

## ANEXO 7

# INFORME PRELIMINAR DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE NO<sub>x</sub>

Julio 2020

Preparado para:





## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES A COMPENSAR</b>	<b>3</b>
2.1. DETERMINACIÓN EMISIONES DE LA UGE HITACHI PARA TRIENIO 2016 A 2018.	3
<b>3. PROPUESTA DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE NO<sub>x</sub></b>	<b>4</b>
3.1. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES A COMPENSAR	4
3.2. EJEMPLO DE MEDIDA DE COMPENSACIÓN DE NO <sub>x</sub>	4
3.2.1. <i>FACTOR DE EMISIÓN</i>	5
3.2.2. <i>NIVEL DE ACTIVIDAD</i>	5
3.3. ESTIMACIÓN DE EMISIONES CONSIDERANDO EL MECANISMO DE COMPENSACIÓN	6
<b>4. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>7</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> EMISIONES DE NO <sub>x</sub> AÑOS 2016 AL 2018.	<b>3</b>
<b>TABLA 2.</b> FACTORES DE EMISIÓN PARA DISTINTOS TIPOS DE CALEFACTORES A LEÑA.	<b>5</b>
<b>TABLA 3.</b> EMISIONES DE MP <sub>2,5</sub> DE CALEFACTORES A LEÑA.	<b>6</b>
<b>TABLA 4.</b> DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CALEFACTORES A LEÑA A SUSTITUIR.	<b>6</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe ha sido elaborado por el Ingeniero Civil Industrial y especialista en calidad del aire Alejandro Cofré (INGEA Ltda.), y complementado por el Ingeniero Ambiental y consultor senior Rodrigo Muñoz (ANAGEA).

La Unidad de Generación Eléctrica Hitachi TG (en adelante UGE Hitachi) corresponde a una unidad de respaldo de 24 MW que opera en la Central Tres Puentes ubicada en el Barrio Industrial de la ciudad y comuna de Punta Arenas, en el sector Bahía Catalina, a 7 kilómetros aproximadamente del norte de la ciudad de Punta Arenas. Esta unidad, al ser de respaldo, entra en operación cuando se realiza la mantención programada de las unidades base de la Central (turbinas) y/o en situaciones de emergencia cuando alguna de las unidades base queda fuera de operación.

La UGE Hitachi durante los años 2016 al 2018, presentó excedencias en las emisiones del contaminante NO<sub>x</sub> respecto de lo establecido en el Decreto Supremo N°13/2011, Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas, que establece un límite de emisión de 50 mg/m<sup>3</sup>N.

El presente informe determina las emisiones por sobre la norma que generó la UGE Hitachi durante los años 2016, 2017 y 2018 y propone la compensación de estas emisiones. Las medidas específicas de compensación se determinarán mediante un Estudio Técnico de Compensación de Emisiones de NO<sub>x</sub>, el cual constituye la Acción N°5 del Programa de Cumplimiento.

## 2. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES A COMPENSAR

### 2.1. Determinación emisiones de la UGE Hitachi para trienio 2016 a 2018.

A partir de lo presentado en el informe “Emisiones de NO<sub>x</sub> en Unidad TG HITACHI, Central Tres Puentes”, elaborado por JHG Ingeniería, de julio 2020, las emisiones de NO<sub>x</sub> que distinguen las emisiones totales, las emisiones dentro del límite de concentración máxima de 50 mg/m<sup>3</sup>N y las emisiones de NO<sub>x</sub>, sobre el límite de la norma, que corresponde al valor a compensar, se presentan a continuación en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Emisiones de NO<sub>x</sub> años 2016 al 2018.

Emisiones de NO <sub>x</sub>	Año 2016 (ton/año)	Año 2017 (ton/año)	Año 2018 (ton/año)	Total (ton/año)
Emisión Total de NO <sub>x</sub> (incluye horas en régimen, horas de encendido y horas de apagado)	182,9	157,3	126,0	466,2
Emisión de NO <sub>x</sub> dentro del límite de concentración máxima de 50 mg/Nm <sup>3</sup>	56,7	47,0	37,0	140,7
Emisiones de NO <sub>x</sub> sobre el límite de la norma	126,2	110,3	89,0	325,5



Fuente: Tabla 1, informe “Emisiones de NO<sub>x</sub> en Unidad TG HITACHI, Central Tres Puentes, elaborado por JHG Ingeniería, de julio 2020.

Del cuadro anterior, se observa que:

Las emisiones de NO<sub>x</sub> sobre el límite de la norma de emisión, en el período 2016 a 2018, corresponden a 325,5 ton/año. Estas emisiones corresponden a la diferencia entre las emisiones totales generadas de 466,2 ton/año y las emisiones dentro del límite de concentración de 50 mg/m<sup>3</sup>N, 140,7 ton/año, emisiones también determinadas al trienio ya señalado.

### 3. PROPUESTA DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE NO<sub>x</sub>

#### 3.1. Determinación de las emisiones a compensar

La compensación de las emisiones de NO<sub>x</sub> generadas por la UGE Hitachi considerará a las emisiones que estuvieron por obre el límite establecido en el D.S N°13/2011 para los años donde la UGE Hitachi tuvo excedencias, esto es, los años 2016, 2017 y 2018. Adicionalmente a estas emisiones, EDELMAG propone compensar el 120% de estas emisiones, vale decir:

$$325,5 \text{ ton/año} \times 120\% = 390,6 \text{ ton/año}$$

#### 3.2. Ejemplo de medida de compensación de NO<sub>x</sub>

Para efectos de ejemplificar la posibilidad de compensar las emisiones de NO<sub>x</sub> de la UGE Hitachi, se propone la compensación de emisiones a partir de una estrategia de sustitución masiva de calefactores a leña por sistemas eléctricos de alta eficiencia, correspondientes a “bombas de calor. Esta metodología ha sido refrendada en la Guía de Alternativas de Compensación de Emisiones para Fuentes de Combustión de SEREMI Medio Ambiente de diciembre 2019.

La ecuación general empleada para estimar emisiones es la indicada en la “Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana” (2012), la que se basa en la siguiente ecuación general empleada para estimar emisiones:

$$\text{Emisión} = Fe \times Na \times \left(1 - \frac{Ea}{100}\right)$$

Donde:

*Fe* = Factor de emisión

*Na*= Nivel de actividad

*Ea*= Eficiencia de abatimiento

Se considera que los sistemas eléctricos no generarán emisiones a la atmósfera de ningún tipo. Asimismo, junto con estimar la emisión de material particulado fino desplazada.

### 3.2.1. Factor de emisión

Los factores de emisión asociado a material particulado MP<sub>2,5</sub> para los distintos tipos de calefactores a leña, se muestran en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Factores de emisión para distintos tipos de calefactores a leña.

Equipo	Factor de emisión MP <sub>2,5</sub> (g/h)
Calefactor doble cámara grande	11,2
Calefactor doble cámara pequeño	8,9
Salamandra	15,3
Brasero grande	3,7
Brasero pequeño	3
Estufa simple	16,1

Fuente: Metodología para sustitución de emisiones de leña de RM, SOFOFA 2017 en base a Estudio Propuesta de medidas para el uso eficiente de la leña en la RM, CDT, 2012. Valor también establecido en Guía de alternativas de compensación de emisiones para fuentes de combustión de SEREMI Medio Ambiente de diciembre 2019.

Para efectos de la presente metodología, se considera utilizar el factor de emisión de MP<sub>2,5</sub> del calefactor doble cámara grande, es decir **11,2 g/h**, valor corresponde al indicado en la Guía de alternativas de Compensación de Emisiones para Fuentes de Combustión de SEREMI Medio Ambiente de diciembre 2019.

### 3.2.2. Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la estimación de horas al día en que se utiliza la calefacción. Esta se definió utilizando los datos entregados por los consumidores, obtenidos sobre la base de consulta respecto de la hora de encendido de la calefacción y hora de carga del último trozo de leña, estimándose además una hora extra entre la última carga y el apagado de la estufa.

En la Región Metropolitana, en promedio se utiliza de 5 a 10 horas mensuales durante los meses de verano y 250 horas al mes en los meses de invierno, lo que a su vez implica un uso de 8 horas diarias. Según la guía de alternativas de compensación de emisiones para fuentes de combustión de SEREMI Medio Ambiente de diciembre 2019, el nivel de actividad se estima en 2.008 horas anuales.

Para el caso de Punta Arenas, se considera un uso de 7.669 horas anuales, de acuerdo al estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera”, informe final de diciembre de 2015, elaborado por la CDT por encargo del Ministerio de Energía.

### 3.3. Estimación de Emisiones Considerando el Mecanismo de Compensación

A partir del factor de emisión indicado **Tabla 2**, el nivel de actividad indicado en la sección 3.2.2, se determina que las emisiones de un calefactor en la ciudad del Punta Arenas y la Región XII, corresponden a 0,0859 t/año de MP<sub>2,5</sub> en promedio anual, tal como se muestra a continuación.

**Tabla 3.** Emisiones de MP<sub>2,5</sub> de calefactores a leña.

Parámetro	Unidad	Valor
Factor de emisión MP <sub>2,5</sub> calefactor a leña (1)	g/h	11,2
Nivel de actividad (2)	h/año	7.669
<b>Emisión anual MP<sub>2,5</sub> por calefactor a leña (3)</b>	<b>t MP<sub>2,5</sub> /año</b>	<b>0,0859</b>

(1) Valor definido según sección 3.2.1, según metodología para sustitución de emisiones de leña de RM, SOFOFA 2017 en base a Estudio Propuesta de medidas para el uso eficiente de la leña en la RM, CDT, 2012. Valor también establecido en Guía de alternativas de compensación de emisiones para fuentes de combustión de SEREMI Medio Ambiente de diciembre 2019.

(2) Valor definido según sección 3.2.2, estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera”, informe final de diciembre de 2015, elaborado por la CDT por encargo del Ministerio de Energía. Ver tabla 166 página 232.

(3) Factor de emisión calefactor a leña x Nivel de actividad

En el caso de la Región Metropolitana, se considera una conversión de 0,11757 emisión equivalente de MP<sub>2,5</sub> (ton/año) para 1 t/año de NO<sub>x</sub>, de acuerdo con Tabla VI-13 del artículo 61, del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago, Decreto Supremo N°31 de noviembre 2017. De un modo inverso, 8,5 ton/año de NO<sub>x</sub> equivaldrían a 1 ton/año de MP<sub>2,5</sub>.

Para la Región XII y la ciudad de Punta Arenas, se aplicará el mismo factor de conversión 8,5 entre NO<sub>x</sub> y MP<sub>2,5</sub>, sin perjuicio de que, en la ciudad de Punta Arenas esta proporción debiese ser considerablemente mayor, debido a que las emisiones relativas de NO<sub>x</sub> respecto del MP<sub>2,5</sub> y del MP<sub>10</sub> son menores. Lo anterior ya que el NO<sub>x</sub> proviene principalmente de fuentes móviles, siendo por lo tanto bastante menor en la Región XII versus la Región Metropolitana.

Así, el número de equipos a retirar se determina de acuerdo con los parámetros de la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Determinación del número de calefactores a leña a sustituir.

Parámetro	Unidad	Valor	Referencia
Emisión total de NO <sub>x</sub> a compensar período 2016 a 2018	Ton NO <sub>x</sub>	325,5	Tabla 1-1, capítulo 2.1.
Aumento de emisiones en 120%	%	120	Se asume compensar el 120% de las emisiones
Emisión total de NO <sub>x</sub> a compensar	Ton NO <sub>x</sub>	390,6	Emisión promedio anual NO <sub>x</sub> x 1,2
Compensación de 3 años	Ton NO <sub>x</sub>	130,2	Toneladas de NO <sub>x</sub> a compensar anualmente durante 3 años



Parámetro	Unidad	Valor	Referencia
Feq, Factor equivalencia MP <sub>2,5</sub> /NO <sub>x</sub>	Equivalencia MP <sub>2,5</sub> /NO <sub>x</sub>	0,11757	Conversión de 0,11757 emisión equivalente de MP <sub>2,5</sub> (t/año) para 1 t/año de NO <sub>x</sub> , de acuerdo a Tabla VI-13 del artículo 61, PPDA RM, Decreto Supremo N°31 de noviembre 2017.
Emisión MP <sub>2,5</sub> a reducir	t/año	15,32	Emisión Anual NO <sub>x</sub> Eq x Feq MP <sub>2,5</sub> /NO <sub>x</sub>
Emisión MP <sub>2,5</sub> por calefactor a leña sustituido por equipos eléctricos	t/año	0,0859	Tabla 3-2, capítulo 3.2.
Número calefactores a sustituir por equipos eléctricos (valor entero)	Número	179	Emisión MP <sub>2,5</sub> a reducir / Emisión MP <sub>2,5</sub> por calefactor sustituidos por eléctricos

A partir de los antecedentes presentados en la tabla anterior, se determina, a modo de ejemplo, que para compensar las emisiones de NO<sub>x</sub> generadas por la UGE Hitachi durante el periodo de 2016 a 2018 y que estuvieron por sobre el límite establecido en el D.S N°13/2011, se requeriría el reemplazo de 179 calefactores a leña por calefactores eléctricos, siendo estos utilizados por un periodo de 3 años.

Finalmente, es importante señalar que el ejemplo anterior solo se realiza para mostrar la posibilidad de compensar las emisiones de NO<sub>x</sub> de la UGE Hitachi, siendo necesaria la elaboración de un Estudio técnico específico para establecer la medida de compensación definitiva, el cual constituye la Acción N°5 del Programa de Cumplimiento que se presenta a la SMA.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- / Informe “Emisiones de NO<sub>x</sub> en Unidad TG HITACHI, Central Tres Puentes, elaborado por JHG Ingeniería, de julio 2020.
- / Estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera”, informe final de diciembre de 2015, elaborado por la CDT por encargo del Ministerio de Energía.
- / Decreto Supremo N°31 de noviembre 2017, Plan de Descontaminación Atmosférica Región metropolitana, Ministerio del medio Ambiente.
- / Decreto Supremo N°39 de 2011, norma de emisión para artefactos que combustionen leña y pellet de madera. Ministerio del medio Ambiente.



- / Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana” 2012.
- / Guía de alternativas de compensación de emisiones para fuentes de combustión de SEREMI Medio Ambiente, diciembre 2019
- / Propuesta de medidas para el uso eficiente de la leña en la RM, CDT 2012.