas, reducir las temperaturas máximas incrementando las tasas de transferencia de calor o reducir al mínimo la disponibilidad de oxígeno.</p>	<b>Modificación de combustión (en calderas)</b>				<p>Estas modificaciones permiten reducir entre un 5 y un 95% las emisiones de NOx. El método de control de combustión empleado depende del tipo de caldera y de la técnica de cocción del combustible.</p>
	Combustión por llama con bajo nivel de exceso de oxígeno	10–30	10–30	10–30	
	Combustión en fases	20–50	20–50	20–50	
	Recirculación del gas de combustión	N/A	20–50	20–50	
	Inyección de agua/vapor	N/A	10–50	N/A.	
	Quemadores bajos en NOx	30–40	30–40	30–40	
	<b>Tratamiento de gas de combustión</b>	<b>Carbón</b>	<b>Petróleo</b>	<b>Gas</b>	<p>A la hora de reducir las emisiones de NOx el tratamiento de gases de combustión resulta más efectivo que los controles de combustión. Las tecnologías utilizadas se pueden clasificar en SCR, SNCR, y adsorción. La tecnología SCR utiliza inyección de amoníaco como agente reductor para convertir NOx en nitrógeno en presencia de un catalizador en un convertidor al entrar el flujo de aire al calentador. Normalmente, parte del amoníaco se filtra, pasando a formar parte de las emisiones.</p> <p>La tecnología SNCR utiliza también inyección de aluminio o de derivados de la urea, sin presencia de catalizador</p>
Reducción catalítica selectiva (SCR)	60–90	60–90	60–90		
Reducción selectiva no catalítica (SNCR)	N/A	30–70	30–70		

Nota: Recopilado por IFC a partir de datos facilitados por expertos técnicos.

**Anexo 1.1.3 – Práctica internacional recomendada para la industria (GIIP)**

**Altura de la chimenea**

(Según documento United States 40 CFR, part 51.100 (ii)).

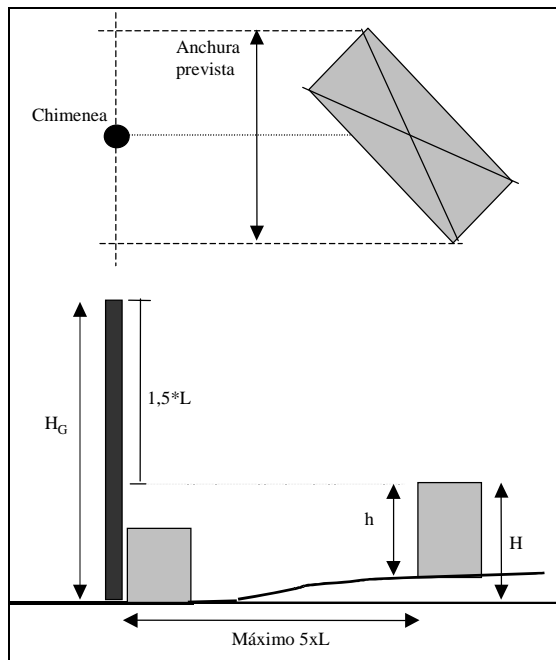
$H_G = H + 1.5L$ ; donde

$H_G$  = altura de la chimenea medida a partir de la elevación de su base sobre el nivel del suelo

$H$  = Altura de la(s) estructura(s) próxima(s) sobre la base de la chimenea

$L$  = Dimensión menor; altura ( $h$ ) o anchura ( $w$ ), de las estructuras próximas

“Estructuras próximas” = Estructuras adyacentes o que estén dentro de un radio de  $5L$ , y a menos de 800 m



**Anexo 1.1.4 - Ejemplos de controles de emisiones de COV**

Tipo de equipo	Modificación	Eficiencia aproximada del control (%)
Bombas	Diseño sin sellado	100 <sup>29</sup>
	Sistema de ventilación cerrada	90 <sup>30</sup>
	Sellado mecánico doble; el en reposo se mantiene a una presión mayor que el fluido bombeado	100
Compresores	Sistema de ventilación cerrada	90
	Sellado mecánico doble; el en reposo se mantiene a una presión mayor que el gas comprimido	100
Dispositivo de alivio de presión	Sistema de ventilación cerrada	Variable <sup>31</sup>
	Montaje del disco de ruptura	100
Válvulas	Diseño sin sellado	100
Conectores	Soldados entre sí	100
Líneas abiertas	Válvulas ciegas y secundarias	100
Conexiones del modelo	Modelo en bucle cerrado	100
Nota: los ejemplos de tecnologías se muestran únicamente a efectos explicativos. La posibilidad de aplicar una tecnología determinada dependerá de las especificaciones del fabricante.		

29 Los equipamientos sin sellado pueden ser importantes fuentes de emisiones en caso de avería.

30 El rendimiento real de un sistema de ventilación cerrada depende del porcentaje de vapores recogidos y de la eficiencia de los dispositivos de control hacia los que los vapores son dirigidos.

31 La eficiencia del control de los sistemas de ventilación cerrada instalados en un dispositivo de alivio de presión puede ser menor que la de otros sistemas de ventilación cerrada.

Anexo 1.1.5 – Controles de emisiones fugitivas de PS

Tipo de control	Eficiencia del control
Estabilización química	0% - 98%
Sales higroscópicas Betunes/adhesivos	60% - 96%
Surfactantes	0% - 68%
Extracción de humedad – Riego	12% - 98%
Limitación de velocidad	0% - 80%
Reducción del tráfico	No cuantificado
Pavimentación (Asfalto/Cemento)	85% - 99%
Recubrimiento con grava, escoria, o revestimientos especiales tipo " <i>Road Carpet</i> "	30% - 50%
Barrido con aspiradora	0% - 58%
Descarga de agua de inodoros/Barrido con escoba	0% - 96%

## 1.2 Conservación de la energía

Aplicabilidad y enfoque .....	20
Programas de manejo de energía .....	20
Eficiencia energética .....	21
Calentamiento del proceso .....	21
Reducción de la carga de calentamiento .....	21
Sistemas de distribución de calor .....	22
Mejoras de la eficiencia del sistema de conversión de energía .....	23
Refrigeración del proceso .....	23
Reducción de carga .....	23
Conversión de energía .....	24
Compresión eficiente del refrigerante .....	27
Mecanismos auxiliares del sistema de refrigeración .....	27
Sistemas de aire comprimido .....	27
Reducción de carga .....	28
Distribución .....	28
Aplicabilidad y enfoque .....	29
Calidad general de efluentes líquidos .....	30
Vertidos a aguas superficiales .....	30
Vertidos a sistemas sanitarios de alcantarillado .....	31
Aplicación a suelos de efluentes tratados .....	31
Sistemas sépticos .....	32
Manejo de aguas residuales .....	32
Aguas residuales industriales .....	32
Aguas residuales industriales .....	32
Aguas residuales sanitarias .....	34
Emisiones procedentes de las operaciones de tratamiento de aguas residuales .....	35
Residuos procedentes de operaciones de tratamiento de aguas residuales .....	35
Cuestiones sobre higiene y seguridad ocupacional en operaciones de tratamiento de aguas residuales .....	35
Seguimiento .....	36
Aplicabilidad y enfoque .....	38
Seguimiento y manejo del consumo de agua .....	38
Reutilización y reciclado del agua en los procesos .....	39
Actuaciones en el recinto de las instalaciones .....	40
Sistemas de refrigeración .....	40
Sistemas de calefacción .....	40

### Aplicabilidad y enfoque

La presente guía es de aplicación a instalaciones o proyectos que consumen energía para el calentamiento y enfriamiento de procesos; en procesos y sistemas auxiliares, como motores, bombas y ventiladores; en sistemas de aire comprimido, calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), y en sistemas de iluminación. Complementa las orientaciones sobre emisiones específicas del sector contempladas en las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad del sector industrial, ofreciendo información acerca de técnicas comunes de conservación de la energía que pueden aplicarse a una amplia variedad de sectores.

El manejo de energía dentro del ámbito de las instalaciones debe contemplarse en el contexto de las pautas globales de consumo, incluidas aquellas asociadas con procesos de producción y con servicios auxiliares, y teniendo también en cuenta los impactos de carácter global asociados a las emisiones de fuentes de energía. La siguiente sección ofrece recomendaciones sobre manejo de la energía, centrándose en los sistemas auxiliares comunes, que suponen a menudo oportunidades técnica y económicamente factibles de mejora en la conservación de la energía. No obstante, las operaciones en este campo deben también evaluar las oportunidades de conservación de energía que surgen de modificaciones de los procesos de fabricación.

### Programas de manejo de energía

Los programas de manejo de energía han de incluir los siguientes elementos: