



Minuta:
**Revisión de la Normativa internacional para MP, SO₂,
NO_x, Mercurio, Níquel y Vanadio**

Abril de 2023



Contenido

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Objetivo de la minuta:..... | 3 |
| 2 | Contexto:..... | 3 |
| 2.1 | Estudio “Análisis de normas de emisión para centrales termoeléctricas a nivel internacional y propuesta para Chile” | 3 |
| 2.2 | Estudio “Apoyo a la implementación de norma de emisión para centrales termoeléctricas” | 5 |
| 2.2.1 | Normativa Comunidad Económica Europea: | 5 |
| 2.2.2 | Normativa Estados Unidos: | 6 |
| 2.2.3 | Normativa Japón: | 7 |
| 2.2.4 | Normativa Canadá:..... | 8 |
| 2.2.5 | Límites para Mercurio, Níquel y vanadio | 8 |
| 2.2.6 | Límites de emisión de centrales termoeléctricas vigentes en Chile | 9 |
| 3 | Origen de información: | 9 |
| 4 | Resultados:..... | 10 |
| 4.1 | Límites establecidos por Banco Mundial | 10 |
| 4.2 | Límites establecidos por la Comunidad Económica Europea (CEE) | 13 |
| 4.3 | Límites establecidos por las BAT (mejores tecnologías disponibles) para la Comunidad Económica Europea..... | 18 |
| 4.4 | Límites establecidos en Estados Unidos..... | 19 |
| 4.5 | Límites establecidos en China | 21 |
| 4.6 | Resumen de los límites de emisión recopilados | 22 |
| 5 | Comentarios:..... | 27 |

1 Objetivo de la minuta:

Realizar una recopilación de la normativa internacional asociada a la regulación de emisiones de centrales termoeléctricas para proponer nuevos límites de emisión para Chile, más estrictos que los establecidos en la Norma de emisión de centrales termoeléctricas (D.S. N°13/2011, del MMA). Lo anterior, con el objetivo de dar cumplimiento al literal a), del artículo 39, del D.S. N°38/2012, que aprueba reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión¹.

2 Contexto:

Durante la etapa de elaboración del D.S. N°13/2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece norma de emisión para centrales termoeléctricas (en adelante “NECT”), se realizaron 2 estudios que recopilaron normativas con límites de emisión para centrales termoeléctricas de la Unión Europea, EEUU, Canadá, México, Brasil, Suiza, Japón, Australia y Argentina, cuyos resultados se resumen a continuación.

2.1 Estudio “Análisis de normas de emisión para centrales termoeléctricas a nivel internacional y propuesta para Chile”

Estudio realizado por Gestión Ambiental consultores en el año 2006 el cual recopiló los valores presentados a continuación:

Tabla 2-1 Resumen límites de emisión estudio realizado por GAC para CT a Carbón

| País | SO ₂ | | NO _x | | MP | |
|------------------------|---|----------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|
| | Valor límite | unidad | Valor Límite | Unidad | Valor Límite | Unidad |
| Argentina | 1700 | mg/m ³ N | 900 | Mg/m ³ N | 120 | Mg/m ³ N |
| Australia | Sistema de licencias basado en la emisión | | | | | |
| Brasil | 2000 | grs/Gcal | sr | grs/Gcal | 800 | grs/Gcal |
| Canadá (Conjunto 1) | 0,53 | Kg/MWh output neto | 0,69 | Kg/MWh output neto | 0,095 | Kg/MWh output neto |
| Canadá (Conjunto 2) | 2,65 ^B | Kg/MWh output neto | sr | | sr | |
| Canadá (Conjunto 3) | 4,24 ^C | Kg/MWh output neto | sr | | sr | |
| Estados Unidos | 180 ^D | ng/j output bruto | 130 | ng/j output bruto | 6,4 ^E | ng/j input |
| Japón (Más exigente) | 132 | m ³ N/hr ^A | 60 | ppm | 30 | mg/m ³ N |
| Japón (menos exigente) | 769 | M ³ N/hr ^A | 550 | ppm | 500 | mg/m ³ N |
| México (ZMCM) | 550 | ppmV | 110 | ppmV | 60 | mg/m ³ N |
| México (ZMCM) | 2,16 | mg/10 ⁶ kcal input | 0,309 | mg/10 ⁶ kcal input | 0,09 | mg/10 ⁶ kcal input |
| México (ZC) | 1100 | ppmV | 110 | ppmV | 250 | mg/m ³ N |

¹ <https://bcn.cl/2kahs>



| País | SO ₂ | | NO _x | | MP | |
|---------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|
| | Valor límite | unidad | Valor Límite | Unidad | Valor Límite | Unidad |
| México (ZC) | 4,31 | mg/10 ⁶ kcal input | 0,309 | mg/10 ⁶ kcal input | 0,375 | mg/10 ⁶ kcal input |
| México (RP) | 2200 | ppmV | 375 | ppmV | 350 | mg/m ³ N |
| México (ZC) | 8,16 | mg/10 ⁶ kcal input | 1,052 | mg/10 ⁶ kcal input | 0,525 | mg/10 ⁶ kcal input |
| Nueva Zelanda | No establece normas de emisión | | | | | |
| Suiza | 400 ^F | mg/m ³ N | 250 | mg/m ³ N | 50 | mg/m ³ N |
| Unión Europea | 200 | mg/m ³ N | 200 | | 30 | mg/m ³ N |
| Banco Mundial | 2000 | mg/m ³ N | 750 | | 50 | mg/m ³ N |

Sr: Sin Regulación

A: Regulación "valor K"

B: Además se debe cumplir el 75% reducción mínima

C: Además se debe cumplir el 92% reducción mínima

D: Alternativa: cumplir con 95% reducción mínima

E: Alternativa: cumplir con 95% reducción mínima

F: Además se debe cumplir el 85% reducción mínima

Fuente: Estudio Gestión Ambiental Consultores (GAC), julio 2006

GAC 2006 concluyó que una comparación de las distintas normas de emisión analizadas no se puede realizar directamente ya que regulan distintos aspectos de la generación. Mientras algunas regulan el contenido de contaminantes en combustibles, otros regulan la concentración emitida (mg/m³) y otros la cantidad emitida por energía utilizada o producida (mg/MWh). Para lo cual realizó una comparación de las normas para un escenario específico de operación de la central utilizando combustible carbón bituminoso, carbón subbituminoso, coque de petróleo o mezclas de ellos (consumo de combustible sólido considerado en la comparación de 3,175 ton/día con 2,4% azufre). Los valores obtenidos son resumidos en la Tabla 2-1, los cuales fueron transformados a unidad equivalente mg/Nm³ para una mejor comparación lo cual se presenta en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2 Resumen Límites de emisión en mg/Nm³ para CT, estudio GAC

| País | SO ₂ | NO _x | MP |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----|
| Argentina | 1.700 | 900 | 120 |
| Brasil | 1.519 | | 607 |
| Canadá | 689 | 189 | 26 |
| Estados Unidos | 192 | 139 | 20 |
| Japón (Más exigente) | 327 | 411 | 50 |
| Japón (Menos exigente) | 1.909 | | 100 |
| México (ZMCM) | 1.640 | 235 | 68 |
| México (ZC) | 3.273 | 235 | 285 |
| México (RP) | 6.196 | 799 | 399 |
| Suiza | 413 | 268 | 54 |
| Unión Europea | 200 | 200 | 30 |
| Banco Mundial | 2.000 | 750 | 50 |
| Mediana | 1.579 | 251 | 61 |
| Más Exigente | 192 | 139 | 20 |
| Menos exigente | 6.196 | 900 | 607 |

Fuente: Estudio Gestión Ambiental Consultores (GAC), julio 2006



De acuerdo a la Tabla 2-2, la normativa más exigente para SO₂ corresponde a la de Estados Unidos, seguida de la normativa de la Unión Europea y Japón. Para NO_x, la normativa más exigente corresponde a Estados Unidos seguida por Canadá y la Unión Europea y para el material particulado la norma más exigente es la de Estados Unidos, seguida de la canadiense, la europea y la japonesa.

2.2 Estudio “Apoyo a la implementación de norma de emisión para centrales termoeléctricas”

Estudio realizado por Gamma Ingenieros en el año 2007, cuyo informe final se entregó en marzo de 2007 en la práctica presenta la misma recopilación normativa que la incluida en el estudio de GAC entregado a mediados del año 2006. Considerando que, el estudio de GAC 2006 concluyó que las normas de Estados Unidos, Unión o Comunidad Europea y Canadá son las más exigentes, las tablas siguientes resumen los valores vigentes en 2007.

2.2.1 Normativa Comunidad Económica Europea:

La Directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de Octubre del 2001, regula las emisiones de SO₂, NO_x y partículas a la atmósfera procedentes de grandes instalaciones de combustión (>50 MWt). La regulación diferencia entre combustibles, pero se aplican para todas las tecnologías, salvo turbinas de gas. Esta directiva se complementa con la Directiva 2001/81/CE que establece límites nacionales de emisión de SO₂, NO_x, NH₃ y COV.

La Directiva 2001/80/CE establece además que:

- A los equipos mayores de 100 MWt se exige mediciones continuas. A los menores se exige mediciones discontinuas cada 6 meses.
- En el caso de mediciones continuas se considera que se respeta la norma si el valor medio diario no supera el límite, y el 95% de los valores medios horarios no superan el 200% del límite para el NO_x, SO₂ y MP
- Los equipos menores a 100 MWt no deben superar los límites
- Las calderas y turbinas de Gas Natural se exceptúan de efectuar mediciones continuas de SO₂ al igual que las calderas con biomasa.
- En las mediciones no se consideran las partidas ni las paradas, ni períodos cortos de fallas de equipos de abatimiento

Tabla 2-3 Límites de emisión para CT según CEE (valores en mg/Nm³)

| Combustible (d) | Porcentaje Base de O ₂ (c) | Tamaño MW _t | SO ₂ | NO _x | MP |
|-----------------|---------------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|----|
| Sólidos | 6% | 50 – 100 | 850 | 400 | 50 |
| | | 100-300 | 200 | 200 | 30 |
| | | >300 | 200 | 200 | 30 |
| Biomasa | 6% | 50-100 | 200 | 400 | 50 |
| | | 100-300 | 200 | 300 | 30 |
| | | >300 | 200 | 200 | 30 |
| Líquidos | 3% | 50-100 | 850 | 400 | 50 |
| | | 100-300 | 400-200 (a) | 200 | 30 |
| | | >300 | 200 | 200 | 30 |
| Gas Natural | 3% | 50-300 | 35 | 150 | 5 |
| | | >300 | 35 | 100 | 5 |



| Combustible (d) | Porcentaje Base de O ₂ (c) | Tamaño MW _t | SO ₂ | NOx | MP |
|--|---------------------------------------|------------------------|-----------------|-----|----------|
| Otros Gases | 3% | todos | 5-400 (b) | 200 | 5-30 (b) |
| Turbinas Gas Natural | 15% | >50 | -- | 50 | -- |
| Turbinas Combustibles líquidos y otros gases | 15% | >50 | -- | 120 | -- |

- (a) Disminución lineal
 (b) Los límites superiores corresponden a gases de altos hornos e industria del acero.
 (c) Porcentaje de O₂ al que se deben calcular las emisiones.
 NA = No aplica
 (d) La Directiva 2001/80CE no señala mayor especificación de los combustibles.
 (e) MW_t – Mega Watt de energía térmica de imput.

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

2.2.2 Normativa Estados Unidos:

Norma para Centrales Eléctricas a Vapor.

En Febrero del 2006, la EPA promulgó una resolución que modifica la norma 40 CFR capítulo 60, reduciendo los límites de emisiones de las unidades de generación de vapor utilizadas en centrales eléctricas, industria y comercio. Los contaminantes regulados son NOx, SO₂ y Material Particulado. La regla rige para las nuevas centrales termoeléctricas mayores de 73 MW térmicos. Los límites establecidos son:

Tabla 2-4 Límites de emisión para centrales nuevas de Generación de Vapor en Estados Unidos

| Unidad Física ⁽⁵⁾ | SO ₂ | NOx | MP |
|------------------------------------|-----------------|-----|-------|
| lb/MWh ⁽²⁾ | 1,4 | 2,0 | -- |
| lb/MWbtu ^{(3) (4)} | -- | -- | 0,015 |
| ng/j | 180 | 130 | 6,4 |
| Porcentaje de Reducción de Emisión | 95% | --- | 99,9% |

⁽¹⁾ Fuente EPA 40 CFR Part 40 Febrero 2006

⁽²⁾ MWh de output

⁽³⁾ La energía corresponde a la energía aportada (imput).

⁽⁴⁾ MMntu – 10⁶ btu

⁽⁵⁾ Unidades Físicas en que está expresada la norma.

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

Norma para Turbinas a Gas.

De acuerdo con 40 CFR60KKK, se regulan las emisiones de NOx y SO₂ para turbinas de gas mayores de 3 MWt fijando un límite para el SO₂ de 110 ng/J (0,9 lb/MWh), independiente del tamaño y tipo de combustible. Para NOx se aplican los límites de la Tabla 2-5:

Tabla 2-5 Límites de emisión de NOx en Turbinas a gas para Estados Unidos

| Tamaño | | Gas Natural | | | | Otros Combustibles | | |
|--------|-------------|--------------------------------|-----|------|--------|--------------------|------|--------|
| Mbtu/h | MWe Turbina | Porcentaje Base O ₂ | ppm | Ng/J | lb/MWh | ppm | Ng/J | lb/MWh |
| < 50 | < 3,5 | 15 | 42 | 290 | 2,3 | 96 | 700 | 5,5 |
| 50-850 | 3,5 - 110 | 15 | 25 | 150 | 1,2 | 74 | 460 | 3,6 |
| >850 | 110 | 15 | 15 | 54 | 0,43 | 42 | 160 | 1,3 |

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007



La normativa 40 CFR60KKK también establece que a todos los equipos se les exige mediciones puntuales al inicio de su operación.

En instalaciones de combustión y turbinas de gas con inyección de agua o vapor, se exige medición continua de NO_x. También se exige mediciones continuas de SO₂ en instalaciones de combustión. En ambos casos la norma se aplica como promedio móvil de 30 días. Para el resto de las turbinas basta una medición anual de NO_x.

En instalaciones de combustión se excluyen las partidas y paradas para las mediciones de SO₂ y NO_x. También se excluye mediciones de NO_x por mal funcionamiento y las emergencias para el SO₂. Las instalaciones de combustión que consumen sólo petróleo con menos de 0,5 en peso de azufre, u otros combustibles líquidos o gaseosos con una emisión potencial menor a 230 ng/J de SO₂ no requieren de mediciones continuas de MP. El resto debe efectuar mediciones continuas. La norma de MP se mide sobre la base del promedio de 24 horas.

2.2.3 Normativa Japón:

Las emisiones de Japón están reguladas por la ley Nº 97 de 1968, en la cual se establecen los límites resumidos en la Tabla 2-6.

Tabla 2-6 Límites de emisión de MP y NO_x en Japón

| Equipo | Combustible | Tamaño m ³ (b) | Límites de Emisión | | |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| | | | Polvo y Hollín | | NO _x |
| | | | General g/m ³ N | Especial (a) g/m ³ N | ppm |
| Calderas | Gas | < 10.000 | 0,10 | 0,05 | 150 |
| | | 10 – 40.000 | 0,10 | 0,05 | 130 |
| | | 40.000-500.000 | 0,05 | 0,03 | 100 |
| | | >500.000 | 0,05 | 0,03 | 60 |
| | Líquido o Líquido + Gas | <10.000 | 0,30 | 0,15 | 180 |
| | | 10.000-40.000 | 0,25 | 0,15 | 150 |
| | | 40.000 – 200.000 | 0,15 | 0,05 | 150 |
| | | 200.000-500.000 | 0,05 | 0,04 | 150 |
| | Carbón | >500.000 | 0,05 | 0,04 | 130 |
| | | <40.000 | 0,30 | 0,20 | 300 |
| | | 40.000-200.000 | 0,20 | 0,10 | 250 |
| | | 200.000-700.000 | 0,10 | 0,05 | 200 |
| | | >700.000 | 0,10 | 0,05 | 200 |
| Turbinas de Gas | | | 0,05 | 0,04 | 70 |
| Motores Diesel | | | 0,10 | 0,08 | 950 |
| Motores a Gas | | | 0,05 | 0,04 | 600 |

(a) Las áreas especiales corresponden a las zonas más pobladas como Tokio, Osaka, Yokohama, etc.

(b) Volumen de gases

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

Además, la ley Nº 97 de 1968 norma las emisiones de SO₂ en m³N/h en función de la zona en que está ubicada la fuente emisora y la altura de la chimenea, según la siguiente ecuación:

$$E = k \times 10^3 \times H e^2$$



Donde:

- E= emisión
- k = constante que depende de la ubicación de la fuente fluctuando entre 1, 17 y 17,5
- He= altura que alcanza la pluma (altura de la chimenea+ altura que sube el humo)

2.2.4 Normativa Canadá:

La regulación de emisiones está contenida en la "New Source Emission Guidelines for Thermal Electricity Generation" de 1999. Esta norma regula las emisiones de las unidades nuevas de generación eléctrica movidas por vapor generado con combustibles fósiles sin distinguir combustible.

Establece que las emisiones promedio mensuales (720 horas) no deben superar los límites que se establecen en kg/MWh eléctricos netos. Los límites establecidos se resumen en la Tabla 2-7:

Tabla 2-7 Límites de Emisión para Centrales a Vapor en Canadá

| MP kg/MWh | SO ₂ | | NOx kg/MWh |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|
| | Kg/MWh | % Abatimiento | |
| 0,095 | 4,24 | 92% | 0,69 |
| | 2,65 | 75% | |
| | 0,53 | --- | |

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

La normativa además establece:

- La opacidad no puede superar el 20% salvo en casos puntuales que puede llegar hasta 40% durante 6 minutos.
- Los óxidos de nitrógeno se deben medir en forma continua para todos los combustibles. En el caso del SO₂ sólo para los combustibles sólidos y líquidos. También se debe instalar equipos de medición continua de opacidad para estos dos tipos de combustibles.

2.2.5 Límites para Mercurio, Níquel y vanadio

Por último, el estudio de Gamma 2007 resume límites de emisión para Mercurio, Níquel y Vanadio, presentados a continuación:

Tabla 2-8 Límites de emisión para Hg, Ni y V (valores en mg/Nm³)

| País | Mercurio (Hg) | Níquel (Ni) | Vanadio (V) |
|----------|---------------|-------------|-------------|
| Suiza | 0,2 | 1,0 | 5,0 |
| Alemania | 0,03 | 0,5 | 1,0 |

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007



2.2.6 Límites de emisión de centrales termoeléctricas vigentes en Chile

El Artículo 2º de la NECT (D.S. N° 13/2011) estableció que la norma se aplica a unidades de generación eléctrica, conformadas por calderas o turbinas, con una potencia térmica mayor o igual a 50 MWt (megavatios térmicos, considerando el límite superior del valor energético del combustible). El cumplimiento de los límites máximos de emisión se verificará en el efluente de la fuente emisora, el que puede considerar una o más unidades generadoras. Se exceptúan de esta regulación calderas y turbinas que forman parte de procesos de cogeneración.

El Artículo 4º de la NECT estableció los valores límites de emisión de MP, SO₂ y NO_x para centrales existentes y nuevas que funcionan con combustible sólido, líquido o gaseoso. Además, estableció un límite de emisión para Mercurio (Hg) para fuentes emisoras existentes y nuevas que utilicen carbón y/o petcoke. Los valores límites se resumen en la Tabla 9:

Tabla 9 Límites de emisión para Centrales Termoeléctricas existentes y nuevas de los contaminantes establecidos en D.S: N°13/2013

| Tipo de Combustible | Límite emisión (mg/Nm ³) | | |
|---------------------|--------------------------------------|------------------|--------------|
| | Contaminante | Fuente Existente | Fuente Nueva |
| Sólido | MP | 50 | 30 |
| | SO ₂ | 400 | 200 |
| | NO _x | 500 | 200 |
| Líquido | MP | 30 | 30 |
| | SO ₂ | 30 | 10 |
| | NO _x | 200 | 120 |
| Gas | MP | n.a. | n.a. |
| | SO ₂ | n.a. | n.a. |
| | NO _x | 50 | 50 |
| Carbón y Petcoke | Hg | 0,1 | 0,1 |

Fuente: Elaboración propia en base a D.S. N°13/2011

3 Origen de información:

- Información disponible en sitios web de las agencias ambientales o regulatorias de los países, entre ellas de la Comunidad Económica Europea², Título 40 del Code of Federal Regulations (CFR) para Estados Unidos partes 50 a 60³ y Banco Mundial⁴. Para Chile información disponible en el expediente de la norma de emisión de centrales termoeléctricas D.S. N°13/2011⁵.

² <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

³ <https://www.ecfr.gov/current/title-40>

⁴ <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/9ec08f40-9bc9-4c6b-9445-b3aed5c9afad/Thermal+Power+Guideline+2017+clean.pdf?MOD=AJPERES&CVID=INwcJZX>

⁵ https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=926413



4 Resultados:

A continuación, se presenta una actualización de límites emisiones, la cual se concentra para las normativas más estrictas, es decir Comunidad Económica Europea y Estados Unidos, incorporando además la actualización de los límites establecidos por el Banco Mundial y China.

4.1 Límites establecidos por Banco Mundial

A continuación se presentan los límites establecidos por la IFC (International Finance Corporation) del Banco Mundial en la publicación de marzo de 2017 “Environmental, Health, and Safety Guidelines for Thermal Power Plants”⁶.

Consideraciones generales:

- Las guías son aplicables a las nuevas instalaciones.
- Deben aplicarse los límites legislados a nivel nacional si son más estrictos
- La evaluación ambiental (EA) puede justificar valores de referencia más estrictos o menos estrictos debido a consideraciones ambientales, de salud comunitaria, técnicas y económicas, sin exceder los límites legislados a nivel nacional En todos los casos, la EA debe demostrar que los impactos ambientales de las emisiones cumplen con los requisitos de “Section 1.1 of the General EHS Guidelines”.
- Para combustibles distintos a los especificados a continuación, la EA debe justificar las pautas de emisión requeridas teniendo en cuenta consideraciones ambientales, de salud comunitaria, técnicas y económicas.
- Para los proyectos de rehabilitación de instalaciones existentes, la EA debe establecer pautas de emisión considerando (i) los niveles de emisión existentes y los impactos en el medio ambiente y la salud de la comunidad, y (ii) la viabilidad económica y técnica de garantizar que los niveles de emisión existentes cumplan con los valores de la Guía. para nuevas instalaciones.

Nomenclatura utilizada en las tablas siguientes:

- MWth = potencia térmica basada en PCS; la categoría de MWth se aplica a toda la instalación compuesta por múltiples unidades procedentes de un almacenamiento común.
- N/A = no aplicable;
- CAND = cuenca atmosférica no degradada;
- CAD = cuenca atmosférica degradada (mala calidad del aire); las cuencas atmosféricas deben considerarse degradadas cuando se superan los niveles de calidad del aire establecidos en la legislación nacional o, en ausencia de dichas leyes, cuando exceden considerablemente las Guías de calidad del aire de la OMS;
- S = contenido de azufre (expresado como porcentaje de la masa);
- Nm³ a una atmósfera de presión y 0 °C de aire seco;
- Los límites de las guías se aplican a instalaciones que operan más de 500 horas al año.
- MP definido como PTS (Partículas totales en suspensión)

⁶ Disponible en <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/9ec08f40-9bc9-4c6b-9445-b3aed5c9afad/Thermal+Power+Guideline+2017+clean.pdf?MOD=AJPERES&CVID=INwcJZX>



Tabla 4-1 Valores guías emisiones (en mg/Nm³) para motores de combustión interna. Banco Mundial 2017

| Tecnología de combustión /combustible | MP | | SO ₂ | | NO ₂ | | Gas seco, exceso de cont. de O ₂ (%) |
|--|------|-----|--|--------|--|---|---|
| | CAND | CAD | CAND | CAD | CAND | CAD | |
| Motor de combustión interna | | | | | | | |
| Gas natural | N/A | N/A | N/A | N/A | 200 (encendido de Chispa) 400 (combustible dual) ^(a) | 200 (encendido de Chispa) 400 (comb. dual) | 15% |
| Combustibles líquidos (planta > 50 MWth a < 300 MWth) | 50 | 30 | 1.170 o uso de comb. con 2% o menos de S | 0,5% S | 1.460 (encendido de compresión, cilindrada [mm] < 400) 1.850 (encendido de compresión, cilindrada [mm] ≥ 400) | 400 | 15% |
| Combustibles líquidos (planta ≥ 300 MWth) | 50 | 30 | 585 o Uso de Comb. con 1% o menos de S | 0,2% S | 740 | 400 | 15% |
| Biocombustibles/combustibles gaseosos diferentes del gas natural | 50 | 30 | N/A | N/A | Límites un 30% superiores a los dispuestos anteriormente para el gas natural y los combustibles líquidos | 200 (encendido de Chispa) 400 (otro) | 15% |

(a) Los motores con encendido de compresión (EC) pueden exigir diferentes valores para las emisiones que deben evaluarse en cada caso mediante el proceso de EA.

Tabla 4-2 Comparación de los valores guía del banco mundial para motores de combustión interna con estándares de países seleccionados (valores vigentes enero de 2017)

| |
|--|
| <p>Para NOx – combustible Gas Natural</p> <ul style="list-style-type: none"> • CEE: 75 mg/Nm³ (SI o combustible dual). BAT indica concentraciones de 20 a 75 mg/Nm³. • EEUU: 82 ppmvd (equivalente a 169 mg/Nm³) |
| <p>Para NOx – combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> • UK: 150mg/Nm³; • CEE: No hay límites para motores que no funciones a gas • EEUU: 2g/kWh • India: 710mg/Nm³ (área urbana & ≤ 75MWe (≈ 190MWth), área rural & ≤ 150MWe (≈ 380MWth)). • India: 360mg/Nm³ (área urbana & > 75MWe (≈ 190MWth), área rural & > 150MWe (≈ 380MWth)) |
| <p>Para SO₂ – Combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> • UK: 66mg/Nm³ • CEE: BAT indica uso de petróleo bajo en S or FGD (IPCC LCP BREF). Bajo Directiva 1999/32/EC modificada por 2005/33/EC, se considera que el fueloil con bajo contenido de S es HFO con un contenido de S < 1 % o gasóleo con un contenido de S < 0,1 %, nota del borrador final del BREF (2016).) sugiere que un contenido típico de S del HFO con bajo contenido de azufre es del 0,5 %. • EEUU: Uso de combustible con 1000 ppm máximo de azufre (Subpart IIII) (equivalente to 0.1%); • India: Urbana (< 2% S), Rural (< 4%S), Sólo combustible diesel debería ser usado en áreas urbanas |
| <p>Para MP – Combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> • UK: 50mg/Nm³ • CEE: No hay límite para PM • EEUU: 60% reducción en emisiones de MP, o limitar las emisiones de PM en la salida del motor de combustión interna a 0,15 g/kwh (subpart IIII) • India: 75mg/Nm³ (diesel); 100mg/Nm³ (aceites). |

Fuente: Source: UK (Combustion Activities (EPR 1.01) March 2009; Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2010), India (The Gazette of India Part II, Section 3, Sub-section (I) No. 318 New Delhi, Thursday, July 11, 2002), EU (Directive 2010/75/EU), EU (Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, Final Draft June 2016), EU (Directive 1999/32/EC (as amended)), US (US (40 CFR Part 60 Subpart I, Subpart IIII and Subpart JJJJ).

Tabla 4-3 Valores guías emisiones (en mg/Nm³) para Turbinas. Banco Mundial 2017

| Tecnología de combustión /combustible | MP | | SO ₂ | | NO ₂ | | Gas seco, exceso de cont. de O ₂ (%) |
|---|------|-----|---------------------------------|-------------------|-----------------|---|---|
| | CAND | CAD | CAND | CAD | CAND | CAD | |
| Motor de combustión interna | | | | | | | |
| Gas natural (planta ≥50 MWth) ^(a) | N/A | N/A | N/A | N/A | 50 (~25ppm) | 200 (encendido de Chispa) 400 (comb. dual) | 15% |
| Petróleo destilado/combustible ligero (planta ≥500 MWth) ^(a) | 50 | 30 | uso de comb. con 1%o menos de S | 0,5% o menos de S | 150 (~74ppm) | 100 (~50ppm) | 15% |

^(a) Los combustibles gaseosos que no son gas natural y el HFO pueden variar considerablemente en su composición y las pautas de emisión deben evaluarse caso por caso para determinar qué se puede lograr.

Tabla 4-4 Comparación de los valores guía del banco mundial para Turbinas con estándares de países seleccionados (valores vigentes enero de 2017)

| |
|--|
| <p>Para NOx – combustible Gas Natural</p> <ul style="list-style-type: none"> • CEE: 50mg/Nm³ para turbinas de ciclo simple con una eficiencia superior al 35%; 50*η / 35 (donde η = % de eficiencia en condiciones ISO). BAT indica que se pueden lograr concentraciones de 10 a 50 mg/Nm³ utilizando únicamente medidas de eliminación primarias. • EE.UU.: 25ppm (51mg/Nm³) (> ≈ 15MWth y ≤ ≈ 249MWth), 15ppm (31mg/Nm³) (>≈ 249MWth). Tenga en cuenta que los límites de NOx en el rango de 4 a 19 mg/Nm³ generalmente se requieren a través del sistema de permisos. • India: 50ppm (plantas nuevas ≥400MW), 75ppm (plantas nuevas>100MW pero <400MW), 100ppm (plantas nuevas <100MW). • China: 50 mg/Nm³ |
| <p>Para NOx – combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> • CEE: 50mg/Nm³ • US: 74ppm (152mg/Nm³) (> ≈15MWth and ≤ ≈249MWth), 42ppm (86mg/Nm³) (> ≈249MWth) • India: 100ppm (plantas nuevas, nafta) • China: 120mg/Nm³ |
| <p>Para NOx – combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> • CEE: Contenido de S del fueloil ligero utilizado en turbinas de gas por debajo del 0,1 % • EEUU: Contenido de S aprox 0.05% (área continental) y 0.4% (área no continental) • China: 100mg/Nm³ |

Fuente: EU (Directive 2010/75/EU, Directive 1999/32/EC as amended), Final Draft Best Available Techniques Reference Document for Large Combustion Plants (June 2016), US (40 CFR Part 60 Subpart KKKK), China Emission Standard of Air Pollutants for Thermal Power Plants (GB13223-2011), India Pollution Control Law Series PCLS/4/2000-2001

Tabla 4-5 Guías emisiones (en mg/Nm³) para Calderas. Banco Mundial 2017

| Tecnología de combustión /combustible | MP | | SO ₂ | | NO ₂ | | Gas seco, exceso de cont. de O ₂ (%) |
|--|------|-----|-------------------------|-----|-----------------|-----|---|
| | CAND | CAD | CAND | CAD | CAND | CAD | |
| Motor de combustión interna | | | | | | | |
| Gas natural | N/A | N/A | N/A | N/A | 200 | 180 | 3 |
| Otros combustibles gaseosos | 50 | 30 | 400 | 300 | 240 | 200 | 3 |
| Comsutibles líquidos (planta ≥50 MWth y <600 MWth) | 50 | 30 | 400-1600 ^(a) | 400 | 400 | 200 | 3 |
| Comsutibles líquidos (planta ≥600 MWth) | 40 | 25 | 200-600 ^(a) | 200 | 400 | 200 | 3 |



| Tecnología de combustión /combustible | MP | | SO ₂ | | NO ₂ | | Gas seco, exceso de cont. de O ₂ (%) |
|--|------|-----|-------------------------|-----|-----------------|-----|---|
| | CAND | CAD | CAND | CAD | CAND | CAD | |
| Motor de combustión interna | | | | | | | |
| Comsutiibles sólidos (planta ≥50 MWth y <600 MWth) | 50 | 30 | 400-1000 ^(a) | 400 | 500 | 200 | 6 |
| Comsutiibles sólidos (planta ≥600 MWth) | 40 | 25 | 200-600 ^(a) | 200 | 500 | 200 | 6 |

^(a) Apuntar a los valores más bajos de las pautas y reconocer la variabilidad en los enfoques para la gestión de las emisiones de SO₂ (calidad del combustible frente al uso de controles secundarios) y el potencial de mayores eficiencias de conversión de energía. La selección del nivel de emisión en el rango debe ser determinada por EA teniendo en cuenta consideraciones ambientales, de salud comunitaria, técnicas y económicas.

Tabla 4-6 Comparación de los valores guía del banco mundial para calderas con estándares de países seleccionados (valores vigentes enero de 2017)

| |
|--|
| Para NO _x – combustible Gas Natural <ul style="list-style-type: none"> • CEE: 100mg/Nm³ • EEUU: 88ng/J producción bruta de energía • China: 100 mg/Nm³ |
| Para MP – combustible Sólido <ul style="list-style-type: none"> • CEE: 20mg/Nm³, 10 (> 300MWth para carbón o lignito) • EEUU: 11ng/J producción bruta de energía • China: 30mg/Nm³ • India: 350mg/Nm³ (<210MWth), 140mg/Nm³ (=>210MWth) |
| Para SO ₂ – combustible Sólido <ul style="list-style-type: none"> • CEE: 400mg/Nm³ (50 – 100MWth), 200mg/Nm³ (>300MWth) • EEUU: 11ng/J producción bruta de energía o 97% de reducción • China: 50 – 200mg/Nm³ (dependiendo de la zona) |

Fuente: EU (Directive 2010/75/EU), US (40 CFR Part 60 Subpart JJJJ), Final Rule – June 13, 2007), China (GB13223-2011), India (The Environment (Protection) Rules, 1986).

4.2 Límites establecidos por la Comunidad Económica Europea (CEE)

La Directiva 2010/75/UE⁷ del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 es una actualización de la directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de Octubre del 2001 que regula las emisiones de SO₂, NO_x y partículas a la atmósfera procedentes de grandes instalaciones de combustión (>50 MWt).

El artículo 30 de la Directiva 2010/75/UE corresponde a los límites de emisión estableciendo la fecha 7 de enero de 2013 para aplicar distintos valores límites de emisión dependiendo si las centrales obtuvieron su permiso antes o después de esas fechas. Específicamente se establece que:

“Apartado 2: En todos los permisos de instalaciones que incluyan instalaciones de combustión a las que se haya concedido permiso antes del 7 de enero de 2013, o para las que sus titulares haya presentado una solicitud de permiso completa antes de dicha fecha, a condición de que dichas instalaciones hayan entrado en funcionamiento a más tardar el 7 de enero de 2014, se incluirán

⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0075&qid=1672075020353>



condiciones que aseguren que las emisiones a la atmósfera de estas instalaciones no superan los valores límite de emisión establecidos en la parte 1 del anexo V.

En todos los permisos de instalaciones que incluyan instalaciones de combustión a las que se haya concedido una excepción con arreglo al artículo 4, apartado 4, de la Directiva 2001/80/CE, y que estén en funcionamiento después del 1 de enero de 2016, se incluirán condiciones que aseguren que las emisiones al aire procedentes de dichas instalaciones no superan los valores límite de emisión establecidos en la parte 2 del anexo V.

Apartado 3: Todos los permisos de instalaciones que incluyan instalaciones de combustión no cubiertas por el apartado 2 especificarán condiciones tales que las emisiones a la atmósfera de estas instalaciones no superen los valores límite de emisión fijados en la parte 2 del anexo V.

Adicionalmente, en el apartado 7 de la Directiva se establece que: “Cuando se aumente la potencia de una instalación de combustión, los valores límite de emisión previstos en la parte 2 del anexo V serán aplicables a la parte aumentada de la instalación afectada por el cambio y se fijarán en función de la potencia térmica nominal total del conjunto de la instalación de combustión. En caso de efectuarse una modificación en una instalación de combustión que pueda tener consecuencias para el medio ambiente y que afecte a una parte de la instalación con una potencia térmica nominal igual o superior a 50 MW, los valores límite de emisión mencionados en la parte 2 del anexo V serán aplicables a la parte de la instalación que haya sido modificada en función de la potencia térmica nominal total del conjunto de la instalación de combustión.

En el Apartado 8 se establece que los valores límite de emisión mencionados en las partes 1 y 2 del anexo V no serán aplicables a las instalaciones de combustión:

- a) motores diésel;*
- b) calderas de recuperación en instalaciones destinadas a la producción de pulpa.*

Además, en el apartado 9 se establece las siguientes instalaciones de combustión que podrían modificar sus valores límite de emisión en función de las BAT (Mejores tecnologías disponibles), las cuales son:

- a) las instalaciones de combustión a que se refiere el apartado 8;*
- b) las instalaciones de combustión en las refinerías que utilicen los residuos de destilación y de conversión del Refino del petróleo crudo, solos o con otros combustibles, para su propio consumo, teniendo en cuenta la especificidad de los sistemas energéticos de las refinerías;*
- c) las instalaciones de combustión que utilicen gases distintos del gas natural;*
- d) las instalaciones de combustión de instalaciones químicas que utilicen los residuos de producción líquidos como combustible no comercial para consumo propio.*

Las tablas siguientes resumen los valores límites de las partes 1 y 2 del Anexo V de la Directiva. Los valores límite se calculan a una temperatura de 273,15 K (0°C), una presión de 101,3 kPa (1 Atm) y previa corrección del contenido en vapor de agua de los gases residuales y a un porcentaje normalizado de O₂ del 6 % en el caso de combustibles sólidos, del 3 % en instalaciones de combustión, distintas de las turbinas de gas y de los motores de gas, que usan combustibles líquidos y gaseosos y del 15 % de las turbinas de gas y motores de gas.



Parte 1: instalaciones con permiso previo al 07 de enero de 2013

Los valores de las tablas siguientes se aplican a aquellas instalaciones con permiso previo al 07 de enero de 2013, o para las que sus titulares hayan presentado una solicitud de permiso completa antes de dicha fecha, a condición de que dichas instalaciones hayan entrado en funcionamiento a más tardar el 07 de enero de 2014.

Tabla 4-7 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Sólidos. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm³)

| Contaminante | Potencia Térmica Nominal | | |
|-----------------|--|--------------|---------|
| | 50 a 100 MW | 100 a 300 MW | >300 MW |
| SO ₂ | 400 | 250 | 200 |
| NOx | 300 (400 en caso de lignito pulverizado) | 200 | 200 |
| MP | 30 | 25 | 20 |

Excluye residuos, biomasa y turba

Fuente: Elaboración en Base a Directiva 2010/75/UE y a Informe de Avance 1. Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT), septiembre de 2020

Tabla 4-8 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Líquidos. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm³)

| Contaminante | Potencia Térmica Nominal | | |
|-----------------|--------------------------|--------------|---------|
| | 50 a 100 MW | 100 a 300 MW | >300 MW |
| SO ₂ | 350 | 250 | 200 |
| NOx | 450 | 200 | 150 |
| MP | 30 | 25 | 20 |

Fuente: Elaboración en Base a Directiva 2010/75/UE y a Informe de Avance 1. Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT), septiembre de 2020

Tabla 4-9 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Gas. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm³)

| Contaminante | Tipo de Combustible | Valor Límite |
|-----------------|--|---|
| SO ₂ | En general | 35 |
| | Gas Licuado | 5 |
| NOx | Turbinas de gas, incluidas las de Ciclo Combinado que usan gas natural | 50 (aplican únicamente para una carga por encima del 70%) |
| | Turbinas de gas, incluidas las de Ciclo Combinado que usan otros gases | 120 |
| MP | En general | 5 |

Fuente: Elaboración en Base a Directiva 2010/75/UE y a Informe de Avance 1. Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT), septiembre de 2020

Además, se establecen valores límites para casos excepcionales para emisiones de SO₂ y NOx de acuerdo a las tablas siguientes:



*Tabla 4-10 Valores Límite de Emisión de SO₂ en Instalaciones que Cumplan Requisitos Indicados.
Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE*

| Requisitos de Excepcionalidad | Valor límite (mg/Nm³) |
|--|---|
| Instalaciones que usan combustibles sólidos y obtuvieron su permiso antes del 27 de noviembre de 2002, o cuyos titulares hubieran presentado una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no se utilicen durante más de 1.500 horas de funcionamiento al año como media móvil calculada en un período de cinco años. | 800 |
| Instalaciones cuya potencia térmica nominal sea no superior a 300 MW, que usen combustibles líquidos con un permiso obtenido antes del 27 de noviembre de 2002 o cuyos titulares hubieran presentado una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no estén en funcionamiento más de 1.500 horas al año como media móvil durante un período de cinco años. | 850 |
| Instalaciones cuya potencia térmica nominal sea superior a 300 MW, que usen combustibles líquidos con un permiso obtenido antes del 27 de noviembre de 2002 o cuyos titulares hubieran presentado una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no estén en funcionamiento más de 1.500 horas al año como media móvil durante un período de cinco años. | 400 |

Fuente: Elaboración en Base a Directiva 2010/75/UE y a Informe de Avance 1. Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT), septiembre de 2020

*Tabla 4-11 Valores Límite de Emisión de NO_x en Instalaciones que Cumplan Requisitos Indicados.
Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE*

| Requisitos de Excepcionalidad | Valor límite (mg/Nm³) |
|---|---|
| Instalaciones que utilicen combustibles sólidos o líquidos con una potencia térmica nominal total no superior a 500 MW que hayan recibido su permiso antes del 27 de noviembre de 2002 o cuyos titulares presentaron una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no rebasen más de 1.500 horas anuales de funcionamiento en media móvil calculada en un período de cinco años | 450 |
| Instalaciones que utilicen combustibles sólidos con una potencia térmica nominal total superior a 500 MW, que hayan recibido su permiso antes del 1 de julio de 1987 y que no rebasen las 1.500 horas anuales de funcionamiento en media móvil calculada en un período de cinco años | 450 |
| Instalaciones que empleen combustibles líquidos, con una potencia térmica nominal total superior a 500 MW con permiso obtenido antes del 27 de noviembre de 2002 o que cuyos titulares hubieran presentado una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no estén en funcionamiento más de 1.500 horas de funcionamiento por año como media móvil durante un período de cinco años. | 400 |



| Requisitos de Excepcionalidad | Valor límite (mg/Nm ³) |
|---|------------------------------------|
| No se aplican los valores límite de emisión a las turbinas de gas destinadas a un uso de emergencia que funcionen menos de 500 horas anuales. El titular de dichas instalaciones llevará un registro de las horas de funcionamiento utilizadas. | NA |

Fuente: Elaboración en Base a Directiva 2010/75/UE y a Informe de Avance 1. Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT), septiembre de 2020

Parte 2: instalaciones que estén en funcionamiento después del 1 de enero de 2016.

Los valores de las tablas siguientes se aplican a aquellas instalaciones que se haya concedido una excepción con arreglo al artículo 4, apartado 4, de la Directiva 2001/80/CE, y que estén en funcionamiento después del 1 de enero de 2016.

El apartado 4 del artículo 4 de la Directiva 2001/80/CE, aplica a las instalaciones más antigua, “podrá eximirse a las instalaciones existentes del cumplimiento de los valores límite de emisión mencionados en el apartado 3 y de su inclusión en el plan nacional de reducción de emisiones con las siguientes condiciones:

a) el titular de una instalación existente se comprometerá mediante una declaración por escrito presentada ante la autoridad competente a más tardar el 30 de junio de 2004 como muy tarde a no hacer funcionar la instalación durante más de 20.000 horas operativas a partir del 1 de enero de 2008 y hasta, a más tardar, el 31 de diciembre de 2015;

b) el titular deberá presentar cada año a la autoridad competente un balance de las horas utilizadas y no utilizadas permitidas para el resto de la vida operativa útil de las instalaciones.”

Tabla 4-12 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Sólidos. Anexo V, Parte 2 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm³)

| Contaminante | Potencia Térmica Nominal | | |
|-----------------|--------------------------|--------------|---------|
| | 50 a 100 MW | 100 a 300 MW | >300 MW |
| SO ₂ | 400 | 200 | 150 |
| NO _x | 300 | 200 | 150 |
| MP | 20 | 20 | 10 |

Excluye residuos, biomasa y turba

Fuente: Elaboración en Base a Directiva 2010/75/UE y a Informe de Avance 1. Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT), septiembre de 2020

Tabla 4-13 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Líquidos. Anexo V, Parte 2 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm³)

| Contaminante | Potencia Térmica Nominal | | |
|-----------------|--------------------------|--------------|---------|
| | 50 a 100 MW | 100 a 300 MW | >300 MW |
| SO ₂ | 350 | 200 | 150 |
| NO _x | 300 | 150 | 100 |
| MP | 20 | 20 | 10 |

Fuente: Elaboración en Base a Directiva 2010/75/UE y a Informe de Avance 1. Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT), septiembre de 2020



Tabla 4-14 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Gas. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm³)

| Contaminante | Tipo de Combustible | Valor Límite |
|-----------------|--|--------------|
| SO ₂ | En general | 35 |
| | Gas Licuado | 5 |
| NO _x | Turbinas de gas, incluidas las de Ciclo Combinado que usan gas natural | 50 |
| MP | En general | 5 |

Fuente: Elaboración en Base a Directiva 2010/75/UE y a Informe de Avance 1. Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT), septiembre de 2020

Los criterios de la CEE (Directiva 75/2010/UE) para evaluar los límites de emisión establecen que las horas de funcionamiento de un año de las centrales deben cumplir las condiciones siguientes:

- Ningún valor medio mensual validado rebasa los valores límite de emisión.
- Ningún valor medio diario validado rebasa el 110 % de los valores límite de emisión
- El 95 % de todos los valores medios horarios validados del año no supera el 200% de los valores límite de emisión

Es importante destacar que la Directiva 75/2010/UE no establece valores límite para emisiones de metales pesados.

El nivel de emisión asociado a las MTD (NEA-MTD) correspondiente a las emisiones de mercurio a la atmósfera procedentes de la combustión de biomasa sólida y/o turba es < 1-5 µg/Nm³ como valor medio a lo largo del período de muestreo

4.3 Límites establecidos por las BAT (mejores tecnologías disponibles) para la Comunidad Económica Europea

En la Directiva 2017/1442/UE⁸ DE LA COMISIÓN de 31 de julio de 2017 se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD o BAT en inglés de Best Available Techniques) conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo para las grandes instalaciones de combustión. Las tablas siguientes resumen los límites para MP y Mercurio

Tabla 4-15 Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones a la atmósfera de MP procedentes de la combustión de hulla y/o lignito

| Potencia térmica nominal total de la instalación de combustión (MW _{th}) | NEA-MTD (mg/Nm ³) | | | |
|--|-------------------------------|---------------------------|---|---------------------------|
| | Media anual | | Media diaria o media a lo largo del periodo de muestreo | |
| | Instalación nueva | Instalación existente (1) | Instalación diaria nueva | Instalación existente (2) |
| | | | | |

⁸ Disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32017D1442>



| | | | | |
|-----------|-------|---------------------|------|---------------------|
| >100 | 2 – 5 | 2-18 | 4-16 | 4-22 ⁽³⁾ |
| 100-300 | 2 – 5 | 2-14 | 3-15 | 4-22 ⁽⁴⁾ |
| 300-1 000 | 2 – 5 | 2-10 ⁽⁵⁾ | 3-10 | 3-11 ⁽⁶⁾ |
| >1000 | 2 - 5 | 2-8 | 3-10 | 3-11 ⁽⁷⁾ |

- (1) Estos NEA-MTD no se aplican a las instalaciones que funcionan < 1 500 h/año.
 (2) Estos niveles son indicativos cuando se trata de instalaciones que funcionan < 500 h/año.
 (3) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 28 mg/Nm³, puestas en servicio antes de 7-01-2014.
 (4) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 25 mg/Nm³ puestas en servicio antes de 7-01-2014.
 (5) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 12 mg/Nm³ puestas en servicio antes de 7-01-2014.
 (6) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 20 mg/Nm³ puestas en servicio antes de 7-01-2014.
 (7) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 14 mg/Nm³ puestas en servicio antes de 7-01-2014.

Fuente: Directiva 2017/1442/UE

Tabla 4-16 Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones a la atmósfera de mercurio procedentes de la combustión de hulla y lignito

| Potencia térmica nominal total de la instalación de combustión (MW _{th}) | NEA-MTD (ug/Nm ³) | | | |
|--|--|---------|--------------------------------------|---------|
| | Media anual o media de las muestras obtenidas durante un año | | | |
| | Instalación nueva | | Instalación existente ⁽¹⁾ | |
| | Hulla | Lignito | Hulla | Lignito |
| <300 | < 1 – 3 | <1 – 5 | < 1 - 9 | < 1 -10 |
| ≥300 | < 1 – 2 | < 1 - 4 | < 1 – 4 | < 1 - 7 |

- ⁽¹⁾ El límite inferior del intervalo puede alcanzarse con técnicas específicas de reducción de las emisiones de Hg.

Fuente: Directiva 2017/1442/UE

Tabla 4-17 Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones a la atmósfera de MP procedentes de la combustión de biomasa sólida y/o turba

| Potencia térmica nominal total de la instalación de combustión (MW _{th}) | NEA-MTD (mg/Nm ³) | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| | Media anual | | Media diaria o media a lo largo del periodo de muestreo | |
| | Instalación nueva | Instalación existente ⁽¹⁾ | Instalación diaria nueva | Instalación existente ⁽²⁾ |
| | >100 | 2 – 5 | 2-15 | 2-10 |
| 100-300 | 2 – 5 | 2-12 | 2-10 | 2 - 18 |
| ≥300 | 2 – 5 | 2-10 | 2-10 | 2 - 16 |

- ⁽¹⁾ Estos NEA-MTD no se aplican a las instalaciones que funcionen < 1 500 h/año.
⁽²⁾ Estos niveles son indicativos cuando se trata de instalaciones que funcionan < 500 h/año.

Fuente: Directiva 2017/1442/UE

De acuerdo a las mejores técnicas disponibles, el rango de emisiones para MP en instalaciones nuevas que utilicen Carbón o biomasa es una media anual de 2 a 5 mg/Nm³ y de 2 a 10 mg/Nm³ para media diaria. El límite inferior o superior del intervalo dependerá de los sistemas de abatimiento de emisiones instalados.

Para Mercurio (Hg), el rango de emisiones para MP en instalaciones nuevas que utilicen Carbón o biomasa es una media anual de 1 a 5 µg/Nm³ y de 1 a 10 µg/Nm³ para instalaciones existentes.

4.4 Límites establecidos en Estados Unidos

El año 2012 se publicó el NSPS 40 CFR Parts 60 and 63 [EPA–HQ–OAR–2009–0234; EPA–HQ–OAR–2011–0044, FRL–9611–4] RIN 2060–AP52; RIN 2060–AR31, que estableció los “estándares nacionales de emisión de contaminantes atmosféricos peligrosos de unidades generadoras de vapor de servicios eléctricos alimentados con carbón y petróleo y estándares de rendimiento para



unidades generadoras de vapor industriales, comerciales-institucionales y pequeñas industriales comerciales-institucionales de servicios eléctricos alimentados con combustibles fósiles”. A continuación, la Tabla 24 transcribe los valores límite aplicables las unidades generadoras de vapor de servicio eléctrico nuevas, reconstruidas y modificadas, establecidos en la aludida NSPS.

Tabla 4-18 Valores Límite de Emisión para Unidades Generadoras de Vapor de Servicio Eléctrico, Establecidos en EEUU el Año 2012

| Contaminante | Parámetro | Unidad | Valor | | |
|--------------------|----------------------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| | | | Nuevas | Reconstruidas | Modificadas |
| MP Filtrable* | Emisión/Input de Calor | ng/J | 11 ^A | 11 ^A | 13 ^A |
| | Porcentaje de Abatimiento Mínimo | % | 99,9 ^A | 99,9 ^A | 99,8 ^A |
| SO ₂ ** | Emisión/Energía Bruta Producida | ng/J | 130 ^A | 130 ^A | 180 ^A |
| | Porcentaje de Abatimiento Mínimo | % | 97 ^A | 97 ^A | 90 ^A |
| NO _x * | Emisión/Energía Bruta Producida | ng/J | 88 ^A 110 ^B | 88 ^A 110 ^B | 140 ^A |
| | Emisión/Energía Bruta Producida | ng/J | 140 ^A 160 ^B | 140 ^A 160 ^B | 190 |

*: MP Filtrable, incluye el material particulado sólido y/o líquido, que pueda ser capturado físicamente en un filtro durante el muestreo.

** : Cumplimiento del límite en base media móvil de 30 días utilizando un CEMS.

A: Independiente del combustible quemado, a excepción de unidades que queman más del 75% de los residuos de carbón.

B: Para unidades que queman más del 75% de los residuos de carbón.

Para el contaminante que tenga más de un valor aplicable, debe cumplir al menos uno de ellos.

Fuente: Informe de Avance 1. Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT), septiembre de 2020

Respecto al cumplimiento de la normativa

Las unidades a las que les aplican los valores límites indicados, se definen en el Code of Federal Regulations (CFR) identificado con el código “40 CFR Part 60, Subpart Da”:

- Aplica a las unidades generadoras de vapor de servicio eléctrico, capaces de quemar más de 73 MW de combustible fósil.
- Aplica a las unidades cuya construcción, modificación o reconstrucción comience después del 18 de septiembre de 1978.
- Aplica a las unidades generadoras de vapor de servicio eléctrico del tipo IGCC (gasificación de carbón integrada en ciclo combinado), capaces de quemar más de 73 MW de combustible fósil.
- Aplica a las unidades IGCC cuya construcción, modificación o reconstrucción comience después del 28 de febrero de 2005.
- Los desechos de carbón corresponden a los desechos de la minería del carbón, la limpieza física del carbón y las operaciones de preparación del carbón (por ejemplo, culmo, gota,



etc.) que contienen carbón, material de matriz, arcilla y otros materiales orgánicos e inorgánicos.

4.5 Límites establecidos en China

A continuación se presentan los límites para China y para regiones claves en las cuales hay mayores problemas por contaminación atmosférica, los cuales están establecidos en GB13223-2011 (Emission Standard for Air Pollutants from Thermal Power Plants⁹).

Tabla 4-19 Límites de Concentración de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos de Calderas Térmicas y Turbinas de Gas para China

| Combustible y Tipo de instalación | Contaminante | Condiciones aplicables | Valor límite (mg/Nm ³) |
|--|-----------------|---|------------------------------------|
| Caldera de carbón | MP | Todos | 30 |
| | SO ₂ | Caldera nueva | 100 200 ¹ |
| | | Caldera existente | 200 400 ¹ |
| | NO ₂ | Todos | 100 200 ² |
| | Mercurio | Todos | 0,03 |
| Caldera aceite o turbina de gas | MP | Todos | 30 |
| | SO ₂ | Calderas y turbinas de gas nuevas | 100 |
| | | Calderas y turbinas de gas existentes | 200 |
| | NO ₂ | Caldera de gasoil nueva | 100 |
| | | Caldera de aceite existente | 200 |
| Turbina de gas | | 120 | |
| Caldera gasolina o gas Grupo de motores | MP | Caldera de gas natural y turbina de gas | 5 |
| | | Calderas otros gases y turbinas de gas | 10 |
| | SO ₂ | Caldera de gas natural y turbina de gas | 35 |
| | | Calderas otros gases y turbinas de gas | 100 |
| | NO ₂ | Caldera de gas natural | 100 |
| | | Otras calderas de gas | 200 |
| | | Turbina de gas de gas natural | 50 |
| Otras turbinas de gas de gas | 120 | | |

¹ Las calderas de energía térmica ubicadas en la región autónoma de Guangxi Zhuang, la ciudad de Chongqing, la provincia de Sichuan y la provincia de Guizhou implementan este límite.

² Calderas térmicas con hornos de llama en W, calderas térmicas de lecho fluidizado circulante existentes y las construidas y puestas en funcionamiento antes del 31 de diciembre de 2003, o las calderas de energía térmica aprobadas por el informe de impacto ambiental del proyecto de construcción deberán implementar el valor límite.

Fuente: Elaboración propia traduciendo GB13223-2011 en Idioma Chino

⁹ Normativa disponible en

https://english.mee.gov.cn/standards_reports/standards/Air_Environment/Emission_standard1/201201/W020110923324406748154.pdf



Tabla 4-20 Límites de Concentración de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos de Calderas Térmicas y Turbinas de Gas para Regiones Claves de China

| Combustible y Tipo de instalación | Contaminante | Condiciones aplicables | Valor límite (mg/Nm ³) |
|------------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------------------|
| Caldera de carbón | MP | Todos | 20 |
| | SO ₂ | Todos | 50 |
| | NO ₂ | Todos | 100 |
| | Mercurio | Todos | 0,03 |
| Caldera de gasoil o Turbina de gas | MP | Todos | 20 |
| | SO ₂ | Todos | 50 |
| | NO ₂ | Caldera de gasoil | 100 |
| | | Turbina de gas | 120 |
| Calderas o turbina de gas | MP | Todos | 5 |
| | SO ₂ | Todos | 35 |
| | NO ₂ | Caldera de gas | 100 |
| | | Turbina de gas | 50 |

Fuente: Elaboración propia traduciendo GB13223-2011 en Idioma Chino

4.6 Resumen de los límites de emisión recopilados

Las Figuras siguientes resumen los límites encontrados en la normativa internacional para NO_x, SO₂ y MP para combustibles sólidos, líquidos y gaseosos:

Figura 4-1 Límites de emisión en normativa internacional para NO_x combustible sólido

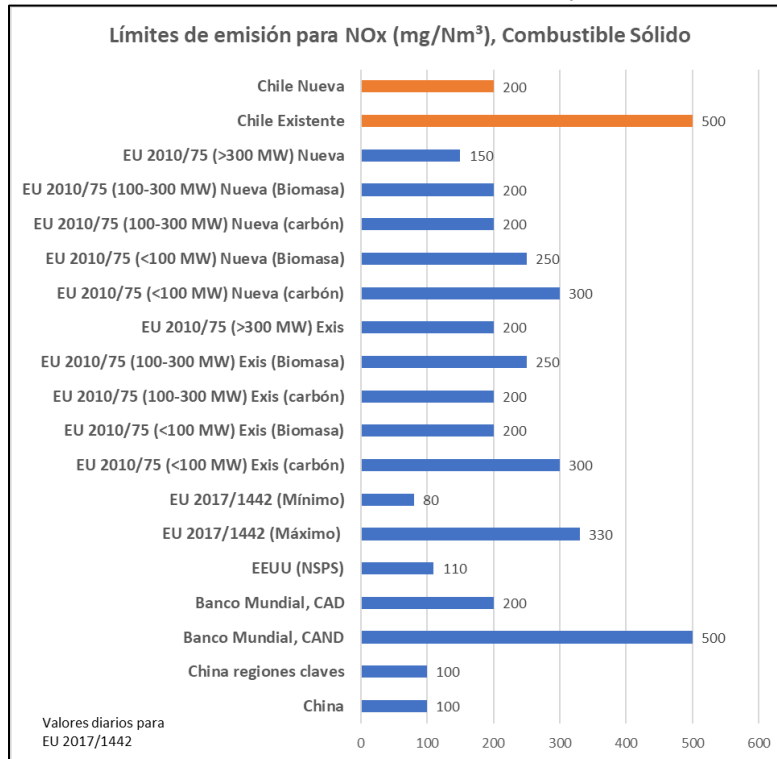


Figura 4-2 Límites de emisión en normativa internacional para NOx combustible líquido

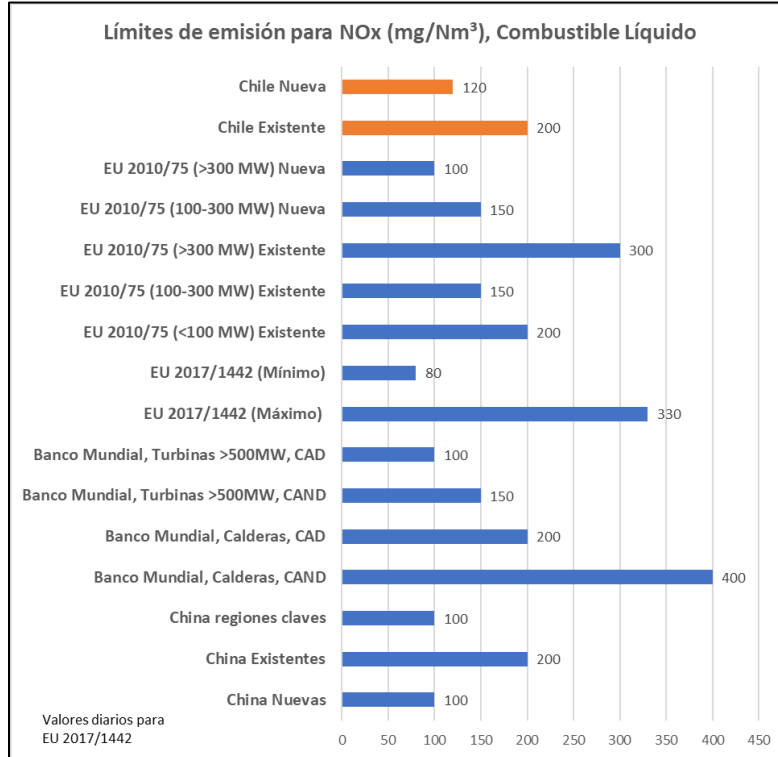


Figura 4-3 Límites de emisión en normativa internacional para NOx combustible Gaseoso

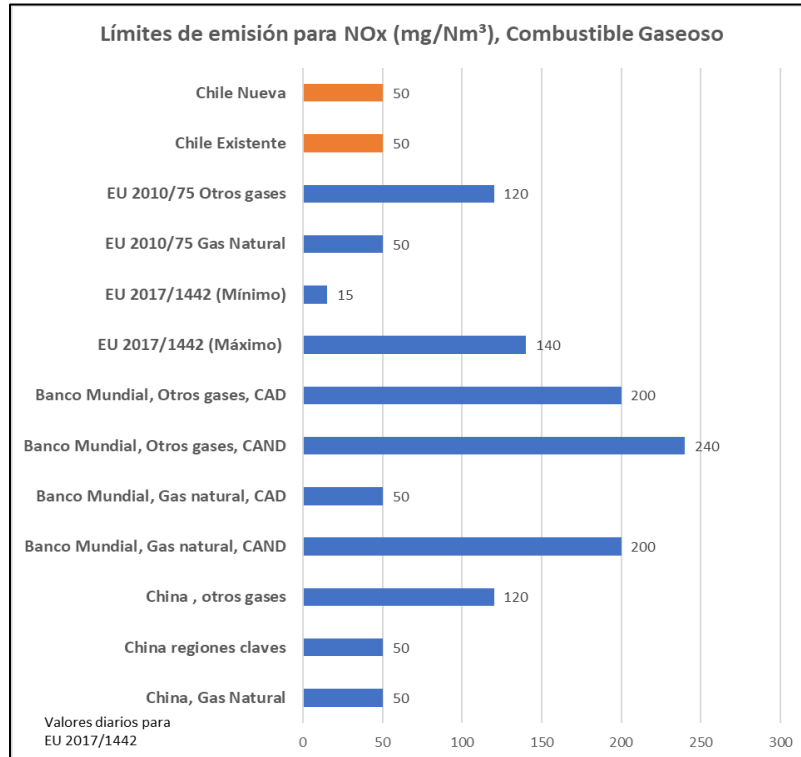




Figura 4-4 Límites de emisión en normativa internacional para SO₂ combustible sólido

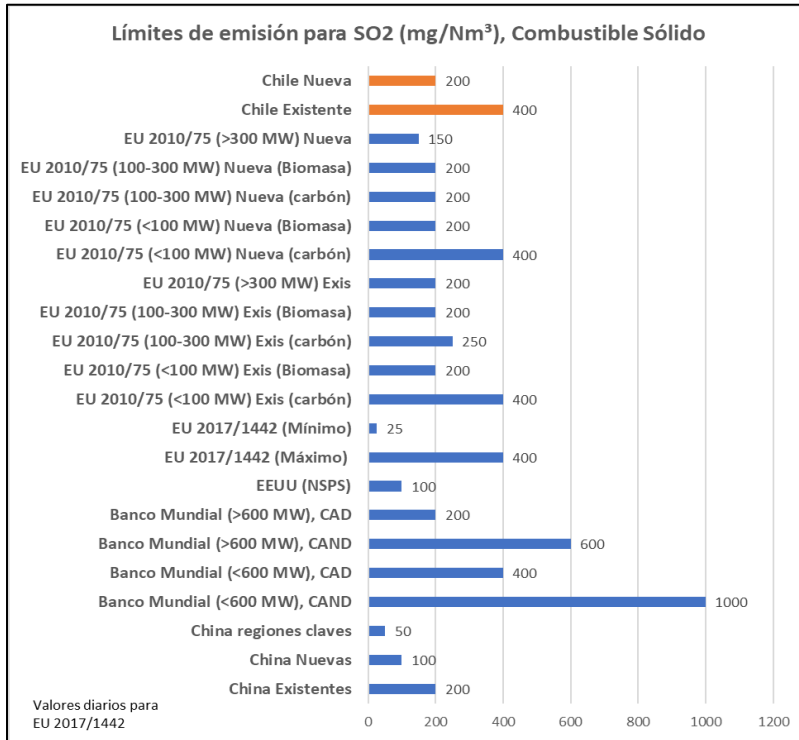


Figura 4-5 Límites de emisión en normativa internacional para SO₂ combustible líquido

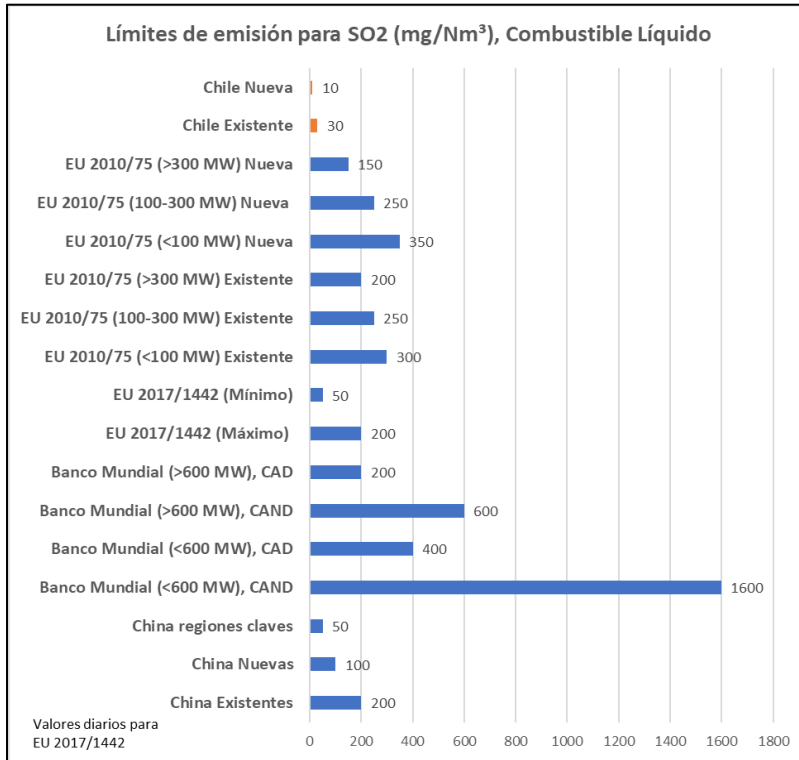




Figura 4-6 Límites de emisión en normativa internacional para SO₂ combustible gaseoso

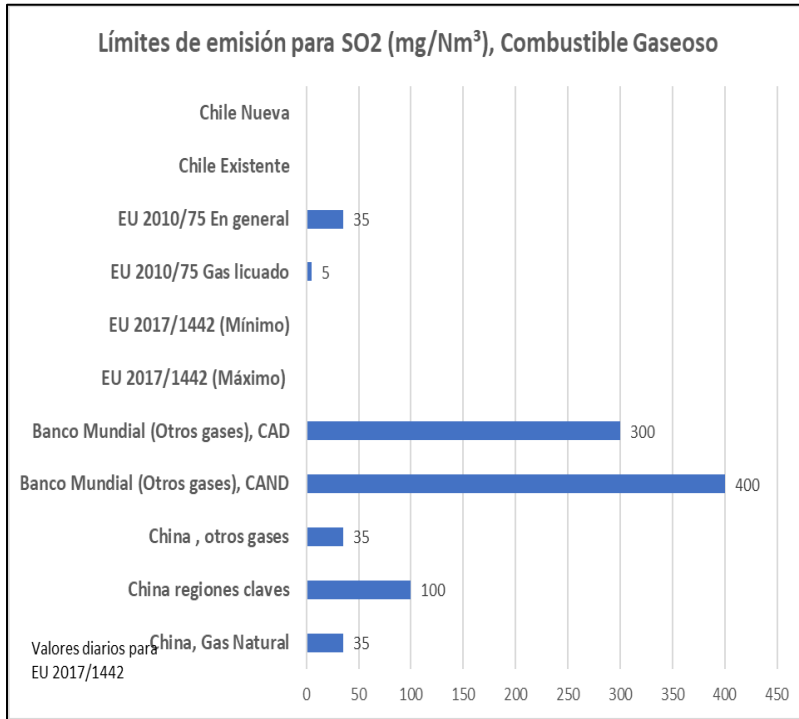


Figura 4-7 Límites de emisión en normativa internacional para MP combustible sólido

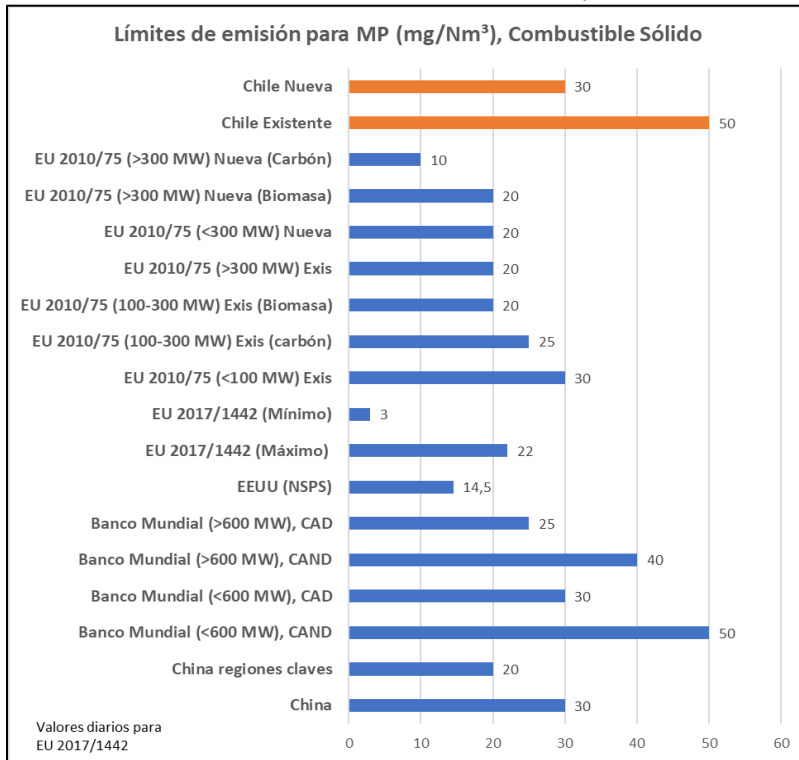




Figura 4-8 Límites de emisión en normativa internacional para MP combustible líquido

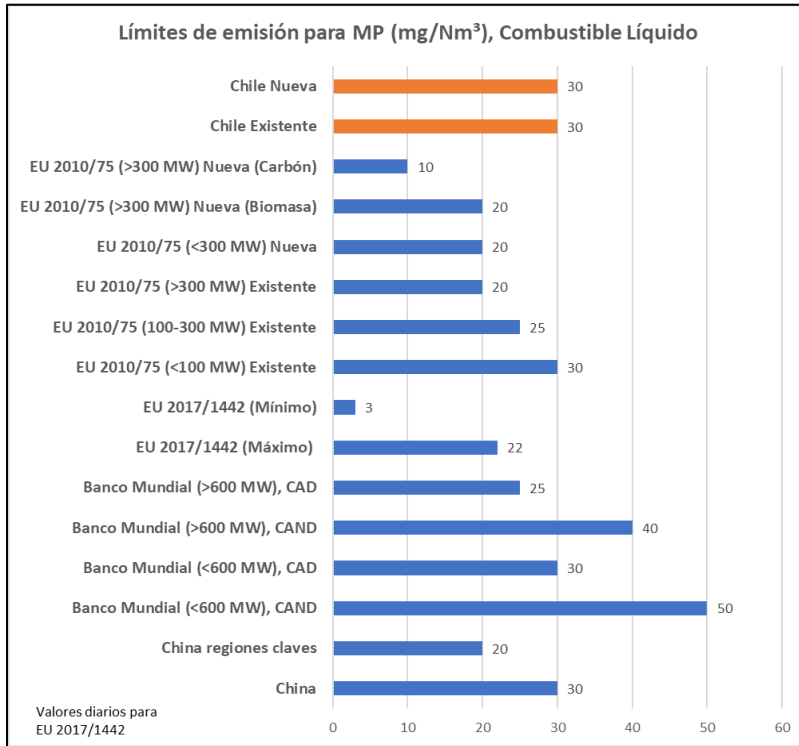
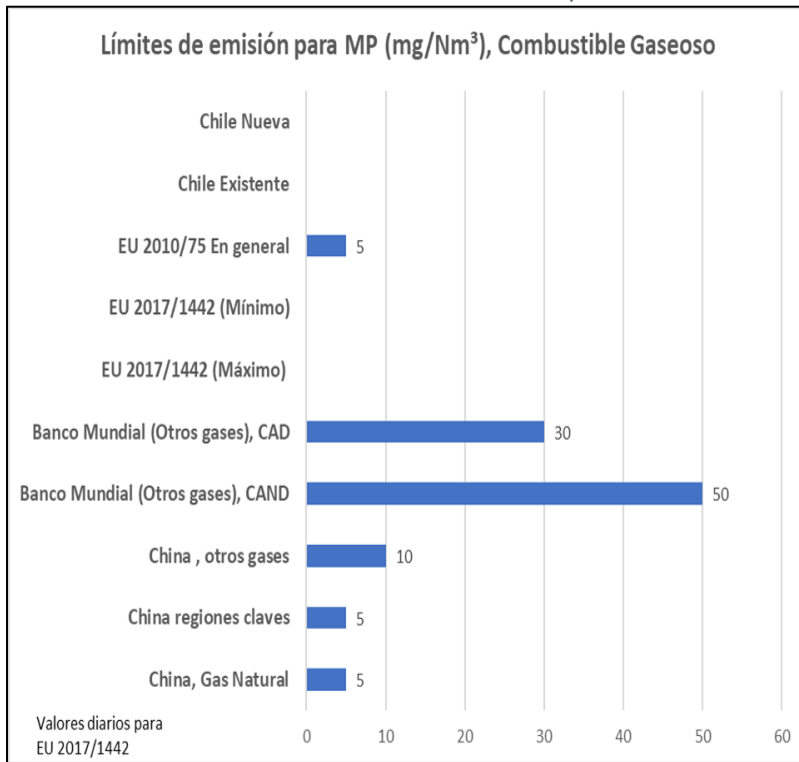


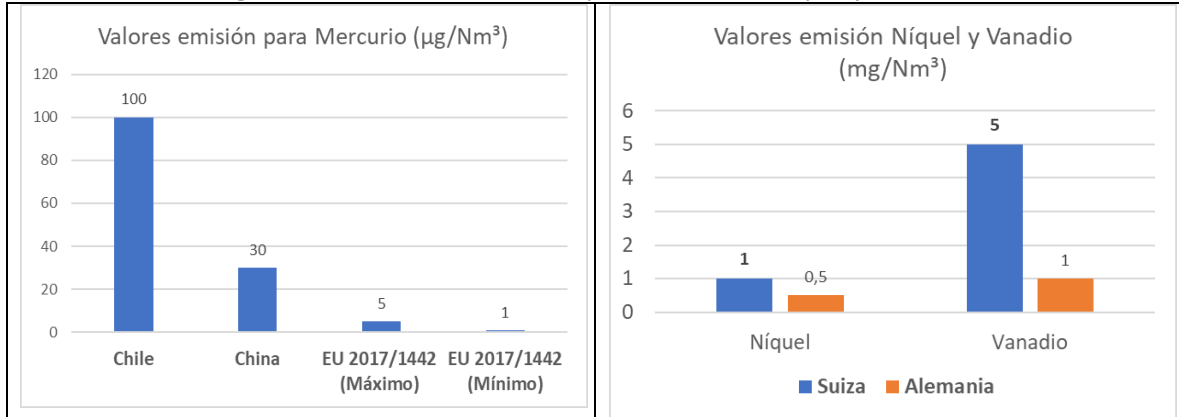
Figura 4-9 Límites de emisión en normativa internacional para MP combustible gaseoso





La Figura 4-10 resume los valores de emisión para Mercurio, Níquel y Vanadio:

Figura 4-10 Valores de emisión para Mercurio, Níquel y Vanadio



Donde: 0,1 mg/Nm³ = 100 µg/Nm³

5 Comentarios:

La revisión de la normativa internacional identifica que tanto en Estados Unidos como en la Comunidad Económica Europea en la evaluación de las normas de emisión no se incluyen las horas de falla, encendido y apagado solo considera las horas de funcionamiento en régimen.

Respecto al fuerte aumento de las emisiones durante las horas de encendido al aplicar el factor de corrección por oxígeno establecido en el D.S. N°13/2011 cuando el porcentaje de O₂ se acerca al valor de 20,9% se recomienda considerar el criterio de US EPA que establece fijar un % máximo de O₂ para calcular el factor de corrección, que corresponde a 14% para Calderas y 19% para Turbinas. A modo de ejemplo, si el CEMS mide un porcentaje de O₂ mayor a 14% en una caldera mantener 14% en la fórmula del factor. Se recomienda además para las unidades de ciclo combinado considerar un valor máximo de 19% en la fórmula del factor.

Los niveles de emisión de MP, SO₂ y NO_x establecidos en la NECT para instalaciones de carbón existentes y nuevas son similares a los estándares de emisión definidos por el Banco Mundial en sus Guías de Medio Ambiente, Salud y Seguridad y a los establecidos en la Directiva de la Comunidad Económica Europea en el año 2010 (Directiva 75/2010/UE).

Considerando que los últimos años se han ido cumpliendo los límites de emisión del D.S. N°13/2011, hasta llegar al año 2021 con todas las centrales en cumplimiento, están las condiciones para establecer límites de emisión más estrictos. Sin embargo, durante los últimos años no se han identificado nuevas directivas con estándares más exigentes a las establecidas en la Directiva 75/2010/UE sino que se recomienda adaptar los valores guías de límites de emisión establecidos en las Mejores Tecnologías disponibles (UE 2017/1442) en función de los sistemas de abatimiento instalados y las realidades de cada país.

La revisión de la normativa internacional identificó que, excepto China y Chile, los estándares de emisión para Mercurio no están asociados a las normativas de las centrales termoeléctricas.



Situación similar aplica para Níquel y Vanadio para los cuales no se identificó valores guías en las normativas de las centrales termoeléctricas, sino que asociadas a fuentes emisoras en general.