

**De:** [Cristian Araneda Oyaneder](#)  
**A:** [normatermoelectricas](#)  
**Cc:** [Daniel Gordon Adam](#)  
**Asunto:** Antecedentes para la revisión de la Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas (DS N°13/11 del MMA)  
**Fecha:** jueves, 30 de abril de 2020 12:20:43  
**Archivos adjuntos:** [image001.png](#)  
[image003.png](#)  
[Antecedentes Revisión DS 13 Colbun.pdf](#)


---

Estimados, de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N°130 del Ministerio de Medio Ambiente y en particular lo indicado en el Resuelvo 4° de dicha resolución, se adjuntan los antecedentes que desde el punto de vista de Colbún S.A. son los elementos clave en la revisión de la Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas (DS N°13/2011 del MMA).

Se adjuntan antecedentes respecto del contexto del país y como éste irá modificando la operación del sistema eléctrico, en particular como cambiaría forma de operar del parque termoeléctrico existente y su efecto en el cumplimiento de la normativa de emisiones atmosféricas.

Quedamos disponibles para participar en éste proceso de revisión y ampliar los antecedentes entregados. Agradeceremos confirmar la recepción de éste documento.

Saludos

Cristian Araneda Oyaneder  
Jefe Gestion Ambiental Termoeléctrica y Transmisión  
Gerencia de Medio Ambiente  
Avda Apoquindo, 4775, piso 14, Las Condes  


---

Este correo es dirigido solo a las personas que aparecen como destinatarios y puede contener información confidencial o privilegiada. Si usted recibió este correo por error, por favor notificar inmediatamente al emisor y elimine el correo original. Cualquier otro uso de este correo está prohibido.

This message is for the designated recipient only and may contain privileged or confidential information. If you have received it in error, please notify the sender immediately and delete the original. Any other use of the email is prohibited.

**ANTECEDENTES PROCESO REVISIÓN D.S. 13/2011,  
DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, NORMA DE  
EMISIÓN DE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS**



**ABRIL 2020**

---

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. OBJETIVO.....	1
2. ANTECEDENTES APLICABLES A CENTRALES TÉRMICAS DE CARBÓN .....	2
3. ANTECEDENTES APLICABLES A CENTRALES CON TURBINAS DE GAS.....	7
4. ANTECEDENTES SOBRE LÍMITES Y EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO.....	10
5. ANTECEDENTES SOBRE MONITOREO DE EMISIONES .....	11
6. ANTECEDENTES SOBRE REPORTABILIDAD DE EMISIONES .....	12

## 1. OBJETIVO

El presente documento tiene como objeto entregar antecedentes por parte de Colbún para el proceso de revisión del D.S. 13/2011, del Ministerio del Medio Ambiente (DS13), que establece norma de emisión para centrales termoeléctricas, iniciado por Resolución Exenta N° 130 del 2 de febrero de 2020, del Ministerio del Medio Ambiente (Publicada en Diario Oficial de 26 de febrero de 2020).

Los antecedentes entregados por Colbún en este documento tienen su fundamento en los siguientes aspectos principales:

- El escenario actual y proyectado del sistema eléctrico, donde **la penetración de generación eléctrica de origen renovable de fuente variable** es cada vez más importante, **ha provocado que en el corto plazo y mediano plazo se modifique el rol que juega la generación térmica en el mix eléctrico**, tanto en lo referente a su proporción en la electricidad generada a nivel país, como en el modo de operación de las centrales térmicas, donde ya es un hecho el incremento sustancial del funcionamiento a cargas medias y bajas, como la frecuencia de arranques y detenciones. Estos aspectos influyen directamente en las emisiones que se producen y, por tanto, requieren de un tratamiento acorde a esta realidad en la normativa que regule sus emisiones.
- **El contexto de sequía extrema que hoy en día afecta a gran parte de nuestro país y que impacta, no sólo en la proporción de energía generada**, sino que especialmente en la capacidad que tenía esa fuente de energía de regular y por lo tanto suplir los requerimientos de energía cuando no estén disponibles las fuentes de tipo variable, esta situación también obligará a una mayor variación en la operación de las centrales termoeléctricas.
- **Reconocer experiencia en la aplicación del DS 13 vigente y las reducciones en las emisiones** de los parámetros que son los que hoy en día generan superaciones en sus respectivas normas de calidad (MP y SO<sub>2</sub>). Por otra parte, analizar los avances a nivel internacional sobre la implementación de normativas de emisiones atmosféricas de centrales termoeléctricas, especialmente **considerando no sólo los límites de emisión, sino que las particularidades de cada límite**: base cumplimiento (anual, mensual, diario, horario), horas en régimen, horas sobre un porcentaje de la carga base (carga variable), horas anuales de operación (operación respaldo), entre otros.
- **Considerar en el análisis la herramienta de los Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA)**, que ha demostrado ser exitosa en la reducción de emisiones sitio-específicas, para aquellas zonas del país donde los niveles de calidad del aire están superando los valores establecidos en la normativa.
- **Incorporar en la revisión el Plan de Descarbonización de la matriz energética** impulsado por el Gobierno de Chile, implica limitar la vida útil de ciertas centrales termoeléctricas de carbón, y proceder a su cierre en un horizonte de tiempo acordado.

## 2. ANTECEDENTES APLICABLES A CENTRALES TÉRMICAS DE CARBÓN

El D.S.13 indica en el último párrafo de su artículo 5 lo siguiente:

*“Sin perjuicio de los plazos señalados, en la primera revisión de la norma que se realice de conformidad al inciso 4º, del artículo 32, de la ley Nº 19.300, se analizará la factibilidad de establecer un plazo para que las fuentes existentes se ajusten a los valores límites dispuestos para las fuentes nuevas”*

Respecto a lo anterior, indicar los siguientes antecedentes en relación con las centrales termoeléctricas de carbón:

- El nuevo contexto del sistema eléctrico debe considerar el complemento existente entre la generación térmica con las energías renovables en esta etapa de transición energética, es indudable el hecho que se requerirá del funcionamiento del parque termoeléctrico a cargas medias y bajas, como también un aumento en la frecuencia de arranques y detenciones, lo anterior con el objeto de suplir la demanda eléctrica en los bloques horarios en las que las energías renovables de fuente variable no son capaces de cubrir. Esta situación se vuelve aún más crítica en la situación de sequía extrema, en donde las fuentes de energía hidroeléctrica no son capaces de suplir la demanda en los bloques horarios más críticos y por lo tanto requerirá que el parque térmico opere de forma aún más variable.

De acuerdo con nuestras proyecciones para los próximos 6 años, nuestra operación a carbón verá reducida su potencia media de despacho del orden del 20%, con un aumento de las horas en mínimo técnico del orden del 35%, lo cual traerá efectos en las emisiones, debido a que las centrales a carbón tienen su mejor desempeño ambiental, a su máxima capacidad (carga base). Esta situación debe ser considerada en la regulación, ya que las centrales de esta tecnología deberán soportar este tipo de escenarios para lo cual no fue diseñada.

En relación con este asunto, es importante señalar que a nivel internacional la definición de mejores técnicas disponibles, a los efectos de protección del medio ambiente, considera que éstas deben ser tal que puedan aplicarse en condiciones económica y técnicamente viables, de acuerdo al contexto de cada país, tomando en consideración los costos y los beneficios<sup>1</sup>.

- La aplicación de los valores límites para centrales de carbón existentes indicados en el D.S 13 vigente ha permitido alcanzar estándares de emisión en estas centrales que mantienen sus emisiones en niveles que a nivel internacional se consideran adecuados.

En particular, los niveles de emisión de MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> establecidos en el D.S. 13 para instalaciones de carbón existentes son prácticamente iguales a los estándares de emisión definidos por el Banco Mundial en sus Guías de Medio Ambiente, Salud y Seguridad, que contienen ejemplos y referencias de la buena práctica internacional para el desarrollo de nuevos

<sup>1</sup> Directiva Europea 2010/75/UE, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).

proyectos<sup>2</sup>. El D.S. 13/2011 establece valores límites para instalaciones existentes de carbón son similares a los requeridos por el Banco Mundial para proyectos nuevos de centrales a carbón<sup>3</sup>.

Al realizar la comparación normativa a nivel internacional para emisiones atmosféricas de centrales termoeléctricas, es necesario considerar no sólo los límites de emisión, sino que las particularidades de cada límite: base cumplimiento (anual, mensual, diario, horario), horas en régimen, horas sobre un porcentaje de la carga base (carga variable), horas anuales de operación (operación respaldo), entre otros.

El contar con límites asociados a criterios particulares, permitiría contar con una normativa flexible que hace posible adaptarse a la operación con cargas variables (incorporación de renovables de fuente variable y condición de sequía extrema), reconoce la operación de unidades de respaldo, entre otras características de la normativa comparada.

- Para aquellas zonas del país donde los niveles de calidad del aire están superando los valores establecidos en la normativa, se están implementando los correspondientes Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA). Estos exigen reducción de emisiones a las fuentes emisoras insertas en el ámbito territorial de aplicación de cada PPDA.

Este mecanismo permite, en caso necesario, reducir aún más las emisiones de las Centrales para contribuir a lograr el objetivo del PPDA, que es situar en un plazo determinado los niveles de calidad del aire de la zona bajo las normas de calidad del aire. En este contexto, ejemplo claro de ello es el PPDA para las comunas del Concepción Metropolitano, que establece para para las centrales termoeléctricas de carbón existentes un valor límite de MP de 30 mg/Nm<sup>3</sup> a cumplir en 12 meses desde su publicación, siendo este valor el mismo que el D.S. 13 indica para instalaciones nuevas que usen combustibles sólidos.

Esta forma de aproximación es también incorporada por el Banco Mundial, donde entrega como referencia de valores máximos de emisión niveles más reducidos para centrales de carbón en caso de que el proyecto se ubique en zonas latentes o saturadas.

En el marco de lo indicado anteriormente, se considera necesario la discusión y evaluación de los siguientes puntos en el proceso de revisión del D.S. 13 respecto a los límites de emisión de centrales de carbón existentes:

- Analizar los resultados de la aplicación de la actual norma de emisión en cuanto a reducción de emisiones de las centrales existentes, especialmente considerando la normativa comparada con países similares al nuestro y las guías del Banco Mundial.

---

<sup>2</sup> Environmental, Health, and Safety Guidelines for Thermal Power Plants, IFC. World Bank. Draft, 2017.

<sup>3</sup> Con la diferencia que los valores del D.S. 13/2011 están referidos a Nm<sup>3</sup> (298 K) y los del Banco Mundial a Nm<sup>3</sup> (273 K).

- Incorporar mecanismos de flexibilidad o excepciones, considerando los escenarios de operación que existirán en los próximos años debido al aumento en el ingreso de energía renovables de fuente variable y el contexto de sequía extrema, lo que traerá como consecuencia que las unidades de carbón reduzcan significativamente su potencia media de despacho y aumenten drásticamente sus horas de operación a mínimo técnico, con el consecuente efecto en sus emisiones.
- Considerar la herramienta de los PPDA, para articular mayores restricciones a parámetros específicos en consistencia con la situación de calidad del aire de cada territorio en Chile, y con esto evaluar requerimientos de mayor exigencia en cuanto a niveles de emisión focalizados para el contaminante o contaminantes que motivan la implementación de cada PPDA.
- Considerar criterios de gradualidad y el contexto del Plan de Descarbonización, teniendo a la vista las inversiones realizadas por el sector de generación térmico para el cumplimiento de los actuales límites de emisión de la norma y el monitoreo continuo de sus emisiones, especialmente aquellas unidades más nuevas y de mejor tecnología.

El D.S. 13/2011 en su artículo 4 cita lo siguiente:

*“En relación al Níquel y Vanadio, y sin perjuicio de la obligación para las fuentes emisoras de reportar sus emisiones establecida en la presente norma, los valores límites de emisión para estos metales se establecerán en la primera revisión de la norma que se realice de conformidad al inciso 4º del artículo 32 de la ley N° 19.300”.*

Respecto a lo anterior, es relevante indicar los siguientes antecedentes en relación con las centrales termoeléctricas a carbón:

- El D.S. 13 establece un mismo límite de emisión al aire para carbón y/o petcoke, así como la obligación de reportar los contenidos de Níquel (Ni) y Vanadio (V) en el carbón y/o petcoke ocupados por la instalación.

El carbón y el petcoke son combustibles sólidos, pero que en su composición de elementos traza presentan diferencias muy significativas. El cuadro siguiente entrega una comparativa al respecto entre ambos combustibles<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Trace element emissions, Copyright © IEA Coal Research 2000

Element	Coal	Oil*	Petroleum coke†	Paper sludge	municipal sewage sludge‡	waste wood	biomass mix§
As	2.6	0.02	1.1	3.2	8.4	10.0	2.3
B	55	0.3					
Ba	186	4.0	21.0	347	526	665	34
Be	0.97						
Cd	0.10	0.2	0.2	0.53	3.79	1.40	0.70
Co	4.6	3.0	1.4	4.4	8.7	5.9	2.2
Cr	17	3.0	18	18	113	78	26
Cs	0.93	0.05					
Cu	10	2.5	1.8	98	406	135	57
Ge	1.5	0.1					
Hf	1.1	0.05					
Hg	0.11	0.01	0.02	0.24	3.28	0.17	0.06
La	8.7	0.02					
Mn	41	2.5	5.7	63	546	92	157
Mo	1.8	0.25	7.2	7.0	9.5	6.4	3.9
Ni	12	120	278.6	10	83	31	16
Pb	6.7	2.0	2.1	31	260	574	16
Rb	8.5	2.0					
Sb	0.51	0.02	0.6	1.2	4.1	16.0	1.6
Sc	2.9	0.01					
Se	1.8	1.0	0.4	0.3	2.4	4.8	2.1
Sn	1.4	0.002	0.6	6.2	38	6.4	1.3
V	24	180	1560	5	24	10	6
Zn	19	4.0	7.0	464	1349	807	133
Calorific value (MJ/kg, ar)	24.40	32.0	3.50	10.98	13.14	11.86	

\* from Meij and Pilage (1994)  
† from Meij (1999)  
‡ data on sewage sludge are limited but indications are that the mercury concentration is decreasing as mercury waste materials (dental wastes, broken thermometers and so on) are no longer disposed of down drains  
§ biomass mix comprises green wood, garden waste, straw, roadside grass and manure

Según se aprecia en el cuadro anterior, en particular respecto a Ni y V, la presencia de estos elementos es mucho más relevante en el caso de petcoke que en el carbón, ello asociado al origen del petróleo y a la concentración de estos durante el proceso de refinación del crudo en sus productos más pesados como el petcoke.

En particular, el contenido en Ni y V en carbones se encuentra en un rango promedio de 0,5 a 50 y 2 a 100 ppm respectivamente, lo que es muy inferior a las cantidades presentes en el petcoke<sup>5</sup>.

- El Ni y V son elementos químicos que durante el proceso de combustión del carbón permanecen en las cenizas y escorias, tendiendo a concentrarse mayormente en las cenizas más finas, sin que se volatilicen para formar parte de los gases de combustión (a diferencia de lo que ocurre con el mercurio (Hg) que sí presenta formas químicas volátiles).

El hecho de que estos elementos estén asociados al material particulado hace que su mitigación en las emisiones esté vinculada al abatimiento de material particulado en sistemas como precipitadores electrostáticos.

A modo de ejemplo de lo anterior, se puede indicar que el % de abatimiento de las emisiones de Ni y V en precipitadores electrostáticos se estima en 96% y 98% respectivamente y de más del 99% para ambos elementos en sistemas FGD<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Trace element emissions from coal, Copyright © IEA Clean Coal Centre, 2012.

<sup>6</sup> Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, Comisión Europea, 2017.



Por estos motivos, es que se consideran a dichos sistemas de abatimiento como las mejores técnicas disponibles para evitar las emisiones al aire de estos elementos que están vinculados al material particulado (cenizas)<sup>7</sup>.

- A nivel internacional es prácticamente inexistente la normativa específica sobre emisiones de los metales Ni y V en centrales de carbón y en los casos en los que existe, como por ejemplo en USA<sup>8</sup> para Ni, esta normativa entrega como opción el cumplir con un límite particular de emisión de material particulado o cumplir con límite específico del metal. Ello está vinculado a lo anteriormente indicado de que el Ni y el V permanecen asociados al material particulado si pasar a fase gas o vapor en los gases de combustión.

En base a lo expuesto anteriormente, se entregan las siguientes recomendaciones para su evaluación en el proceso de revisión del D.S. 13 respecto al posible establecimiento de límites de emisión para Ni y V:

- Tener en cuenta las significativas diferencias que existen entre el carbón y el petcoke en lo relativo al contenido de Ni y V y a la potencial emisión de estos elementos en su combustión, de modo que sean estudiados como combustibles diferentes a la hora de establecer posibles requerimientos relativos a limitaciones de emisiones.
- Considerar que los contenidos de Ni y V en el carbón son mucho menores que en el petcoke, y que estos componentes permanecen vinculados a las cenizas y al material particulado generado durante la combustión, sin que pasen a formar parte de los gases de combustión por volatilización.

El establecimiento de límites de emisión para material particulado lleva implícito por ende limitar las emisiones de Ni y V. Por ello, desde esta perspectiva no sería necesario fijar adicionalmente límites particulares para estos dos elementos en el caso de combustión del carbón, criterio que por ejemplo se aplica tanto en Europa como en USA. Ello más aun teniendo en cuenta que la presencia de Ni y V en el carbón es muy reducida, y que las centrales tienen implementados sistemas de abatimiento de alta eficiencia para cumplir los límites de emisión vigentes para MP y SO<sub>2</sub> que logran un abatimiento superior al 99 % en emisiones de Ni y V.

Por último, se debe tener en consideración el Plan de Descarbonización, el que tiene como objetivo el cierre de todas las centrales térmicas a carbón al año 2040, lo que limita la vida útil de estas centrales, por lo tanto, es importante considerar mecanismos alternativos de cumplimiento, tales como mecanismos de flexibilidad o excepciones al cumplimiento de límites para instalaciones existentes que tienen definido su cierre y cuyo régimen de funcionamiento es limitado. A modo de ejemplo, puede citarse el caso europeo<sup>9</sup>, donde se exige del cumplimiento de nuevos límites de emisión a centrales

<sup>7</sup> Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, Comisión Europea, 2017.

<sup>8</sup> 40 CFR Part 63: National emission standards for hazardous air pollutants for source categories: Subpart UUUUU - National emission standards for hazardous air pollutants: Coal and Oil-Fired electric utility steam generating units.

<sup>9</sup> Directiva Europea 2010/75/UE, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).

térmicas existentes que habiendo comprometido una fecha de cierre determinada no funcionen más de un determinado número horas hasta el fin de su vida útil.

Por otra parte, existe la posibilidad de que en algún momento pueda ser necesario evaluar, en función de la situación energética del país, la reconversión de centrales de carbón a centrales de gas natural. En este escenario, los límites vigentes del D.S. 13, tanto para instalaciones existentes como nuevas, en el caso de combustión de gas para NOx (50 mgNm<sup>3</sup>, 3 % O<sub>2</sub> seco) pudieran dificultar la factibilidad de estas reconversiones; debido a limitaciones tecnológicas para ser cumplidos por las calderas de carbón reconvertidas y/o la necesidad de acometer inversiones muy significativas en medidas secundarias de abatimiento de NOx.

Este asunto pudiera ser tenido en consideración en proceso de revisión de D.S. 13/2011 de modo que se evaluara la posibilidad de establecer límites de NOx para centrales de carbón existentes reconvertidas a gas que, siendo lo más reducidos posibles, sean alcanzables con medidas primarias de abatimiento (quemadores Low NOx) sin tener que recurrir a medidas secundarias cuya inversión pudiera hacer inviable la reconversión. En relación con esto, indicar que los niveles de emisión asociados a la utilización de las mejores técnicas disponibles para centrales de gas existentes se ubican en el rango 85-110 mg/Nm<sup>3</sup> (3 % O<sub>2</sub> seco), valores que podrían ser una referencia<sup>10</sup>.

### 3. ANTECEDENTES APLICABLES A CENTRALES CON TURBINAS DE GAS

En este apartado se hace referencia a dos tipos de aplicaciones de las turbinas de gas en sistemas eléctricos no aislados:

- Turbinas de gas en ciclo abierto, cuyo funcionamiento principal es de respaldo del sistema eléctrico y para cobertura de peaks de la demanda del sistema. Las turbinas de gas permiten entregar estas prestaciones por su alta capacidad para lograr un arranque muy rápido en frío y por alcanzar en tiempos muy cortos el valor de potencia deseado. En esta aplicación, las turbinas de gas suelen operar un número muy limitado de horas al año y a cargas variables, lo que depende del requerimiento que exija el sistema eléctrico como respaldo o para cubrir un peak de demanda.
- Turbinas de gas en ciclo combinado. Este caso la turbina de gas, que suele ser de mayor tamaño que las ocupadas para funcionamiento en ciclo abierto, forma parte de un sistema que combina turbina-caldera recuperadora de calor-turbina de vapor, lo que le permite alcanzar un alto rendimiento eléctrico. Estas instalaciones están diseñadas inicialmente para operar un número significativo de horas al año (típicamente más de 5.000-6.000 horas/año) a carga alta-media.

En ambas aplicaciones, el combustible ocupado para operación en condiciones normales es gas natural, aunque es frecuente tengan la posibilidad de funcionar con gasóleo (diésel) para poder entregar

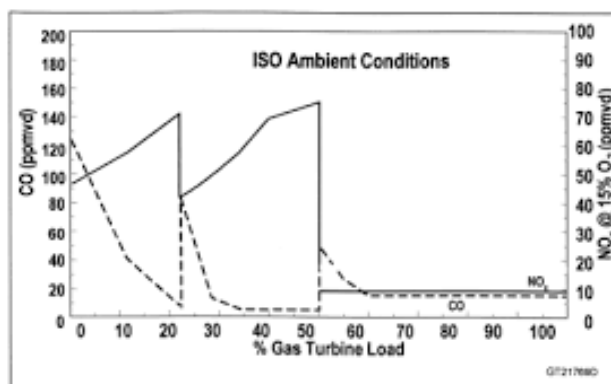
---

<sup>10</sup> Decisión de la Unión Europea, de 31 de julio de 2017, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) para las grandes instalaciones de combustión.

electricidad ante un requerimiento por necesidad del sistema eléctrico en el evento de falla en el suministro de gas natural. El funcionamiento con gasóleo es, por tanto, muy puntual y limitado a condiciones de emergencia.

En relación con las aplicaciones anteriores de turbinas de gas, sus emisiones y lo establecido en el D.S. 13 vigente, se indica lo siguiente:

- Las turbinas de gas existentes, por su propio diseño tecnológico, presentan un comportamiento particular en lo referente a la formación de NOx durante la combustión y la carga de operación. La concentración de NOx mantiene emisiones más elevadas a bajas cargas hasta llegar a punto (aprox 50-60 % de la carga base) donde la formación de NOx se reduce y se alcanzan valores más bajos y estables. Un ejemplo referencial al respecto se muestra en la Figura siguiente.



Las nuevas turbinas de gas han evolucionado tecnológicamente para minimizar o evitar este problema y mantener concentraciones bajas de NOx a cualquier carga. e incluso para algunos modelos de turbinas existentes es posible hacer retrofit para solucionar esta situación. Sin embargo, esto no está disponible para todos los modelos de turbinas de gas.

El hecho anterior dificulta el cumplimiento del valor límite del D.S. 13 vigente para turbinas de gas natural de NOx (50 mg/Nm<sup>3</sup>, 15 % O<sub>2</sub> seco) en el caso que sea frecuente la operación de la turbina en un rango de carga menor al 60-70 %.

Si bien el D.S. 13 para la evaluación del cumplimiento de este límite de NOx determina que se considera cumplimiento en caso de que el 70 % de las horas de funcionamiento estén bajo el valor límite, ello podría no ser suficiente para asegurar el cumplimiento si la carga de operación de la turbina durante más del 30 % de las horas del año se sitúa bajo el 60-70 % de su carga nominal.

- Las turbinas de gas en aplicaciones de ciclo abierto, en el muy limitado número de horas que operan, es frecuente que lo hagan en un rango de carga bajo el 50 %.

Ello tiene su efecto en lo referente a la magnitud de la concentración de las emisiones de NOx durante su periodo de funcionamiento. Este aspecto ha sido tenido en cuenta en la normativa internacional. En particular, para las turbinas de gas que operan en ciclo abierto se establece por ejemplo en la norma europea que el límite de NOx sólo debe cumplirse para carga por encima de 70% o a la carga equivalente a partir de la cual el funcionamiento de sus quemadores de bajo NOx sea efectivo<sup>11</sup> (mínimo técnico ambiental).

- En el caso de turbinas de gas en ciclo combinado, la situación actual de mercado eléctrico y la proyección prevista está ocasionando un funcionamiento cada vez más limitado y variable de las unidades de ciclo combinado, con alta frecuencia de arranques y detenciones y operación a cargas medias-bajas respecto a la carga base. Esto dar lugar a una situación de funcionamiento diferente a prevista en sus condiciones diseño para estas unidades. Ello implica que, también en la aplicación en ciclo combinado, las turbinas de gas existentes pueden ver comprometida la posibilidad de cumplimiento de los valores límites de NOx del D.S. 13, debido al elevado número de horas de funcionamiento en carga bajo el 70%.
- Adicionalmente, para las turbinas de gas funcionando con gas natural o gasóleo en caso de emergencia por requerimientos del sistema la normativa europea citada previamente exime del cumplimiento de límites de emisión de NOx si la operación es menor a un determinado número de horas al año.
- Actualmente el D.S. 13/2011 no toma en consideración los aspectos indicados anteriormente en relación con las turbinas de gas. Únicamente exime del cumplimiento de límites de NOx a las turbinas de gas de potencia entre 10 y 50 MWt que ocupen gas natural o diésel y que funcionen menos de 870 h al año.

En consideración de lo presentado, se entregan las siguientes recomendaciones para su evaluación en el proceso de revisión del D.S. 13/2011 respecto al posible establecimiento de límites de emisión para turbinas de gas existentes:

- Evaluar la mejor forma de compatibilizar el cumplimiento de límites de emisión de NOx respecto al régimen de funcionamiento de las turbinas de gas en ciclo abierto y de los cambios que el mercado eléctrico, y especialmente la penetración de energías renovables, está ocasionando en la forma de operación de las turbinas de gas en ciclo combinado.

Ello podría hacerse estableciendo un porcentaje de carga de la turbina de gas por encima del cual se debe evaluar el cumplimiento del valor límite, o definiendo un criterio equivalente que permita tomar en consideración el efecto de la mayor generación de NOx a bajas cargas, y no aplicando valores límites de NOx para turbinas que funcionan un muy bajo número de horas al año, como por ejemplo se hace en la norma europea referenciada anteriormente.

---

<sup>11</sup> Directiva 2010/75/UE, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales. Decisión N 2017/1442 de la Comisión Europea, de 31 de julio de 2017 por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) para las grandes instalaciones de combustión.

#### 4. ANTECEDENTES SOBRE LÍMITES Y EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO

Atendiendo a la experiencia en la aplicación del D.S. 13, a continuación, se indican algunos antecedentes que puede ser de interés considerar en el proceso de revisión al objeto de mejorar y/o facilitar su aplicabilidad e implementación:

- En relación con el criterio de evaluación de la norma, el D.S. 13 establece criterios de cumplimiento de los valores límite en base a valores de emisión horarios. Esto implica que prácticamente cada hora se requiere el cumplimiento del valor límite (salvo algunas condiciones indicadas en el Decreto). Este aspecto debiera tenerse en cuenta a la hora de analizar valores límites de emisión de referencia, donde en ocasiones los promedios de evaluación de cumplimiento son más amplios que el promedio horario, por ejemplo, medias diarias, mensuales o incluso anuales.

Si bien a nivel internacional hay normas que, para ciertos parámetros, establecen valores límite que pueden ser menores a los del D.S 13, el grado de implicancia de dichos valores debe ser considerado en conjunto con el criterio para evaluar su cumplimiento.

Por ejemplo, en la norma USA la evaluación de cumplimiento se realiza sobre la base de promedio móvil de valores horarios de un promedio de 30 días. En el caso de la norma Europea, la evaluación de cumplimiento es en base al promedio mensual y para valores horarios el cumplimiento se mide sobre el 200 % del valor límite.

Lo anterior pone de manifiesto que la consideración de un valor límite de cualquier normativa o referencia internacional debe hacerse tomando de modo inseparable el propio valor límite y las condiciones definidas en esa norma respecto a la evaluación de su cumplimiento. De lo contrario, se puede incurrir en el error de comparar valores límites que técnicamente no son comparables, puesto que su cumplimiento se evalúa de un modo muy diferente.

- El D.S. 13, en particular para la evaluación del cumplimiento de los valores límites de SO<sub>2</sub> y MP para instalaciones nuevas y existentes y para el valor límite de NO<sub>x</sub> en instalaciones nuevas, establece que se considera incumplimiento si la emisión horaria supera el valor límite en condiciones de encendido, apagado o falla durante más de un 5 % de las horas del año.

Esta condición implica en cierto modo aplicar límites de emisión horarios durante el encendido y apagado de las unidades generadoras, lo cual no es una práctica habitual en la normativa internacional, donde los periodos de arranque y parada de las unidades no se consideran a los efectos de evaluar el cumplimiento de valores límite.

Lo anterior se basa en que los valores límites de emisión están definidos tomando como referencia los valores que pueden alcanzarse en condiciones funcionamiento una vez finalizado el arranque de la unidad y estabilizada la carga de la unidad generadora, ya que las emisiones durante los períodos de arranque y de parada presentan, en términos generales, unas

concentraciones elevadas en comparación con las condiciones de funcionamiento fuera de estos periodos.

Lo anterior podría implicar en alguna instancia un conflicto respecto a la necesidad de ciertas unidades generadoras de realizar arranques y paradas con mucha frecuencia, lo cual es un escenario probable, que incluso ya está teniendo lugar como consecuencia del nuevo rol de la generación térmica en el mercado eléctrico chileno como respaldo y complemento a la generación de origen renovable.

Para evitar la problemática anterior, la solución podría aplicar el criterio de las normas USA y Europeas y establecer que los periodos de encendido y apagado de las unidades no deben considerarse a los efectos de evaluar cumplimiento de los valores límites, y dejar la limitación indicada del 5 % exclusivamente vinculada al tiempo máximo de falla de equipos de abatimiento en el que se aceptan niveles de emisión por encima del valor límite.

- Establecer de modo claro el periodo de evaluación para el cumplimiento de los valores límites de emisión (por ejemplo, anual), señalando que en el caso de reporte de emisiones para periodos de tiempo inferior (por ejemplo, trimestral) ello no implica el requisito del cumplimiento de los valores límites en este periodo de tiempo inferior.
- Considerar la determinación de límites de emisión en el caso de ampliación de potencia de una unidad generadora existente. En este sentido, la normativa internacional tiende a establecer que los límites de la unidad una vez ampliada será el valor ponderado en función de la potencia resultante entre los valores aplicables a instalaciones existentes e instalaciones nuevas.

## 5. ANTECEDENTES SOBRE MONITOREO DE EMISIONES

A continuación, se indican algunos aspectos relativos a monitorización de emisiones que se entiende sería conveniente valorar en el proceso de revisión del D.S. 13:

- Es conocido que los valores de emisión medidos por los sistemas CEMS tienen incertidumbres específicas asociadas a los propios equipos y los procedimientos de medición. En relación con este asunto, la normativa europea establece los siguientes valores máximos para cada parámetro respecto a los intervalos de confianza del 95 % de la medición con CEMS.

Monóxido de carbono	10 %
Dióxido de azufre	20 %
Óxidos de nitrógeno	20 %
Partículas	30 %

Esta normativa realiza la evaluación del cumplimiento de valores límite considerando el valor resultante del dato horario de concentración medido por el CEMS restando el valor máximo del intervalo de confianza indicado en el cuadro anterior. De este modo, se asegura que se esté evaluando el cumplimiento normativo sobre un valor cierto completamente, sin incluir la componente de incertidumbre del valor medido, lo que se entiende entrega un criterio más objetivo a la determinación de cumplimiento de los límites de una norma legal.

- Para el caso de instalaciones a las que no se aplican valores límite, como por ejemplo MP y SO<sub>2</sub> en combustión de gas natural, sería conveniente indicar de modo explícito que no se requiere la instalación de CEMS ni la medición periódica de estos parámetros.
- En relación con lo indicado en el artículo 8 del D.S. 13, relativo al requisito de instalar y certificar un sistema CEMS, establecer de modo claro cuáles son los otros parámetros de interés que deben incluirse en el sistema CEMS.

## **6. ANTECEDENTES SOBRE REPORTABILIDAD DE EMISIONES**

En la actual norma, se establece el envío de reportes trimestrales de emisiones, lo que en la práctica significa la entrega periódica de planillas de datos minutales, de promedios horarios y base de datos de las emisiones registradas en el período, así como de información complementaria. Sin embargo, con la obligación por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), hacia los titulares que cuenten Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS), de transmitir en tiempo real las emisiones de MP, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y demás parámetros, debiese permitir ser suficiente para acreditar la mayoría de la información que al día de hoy está siendo enviada.

Por lo anterior, presentar periódicamente esta información debiera ser evaluado con el objetivo evitar la duplicidad de entrega de información, acotando la entrega de información a aquella que permita entender y evaluar de la mejor forma posible las emisiones atmosféricas de cierto período y aquella que no haya sido puesta a disposición de la SMA mediante los sistemas de conexión en tiempo real.

Por otro lado, con la conexión en tiempo real de las emisiones atmosféricas registradas por los CEMS, resultará necesario regular y establecer un protocolo de comunicación entre Titulares y Autoridad, en caso de incidentes o fallas intempestivas asociadas a las emisiones atmosféricas, con una estructura y plazos que defina la misma Autoridad.