



Minuta Técnica: Revisión de la normativa internacional para calderas

Versión 01. 08082016

Elaborada por:

- Ivonne Moreno A.
- Priscilla Ulloa M.

Revisada por:

- Carmen Gloria Contreras F.

Contenidos:

1. Antecedentes

1.1 IFC Grupo del Banco Mundial

1.2 Parlamento Europeo

I. Directiva (UE) 2015/2193

II. Fundamentos de la Directiva de la Unión Europea

1.3 Alemania

1.4 Suiza

1.5 Estados Unidos

1.6 México

1.7 Perú

2. Comparación entre los rangos de concentración utilizados a nivel internacional



Minuta Técnica: Revisión de la normativa internacional para calderas

Objetivo: Realizar una comparación de normativas internacionales para calderas, relativas a los límites de emisión de material particulado y gases.

Metodología de búsqueda de información: Se revisó la normativa de IFC Grupo del Banco Mundial, Estados Unidos, Comunidad Europea, Alemania, Suiza y los países OCDE de la región México y Perú. Los documentos se obtuvieron de internet y las fuentes fueron específicamente las calderas.

1 Antecedentes

1.1 Banco mundial (2007)

- El Banco mundial cuenta con directrices que establecen valores guías de emisión de contaminantes para fuentes en países en vías de desarrollo. El cumplimiento de dichas guías forma parte de los requisitos para obtener financiamiento.
- La guía sobre medio ambiente, salud y seguridad¹ recomienda límites de emisión para calderas entre 3 – 50 MWt, tal como 50 [mg/m³] de material particulado y 2000 [mg/m³] de SO₂, eximiendo a las calderas que utilizan un combustible gaseoso.
- Para el contaminante NO_x, los valores corresponden a 320[mg/m³] para combustible gaseoso, 460[mg/m³] para combustible líquido y 650 [mg/m³] para combustible sólido.
- El seguimiento de emisiones recomendados para las calderas con capacidades entre ≥3 MWth y < 20 MWth es prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación: SO₂, NO_x y partículas sólidas. En las calderas a gas, solamente podrá efectuarse el cálculo de NO_x.
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.
- El seguimiento de emisiones recomendados para las calderas con capacidades entre ≥20 MWth y < 50 MWth es el seguimiento de emisiones continuo para SO₂, NO_x, Partículas sólidas o bien un valor indicativo de emisiones utilizando parámetros de combustión.
- Las guías sobre emisiones 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.
- Las pequeñas instalaciones de combustión son consideradas como fuentes de combustión aquellas con una capacidad térmica nominal de 50 MWth como máximo.
- La corrección de oxígeno indicada es 6% para sólidos y 3% para gases o líquidos.

¹ IFC Grupo del Banco Mundial, 2007 <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/b44dae8048855a5585ccd76a6515bb18/General%2BEHS%2B-%2BSpanish%2B-%2BFinal%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES>



1.2 Parlamento Europeo (2015)

I) Directiva (UE) 2015/2193

- La Directiva (UE) 2015/2193 del Parlamento Europeo y del Consejo, se debe cumplir en los 28 países miembros que conforman la Unión Europea². Entre los argumentos para establecer esta regulación se encuentran el diagnóstico del Programa de Medio Ambiente, que reconoce que las emisiones de agentes contaminantes del aire se han reducido considerablemente en las últimas décadas, pero, al mismo tiempo, los niveles de contaminación atmosférica siguen siendo problemáticos en muchas partes de Europa, y los ciudadanos de la Unión continúan estando expuestos a contaminantes atmosféricos que pueden poner en peligro su salud y bienestar. Además, que las emisiones de contaminantes procedentes de la combustión de combustibles en las instalaciones de combustión medianas no están en general reguladas a nivel de la Unión, a pesar de que contribuyen cada vez más a la contaminación del aire, debido en particular al creciente uso de la biomasa como combustible, impulsado por las políticas sobre clima y energía.
- Esta directiva debe aplicarse a las instalaciones de combustión, incluida una combinación formada por dos o más nuevas instalaciones de combustión medianas, cuya potencia térmica nominal sea igual o superior a 1 MWt e inferior a 50 MWt, con independencia del combustible utilizado. Las instalaciones de combustión individuales cuya potencia térmica nominal sea inferior a 1 MWt no deben tenerse en cuenta a efectos del cálculo de la potencia térmica nominal total de una combinación de instalaciones de combustión.
- Considera que las instalaciones de combustión medianas deben desarrollarse y explotarse de modo que se fomente la eficiencia energética y que las medidas adoptadas para limitar las emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas en la atmósfera, no deben tener como consecuencia un aumento de las emisiones de otros agentes contaminantes como el monóxido de carbono. Tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Límites máximos permisibles para calderas en Comunidad Europea³

Contaminante	Tipo caldera	Potencia [MWt]	Rango de límites de emisión según estado de combustible		
			Gas	Líquido	Sólido
MP [mg/m ³]	Existente	≥ 1 y < 5	n.a	50	50
	Existente	≥ 5 y < 50	n.a	30	30
	Nueva	≥ 1 y < 5	n.a	50	50
	Nueva	≥ 5 y < 20	n.a	30	30

² Países que conforman la Unión Europea: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía y Suecia.

³ DIRECTIVA (UE) 2015/2193 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 25 de noviembre de 2015, sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de las instalaciones de combustión medianas <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32015L2193>



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Contaminante	Tipo caldera	Potencia [MWt]	Rango de límites de emisión según estado de combustible		
			Gas	Líquido	Sólido
	Nueva	≥ 20	n.a	20	20
SO ₂ [mg/m ³]	Existente	≥ 1 y < 5	200	350	200-1100
	Existente	≥ 5 y < 50	35	350	200-400
	Nueva	≥ 1	35-100	350	200-400
NO _x [mg/m ³]	Existente	≥ 1 y < 5	250	200-650	650
	Existente	≥ 5 y < 50	200-250	200-650	650
	Nueva	≥ 1 y < 5	100-200	200-300	500
	Nueva	≥ 5 y < 50	100-200	200-300	300

- Respecto al seguimiento de las emisiones, exige la realización de mediciones periódicas cada tres años en el caso de las instalaciones de combustión medianas con una potencia térmica nominal igual o superior a 1 MW e inferior o igual a 20 MW, y todos los años en el caso de las instalaciones de combustión medianas con una potencia térmica nominal superior a 20 MW. Las mediciones solo serán obligatorias en los contaminantes que se establece un valor límite de emisión para la instalación considerada y CO para todas las instalaciones. Como alternativa a las mediciones periódicas, los Estados miembros podrán exigir mediciones en continuo. En el caso de mediciones en continuo, los sistemas de medición automáticos estarán sujetos a control por medio de mediciones paralelas con los métodos de referencia, al menos una vez al año.
- Los valores límite de emisión están determinados a una temperatura de 273,15 K, una presión de 101,3 kPa, previa corrección del contenido en vapor de agua de los gases residuales, y un contenido normalizado de O₂ del 6 % en el caso de las instalaciones de combustión medianas que utilicen combustibles sólidos, del 3 % en el de las instalaciones de combustión medianas, distintas de los motores y las turbinas de gas, que usen combustibles líquidos y gaseosos.

II) Fundamentos de la Directiva de la Unión Europea

- Respecto a los fundamentos de la Directiva anterior, se cuenta con el Estudio de la AMEC⁴ de la Comisión Europea, que presenta una propuesta legislativa y reevalúa la necesidad de controlar las emisiones procedentes de la combustión de combustibles en instalaciones cuya potencia térmica nominal total sea inferior a 50 MW. El estudio fue solicitado por el Parlamento Europeo y al Consejo, en el artículo 73(2)(a) de la Directiva 2010/75/EU. Estos valores se presentan en la tabla siguiente:

⁴ European Commission, Final Report, Collection and analysis of data to support the Commission in reporting in line with Article 73(2) of Directive 2010/75/EU on industrial emissions on the need to control emissions from the combustion of fuels in installations with a total rates thermal input below 50 MW. [https://circabc.europa.eu/sd/a/cf89c7cb-a4e1-4f18-8a74-33f7987bb4b0/30310%20Final%20Report%20\(Combustion\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/cf89c7cb-a4e1-4f18-8a74-33f7987bb4b0/30310%20Final%20Report%20(Combustion).pdf)



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Tabla 2: Límites máximos permisibles para calderas en Estudio AMEC- Comisión Europea

Contaminante	Tipo caldera	Potencia [MWt]	Rango de límites de emisión según estado de combustible		
			Gas	Líquido	Sólido
MP [mg/m ³]	Nueva y existente	1-5	n.a	45-50	50
	Nueva y existente	5-20	n.a	20-45	20
	Nueva y existente	20-50	n.a	20-40	20
SO ₂ [mg/m ³]	Nueva y existente	1-5	100	850	1100
	Nueva y existente	5-20	50	850	400
	Nueva y existente	20-50	50	500	400
NO _x [mg/m ³]	Nueva y existente	1-5	110-200	200	250-400
	Nueva y existente	5-20	110-200	200	250-350
	Nueva y existente	20-50	110-200	200	250-350

- Además, el estudio de opciones para el límite de emisión de material particulado desde pequeñas instalaciones de combustión⁵, muestra un diagnóstico de los valores establecidos en las diferentes normativas de los países de la Comunidad Europea y que se presentan en la Tabla 3, donde no se regulan los combustibles gaseosos y los límites de concentración de MP para combustibles sólidos son más exigentes en Suiza, Países Bajos y Alemania.

Tabla 3: Límites máximos permisibles para calderas que utilizan combustible sólido en la Unión Europea

Contaminante	País	Tipo caldera	Potencia [MWt]	Rango de límites de emisión según estado de combustible Sólido
MP [mg/m ³]	Austria	Nueva	0,5-2 MW	40
		Existente		150
	Bélgica	Nueva	3-5/5-50	53/27
		Existente	3-50	106
	Republica Checa	Nueva y existente	0,3-1	53
	Dinamarca	Nueva y existente	0,05-0,3	109
	Alemania	Nueva	>0,04	20
		Existente	1-3/3-5/>5	80/40/20
	Italia	Nueva y existente	0,035-0,15/0,15-3/>20	160/80/24
	Suiza	Nueva y existente	0,07-0,5/0,5-1/>1	50/20/10
Países bajos	Nueva y existente (* industriales)	<0,5/0,5-1/>1	80*/40*/10	
Norma EN 303-5 (Manual/Automática) Comunidad Europea	Nueva y existente	Biomasa < 0,3	109	
		Fósil < 0,05	90	

⁵ Options for limit values for emissions of dust from small combustion installations < 50 MWth, UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution Subgroup on Small Combustion Installations under EGTEI, June 2010



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Contaminante	País	Tipo caldera	Potencia [MWt]	Rango de límites de emisión según estado de combustible Sólido
	Finlandia	Nueva y existente	1-5/5-10/>10	106/27/21
	Francia	Nueva y existentes	2-5/5-20/>20	120/80/27
		Ciudades (>250.000 habitantes)	>2	40
	Noruega	Nueva y existente	1-5/5-20/>20	120/40/16

- Por otra parte, el estudio menciona que varios países están reforzando los controles de emisión de pequeños aparatos de combustión de uso residencial, éstos se aplican generalmente en régimen de «homologación» en virtud del cual el fabricante se compromete pruebas en un aparato ejemplo para evaluar el cumplimiento de las normas de los productos.
- Las normas europeas EN para los aparatos de combustibles sólidos residenciales y para calderas independientes con una potencia nominal de hasta 300 kWt⁶ son al menos 8. Estas normas incluyen requisitos mínimos de eficiencia, la construcción y la seguridad de los aparatos. Algunas normas establecen límites a la emisión de CO e hidrocarburos totales (THC). La baja emisión de CO y THC se asocian con combustión optimizadas y por lo tanto bajas emisiones de PM, especialmente procedentes de hollín (negro de humo) y los compuestos orgánicos condensables (COC). Debido a que la medición de PM es mucho más cara que la medición de CO, es más rentable para establecer un valor límite para CO y THC.

1.3 Alemania (2010 y 2002)

En la actualidad existen tres regulaciones para calderas que aplican de manera diferenciada según el tipo de combustible y el tamaño en potencia térmica de las calderas. Estas se mencionan a continuación:

1. “Primera Ordenanza del Acto Federal de la Contaminación Atmosférica” (1. BImSchV) corresponde a las calderas pequeñas desde 4 kWt y fue actualizada en 2010 con el objetivo de cumplir las directivas de la Unión Europea. Aplica a calderas que utilizan combustible sólido de potencia térmica menor a 1 MWt, combustible líquido de potencia térmica menor a 5 MWt y combustible gaseoso menor a 10 MWt.
2. “Instrucción Técnica de la Conservación de Calidad de Aire” (TA Luft), cuya última actualización que fue el año 2002, con las adaptaciones a la directiva 2001 de la Unión Europea y aplica a calderas medianas que utilizan combustible sólido de potencia térmica mayor o igual a 1 MWt y menor que 50 MWt; calderas que utilizan combustible líquido de

⁶ EN 303-57 Heating boilers for solid fuels, hand and automatically stocked, nominal heat output of up to 300 kW -Terminology, requirements, testing and marking, EN 12809 Residential independent boilers fired by solid fuel - Nominal heat output up to 50 kW - Requirements and test methods.; EN 12815 Residential cookers fired by solid fuel - Requirements and test methods.; EN 13229 Inset appliances including open fires fired by solid fuels - Requirements and test methods. EN 13240 Room heaters fired by solid fuel - Requirements and test methods.; EN 14785 Residential space heating appliances fired by wood pellets - Requirements and test methods.; EN 15250 Slow heat release appliances fired publication by solid fuel - Requirements and test methods; EN 15270 Pellet burners for small heating boilers - Definitions, requirements, testing, marking; EN 155544 One-off tiled/mortared stoves - Dimensioning



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

potencia térmica mayor o igual a 5 MWt y menor que 50 MWt; y calderas que usan combustible gaseoso mayor o igual a 10 MWt y menor que 50 MWt.

3. Decimotercera Ordenanza del Acto Federal de la Contaminación Atmosférica (13. BImSchV) regula a las calderas mayores de 50 [MWt] y no se presentan en este resumen.

Los límites de emisión de los contaminantes para las calderas de potencias menores a 50 [MWt], correspondientes a las dos primeras regulaciones mencionadas anteriormente, se resumen en la **Tabla 4**. Los límites de emisión para cada regulación se presentan en el anexo 1.

Tabla 4: Límites máximos permisibles para calderas en Alemania⁷

Contaminante	Tipo caldera	Potencia [MWt]	Rango de límites de emisión según estado de combustible		
			Gas	Líquido	Sólido
MP [mg/m ³]	Existentes	0,004-1	5-10 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾	60-100 ⁽²⁾
	Nuevas	0,004-1	5-10 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾	20 ⁽²⁾
	Nuevas y existentes	1 - 2,5	5-10 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾
	Nuevas y existentes	2,5 - 5	5-10 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾
	Nuevas y existentes	5 - 10	5-10 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾
	Nuevas y existentes	> 10	5-10 ⁽¹⁾	50 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾
SO ₂ [mg/m ³]	Nuevas y existentes	< 50	350-1000 ⁽¹⁾	850 ⁽¹⁾	350-1000 ⁽¹⁾
NO _x [mg/kWh]	Nueva y existente	< 0,12	60 ⁽²⁾	100 ⁽²⁾	n/a ⁽²⁾
	Nueva y existente	0,12-1	80-150 ⁽²⁾	120-160 ⁽²⁾	n/a ⁽²⁾
	Nueva y existente	1-10	200 ⁽²⁾	140-250 ⁽²⁾	Aplica(1)
NO _x [mg/m ³]	Nueva y existente	1 - 5	Aplica(2)	Aplica(2)	250-500 ⁽¹⁾
	Nueva y existente	5 - 10	Aplica(2)	180-350 ⁽¹⁾	250-500 ⁽¹⁾
	Nueva y existente	10 - 50	100 - 200 ⁽¹⁾	180-350 ⁽¹⁾	250-500 ⁽¹⁾
CO [mg/m ³]	Existentes	> 0,004 -0,5	50-80 ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾	1000 - 800 ⁽²⁾
	Existentes	0,5-1	50-80 ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾	500-300 ⁽²⁾
	Nuevas	> 0,004 -1	50-80 ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾	400 - 300 ⁽²⁾
	Nuevas y existentes	1-5	50-80 ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾	250-150 ⁽¹⁾
	Nuevas y existentes	5-10	50-80 ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾	250-150 ⁽¹⁾
	Nuevas y existentes	10-50	50-80 ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾	250-150 ⁽¹⁾

n/a: no aplica; (1): TA Luft 2002(caldera entre 1 MWt - 50 MWt); (2) 1 Verordnung BImSchG 2010 (calderas desde 4 KWt)

⁷ TA Luft 2002(caldera entre 2,5 MWt - 50 MWt) <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/taluft.pdf>

1 Verordnung BImSchG 2010 (calderas desde 4 KWt)

http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bimschv1_verordnung.pdf



1.4 Suiza (2010)

- La Ordenanza de la Confederación Suiza⁸ tiene por objeto proteger a los seres humanos, animales y plantas, sus comunidades y hábitats biológicos, y el suelo contra los efectos nocivos o ruido causado por la contaminación del aire.
- Regula de manera preventiva a través de límites de emisiones a las instalaciones y la incineración de residuos al aire libre, establece requisitos para combustibles y de motor y establece los niveles máximos permitidos de contaminación del aire ambiente y el procedimiento en el caso de los niveles excesivos de contaminación del aire.
- Respecto a calderas, los valores establecidos aplican a instalaciones de combustión las cuales se utilizan para calefacción de espacios, producción de calor de proceso, producción de agua tibia o caliente y producción de vapor. Los valores de los límites de emisión se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Límites máximos permisible para calderas en Confederación Suiza

Contaminante	Tipo caldera	Potencia [MWt]	Rango de límites de emisión según estado de combustible		
			Gas	Líquido	Sólido
MP [mg/m ³]	Nueva y existente	>0,070- ≥0,5	n.a	n.a	50
	Nueva y existente	>0,5-≥1	n.a	n.a	20
	Nueva y existente	>1-≥10	n.a	50	20
	Nueva y existente	>10	n.a	50	10
SO ₂ [mg/m ³]	Nueva y existente	>1-≥10	n.a	1700	350-1300
	Nueva y existente	>10-≥100	n.a	1700	350-1300
	Nueva y existente	>100	n.a	1700	350-400
NO _x [mg/m ³]	Nueva y existente	>0,070-≥10	80-120	120-150	250-500
	Nueva y existente	>10	80-120	120-150	150-200
CO [mg/m ³]	Nueva y existente	≤0,070	n.a	80-170	4000
	Nueva y existente	>0,070-0,5	100	80-170	500-1000
	Nueva y existente	>0,5-≥1	100	80-170	500-1000
	Nueva y existente	>1-≥10	100	80-170	150-250
	Nueva y existente	>10	100	80-170	150
Amonio y compuestos de amonio	Nueva y existente	>0,070	30	30	30

⁸ Ordinance on Air Pollution Control (OAPC) of 16 December 1985 (Status as of 15 July 2010) 814.318.142.1 <https://www.admin.ch/opc/en/classified-compilation/19850321/index.html>



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Contaminante	Tipo caldera	Potencia [MWt]	Rango de límites de emisión según estado de combustible		
			Gas	Líquido	Sólido
Corrección de oxígeno	Nueva y existente		3%	3%	7% carbón 13% biomasa

1.5 Estados Unidos (2013)

- A través de su Agencia de Protección Ambiental⁹ - EPA, establece los límites de emisión según el tipo de combustible utilizado, por unidad de potencia.
- La US-EPA regula las calderas de potencia mayor a 3 MWt que utilizan un combustible en estado sólido, líquido o que utilizan un combustible gaseoso con contenido de mercurio mayor a 40 µg/m³, es decir, exime a las calderas que usan gas natural, gas licuado o combustibles similares.
- Respecto al control de los contaminantes peligrosos (Hazardous Air Pollutants-HAP10), EPA utiliza sustitutos debido a que considera poco práctico establecer normas individuales para cada HAP específico. Los contaminantes HAP son agrupados en tres categorías: mercurio, HAP metálico- sin mercurio (arsénico, berilio, cadmio, cromo, plomo, manganeso, y níquel) y HAP orgánico (POM, dicloruro de etileno, y PCB), debido a que dentro de cada grupo, se tienen características similares y se puede controlar con las mismas técnicas.
- Considera que la emisión de HAP metálico-sin mercurio es parte del MP contenido en la ceniza emitida desde la caldera y existe suficiente correlación entre ambos. Por lo tanto, la misma técnica de control que se utiliza para controlar las cenizas volantes MP controla el HAP metálico-sin mercurio. Menciona que al establecer normas separadas para cada HAP individual, impondría costos significativamente más complejos para el cumplimiento y el seguimiento.
- Para HAP orgánico incluyendo a POM (polycyclic organic matter), selecciona como sustituto al CO. Un nivel alto de CO en las emisiones es un indicador de la combustión incompleta y potencialmente elevadas emisiones de HAP-orgánico. Por lo tanto, consideran que es más fácil y menos costoso para medir y monitorear las emisiones de CO, que medir y monitorear las emisiones de cada HAP orgánico individual.

⁹ Boiler Compliance Requirements for Area Sources, 40 CFR 63 subpart JJJJJ , 40 C.F.R. 63.7500 y 40 C.F.R. 63.7575
<http://www.in.gov/idem/ctap/2426.htm>

Boiler Compliance Requirements for Major Sources, 40 CFR 63, subpart DDDDD 40 C.F.R. 63.7500
<http://www.in.gov/idem/ctap/2427.htm>

¹⁰ EPA considera 187 contaminantes tóxicos para el medio ambiente, que son aquellos que se sabe o se sospecha que causan cáncer u otros efectos graves para la salud, tales como efectos reproductivos, defectos de nacimiento, o efectos ambientales adversos.
<http://www3.epa.gov/airtoxics/orig189.html>



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

- Los valores límites para material particulado (MP) y monóxido de carbono (CO) se resumen en la tabla 1 por estado de combustible y para mercurio¹¹ (Hg) y ácido clorhídrico¹² (HCl) se muestran en la tabla 2.

Tabla 6: Rangos de límites de emisión de CO y NOx para caldera existente y nuevas en EEUU

Tipo de combustible	PM (lb/MMBtu)		CO ppm	
	Existente	Nueva	Existente	Nueva
Gas con Hg mayor a 40 µg/m ³	0,0067	0,0067	130	130
Líquido	0,062 - 0,0079	0,0011-0,013	130	130
Sólido	0,02-0,44	0,0011-0,03	130-2800	130-2400

Tabla 7: Rangos de límites de emisión de Hg y HCl para caldera existente y nuevas

Tipo de combustible	Hg (lb/Tbtu)		HCl (lb/MMBtu)	
	Existente	Nueva	Existente	Nueva
Sólido	5,7	0,8	0,022	0,022
Líquido	2	0,48	0,0011	0,00044
Gas	7,9	7,9	0,0017	0,0017

- Además, en el caso del mercurio y POM procedente de la combustión en calderas a carbón propone una norma MACT¹³.
- La normativa de la EPA indica que las calderas existentes definidas como "Area Source"¹⁴ que utilizan petróleo, biomasa y carbón con una capacidad térmica de diseño mayor o igual a 10 MMBtu/hr (3 MWt) y las calderas existentes denominadas "Major Source"¹⁵ que utilizan gas, petróleo, biomasa y carbón de todos los tamaños, deben realizar una Evaluación Energética por una sola vez, efectuada por un evaluador de energía calificado. Además, indica que la

¹¹ El mercurio existe en tres formas: mercurio elemental, compuestos de mercurio inorgánico (principalmente mercurio cloruro), y compuestos de mercurio orgánico (principalmente metilmercurio). Cada forma presenta diferentes de salud efectos. A largo plazo, la exposición crónica a mercurio elemental en los seres humanos también afecta el SNC, con efectos tales como aumento de la excitabilidad, irritabilidad, timidez excesiva y temblores. El principal efecto de la exposición crónica al mercurio inorgánico son efectos en el riñón. Estudios en animales de reproducción y desarrollo reportan efectos como alteraciones en tejido testicular, el aumento de embrión las tasas de resorción y anomalías de desarrollo. La EPA tiene cloruro de mercurio clasificado como Grupo C, posible carcinógeno humano.

¹² La exposición aguda por inhalación puede causar los ojos, la nariz y la irritación de las vías respiratorias y la inflamación y edema pulmonar en humanos. La exposición oral aguda puede causar la corrosión de las membranas mucosas, el esófago y el estómago y el contacto dérmico puede producir quemaduras graves, ulceración y cicatrización en los seres humanos. (A largo plazo) la exposición ocupacional crónica al ácido clorhídrico se ha reportado que causa gastritis, bronquitis crónica, dermatitis y fotosensibilización en los trabajadores. La exposición prolongada a bajas concentraciones puede causar decoloración dental y erosión. La EPA no ha clasificado el ácido clorhídrico de carcinógeno.

¹³ MACT - Maximum Achievable Control Technology (CFR 40 parte 63), es el programa de Máxima Tecnología de Control Factible y dispone requerimientos sobre control y tasas de emisiones para fuentes existentes que son consideradas fuentes "principales" de uno o más HAP.

¹⁴ Caldera con emisiones totales de Contaminante peligroso del aire (HAP) menor a 25 tpa y calderas con emisión de un solo HAP menor a 10 tpa (Area Source Boiler GACT, 40 CFR 63 Subpart JJJJJ).

¹⁵ Caldera con emisiones totales de Contaminante peligroso del aire (HAP) mayor o igual a 25 tpa y calderas con emisión de un solo HAP mayor o igual a 10 tpa (Major Source Boiler MACT, 40 CFR 63 Subpart DDDDD)



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

instalación que opera bajo un programa de gestión de la energía¹⁶ compatible con la norma ISO 50001 y que incluye a las calderas cumple con la obligación de Evaluación Energética.

1.6 México (2011)

- Con el fin de proteger la calidad del aire la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT, define niveles máximos permisibles de emisión de humo, partículas, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Las regulaciones aplican a fuentes fijas de la industria, comercio y servicios que utilicen equipos de combustión de calentamiento indirecto que utilizan combustibles convencionales o sus mezclas. La normativa distingue tres zonas diferentes: (1) Zonas Críticas (ZC): aquellas en las que por sus condiciones topográficas y meteorológicas se dificulta la dispersión o se registran altas concentraciones de contaminantes a la atmósfera; (2) Resto del País (RP): es toda la extensión territorial nacional excluyendo las Zonas Críticas y (3) Zona del Valle de México (ZVM): es el área metropolitana integrada por las 16 Delegaciones Políticas del Distrito Federal y 18 municipios, según datos de la ONU, en el año 2012 es, la tercera aglomeración humana más poblada.
- No aplica a equipos con capacidad térmica nominal menor a 150 [KW], equipos domésticos de calefacción y calentamiento de agua ni turbinas de gas. Tampoco aplica para el caso en que se utilicen bioenergéticos. Los equipos que utilicen combustibles sólidos son regulados si su potencia es mayor a 30 [MWt] y los valores se resumen en las tablas 3, 4, 5 y 6.

Tabla 8: Rangos de límites de emisión de MP para caldera existente y nuevas en México¹⁷

Combustible	Clasificación	Potencia (MWt)	Partículas [mg/m ³]		
			ZVM	ZC	RP
Líquido	Nueva y existente	1,5 -12	60-75	350	450
		12-30	60	250-300	350-400
Sólido	Nueva	>30	25	50-60	50 -150
	Existente	>30	60	250	350

ZVM: Zona Valle de México; ZC: Zonas críticas; RP: Resto país.

Tabla 9: Rangos de límites de emisión de SO₂ para caldera existente y nuevas en México

Combustible	Clasificación	Potencia (MWt)	SO ₂ (mg/m ³ N)		
			ZVM	ZC	RP
Líquido	Existente	0,15-150	1441	2882	5764
Sólido	Existente	>30	1441	1572	5764
Líquido	Nueva	0,15-30	721	2882	5764
Líquido y sólido	Nueva	>30	79	288	576

ZVM: Zona Valle de México; ZC: Zonas críticas; RP: Resto país.

¹⁶ Programa que incluye un conjunto de prácticas y procedimientos diseñados para gestionar uso de la energía, que se presenta a través de políticas energéticas de las instalaciones, indicadores del rendimiento energético, métodos de medición y seguimiento, metas de ahorro de energía, planes de acción, procedimientos operativos, informes internos y revisión periódica

¹⁷ NOM-085-SEMARNAT-2011, <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6661/1/nom-085-semarnat-2011.pdf>



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Tabla 10: Rangos de límites de emisión de NOx para caldera existente y nuevas en México

Combustible	Clasificación	Potencia (MWt)	NOx [mg/m3]		
			ZVM	ZC	RP
Gaseoso y líquido	Existente y Nueva	1,5 – 12	357	357	705
Gaseoso y líquido	Existente y Nueva	12 – 30	207	207	705
Gaseoso, líquido y sólido	Existente	>30	207	207	705
Gaseoso, líquido y sólido	Nueva	>30	47	207	414

ZVM: Zona Valle de México; ZC: Zonas críticas; RP: Resto país.

Tabla 11: Rangos de límites de emisión de CO para caldera existente y nuevas en México

Combustible	Clasificación	Potencia (MWt)	CO [mg/m3N]		
			ZVM	ZC	RP
Líquido y gaseoso	Existente y nueva	>0,15	456	513	570
Sólido	Existente		456	513	570
Sólido	Nueva		285	342	399

ZVM: Zona Valle de México; ZC: Zonas críticas; RP: Resto país.

1.7 Perú (2009)

- La Norma Técnica establece los requerimientos básicos que se deben tener en cuenta para los estándares de eficiencia térmica y etiquetado de calderas industriales. Esta normativa se utiliza para calderas de uso industrial, no discrimina por tamaño y aplica a fuentes nuevas y existentes, pero sí regula según el estado físico del combustible, tal como se presenta en la tabla 12.

Tabla 12: Límites máximos permisibles para calderas de vapor de uso industrial en Perú¹⁸

Combustible	Partículas sólidas [mg/m3N]	SO2 [mg/m3N]	NOX [mg/m3N]	CO [mg/m3N]
Gaseoso	No define	300	320	100
Líquido	150	1500	600	350
Sólido (Carbón)	150	1500	750	500
Sólido (Bagazo ¹⁹)	150	100-500	750	500

¹⁸ Norma Técnica de Perú NTP 350.302:2009, <http://eaaa.ca/wp-content/uploads/2013/09/NTP-350.302-2009-Eficiencia-Energetica-Calderas-Industriales1.pdf>

¹⁹ Bagazo: Residuo fibroso resultante de la trituración, presión o maceración de frutos, semillas, tallos, etc., para extraerles su jugo, especialmente el de la vid o la caña de azúcar



2 Comparación entre los rangos de concentración utilizados a nivel internacional

- El IFC Grupo del Banco Mundial y la US-EPA establecen límites de emisión para calderas de tamaño mayor a 3 MWt.
- Estados Unidos establece límites de emisión considerando lb/MMbtu por cada tipo de combustible, donde el límite se relaciona con la unidad de masa de contaminante por unidad de tamaño de la caldera.
- Los límites establecidos en la Comunidad Europea se instauran en los 28 países miembros.
- Respecto a los límites de material particulado se puede decir que:
 - En ninguno de los países establece límites de emisión de MP para calderas que utilizan combustible gaseoso, excepto Alemania, para calderas nuevas y existentes de potencia térmica mayor a 10 MWt, donde establece el límite de MP de 5 [mg/m³]
 - Alemania establece límite de emisión para caldera que utiliza combustible líquido en todos los tamaños, siendo el más estricto la comunidad europea y Alemania con 20 [mg/m³] y el más tolerante Perú con 150 [mg/m³].
 - En las calderas que utilizan combustible sólido, los países bajos tiene el límite de emisión más estricto que corresponde a 10 [mg/m³] para calderas nuevas y existentes desde una potencia térmica mayor o igual a 1 MWt, este valor también se solicita para calderas de potencia térmica mayor a 10 MWt en la Confederación Suiza. El límite más tolerante corresponde a 150 [mg/m³] de Austria para caldera existente y Perú para caldera nueva y existente.
 - Tal como muestran las Figura 1, Figura 2, Figura 3 y Figura 4 donde se comparan los límites de material particulado en las diferentes normativas internacionales, clasificadas de acuerdo al tamaño de la caldera y el tipo de combustible utilizado.
- Por otra parte, los límites de óxidos de azufre para calderas que utilizan combustible gaseoso se establece en Alemania, Perú y la Comunidad Europea, siendo este último el más estricto con 35 [mg/m³]. Se constata que el Banco Mundial es el más tolerante para calderas que utilizan combustible líquido y sólido con 2000 [mg/m³] y el más exigente es México con 70 [mg/m³] para calderas nuevas de potencia térmica mayor o igual a 30 MWt. Los límites se establecen en la mayoría de los países para potencias mayores a 1 [MWt] tal como se observan en las Figura 5, Figura 6 y Figura 7.
- La comparación de los límites de óxidos de nitrógeno se presentan en la Figura 8, Figura 9 y Figura 10 para las calderas que utilizan combustibles gaseoso, líquido y sólido respectivamente. El límite más exigente corresponde a México con 47 [mg/m³] para las calderas nuevas de potencias térmicas mayores a 30 [MWt].
- Finalmente, la Figura 11 compara los límites de monóxido de carbono para calderas que utilizan combustible gaseoso, líquido y sólido, que se establecen incluso para calderas de potencias menores a 1 [MWt]. En el caso de la regulación de Alemania considera diferentes



tamaños para regular las calderas y tiene el valor límite más estricto correspondiente a 80 [mg/m³]. El Banco Mundial no propone regulación.

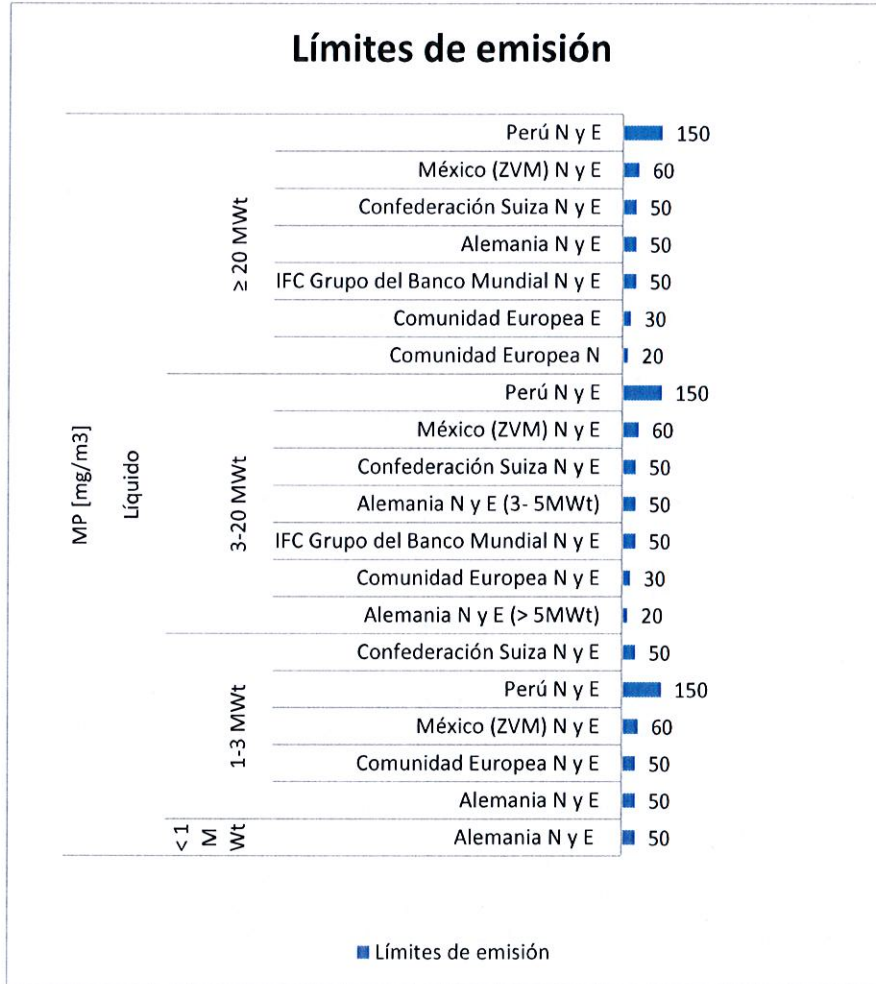


Figura 1: Comparación de límites de emisión de material particulado para calderas que utilizan combustible líquido
 N: Caldera nueva y E: Caldera existente



Ministerio del Medio Ambiente
 División de Calidad del Aire y Cambio Climático
 Departamento de Normas y Políticas

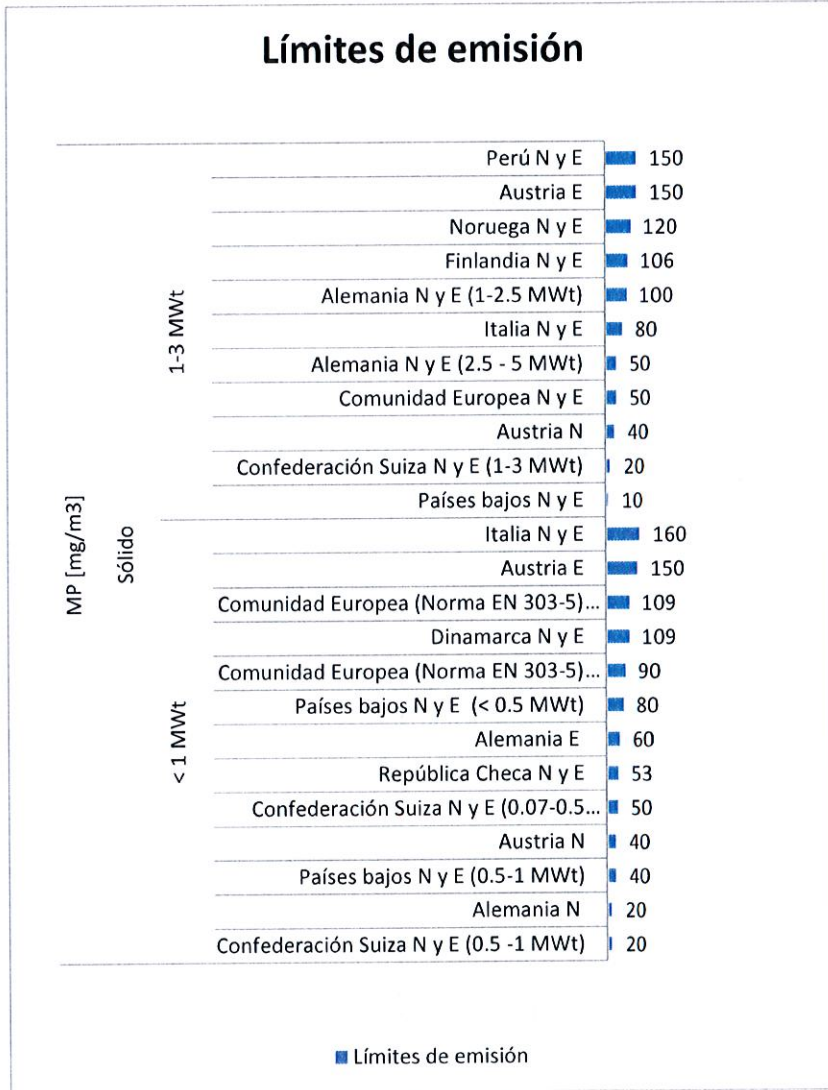


Figura 2: Comparación de límites de emisión de material particulado para calderas que utilizan combustible sólido, rango de potencia menor que 3 MWt

N: Caldera nueva y E: Caldera existente

000208 VTA



Ministerio del Medio Ambiente
Divisi3n de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

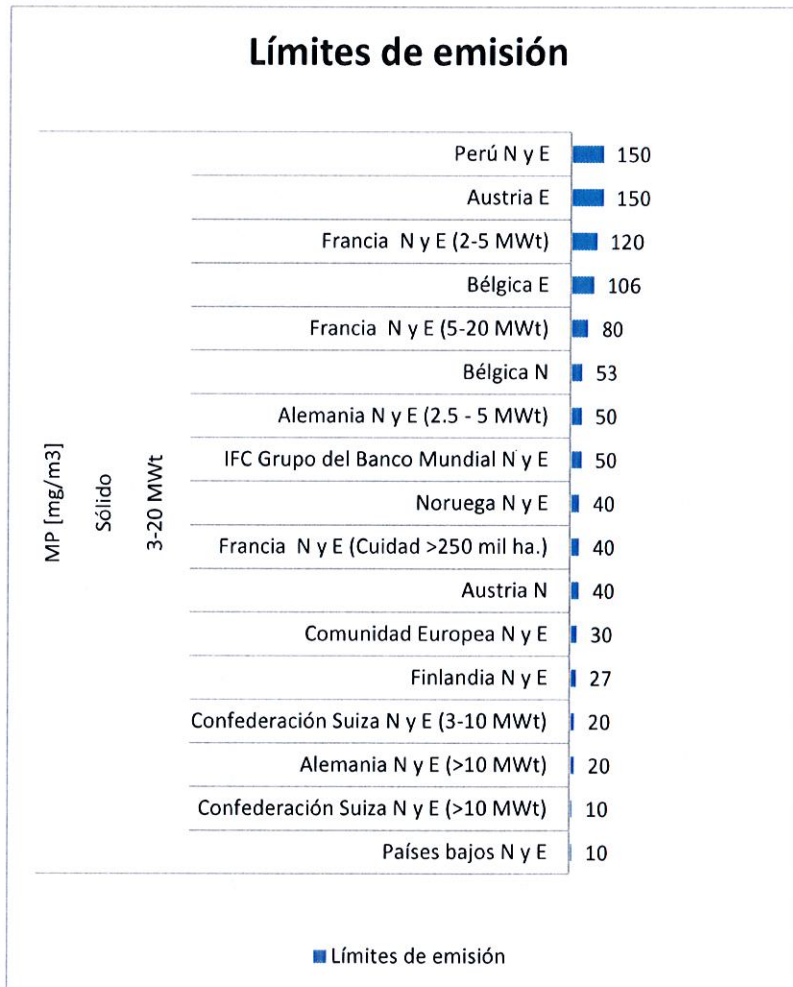


Figura 3: Comparaci3n de límites de emisi3n de material particulado para calderas que utilizan combustible sólido, de potencia mayor o igual a 3 MWt y menor que 20 MWt

N: Caldera nueva y E: Caldera existente



Ministerio del Medio Ambiente
 División de Calidad del Aire y Cambio Climático
 Departamento de Normas y Políticas

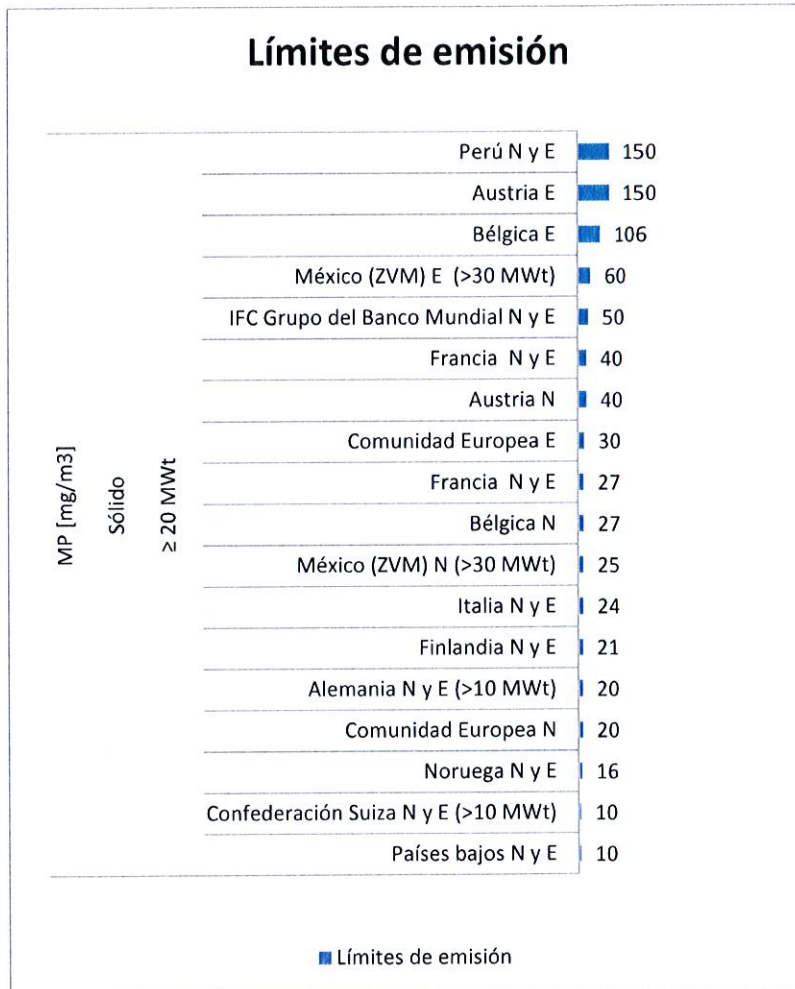


Figura 4: Comparación de límites de emisión de material particulado para calderas que utilizan combustible sólido, de potencia mayor o igual a 20 MWt
 N: Caldera nueva y E: Caldera existente

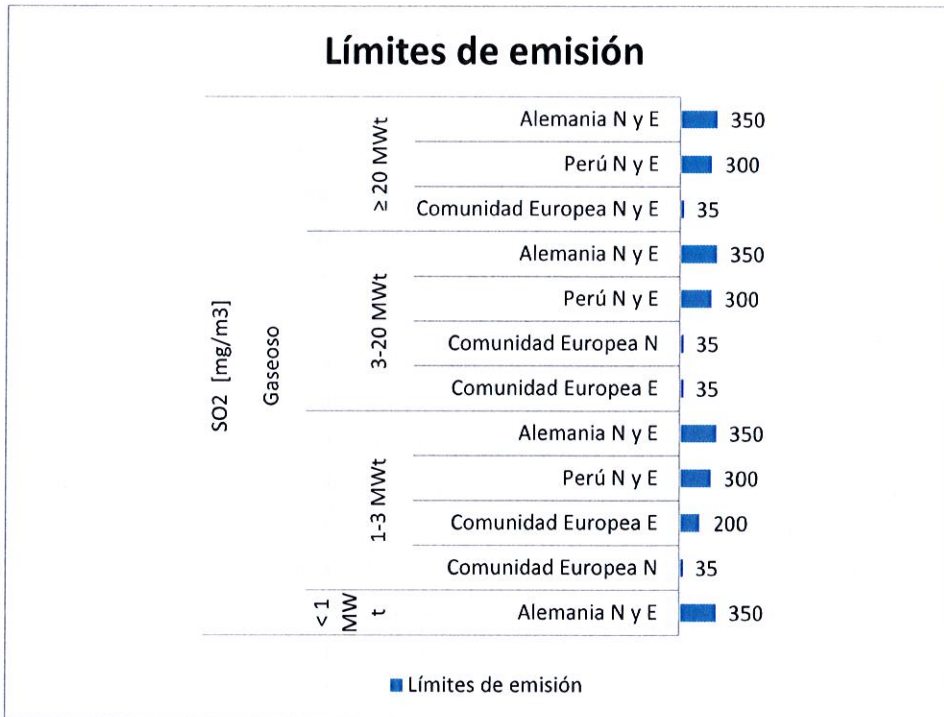


Figura 5: Comparación de límites de emisión de óxidos de azufre (SO₂) para calderas que utilizan combustible gaseoso
N: Caldera nueva y E: Caldera existente



Ministerio del Medio Ambiente
 División de Calidad del Aire y Cambio Climático
 Departamento de Normas y Políticas

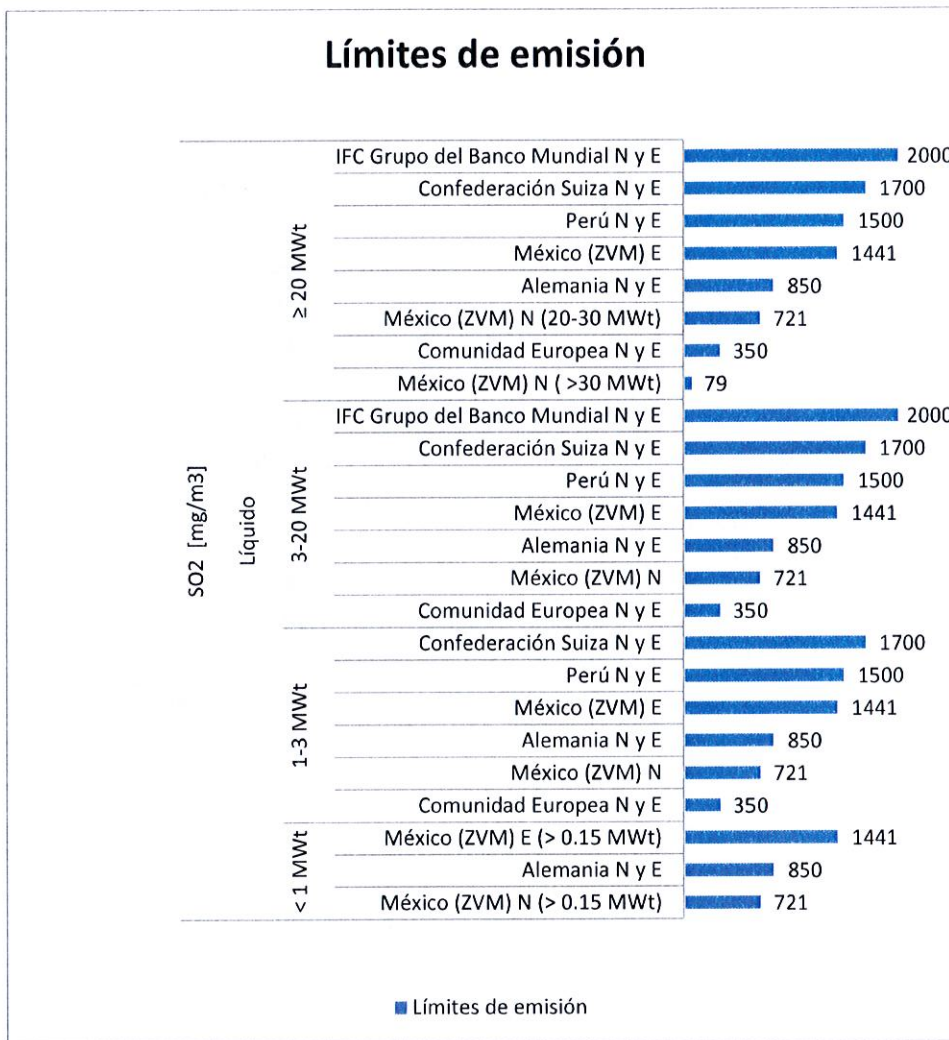


Figura 6: Comparación de límites de emisión de óxidos de azufre (SO₂) para calderas que utilizan combustible líquido
 N: Caldera nueva y E: Caldera existente

039210 VTA

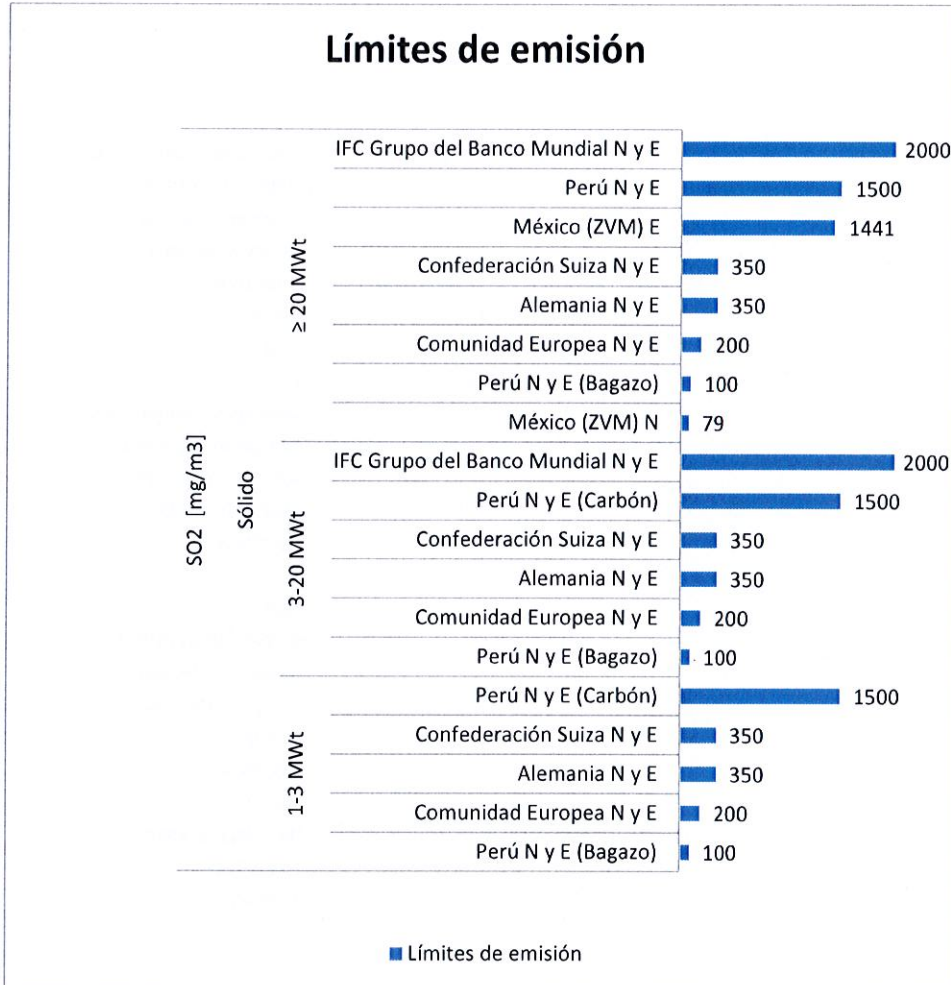


Figura 7: Comparación de límites de emisión de óxidos de azufre (SO₂) para calderas que utilizan combustible sólido
N: Caldera nueva y E: Caldera existente



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

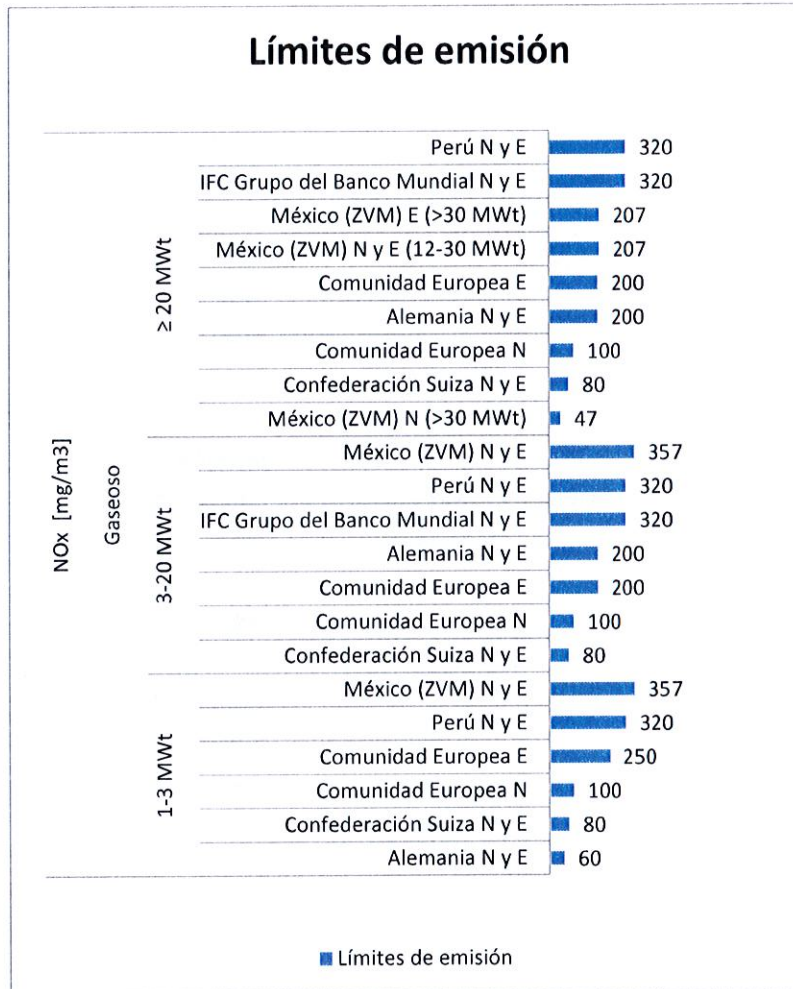


Figura 8: Comparación de límites de emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) para calderas que utilizan combustible gaseoso

N: Caldera nueva y E: Caldera existente

000211 VTA



Ministerio del Medio Ambiente
 División de Calidad del Aire y Cambio Climático
 Departamento de Normas y Políticas

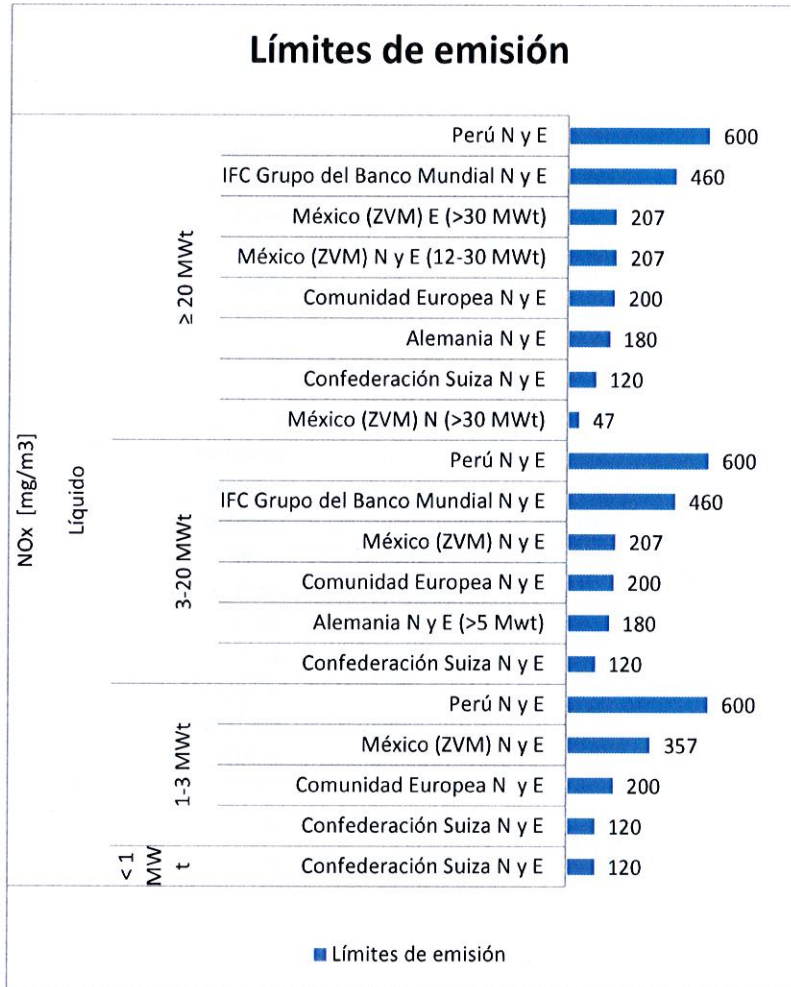


Figura 9: Comparación de límites de emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) para calderas que utilizan combustible líquido

N: Caldera nueva y E: Caldera existente

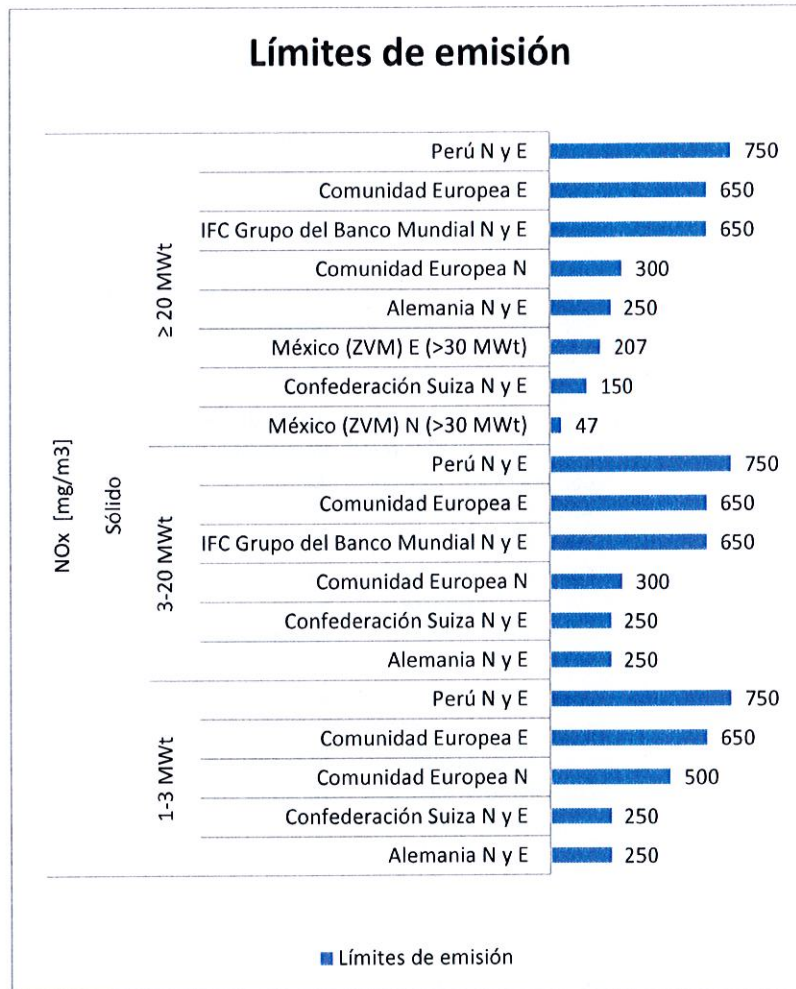


Figura 10: Comparación de límites de emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) para calderas que utilizan combustible sólido

N: Caldera nueva y E: Caldera existente

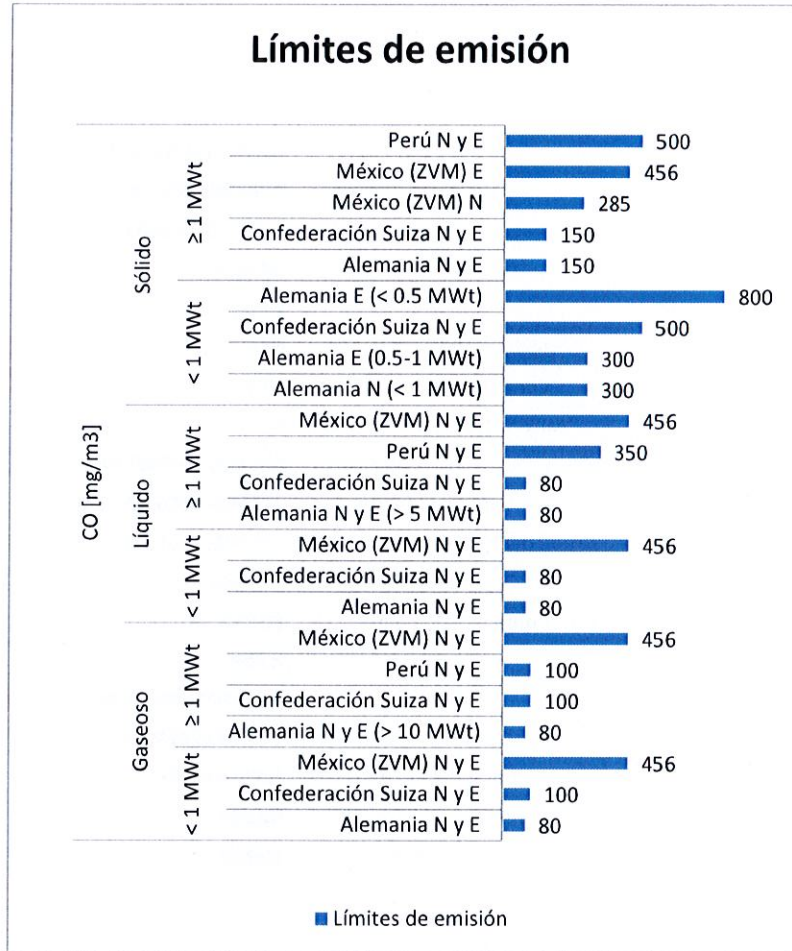


Figura 11: Comparación de límites de emisión de material monóxido de carbono (CO) para calderas que utilizan combustible gaseoso, líquido y sólido

N: Caldera nueva y E: Caldera existente

ANEXO 1: Normativa de Alemania

Extractos de Informe “Revisión y descripción de la normativa de calderas en Alemania”, realizado por Simon Kleinknecht, Universität Stuttgart, 8 de Octubre de 2009.

1. “Primera Ordenanza del Acto Federal de la Contaminación Atmosférica” (1. BImSchV) corresponde a las calderas pequeñas desde 4 KWt y fue actualizada en 2010, con el objetivo de cumplir las directivas de la Unión Europea.

El “primer reglamento del acto federal del control de la contaminación atmosférica” (1.Verordnung BImSchG) fue aprobado en 1988 y fue actualizado parcialmente en 1997 y 2003. A causa del crecimiento del uso de combustibles sólidos sobre todo combustibles de madera (pellets, chips) y con ello las crecientes emisiones de polvo en las ciudades, el Ministerio del medio ambiente de Alemania decidió, en mayo 2009, actualizar esta regulación y cumplir las directivas de la Unión Europea.

La tabla N°2 y tabla N°3 contiene las propuestas para los límites de los contaminantes de la nueva regulación para las calderas pequeñas.

Tabla N°1: Distribución general de las calderas pequeñas

Combustible	Sólido	Líquido	Gaseoso
Rendimiento térmico [MW]	< 1	< 5	< 10

Tabla N°2: Límites para calderas pequeñas de combustibles sólidos

Combustible	Tipo de Combustible	Tamaño [kW]	O2 [%]	Polvo [mg/m3]	CO [g/m3]
Nivel 1: Instalaciones existentes	Carbón Mineral	> 4 – 500	13	90	1,0
		> 500	13	90	0,5
	Madera no tratada, paja u otros productos vegetal	> 4 – 500	13	100	1,0
		> 500	13	100	0,5
	Pellets	> 4 – 500	13	60	0,8
		> 500	13	60	0,5
	Madera tratada	> 50 – 100	13	100	0,8
		100 – 500	13	100	0,5
		> 500	13	100	0,3
Nivel 2: Instalaciones después de 31.12.2014	Carbón Mineral, madera no tratada, paja u otros productos vegetales, pellets	> 4	13	20	0,4
		> 50 – 500	13	20	0,4
	Madera tratada	> 500	13	20	0,3



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Tabla N°3: Límites para calderas pequeñas de combustibles líquidos/gaseosos

Combustible		Tamaño [kW]	O ₂ [%]	CO [mg/m ³]	NO _x [mg/kWh]	Pérdida de calor [%]
Líquidos	Fuel-oil	< 120	13	-	100	-
		120 - 400	13	-	120	-
		400 - 1000	13	-	160	-
		103 - 2000	3	80	140	-
	Otros	1000 - 2000	3	80	180 - 250 1)	-
Gaseosos	Gas natural	< 120	13	-	60	-
		120 - 400	13	-	80	-
		400 - 1000	13	-	120	-
		1000 - 2000	3	80	100 - 150 1)	-
	Otros	> 1000	3	80	200	-
Todos		4 - 25	13		-	11
		25 - 50	13		-	10
		> 50	13		-	9

¹⁾ depende de la temperatura de la combustión

2. “Instrucción Técnica de la Conservación de Calidad de Aire” (TA Luft), cuya última actualización que fue el año 2002,) aplica a calderas medianas (menor a 50 [MW]).

La “Instrucción técnica de la conservación de calidad de aire” (TA Luft). La primera versión es del año 1964 y fue actualizada varias veces. Además la Unión Europea la utilizó para elaborar sus primeras directivas para los miembros de la Unión Europea.

Se actualizó el año 2002 la “TA Luft” debido a que adaptó la directiva 2001 de la EU. El alcance de esta regulación son las calderas medianas con las siguientes propiedades y emisiones:

Tabla N°4: Distribución general de las calderas medianas

Combustible	Sólido	Líquido	Gaseoso
Rendimiento térmico [MW]	1 < x < 50	5 < x < 50	10 < x < 100
Contaminantes reguladas	Polvo, CO, NO _x , SO _x , COV	Polvo, CO, NO _x , SO _x	Polvo, CO, NO _x , SO _x

La Tabla N°5 contiene la información sobre los límites de emisiones de las calderas medianas con respecto a los diferentes combustibles y está en la subsiguiente página.

1000214

Tabla Nº5: Límites de Emisión de calderas medianas

Combustible	Tipo de Combustible	Tamaño [MW]	O ₂ %	Polvo [mg/m ³]	CO [mg/m ³]	NO _x [mg/m ³]	SO _x [g/m ³]	COV [mg/m ³]	
Sólidos	Lecho fluidizado	< 2,5	7	100	150 ¹⁾	300 ²⁾	0,35	-	
		2,5 - 5	7	50	150	300 ²⁾	0,35	-	
		5 - 10	7	20	150	300 ²⁾	0,35	-	
		> 10	7	20	150	300 ²⁾	0,35	-	
	Carbón mineral	< 2,5	7	7	100	150 ¹⁾	500	1,0 ³⁾	-
		2,5 - 5	7	7	50	150	500	1,0 ³⁾	-
		5 - 10	7	7	20	150	500	1,0 ³⁾	-
		> 10	7	7	20	150	400	1,0 ³⁾	-
	Madera no tratada	< 2,5	11	11	100	150 ¹⁾	250	1,0	10
		2,5 - 5	11	11	50	150	250	1,0	10
		5 - 10	11	11	20	150	250	1,0	10
		> 10	11	11	20	150	250	1,0	10
Líquidos y Gaseosos	Paja u otros productos vegetal	< 1	11	50	250 ¹⁾	500	-	-	
		> 1	11	20	250 ¹⁾	400	-	-	
	Fuel-oil	< 50	3	1 ⁴⁾	80	180 - 250 ⁵⁾	0,85	-	
		< 50	3	1 ⁴⁾	80	350	0,85	-	
Metanol, Etanol, Aceite vegetal	< 50	3	3	50	80	350	0,85	-	
	Otros	< 50	3	50	80	350	0,85	-	

000214 VTA

Gas natural de red pública	< 50	3	5	50	100 – 150	10	-
Gas licuado	< 50	3	5	80	200	5	-
Gas de refinería de petróleo	< 50	3	5		200	50	-
Biogás	< 50	3	5	80	200	0,35	-
Hidrógeno ⁶⁾			5	80	200	0,35	-
Otros	< 50	3	10	80	200	0,35	-

¹⁾ Sólo válido en funcionamiento de carga nominal menos de 2,5 MW

²⁾ Emisiones de NO₂ no deben superar 0,15 g/m³ para combustible de carbón mineral

³⁾ Emisiones de SO₂ no deben superar 0,13 g/m³ para combustible de hulla

⁴⁾ La cifra de hollín es una medida de la concentración de polvo en las emisiones y devuelve información sobre la calidad de la combustión. Se obtiene mediante la aspiración de un volumen definido a través de un papel filtrante normalizado y a través de la comparación con una escala o mediante la determinación fotométrica de la densidad óptica. La cifra de hollín Rz = 1 equivale a una concentración de hollín de 60-100 µg/m³ y la disminución de 10% de la capacidad óptica de reflexión aumenta la cifra de hollín en 1 – DIN 51402 de Octubre 1986.

⁵⁾ Depende de la temperatura de la combustión – TA Luft 5.4.1.2.2., Stickstoffoxide a)

⁶⁾ La caldera es proveída por un tanque con hidrógeno. Dentro de la caldera el hidrógeno y el aire serán mezclados y encendidos y con que la caldera produce calor y vapor de agua.