

**“Asesoría en procesos de generación de normas ambientales y en  
revisión de la norma de centrales termoeléctricas, con especial  
énfasis en aquellas que inciden en los territorios vulnerables”**

**Informe Final**

Versión Revisada 3

Elaborado para:

**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE  
SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE:**

Gerardo Alvarado Z

Diciembre de 2022

## Contenido

1	Introducción .....	12
2	Objetivos y alcances del estudio .....	13
3	Capítulo I: Análisis histórico del proceso de cumplimiento de la NECT y diagnóstico de la situación actual. ....	15
3.1	Listado de centrales termoeléctricas y sus unidades de generación sujetas de regulación 16	
3.2	Análisis de condiciones de cumplimiento y eximiciones realizadas por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). ....	19
3.3	Horas de superación de límites de NECT para CT que utilizan combustible gaseoso, 2014 a 2021.26	
3.3.1	CT que funcionan con combustible gaseoso.....	26
3.3.2	CT que funcionan con combustible Líquido. ....	32
3.3.3	CT que funcionan con combustible Sólido. ....	43
3.4	Cumplimiento de emisiones de Mercurio.....	57
4	Capítulo II: Análisis de la vigencia de la caracterización tecnológica de las unidades existentes 60	
5	Capítulo III Revisión y análisis de la normativa nacional e internacional para centrales Termoeléctricas.....	71
5.1	Recopilación de antecedentes de proceso de elaboración de D.S. N°13/2011.....	74
5.2	Actualización de límites de emisión .....	80
5.2.1	Límites establecidos por Banco Mundial .....	80
5.2.2	Límites establecidos por la Comunidad Económica Europea (CEE) .....	83
5.2.3	Límites establecidos por las BAT (mejores tecnologías disónibles) para la Comunidad Económica Europea.....	89
5.2.4	Límites establecidos en Estados Unidos.....	90
5.2.5	Límites establecidos en China .....	92
6	Capítulo IV: Revisión y análisis de estudios disponibles realizados por Ministerio de Energía y el MMA en la elaboración de la normativa.....	100
6.1	Estudio Evaluación de la norma de emisión para centrales termoeléctricas, respecto a acciones implementadas por el regulado .....	100
6.2	Flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas con los instrumentos de gestión ambiental vigentes .....	107

6.3	Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón .....	118
6.4	Estudio GIZ- Thermal Power Plant Flexibility Improvements in Chile.....	126
6.5	Estudio Impact of intermittent renewable energy production on specific CO2 and NOx emissions from large scale gas-fired combined cycles. ....	130
7	Identificación y caracterización de centrales en reserva energética y centrales que cogeneran	134
7.1	Definición de Centrales en reserva energética .....	134
7.2	Caracterización de centrales en reserva energética .....	134
7.3	Centrales que cogeneran .....	137
8	Análisis e identificación de brechas de mejoras y actualización de los artículos 12, 13, 14 y 15 de la NECT .....	139
9	Actualización de la caracterización de la calidad de aire en los territorios de emplazamiento de las centrales.....	150
1.1.1.	Tocopilla .....	152
1.1.2.	Mejillones.....	156
1.1.3.	Huasco .....	160
1.1.4.	Quillota.....	163
1.1.5.	Quintero-Puchuncaví.....	165
1.1.6.	Santiago.....	168
1.1.7.	Lota-Coronel.....	170
1.1.8.	Valdivia .....	174
10	Elaboración de una proyección de línea base de emisiones.....	177
11	Inventario de emisiones a nivel nacional para NECT de los años 2019 a 2021. ....	182
12	Propuestas de medidas de reducción de emisiones .....	190
13	Capítulo XI Apoyo y soporte en reuniones.....	195
14	Conclusiones y recomendaciones .....	196
15	Referencias bibliográficas .....	200
16	Anexos.....	202
16.1	Listado de CT y combustibles utilizados, años 2019 a 2021 .....	202
16.2	Evaluación de NECT realizado por la SMA para año 2021 .....	205
16.3	No cumplimiento de NECT para horas de Régimen (RE).....	208
16.4	Porcentaje de HA y HE respecto a horas de funcionamiento en CT, 2019 a 2021 .....	218
16.5	Tablas resumen reporte de emisiones de Mercurio, Níquel y Vanadio.....	221

16.6	Factores de emisión para NOx, SO2 y MP .....	224
16.7	Número de horas con datos medidos con equipos CEMS .....	228
16.8	Minutas de reuniones bilaterales.....	230
16.8.1	Minuta 1ra reunión Bilateral entre representantes de MMA y SMA .....	230
16.8.2	Minuta 2da reunión Bilateral entre representantes de MMA y Ministerio de Energía 232	
16.8.3	Minuta 3ra reunión Bilateral entre representantes de MMA y SEA .....	234
16.8.4	Minuta 4ta reunión Bilateral entre representantes de MMA y SMA.....	236
16.9	Anexos digitales.....	238



## Índice de Figuras y Tablas:

### Figuras:

Figura 3-1 Evolución anual de capacidad instalada de generación SEN .....	15
Figura 3-2 Generación SEN 2021 desagregada por Región y tipo de fuente. ....	15
Figura 3-3 Evolución de horas de estado de la UGE para combustible Gaseoso, años 2014 a 2021	23
Figura 3-4 Evolución de horas de estado de la UGE para combustible Líquido, años 2014 a 2021 .	24
Figura 3-5 Evolución de horas de estado de la UGE para combustible Sólido, años 2014 a 2021 ...	24
Figura 3-6 Evolución de total de horas de Régimen (RE) por tipo de combustible, años 2014 a 2021 .....	25
Figura 3-7 Evolución de concentración de Hg en emisiones de CT, 2015 a 2021 .....	57
Figura 3-8 Evolución de concentración de Ni en emisiones de CT, 2015 a 2021 .....	58
Figura 3-9 Evolución de concentración de V en emisiones de CT, 2015 a 2021 .....	59
Figura 4-1: Distribución de tecnologías de control en el parque termoeléctrico año 2008 .....	62
Figura 4-2 Resumen de tecnología de abatimiento de NOX, actualización 2022 .....	68
Figura 4-3 Resumen de tecnología de abatimiento de SO2, actualización 2022 .....	68
Figura 4-4 Resumen de tecnología de abatimiento de MP, actualización 2022 .....	69
Figura 5-1 Límites de emisión en normativa internacional para NOx combustible sólido .....	93
Figura 5-2 Límites de emisión en normativa internacional para NOx combustible líquido .....	94
Figura 5-3 Límites de emisión en normativa internacional para NOx combustible Gaseoso .....	94
Figura 5-4 Límites de emisión en normativa internacional para SO2 combustible sólido .....	95
Figura 5-5 Límites de emisión en normativa internacional para SO2 combustible líquido .....	95
Figura 5-6 Límites de emisión en normativa internacional para SO2 combustible gaseoso .....	96
Figura 5-7 Límites de emisión en normativa internacional para MP combustible sólido .....	96
Figura 5-8 Límites de emisión en normativa internacional para MP combustible líquido .....	97
Figura 5-9 Límites de emisión en normativa internacional para MP combustible gaseoso .....	97
Figura 5-10 Valores de emisión para Mercurio, Niquel y Vanadio .....	98
Figura 6-1 Definiciones de conceptos de Encendido y Apagado (Fuente: CNE – Mesa de Trabajo N° 1 Reglamento de Coordinación y Operación del Sistema Eléctrico, abril 2017).....	110
Figura 6-2 Edad de unidades a carbón en el año de cierre comprometido .....	119
Figura 6-3 Mapa de intercambio de valor entre grupos de interés y una central de generación a carbón .....	120
Figura 8-1 Proceso de encendido o partida de la unidad de generación, en escenario de flexibilidad .....	148
Figura 8-2 Proceso de detención de la unidad de generación, en escenario de flexibilidad .....	148
Figura 9-1 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Tocopilla .....	152
Figura 9-2 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Tocopilla, año 2011 .....	153
Figura 9-3 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Tocopilla, año 2021 .....	153
Figura 9-4 Concentraciones anuales de MP2,5 v/s emisiones de MP en Tocopilla .....	154
Figura 9-5 Concentraciones anuales de MP10 v/s emisiones de MP en Tocopilla .....	154
Figura 9-6 Concentraciones Anuales SO <sub>2</sub> v/s emisiones SO <sub>2</sub> –unidades reguladas. Tocopilla.....	155
Figura 9-7 Concentraciones anuales NO <sub>2</sub> v/s emisiones NO <sub>x</sub> unidades reguladas.Tocopilla Escuela E10, actualmente Supersite. 2011 - 2021 .....	156

Figura 9-8 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Mejillones.....	157
Figura 9-9 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Mejillones, año 2011 .....	157
Figura 9-10 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Mejillones, año 2021 .....	158
Figura 9-11 Concentraciones anuales de MP10 v/s emisiones de MP en Mejillones.....	158
Figura 9-12 Concentraciones Anuales SO <sub>2</sub> v/s emisiones SO <sub>2</sub> –unidades reguladas. Tocopilla.....	159
Figura 9-13 Concentraciones anuales de NO <sub>2</sub> Bomberos v/s emisiones de NO <sub>x</sub> en Mejillones ....	159
Figura 9-14 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Valle del Huasco.....	160
Figura 9-15 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Huasco, año 2011 .....	161
Figura 9-16 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Huasco, año 2021 .....	161
Figura 9-17 Concentraciones anuales de MP10 Huasco v/s emisiones de MP en Huasco .....	162
Figura 9-18 Concentraciones anuales de NO <sub>2</sub> Huasco v/s emisiones de NO <sub>x</sub> en Huasco .....	162
Figura 9-19 Concentraciones anuales de SO <sub>2</sub> Huasco v/s emisiones de SO <sub>2</sub> en Huasco .....	163
Figura 9-20 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Quillota.....	164
Figura 9-21 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Quillota, año 2011 .....	164
Figura 9-22 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Quintero-Puchuncaví .....	165
Figura 9-23 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Quintero-Puchuncaví, año 2011.....	166
Figura 9-24 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Quintero-Puchuncaví, año 2021.....	166
Figura 9-25 Concentraciones anuales de MP10 v/s emisiones de MP en Quintero-Puchuncaví ...	167
Figura 9-26 Concentraciones anuales de SO <sub>2</sub> v/s emisiones de SO <sub>2</sub> en Quintero-Puchuncaví .....	167
Figura 9-27 Concentraciones anuales de NO <sub>2</sub> v/s emisiones de NO <sub>x</sub> en Quintero-Puchuncaví ....	168
Figura 9-28 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Santiago .....	169
Figura 9-29 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Santiago, año 2011 .....	170
Figura 9-30 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Santiago, año 2021 .....	170
Figura 9-31 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Lota-Coronel .....	171
Figura 9-32 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Lota-Coronel, año 2011 .....	172
Figura 9-33 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Lota-Coronel, año 2021 .....	172
Figura 9-34 Concentraciones anuales de MP10 v/s emisiones de MP en Lota-Coronel.....	173
Figura 9-35 Concentraciones anuales de SO <sub>2</sub> v/s emisiones de SO <sub>2</sub> en Lota-Coronel.....	173
Figura 9-36 Concentraciones anuales de NO <sub>2</sub> v/s emisiones de NO <sub>x</sub> en Lota-Coronel .....	174

Figura 9-37 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Valdivia

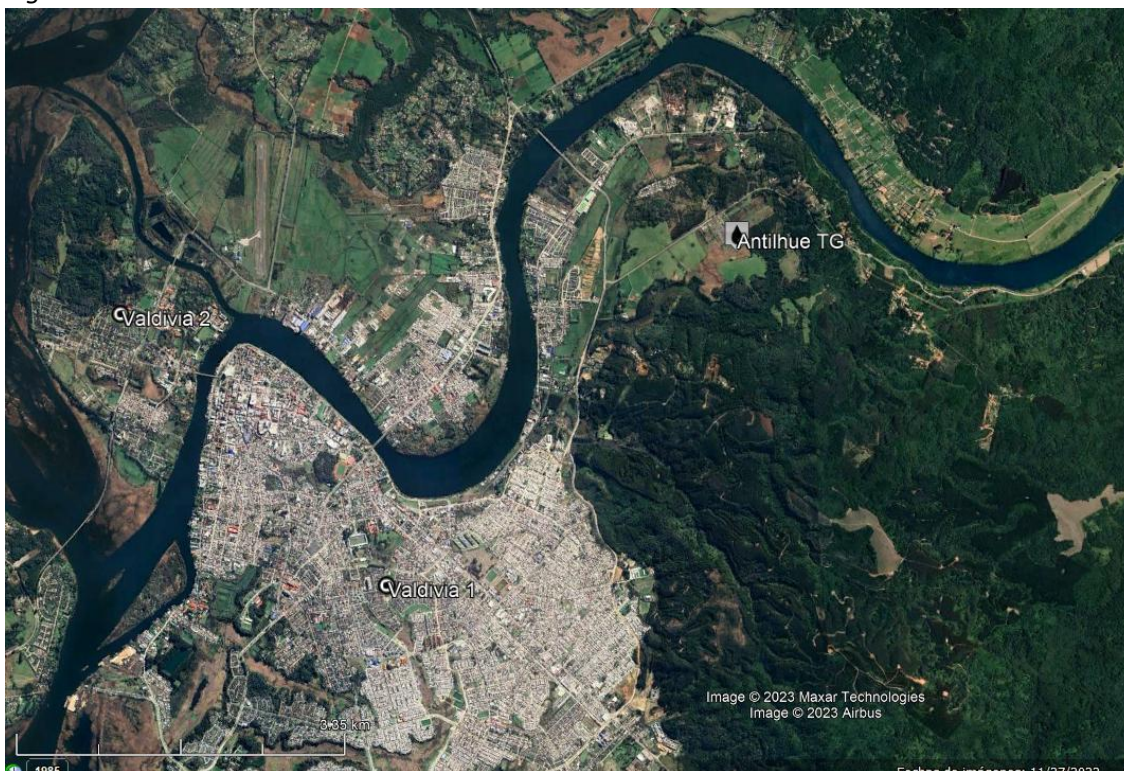


Figura 9-38 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Valdivia, año 2011 .....	175
Figura 9-39 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Valdivia, año 2021 .....	176
Figura 10-1: Distribución de las emisiones según tipo de unidad, escenario 2008 .....	177
Figura 10-2: Emisiones anuales de MP del parque térmico regulado por la NECT, 2008,2014-2021. .....	178
Figura 10-3: Emisiones anuales de SO <sub>2</sub> del parque térmico regulado por la NECT, 2008, 2014-2021 .....	178
Figura 10-4: Emisiones anuales de NO <sub>x</sub> del parque térmico regulado por la NECT, 2008, 2014-2021 .....	179
Figura 10-5 Escenarios de descarbonización .....	179
Figura 10-6 Capacidad instalada de generación escenario carbono neutralidad .....	180
Figura 10-7 Capacidad instalada de generación escenario carbono neutralidad .....	180
Figura 10-8 Generación térmica anual proyectada, escenario carbono neutralidad .....	181
Figura 12-1 Factor de Emisión de MP (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad .....	190
Figura 12-2 Factor de Emisión de SO <sub>2</sub> (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad .....	191
Figura 12-3 Factor de Emisión NO <sub>x</sub> (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad .....	191
Figura 12-4 Factor de Emisión NO <sub>x</sub> (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad, total y solo datos medidos con CEMS, 2019-2021.....	192
Figura 12-5 Factor de Emisión SO <sub>2</sub> (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad, total y solo datos medidos con CEMS, 2019-2021.....	192
Figura 12-6 Factor de Emisión MP (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad, total y solo datos medidos con CEMS, 2019-2021.....	193
Figura 12-7 Factor de emisión NO <sub>x</sub> (mg/MWh) en estado RE, 2019-2021.....	193

Figura 12-8 Factor de emisión SO <sub>2</sub> (mg/MWh) en estado RE, 2019-2021 .....	194
Figura 12-9 Factor de emisión MP (mg/MWh) en estado RE, 2019-2021 .....	194

**Tablas:**

Tabla 2-1: Informes, contenidos y plazos del servicio.....	14
Tabla 3-1 Listado de Centrales Termoeléctricas reguladas que utilizan combustible Gaseoso .....	16
Tabla 3-2 Listado de Centrales Termoeléctricas reguladas que utilizan combustible Líquido .....	17
Tabla 3-3 Listado de Centrales Termoeléctricas reguladas que utilizan combustible Sólido .....	18
Tabla 3-4 Límites de emisión para Centrales Termoeléctricas existentes y nuevas de los contaminantes establecidos en D.S: N°13/2013.....	21
Tabla 3-5 Horas de funcionamiento de UGE de CT que usan combustible gaseoso .....	26
Tabla 3-6 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NO <sub>x</sub> , CT combustible Gaseoso .....	27
Tabla 3-7 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NO <sub>x</sub> , CT combustible Gaseoso .....	28
Tabla 3-8 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT (considerado para fuentes nuevas) para NO <sub>x</sub> , CT combustible Gaseoso.....	29
Tabla 3-9 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para NO <sub>x</sub> , CT combustible Gaseoso .....	30
Tabla 3-10 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO <sub>2</sub> o MP considerado para combustible líquido en CT que utilizan combustible Gaseoso.....	31
Tabla 3-11 Horas de funcionamiento de UGE de CT que usan combustible Líquido.....	32
Tabla 3-12 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NO <sub>x</sub> , CT combustible Líquido.....	33
Tabla 3-13 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NO <sub>x</sub> , CT combustible Líquido .....	34
Tabla 3-14 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para NO <sub>x</sub> , CT combustible Líquido .....	35
Tabla 3-15 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NO <sub>x</sub> Norma fuentes Nuevas , CT combustible Líquido .....	36
Tabla 3-16 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO <sub>2</sub> , CT combustible Líquido .....	37
Tabla 3-17 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO <sub>2</sub> , CT combustible Líquido .....	38
Tabla 3-18 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO <sub>2</sub> norma fuentes nuevas, CT combustible Líquido .....	39
Tabla 3-19 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP, CT combustible Líquido .....	40
Tabla 3-20 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP, CT combustible Líquido .....	41
Tabla 3-21 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para SO <sub>2</sub> y MP, CT combustible Líquido .....	42
Tabla 3-22 Horas de funcionamiento de UGE de CT con combustible sólido.....	43

Tabla 3-23 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Sólido .....	44
Tabla 3-24 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Sólido .....	45
Tabla 3-25 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Sólido .....	46
Tabla 3-26 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx norma fuentes nuevas, CT combustible Sólido .....	47
Tabla 3-27 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO2, CT combustible Sólido .....	48
Tabla 3-28 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO2, CT combustible Sólido .....	49
Tabla 3-29 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO2 norma fuentes nuevas, CT combustible Sólido .....	50
Tabla 3-30 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP, CT combustible Sólido .....	51
Tabla 3-31 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP, CT combustible Sólido .....	52
Tabla 3-32 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP norma fuentes nuevas, CT combustible Sólido .....	53
Tabla 3-33 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para SO2 y MP, CT combustible Sólido .....	54
Tabla 3-34 número de horas que excede límites para CT Nuevas con combustible Líquido de NOX, SO2 y MP, años 2018 a 2021 .....	55
Tabla 3-35 número de horas que excede límites para CT Nuevas con combustible Líquido de NOX, SO2 y MP, años 2018 a 2021 .....	56
Tabla 4-1 Resumen de tecnologías de abatimiento de emisiones en CT encuestadas por O2b .....	64
Tabla 4-2 Resumen de tecnologías de abatimiento en CT combustible sólido, actualización 2022 .....	65
Tabla 4-3 Resumen de tecnologías de abatimiento en CT combustible líquido, actualización 2022 .....	65
Tabla 4-4 Resumen de tecnologías de abatimiento en CT combustible Gaseoso, actualización 2022 .....	67
Tabla 4-5 Resumen de tecnologías de abatimiento de emisiones para NOx, SO2 y MP .....	67
Tabla 5-1 Principales documentos disponibles en expediente de revisión de la NCET .....	71
Tabla 5-2 Resumen límites de emisión estudio realizado por GAC para CT a Carbón .....	74
Tabla 5-3 Resumen Límites de emisión en mg/Nm <sup>3</sup> para CT, estudio GAC .....	75
Tabla 5-4 Límites de emisión para CT según CEE (valores en mg/Nm <sup>3</sup> ) .....	76
Tabla 5-5 Límites de emisión para centrales nuevas de Generación de Vapor en Estados Unidos..	77
Tabla 5-6 Límites de emisión de NOx en Turbinas a gas para Estados Unidos .....	77
Tabla 5-7 Límites de emisión de MP y NOx en Japón .....	78
Tabla 5-8 Límites de Emisión para Centrales a Vapor en Canadá .....	79
Tabla 5-9 Límites de emisión para Hg, Ni y V (valores en mg/Nm <sup>3</sup> ) .....	79
Tabla 5-10 Valores guías emisiones (en mg/Nm <sup>3</sup> ) para motores de combustión interna. Banco Mundial 2017 .....	81

Tabla 5-11 Comparación de los valores guía del banco mundial para motores de combustión interna con estándares de países seleccionados (valores vigentes enero de 2017) .....	81
Tabla 5-12 Valores guías emisiones (en mg/Nm <sup>3</sup> ) para Turbinas. Banco Mundial 2017 .....	82
Tabla 5-13 Comparación de los valores guía del banco mundial para Turbinas con estándares de países seleccionados (valores vigentes enero de 2017) .....	82
Tabla 5-14 Guías emisiones (en mg/Nm <sup>3</sup> ) para Calderas. Banco Mundial 2017 .....	82
Tabla 5-15 Comparación de los valores guía del banco mundial para calderas con estándares de países seleccionados (valores vigentes enero de 2017) .....	83
Tabla 5-16 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Sólidos. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm <sup>3</sup> ).....	85
Tabla 5-17 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Líquidos. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm <sup>3</sup> ).....	85
Tabla 5-18 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Gas. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm <sup>3</sup> ) .....	85
Tabla 5-19 Valores Límite de Emisión de SO <sub>2</sub> en Instalaciones que Cumplan Requisitos Indicados. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE .....	86
Tabla 5-20 Valores Límite de Emisión de NO <sub>x</sub> en Instalaciones que Cumplan Requisitos Indicados. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE .....	86
Tabla 5-21 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Sólidos. Anexo V, Parte 2 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm <sup>3</sup> ).....	87
Tabla 5-22 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Líquidos. Anexo V, Parte 2 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm <sup>3</sup> ).....	88
Tabla 5-23 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Gas. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm <sup>3</sup> ) .....	88
Tabla 5-24 Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones a la atmósfera de MP procedentes de la combustión de hulla y/o lignito .....	89
Tabla 5-25 Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones a la atmósfera de mercurio procedentes de la combustión de hulla y lignito .....	89
Tabla 5-26 Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones a la atmósfera de MP procedentes de la combustión de biomasa sólida y/o turba .....	90
Tabla 5-27 Valores Límite de Emisión para Unidades Generadoras de Vapor de Servicio Eléctrico, Establecidos en EEUU el Año 2012.....	91
Tabla 5-28 Límites de Concentración de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos de Calderas Térmicas y Turbinas de Gas para China .....	92
Tabla 5-29 Límites de Concentración de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos de Calderas Térmicas y Turbinas de Gas para Regiones Claves de China.....	92
Tabla 7-1 Unidades de generación eléctrica que salen de la matriz energética.....	135
Tabla 7-2 Sistema de abatimiento de emisiones .....	136
Tabla 7-3 Resumen de horas de régimen, horas de funcionamiento y número de horas de incumplimientos de la Central Ventanas 1 .....	136
Tabla -8-1 Artículos 7 al 16 de la NECT (D.S. N°13/2011).....	139
Tabla 8-2: Resoluciones de la SMA de apoyo a Fiscalización de la NECT.....	141
Tabla 9-1 Resumen de territorios de emplazamiento de centrales termoeléctricas .....	150

Tabla 9-2 Contaminantes y Valores establecidos en las normas primarias de calidad de aire en Chile considerados para caracterizar calidad de aire.....	151
Tabla 11-1 Emisiones anuales de NOx (Ton/año), 2018-2021 .....	182
Tabla 11-2 Emisiones anuales de SO2 (Ton/año), 2018-2021 .....	184
Tabla 11-3 Emisiones anuales de MP (Ton/año), 2018-2021.....	187
Tabla 13-1 Resumen de reuniones bilaterales .....	195
Tabla 16-1 Listado de CT y horas de tipo de combustible utilizado entre los años 2019 y 2021 ...	202
Tabla 16-2 Resultado de evaluación de norma realizado por la SMA según D.S: N13/2011 para las emisiones del año 2021 de las fuentes reguladas .....	205
Tabla 16-3 Horas de Régimen año 2014-2021, CT combustible Gaseoso.....	208
Tabla 16-4 Horas de Régimen que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Gaseoso ..	209
Tabla 16-5 Horas de Régimen año 2014-2021, CT combustible Líquido .....	210
Tabla 16-6 Horas de Régimen que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Líquido ....	211
Tabla 16-7 Horas de Régimen que superan límite de NECT para SO2, CT combustible Líquido ....	212
Tabla 16-8 Horas de Régimen que superan límite de NECT para MP, CT combustible Líquido .....	213
Tabla 16-9 Horas de Régimen año 2014-2021, CT combustible Sólido .....	214
Tabla 16-10 Horas de Régimen que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Sólido ....	215
Tabla 16-11 Horas de Régimen que superan límite de NECT para SO2, CT combustible Sólido ....	216
Tabla 16-12 Horas de Régimen que superan límite de NECT para MP, CT combustible Sólido .....	217
Tabla 16-13 Porcentaje de HA y HE respecto a horas de funcionamiento en CT con combustible gaseoso, años 2019 a 2021 .....	218
Tabla 16-14 Porcentaje de HA y HE respecto a horas de funcionamiento en CT con combustible líquido, años 2019 a 2021 .....	219
Tabla 16-15 Porcentaje de HA y HE respecto a horas de funcionamiento en CT con combustible sólido, años 2019 a 2021.....	220
Tabla 16-16 Resumen emisiones reportadas de Mercurio (mg/Nm <sup>3</sup> ) en CT con combustible sólido, 2015 a 2021.....	221
Tabla 16-17 Resumen cconcentración reportadas de Vanadio (ppm) en CT con combustible sólido, 2015 a 2021.....	222
Tabla 16-18 Resumen cconcentración reportadas de Níquel (ppm) en CT con combustible sólido, 2015 a 2021.....	223
Tabla 16-19 Factor de emisión promedio de contaminantes por unidad de energía generada (g/MWh), en horas de régimen (RE), 2019-2021.....	224
Tabla 16-20 Número de horas con datos medidos (DM) con equipos CEMS, 2019-2021 .....	228

## 1 Introducción

El 26 de junio de 2011 se publicó en el diario oficial Decreto N°13 de 2011 del MMA que estableció “Norma de emisión para centrales termoeléctricas (NECT)” fijando valores límites de emisión para Material particulado (MP), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y Mercurio (Hg). La Resolución N°130 del MMA, publicada el 26 de febrero de 2020 en el diario oficial inicia el proceso de revisión de la NECT cuyo expediente está disponible en sitio web de Planes y Normas del MMA<sup>1</sup>.

De acuerdo a la presentación realizada en la 1ra reunión del comité operativo convocado para la revisión de la NECT, el enfoque para revisar la norma de emisión debería incluir los siguientes pasos<sup>2</sup>:

1. Asegurar efectividad y eficiencia.
  - Reducir las emisiones
  - Reducciones verificables y fiscalizables
  - Reducción de cargas administrativas
2. Revisar los antecedentes considerados para la determinación de la norma
  - Considerar la tendencia de la regulación nacional e internacional
  - Incluir las mejores técnicas y tecnologías
  - Utilizar un lenguaje y terminología simplificada
3. Nivel de cumplimiento Superintendencia del Medio Ambiente
4. Cambio en las condiciones ambientales
5. Resultados de las investigaciones científicas que aporten antecedentes nuevos sobre efectos adversos a las personas o a los recursos naturales vinculados a las Centrales Termoeléctricas.

A la fecha se han realizado 5 reuniones del comité operativo de revisión de la NECT: 4 en 2020 (30 de septiembre, 30 de octubre, 18 de noviembre, 27 de noviembre) y 1 en 2021 (8 de junio).

El presente informe corresponde al primer informe de avance (de un total de 4) de una asesoría de apoyo a la Subsecretaría del Medio Ambiente y a la Coordinadora del proceso de Revisión de la Norma de emisión de Centrales Termoeléctricas del MMA en los trámites y acciones necesarias para el adecuado proceso en la generación de antecedentes para la Revisión Norma de Emisión de Centrales Termoeléctricas, considerando un análisis técnico y económico.

---

<sup>1</sup> [https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/ver.php?class=norma&id\\_expediente=936887](https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/ver.php?class=norma&id_expediente=936887)

<sup>2</sup> Directrices establecidas en el D.S. N° 38/2012, del MMA, que aprueba reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión



## 2 Objetivos y alcances del estudio

El objetivo general de la asesoría es “Apoyar a la Subsecretaría del Medio Ambiente, División de Calidad del Aire y División de Economía Ambiental, y a la Coordinadora del proceso de Revisión de la Norma de emisión de Centrales Termoeléctricas del Ministerio del Medio Ambiente en los trámites y acciones necesarias para el adecuado proceso en la generación de antecedentes para la Revisión Norma de Emisión de Centrales Termoeléctricas (NECT), D.S N° 13 de 2011, MMA, considerando un análisis técnico y económico.”

Además, incluye la revisión de los nuevos antecedentes normativos, coordinaciones con el Coordinador Eléctrico Nacional y la Superintendencia del Medio Ambiente que debiesen celebrarse con la finalidad de terminar con las actividades pendientes.

La asesoría considera las acciones necesarias para dar cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

1. Análisis histórico del proceso de cumplimiento de la norma D.S N° 13 de 2011, MMA y diagnóstico de la situación actual. Desde el año 2014 al 2021, por tipo de combustible, unidad de generación y chimenea, para los contaminantes: MP, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Mercurio, Níquel y Vanadio. Analizando las condiciones de cumplimiento y eximiciones realizadas por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).
2. Análisis de la vigencia de la caracterización tecnológica de las unidades existentes, para ello se podrá apoyar del estudio “evaluación de la norma de emisión para centrales termoeléctricas, respecto a acciones implementadas por el regulado”, elaborado por “O2b consultores asociados”, en diciembre de 2019.
3. Revisión y análisis de la normativa nacional e internacional para centrales Termoeléctricas
4. Revisión y análisis de estudios disponibles realizados por Ministerio de Energía y el MMA en la elaboración de la normativa
5. Identificar y caracterizar las centrales en reserva energética y aquellas que cogenerated, debido a que actualmente estas últimas se eximen del cumplimiento de la NECT.
6. Analizar e identificar las brechas de mejoras y actualización de los artículos 12, 13, 14 y 15. Así como también, los problemas reportados y la flexibilidad que considera la norma, respecto al MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.
7. Actualización de la caracterización de la calidad de aire en los territorios de emplazamiento de las centrales.
8. Elaborar una proyección de línea base de emisiones, con un horizonte de tiempo de 10 años para los contaminantes MP, MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Mercurio, Níquel y Vanadio. Establecer la metodología de proyección del inventario de emisiones a nivel nacional que permita evaluar tanto costos como beneficios asociados a posibles escenarios regulatorios.
9. Realizar el inventario de emisiones a nivel nacional para NECT de los años 2019, 2020 y 2021, con el objetivo de seleccionar el año más representativo en términos de emisiones, considerando la contingencia sanitaria de los últimos años.

10. De los resultados de la revisión del escenario regulatorio internacional y los resultados de las emisiones de fuentes existentes, proponer medidas de reducción de emisiones (tecnologías de abatimiento) y estimar costo para cumplir con propuesta regulatoria, estimar impacto de propuesta regulatoria en la calidad del aire, mediante un factor emisión concentración, para cada una de las fuentes reguladas, identificar y calcular detalladamente los costos incrementales de inversión, operación y mantención, considerando los costos de fiscalización, según los escenarios propuestos y acordados con la contraparte técnica.
11. Apoyo y soporte en reuniones de Comité Operativo, Comité Operativo Ampliado, reuniones bilaterales con los servicios competentes y proceso de consulta ciudadana para la elaboración del anteproyecto de norma (Generación de actas de reuniones y minutas técnicas que permitan ordenar y documentar el proceso).

La asesoría deberá entregar los siguientes productos, asociados a las actividades anteriores (para dar cumplimiento a objetivos específicos 1 a 11):

- Entrega de las minutas, bases de datos, análisis comparados, propuestas, e informes sobre diversos aspectos relacionados a la revisión normativa.
- Actas de las reuniones en que participe.
- Entrega de bases de datos procesadas y bases de datos con el formato requerido para elaborar el AGIES.

Los productos anteriores se entregarán junto a 4 informes según se detalla en la Tabla 2-1:

*Tabla 2-1: Informes, contenidos y plazos del servicio*

<b>Productos</b>	<b>Contenido</b>	<b>Plazo máximo de entrega</b>
Informe Avance 1	Reporte de productos que den cumplimiento a parte de objetivo específico 1 y 3 (50%), objetivo específico 2 y objetivo 11 (según calendario de reuniones a definir)	1 mes
Informe Avance 2	Reporte de productos que den cumplimiento a parte de objetivo específico 1, 3 y 4 (50%) y objetivo 11 (según calendario de reuniones a definir)	2 meses
Informe Avance 3	Reporte de productos que den cumplimiento a parte de objetivo específico 4 (50%), objetivo específico 5, 6 y 7; y objetivo 11 (según calendario de reuniones a definir)	3 meses
Informe Final	Reporte de productos que den cumplimiento a parte de objetivo específico 8, 9, 10; objetivo 11 (según calendario de reuniones a definir) y Producto 3	4 meses

### 3 Capítulo I: Análisis histórico del proceso de cumplimiento de la NECT y diagnóstico de la situación actual.

Es importante mencionar que la capacidad instalada del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en el año 2021 alcanzó los 30862 MW (considerando centrales en pruebas y en operación), de los cuales el 45,2% es provisto por centrales térmicas según se ilustra en la Figura 3-1. Además, la Región de Antofagasta es la que registra la mayor generación eléctrica con Centrales Termoeléctricas, seguida de las regiones de Valparaíso y Biobío según se ilustra en la Figura 3-2.

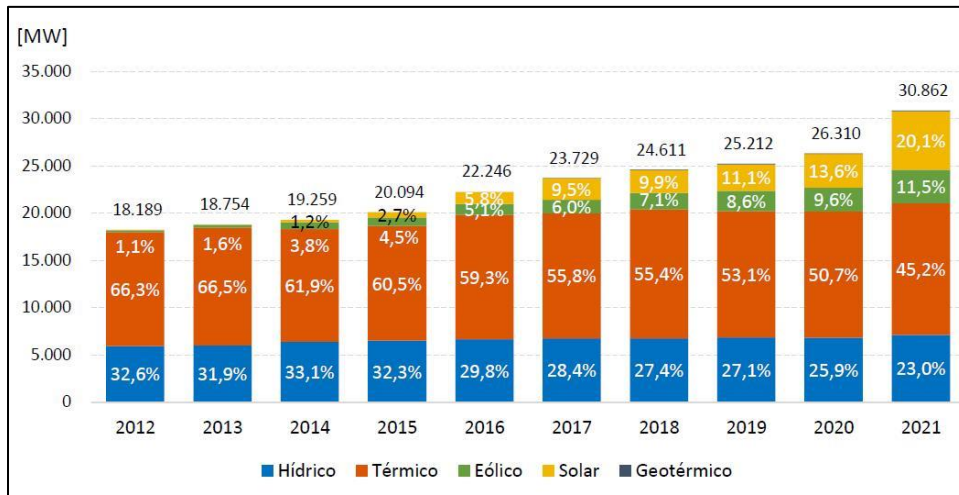


Figura 3-1 Evolución anual de capacidad instalada de generación SEN

Fuente: Reporte de desempeño del sistema eléctrico nacional 2021

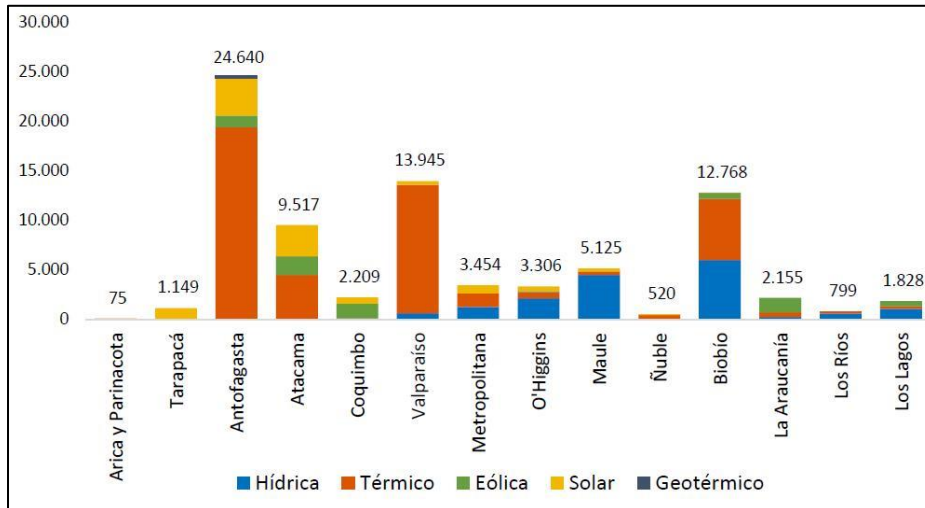


Figura 3-2 Generación SEN 2021 desagregada por Región y tipo de fuente.

Fuente: Reporte de desempeño del sistema eléctrico nacional 2021

### 3.1 Listado de centrales termoeléctricas y sus unidades de generación sujetas de regulación

Las tablas siguientes presentan un listado de las centrales termoeléctricas (CT) reguladas, nuevas y existentes, clasificadas por tipo de combustible, ya sea Gaseoso, Líquido o Sólido. Se incluye además nombre del operador, año de inicio de la operación comercial y el tipo de medición de los contaminantes en la chimenea, ya sea monitoreo continuo de emisiones (CEMS, por su sigla en Inglés) o método alternativo (MA).

Es importante aclarar, que para efectos de clasificación según tipo combustible se consideró para aquellas CT que han usado más de un tipo de combustible el que el que presentó una mayor cantidad de horas de consumo para el período 2019 a 2021 cuyo detalle se incluye como anexo, asignando la UGE a la tabla en función del mayor consumo

*Tabla 3-1 Listado de Centrales Termoeléctricas reguladas que utilizan combustible Gaseoso*

N	Operador	Año Inicio	Nombre Central_Chimenea_UGE	Identificación	Tipo de unidad	Medición
1	EDELMAGS.A	1985	TRES PUENTES_CH018430-k_Unidad 1	Tres_Puentes_U1	EXISTENTE*	CEMS
2	ENGIE	1993	TOCOPILLA_TG3_Turbogas 3	Tocopilla_TG3	EXISTENTE*	MA
3	AME-EDF	1997	RENCA - NUEVA RENCA_Nueva Renca_Nueva Renca	Nueva_Renca	EXISTENTE*	CEMS
4	ENEL	1998	SAN ISIDRO I_Chimenea bypass TG1_TG1	San_IsidroI_BPTG1	EXISTENTE*	MA
5	ENEL	1998	SAN ISIDRO I_Chimenea TG1_TG1	San_IsidroI_TG1	EXISTENTE*	CEMS
6	ENEL	1999	CENTRAL ATACAMA_Damper 1A_TG 1ª	Atacama_TG 1ª	EXISTENTE*	MA
7	ENEL	1999	CENTRAL ATACAMA_Damper 2A_TG 2ª	Atacama_TG 2ª	EXISTENTE*	MA
8	Colbún	1999	NEHUENCO_Chimenea Nehuenco I_Turbina Gas Nehuenco I	TG_Nehuenco I	EXISTENTE*	CEMS
9	Colbún	1999	NEHUENCO_Chimenea Nehuenco I Bypass_Turbina Gas Nehuenco I	TG_BP_Nehuenco I	EXISTENTE*	MA
10	ENGIE	2000	MEJILLONES_CTM3_CTM3TG	Mejillones_CTM3TG	EXISTENTE*	CEMS
11	ENGIE	2000	MEJILLONES_CTM3_CTM3TV	Mejillones_CTM3TV	EXISTENTE*	CEMS
12	ENEL	2000	TALTAL_Chimenea TG1_TG1	Taltal_TG1	EXISTENTE*	MA
13	ENEL	2000	TALTAL_Chimenea TG2_TG2	Taltal_TG2	EXISTENTE*	MA
14	ENGIE	2001	TOCOPILLA_U16_TG U16	Tocopilla_TG_U16	EXISTENTE*	CEMS
15	ENGIE	2001	TOCOPILLA_U16_TV U16	Tocopilla_TV_U16	EXISTENTE*	CEMS
16	Colbún	2002	NEHUENCO_Chimenea Nehuenco III_Turbina Gas Nehuenco III	TG_Nehuenco III	EXISTENTE*	MA
17	Colbún	2003	NEHUENCO_Chimenea Nehuenco II_Turbina Gas Nehuenco II	TG_Nehuenco II	EXISTENTE*	CEMS
18	Colbún	2005	CANDELARIA_CH_TG1_TG1	Candelaria_TG1	EXISTENTE*	MA
19	Colbún	2005	CANDELARIA_CH_TG2_TG2	Candelaria_TG2	EXISTENTE*	MA
20	SAGESA	2005	CORONEL_Chimenea Turbina_LM-6000 PC 47 MW	Coronel	EXISTENTE*	CEMS
21	ENEL	2007	SAN ISIDRO II_Chimenea bypass TG2_TG2	San_IsidroII_BPTG2	EXISTENTE*	MA
22	ENEL	2007	SAN ISIDRO II_Chimenea TG2_TG2	San_IsidroII_TG2	EXISTENTE*	CEMS
23	ORAZUL ENERGY	2007	YUNGAY (EX CAMPANARIO)_CH1A_YUNGAY 1A	Yungay_1ª	EXISTENTE*	MA
24	ORAZUL ENERGY	2007	YUNGAY (EX CAMPANARIO)_CH1B_YUNGAY 1B	Yungay_1B	EXISTENTE*	MA
25	ORAZUL ENERGY	2007	YUNGAY (EX CAMPANARIO)_CH2A_YUNGAY 2A	Yungay_2ª	EXISTENTE*	MA
26	ORAZUL ENERGY	2007	YUNGAY (EX CAMPANARIO)_CH2B_YUNGAY 2B	Yungay_2B	EXISTENTE*	MA

N	Operador	Año Inicio	Nombre Central_Chimenea_UGE	Identificación	Tipo de unidad	Medición
27	ORAZUL ENERGY	2008	YUNGAY (EX CAMPANARIO)_CH3A_YUNGAY 3A	Yungay_3 <sup>a</sup>	EXISTENTE*	MA
28	ORAZUL ENERGY	2008	YUNGAY (EX CAMPANARIO)_CH3B_YUNGAY 3B	Yungay_3B	EXISTENTE*	MA
29	ENEL	2009	QUINTERO_Chimenea TG1A_TG1A	Quintero_TG1A	EXISTENTE*	CEMS
30	ENEL	2009	QUINTERO_Chimenea TG1B_TG1B	Quintero_TG1B	EXISTENTE	CEMS
31	Tamakaya Energía	2016	CENTRAL KELAR_Bypass TG1_TG1	Kelar_BPTG1	NUEVA*	CEMS
32	Tamakaya Energía	2016	CENTRAL KELAR_Bypass TG2_TG2	Kelar_BPTG2	NUEVA*	CEMS
33	Tamakaya Energía	2016	CENTRAL KELAR_Principal TG1_TG1	Kelar_TG1	NUEVA*	CEMS
34	Tamakaya Energía	2016	CENTRAL KELAR_Principal TG2_TG2	Kelar_TG2	NUEVA*	CEMS

\* También ha utilizado combustible líquido

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles en <https://snifa.sma.gob.cl/>

*Tabla 3-2 Listado de Centrales Termoeléctricas reguladas que utilizan combustible Líquido*

N	Operador	Año Inicio	Nombre Central_Chimenea_UGE	Identificación	Tipo de unidad	Medición
1	AES GENER	1939	LAGUNA VERDE_AEG_AEG I	Lag_Verde_AEG I	EXISTENTE	MA
2	AES GENER	1939	LAGUNA VERDE_AEG_AEG II	Lag_Verde_AEG II	EXISTENTE	MA
3	AES GENER	1939	LAGUNA VERDE_B. BOVERI_BROWN BOVERI I	Lag_Verde_BB_I	EXISTENTE	MA
4	AES GENER	1939	LAGUNA VERDE_B. BOVERI_BROWN BOVERI II	Lag_Verde_BB_II	EXISTENTE	MA
5	ENGIE	1957	IQUIQUE_TG - IQ_TG-IQ	Iquique_TG-IQ	EXISTENTE	CEMS
6	AME-EDF	1962	RENCA - NUEVA RENCA_Central Renca (U1)_Central Renca (U1)	Renca_U1	EXISTENTE	MA
7	AME-EDF	1962	RENCA - NUEVA RENCA_Central Renca (U2)_Central Renca (U2)	Renca_U2	EXISTENTE	MA
8	ENGIE	1976	TOCOPILLA_TG1_Turbogas 1	Tocopilla_TG1	EXISTENTE*	MA
9	ENEL	1977	HUASCO_Chimenea TG3_TG3	Huasco_TG3	EXISTENTE	MA
10	ENEL	1977	HUASCO_Chimenea TG4_TG4	Huasco_TG4	EXISTENTE	MA
11	ENEL	1977	HUASCO_Chimenea TG5_TG5	Huasco_TG5	EXISTENTE	MA
12	ENGIE	1977	TOCOPILLA_TG2_Turbogas 2	Tocopilla_TG2	EXISTENTE*	MA
13	ENEL	1981	DIEGO DE ALMAGRO_Chimenea TG1_TG1	D_Almagro_TG1	EXISTENTE	MA
14	ENEL	1998	TARAPACA_TGTAR_TGTAR	Tarapaca_TGTAR	EXISTENTE	MA
15	ENEL	1999	CENTRAL ATACAMA_HRSO-Chimenea 1A_TG 1A	Atacama_TG 1A	EXISTENTE*	MA
16	ENEL	1999	CENTRAL ATACAMA_HRSO-Chimenea 1B_TG 1B	Atacama_TG 1B	EXISTENTE*	CEMS
17	ENEL	1999	CENTRAL ATACAMA_HRSO-Chimenea 2A_TG 2A	Atacama_TG 2A	EXISTENTE*	MA
18	ENEL	1999	CENTRAL ATACAMA_HRSO-Chimenea 2B_TG 2B	Atacama_TG 2B	EXISTENTE*	CEMS
19	Colbún	2003	NEHUENCO_Chimenea Nehuenco II Bypass_Turbina Gas Nehuenco II	TG_BP_Nehuenco II	EXISTENTE	MA
20	Arauco	2004	HORCONES_CH-AG-01_Central Horcones	Horcones	EXISTENTE	MA
21	AES GENER	2004	LAGUNA VERDE_TG_TG	Lag_Verde_TG	EXISTENTE	MA
22	Colbún	2005	ANTILHUE TG_CH_TG1_TG-1	Antilhue_TG-1	EXISTENTE	MA
23	Colbún	2005	ANTILHUE TG_CH_TG2_TG-2	Antilhue_TG-2	EXISTENTE	MA
24	ENORCHILE	2007	CENTRAL ESPERANZA_TG-CH1_ESPERANZA TG-1	Esperanza_TG-1	EXISTENTE	MA
25	AME-EDF	2007	LOS VIENTOS_Los Vientos_Central Los Vientos	Los Vientos	EXISTENTE	MA
26	Inkia Energy	2008	COLMITO_Chimenea Colmito_Termoelectrica Colmito	Colmito	EXISTENTE*	MA
27	Inkia Energy	2009	CARDONES (EX TIERRA AMARILLA)_Turbina N°1_Turbina N°1	Cardones_T1	EXISTENTE	MA

N	Operador	Año Inicio	Nombre Central_Chimenea_UGE	Identificación	Tipo de unidad	Medición
28	Colbún	2009	LOS PINOS_CH-TG_Turbina a gas	Los Pinos_TG	EXISTENTE	MA
29	ENLASA	2009	SAN LORENZO DE DIEGO DE ALMAGRO_TG1_San Lorenzo D. Almagro U1	SL_D_Almagro_U1	EXISTENTE	MA
30	ENLASA	2009	SAN LORENZO DE DIEGO DE ALMAGRO_TG2_San Lorenzo D. Almagro U2	SL_D_Almagro_U2	EXISTENTE	MA
31	AME-EDF	2009	SANTA LIDIA_Santa Lidia_Central Santa Lidia	Santa_Lidia	EXISTENTE	MA
32	SW Consulting	2010	EL SALVADOR_CHTG1_El Salvador TG1	El Salvador_TG1	EXISTENTE	MA
33	EMELDA	2010	EMELDA_CHIMENEA 1_EMELDA U1	EMELDA_U1	EXISTENTE	MA
34	EMELDA	2010	EMELDA_CHIMENEA 2_EMELDA U2	EMELDA_U2	EXISTENTE	MA
35	ORAZUL ENERGY	2010	YUNGAY (EX CAMPANARIO)_CH4_YUNGAY 4	Yungay_4	EXISTENTE	MA
36	CODELCO CHUQUICAMATA	2014	SALAR_Chimenea 1A_Tg01 A	Salar_Tg01 A	EXISTENTE	MA
37	CODELCO CHUQUICAMATA	2014	SALAR_Chimenea 1B_Tg01 B	Salar_Tg01 B	EXISTENTE	MA
38	CODELCO CHUQUICAMATA	2014	SALAR_Chimenea 2a_tg02	Salar_Tg02	EXISTENTE	MA
39	GE	2015	CENTRAL LOS GUINDOS_Chimenea Los Guindos_Los Guindos TG	Los Guindos_TG	NUEVA	CEMS
40	GE	2015	CENTRAL LOS GUINDOS_Chimenea Los Guindos TG2_Los Guindos TG2	Los Guindos_TG2	NUEVA	CEMS

\* También ha utilizado combustible gaseoso

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles en <https://snifa.sma.gob.cl/>

*Tabla 3-3 Listado de Centrales Termoeléctricas reguladas que utilizan combustible Sólido*

N	Operador	Año Inicio	Central_Chimenea_UGE	Identificación	Tipo de unidad	Medición
1	AES Gener S.A	1964	VENTANAS I_Ventanas 1_Ventanas I	Ventanas I	EXISTENTE*	CEMS
2	ENEL	1970	BOCAMINA_Chimena unidad 1_Unidad 1	Bocamina_U2	EXISTENTE*	CEMS
3	AES Gener S.A	1977	VENTANA II_VENTANAS II_VENTANAS II	Ventanas_II	EXISTENTE*	CEMS
4	ENGIE	1983	TOCOPILLA_U12_13_U12	Tocopilla_U12	EXISTENTE	CEMS
5	ENGIE	1985	TOCOPILLA_U12_13_U13	Tocopilla_U13	EXISTENTE	CEMS
6	ENGIE	1987	TOCOPILLA_U14_15_U14	Tocopilla_U14	EXISTENTE	CEMS
7	ENGIE	1990	TOCOPILLA_U14_15_U15	Tocopilla_U15	EXISTENTE	CEMS
8	Guacolda Energía SpA	1995	GUACOLDA_Chimenea Unidad N°1&2_CTG, Unidad N°1	Guacolda CTG, U1	EXISTENTE	CEMS
9	Guacolda Energía SpA	1996	GUACOLDA_Chimenea Unidad N°1&2_CTG, Unidad N°2	Guacolda CTG, U2	EXISTENTE	MA
10	ENGIE	1996	MEJILLONES_CTM1_2_CTM1	Mejillones_CTM1	EXISTENTE	MA
11	AES GENER	1997	NORGENER_NT 01_NT01	Norgener_NT01	EXISTENTE*	CEMS
12	AES GENER	1997	NORGENER_NT 02_NT02	Norgener_NT02	EXISTENTE*	CEMS
13	ENGIE	1998	MEJILLONES_CTM1_2_CTM2	Mejillones_CTM2	EXISTENTE	CEMS
14	ENEL	1999	TARAPACA_CTTAR_CTTAR	Tarapaca_CTTAR	EXISTENTE	MA
15	Guacolda Energía SpA	2009	GUACOLDA_Chimenea Unidad N°3_CTG, Unidad N°3	Guacolda CTG, U3	EXISTENTE	CEMS
16	Guacolda Energía SpA	2010	GUACOLDA_Chimenea Unidad N°4_CTG, Unidad N°4	Guacolda CTG, U4	EXISTENTE	CEMS
17	AES Gener S.A	2010	VENTANAS III_Nueva Ventanas_Nueva Ventanas	Nueva_Ventanas	EXISTENTE*	CEMS
18	ENGIE	2011	ANDINA_CTA_CTA	Andina_CTA	EXISTENTE	CEMS
19	ENGIE	2011	ANDINA_CTH_CTH	Andina_CTH	EXISTENTE	CEMS
20	AES GENER	2011	ANGAMOS_ANGAMOS_ANGAMOS 1	ANGAMOS 1	EXISTENTE*	CEMS

N	Operador	Año Inicio	Central_Chimenea_UGE	Identificación	Tipo de unidad	Medición
21	AES GENER	2011	ANGAMOS_ANGAMOS_ANGAMOS 2	ANGAMOS 2	EXISTENTE*	CEMS
22	ENEL	2012	BOCAMINA_Chimena Unidad 2_Unidad 2	Bocamina_U1	EXISTENTE*	CEMS
23	COMASA	2012	LAUTARO-COMASA_Lautaro 1_Unidad N° 1	Lautaro_U1	EXISTENTE	CEMS
24	Colbún	2012	SANTA MARIA I_Unidad I Complejo Santa María_Unidad I	Sta_Maria_Un_I	EXISTENTE*	CEMS
25	AES Gener S.A	2013	VENTANA IV (EX CENTRAL CAMPICHE)_Central Campiche_Central Campiche	Vent_IV_Campiche	EXISTENTE*	CEMS
26	Guacolda Energía SpA	2015	GUACOLDA_Chimenea Unidad N°5_CTG. Unidad N°5	Guacolda CTG, U5	EXISTENTE	CEMS
27	COMASA	2015	LAUTARO-COMASA_Lautaro 2_Unidad N° 2	Lautaro_U2	NUEVA	CEMS
28	AES GENER	2016	CENTRAL TERMOELÉCTRICA COCHRANE_COCHRANE_CCH1	Cochrane_CCH1	NUEVA*	CEMS
29	AES GENER	2016	CENTRAL TERMOELÉCTRICA COCHRANE_COCHRANE_CCH2	Cochrane_CCH2	NUEVA*	CEMS
30	ENGIE	2019	MEJILLONES_CTM-7_CTM-7	Mejillones_CTM7	NUEVA	CEMS

\* También ha utilizado combustible líquido

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles en <https://snifa.sma.gob.cl/>

### 3.2 Análisis de condiciones de cumplimiento y eximiciones realizadas por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

De acuerdo a los informes de fiscalización de la SMA, disponibles en sitio web de SNIFA ha establecido las exigencias para evaluar el cumplimiento normativo considerando los artículos del D.S. N°13/2011 y de la Circular N1 de 2015 del MMA “interpretación administrativa del Decreto N° 13, de 2011, MMA, norma de emisión para centrales termoeléctricas de reemplazo de Circular N° 2, de 18 de diciembre de 2013”, las cuales incluyen:

- Artículo 5º. del D.S.N°13/2011, Las fuentes emisoras existentes deberán cumplir con los valores límites de emisión de la Tabla N° 1 para Material Particulado (MP) en un plazo de 2 años y 6 meses, contado desde la fecha de publicación del presente decreto. El plazo de cumplimiento de los demás parámetros de las Tablas N° 1 y N° 3 corresponderá a 4 años contados desde la publicación del presente decreto en zonas declaradas latentes o saturadas por MP, SO2 o NOX con anterioridad a esta fecha y de 5 años en aquellas zonas que no se encuentren declaradas como latentes o saturadas por dichos contaminantes. Por su parte, las fuentes emisoras nuevas deberán cumplir con los valores límites de emisión de las Tablas N° 2 y N° 3 desde la entrada en vigencia del presente decreto.

- Artículo 12º del D.S. N°13/2011: “Los titulares de las fuentes emisoras presentarán... un reporte del monitoreo continuo de emisiones, trimestralmente, durante un año calendario...”

- Circular IN.AD.N°1/2015 “Interpretación administrativa del Decreto N°13, de 2011, MMA, Norma de emisión para centrales termoeléctricas de reemplazo de Circular N°2, de 18 de diciembre de 2013” define “Horas de funcionamiento: Corresponde a aquel periodo de tiempo en el cual la unidad quema combustible e incluye las horas de encendido, horas de operación en régimen y horas de apagado y también las horas de falla.”

Donde:

- Horas de operación en régimen: Corresponde al estado de funcionamiento de una unidad, cuando la unidad está en servicio y se encuentra en las condiciones técnicas declaradas por el titular, de acuerdo a las definiciones establecidas por la CNE o los respectivos CDEC, según corresponda. No comprende las horas de encendido ni horas de apagado.
- Horas de encendido: Corresponde a aquel período de tiempo que se inicia con la primera carga de combustible y finaliza cuando la fuente alcanza condiciones técnicas de operación, que le permiten operar en régimen. Las horas de encendido varían entre las fuentes dependiendo de la tecnología y del combustible que se utilice.
- Horas de apagado: Corresponde a aquel período de tiempo desde que finaliza el estado de régimen y finaliza el consumo de combustible. Durante este período la unidad de generación eléctrica deja de operar en régimen, logrando condiciones técnicas que permiten su detención.
- Falla: Corresponde a un desperfecto intempestivo en un equipo de control de emisiones o un equipo del proceso que provoca un aumento de las emisiones.

- Punto N° 5, letra A, de la Interpretación Administrativa del D.S. N°13 (Circular IN.AD.N° 1/2015): *Para el caso de MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>X</sub>, se debe determinar el promedio horario de cada hora de funcionamiento, durante un año calendario. El promedio horario obtenido (o sustituido) en cada hora de funcionamiento debe compararse con el límite de emisión aplicable y determinar para cada una de esas horas de funcionamiento si es una hora de conformidad o de inconformidad.*

*i) Para la evaluación del cumplimiento del límite anual de material Particulado y dióxido de azufre, las horas de inconformidad deben justificarse como hora de encendido, hora de apagado o falla. Si no puede justificarse, se considerará un incumplimiento de la norma.*

*ii) Para la evaluación del límite anual de óxidos de nitrógeno, las horas de inconformidad no deben justificarse, pero estas no pueden exceder el 30% de las horas de funcionamiento durante un año calendario.*

*b) Para el caso de la norma de emisión de Hg, el valor límite se evaluará a lo menos una vez cada 6 meses durante un año calendario y se considerará sobrepasado cuando alguno de los valores exceda el valor límite de emisión.*

*b.1) En el caso de fuentes emisoras nuevas, el límite de emisión de Mercurio está vigente desde el 23 de junio del 2011. De entrar en operación una fuente nueva, se deberá actuar de la siguiente forma:*

*i) La primera medición deberá realizarse antes que se cumpla el plazo de 6 meses desde la entrada en operación de la fuente emisora.*

*ii) La siguiente medición debe realizarse antes que se cumpla el plazo de 6 meses desde la medición anterior, es decir, no pueden transcurrir más de 6 meses sin realizar al menos una medición.*

*b.2) En el caso de fuentes emisoras existentes, el límite de emisión de Mercurio está vigente de forma diferenciada, según la ubicación de la fuente emisora dentro o fuera de una zona declarada latente o saturada por MP, SO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>. Si está dentro, el límite de emisión es aplicable a partir del 23 de junio de 2015; si está fuera, el límite de emisión es aplicable a partir del 23 de junio de 2016.*



En cualquier caso, se deberá actuar de la siguiente forma:

i) La primera medición deberá realizarse antes que se cumpla el plazo de 6 meses desde la entrada en vigencia del límite de emisión, es decir, antes del 23 de diciembre de 2015 o del 23 de diciembre de 2016, según sea aplicable.

ii) La siguiente medición debe realizarse antes que se cumpla el plazo de 6 meses desde la medición anterior, es decir, no pueden transcurrir más de 6 meses sin realizar al menos una medición.

b.3) En todo caso, para efectos del reporte de los resultados de las mediciones, estos deben entregarse según lo indicado por la SMA, a través de su resolución exenta N° 163, de 2014, Instrucción de Carácter General Sobre Reportes Trimestrales Establecidos en la Norma de Emisión de Centrales Termoeléctricas.

Los límites establecidos en la NECT se presentan en la Tabla 3-4, a continuación:

Tabla 3-4 Límites de emisión para Centrales Termoeléctricas existentes y nuevas de los contaminantes establecidos en D.S. N°13/2013.

Tipo de Combustible	Límite emisión (mg/Nm <sup>3</sup> )			Plazos para fuentes existentes (según Art 5)	Fecha límite para cumplimiento de plazo
	Contaminante	Existente	Nueva		
Sólido	MP	50	30	2,5 años	23 enero 2014
	SO <sub>2</sub>	400	200	4 años zona lat o sat	23 junio 2015
	NO <sub>x</sub>	500	200	5 años no lat o sat	23 junio 2016
Líquido	MP	30	30	2,5 años	23 enero 2014
	SO <sub>2</sub>	30	10	4 años zona lat o sat	23 junio 2015
	NO <sub>x</sub>	200	120	5 años no lat o sat	23 junio 2016
Gas	MP	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	SO <sub>2</sub>	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	NO <sub>x</sub>	50	50	4 años zona lat o sat 5 años no lat o sat	23 junio 2015 23 junio 2016
Carbón y Petcoke	Hg	0,1	0,1	4 años zona lat o sat	23 junio 2015
				5 años no lat o sat	23 junio 2016

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

Según NECT Los valores límites de emisión para Material Particulado (MP) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), se evaluarán sobre la base de promedios horarios que se deberán cumplir durante el 95% de las horas de funcionamiento. El 5% de las horas restantes comprende horas de encendido, apagado o probables fallas. Los valores límites de emisión para fuentes emisoras existentes, para óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) se evaluarán sobre la base de promedios horarios y se deberán cumplir durante el 70% de las horas de funcionamiento. En cambio, a diferencia de la Circular 1, la NECT establece que para fuentes nuevas los valores límites de emisión para NO<sub>x</sub> se evaluarán sobre la base de promedios horarios y se deberán cumplir durante el 95% de las horas de funcionamiento. El 5% de las horas restantes comprende horas de encendido, apagado o probables fallas.

Además, el Artículo 15 de la NECT establece que: “Aquellas fuentes emisoras existentes correspondientes a turbinas, con potencia entre 50 MWt y 150 MWt, que utilizan diesel o gas y que

*operen menos de 876 horas en un año calendario, es decir, menos de un 10% del tiempo en base anual, se exigen de dar cumplimiento al valor límite de emisión de óxidos de nitrógeno”.*

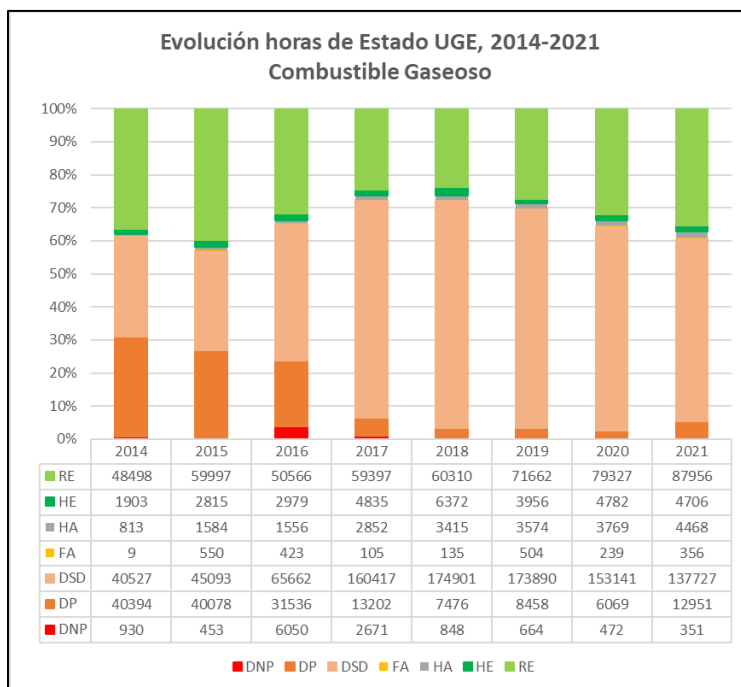
Para el presente informe de avance se presenta un primer análisis orientado a identificar la cantidad de horas que se superan los límites de emisión de MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> tanto para las horas de funcionamiento, como también para las otras horas que no son incluidas en la evaluación de normas, pero durante las cuales también se podrían estar emitiendo contaminantes.

De acuerdo a la RE N° 404/2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que “Aprueba actualización de Guía sobre el sistema de información para centrales termoeléctricas” las horas fuera del funcionamiento regular corresponden a:

- DP: Detención programada (Corresponde a aquel período de detención de la unidad que se realiza con el fin de implementar mantenencias de tipo preventivo y correctivo).
- DNP: Detención no programada: Corresponde a aquel período de detención de la unidad producto de una falla u otra situación ajena a la operación normal; durante este período se realiza una mantención obligada de la unidad.
- DSD: Disponible sin despacho.
- SPS: Sin puesta en servicio. Aplica a fuentes nuevas en espera de entrada a operación comercial.
- Cierre: Desmontaje de la central. Aplica a generadoras que se retiran del sistema.

En Anexos se incluye la Tabla 16-1 que detalla las horas de funcionamiento de las CT de acuerdo al tipo de combustible (Gaseoso, Líquido y Sólido) para los años 2019 a 2021. Hay algunas CT que han utilizado más de un tipo de combustible durante cada año, pero como se indicó anteriormente si bien para efectos de clasificación en las tablas que resumen los resultados con la evaluación de la cantidad de horas de superación de los valores límites de la NECT se considera el combustible usado durante mayor período de tiempo la evaluación de cumplimiento se realiza para cada hora, verificando el límite de emisión en función del tipo combustible reportado como utilizado en esa hora.

Las Figuras siguientes ilustran las horas totales (la suma de todas las CT) de estado de la Unidad de generación eléctrica (UGE) por tipo de combustible.



*Figura 3-3 Evolución de horas de estado de la UGE para combustible Gaseoso, años 2014 a 2021*

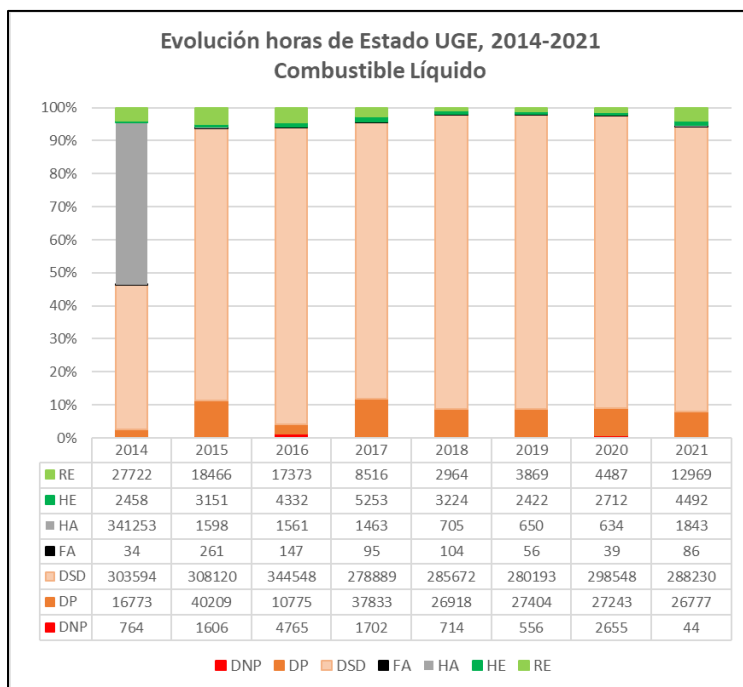
Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

De acuerdo a la Figura 3-3 las horas de funcionamiento en régimen, considerando todas las CT que han utilizado combustible gaseoso han aumentado desde el año 2017 a la fecha, correspondiendo durante el año 2021 al 35% del total de horas.

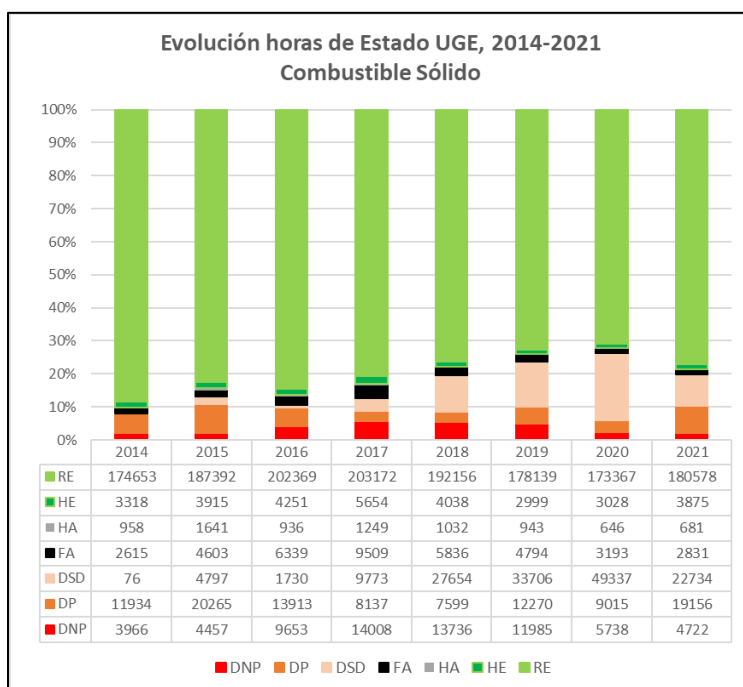
En cambio, de acuerdo a la Figura 3-4, las CT que utilizan combustible líquido presentaron un fuerte aumento de las horas disponibles sin despacho (DSP) desde 44% el 2014 a 83% el 2015, valor que ha aumentado levemente hasta 86% el año 2021. Por otro lado, las horas de régimen (RE) se han mantenido inferiores a 5% del total desde el año 2014.

La Figura 3-5 muestra que en las CT que funcionan con combustible sólido han permanecido la mayor parte del tiempo en estado de UGE en Régimen (RE), alcanzando un 80% de las horas en el año 2021.

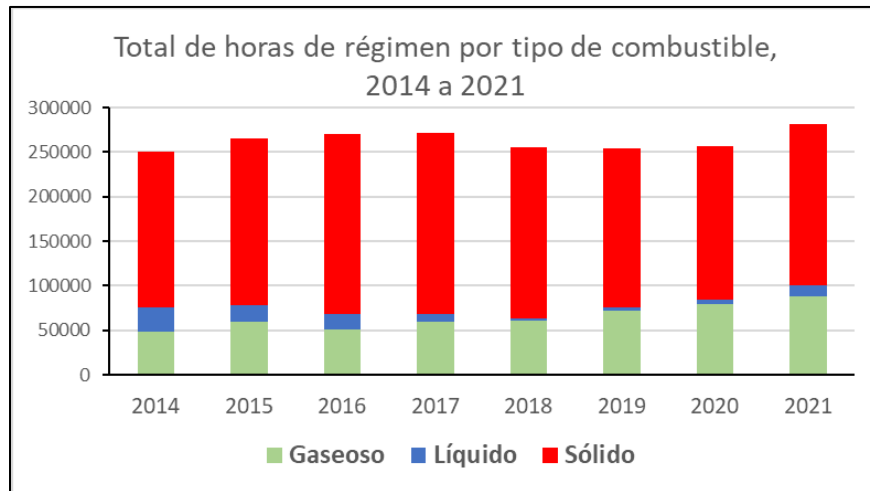
La Figura 3-6 resume el total de horas en estado de UGE en Régimen por cada uno de los combustibles desde el año 2014 a 2021, ilustrando que la mayor cantidad de horas de generación se ha realizado con combustibles sólidos.



*Figura 3-4 Evolución de horas de estado de la UGE para combustible Líquido, años 2014 a 2021*  
Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA



*Figura 3-5 Evolución de horas de estado de la UGE para combustible Sólido, años 2014 a 2021*  
Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA



*Figura 3-6 Evolución de total de horas de Régimen (RE) por tipo de combustible, años 2014 a 2021*  
Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

### 3.3 Horas de superación de límites de NECT para CT que utilizan combustible gaseoso, 2014 a 2021.

#### 3.3.1 CT que funcionan con combustible gaseoso.

La Tabla 3-5 ilustra las horas de funcionamiento (HE, RE, HA, FA) para las CT con combustible principal gaseoso, para las cuales se realizará la evaluación de las horas que exceden el límite de emisión establecido en la NECT. Un detalle con la cantidad de horas por cada estado de UGE se incluye en un anexo digital.

Tabla 3-5 Horas de funcionamiento de UGE de CT que usan combustible gaseoso

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Tres_Puentes_U1	0	0	2941	2550	1823	2719	572	780	
EXISTENTE	Tocopilla_TG3	1019	783	1053	855	643	932	826	873	
EXISTENTE	Nueva_Renca	4159	6205	7259	6170	2952	6368	4519	4680	
EXISTENTE	San_IsidroI_BPTG1	0	71	0	143	340	376	468	774	
EXISTENTE	San_IsidroI_TG1	6271	3747	4953	5494	4178	4608	5451	6915	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	1162	1967	1641	157	109	125	85	144	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	2062	2933	2325	237	80	76	100	137	
EXISTENTE	TG_Nehuenco I	4824	4792	7799	6636	5399	5964	5927	5771	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco I	0	0	0	0	100	241	91	186	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TG	3290	6287	3018	1845	2720	5463	6953	6976	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TV	3290	6287	3018	1845	2720	5463	6953	6976	
EXISTENTE	Taltal_TG1	1113	1459	743	1875	589	86	516	301	
EXISTENTE	Taltal_TG2	1408	1394	275	631	295	267	348	965	
EXISTENTE	Tocopilla_TG_U16	7773	7582	5748	5431	5577	4453	4904	5476	
EXISTENTE	Tocopilla_TV_U16	7773	7582	5748	5431	5577	4453	4904	5476	
EXISTENTE	TG_Nehuenco III	103	31	128	43	126	38	49	852	
EXISTENTE	TG_Nehuenco II	6360	6882	4336	5627	7327	7886	6644	6189	
EXISTENTE	Candelaria_TG1	146	72	1065	877	78	477	731	2973	
EXISTENTE	Candelaria_TG2	116	90	1085	956	62	361	982	3447	
EXISTENTE	Coronel	745	1644	757	570	192	472	452	1223	
EXISTENTE	San_IsidroII_BPTG2	7822	5149	8243	144	245	180	152	123	
EXISTENTE	San_IsidroII_TG2	7822	5149	8243	6997	6782	7433	7902	8209	
EXISTENTE	Yungay_1A	20	10	23	30	11	13	27	44	
EXISTENTE	Yungay_1B	21	10	24	29	10	12	27	44	
EXISTENTE	Yungay_2A	17	7	22	31	9	13	14	65	
EXISTENTE	Yungay_2B	17	7	21	31	10	12	14	65	
EXISTENTE	Yungay_3A	17	8	25	30	10	20	20	27	
EXISTENTE	Yungay_3B	17	10	25	32	10	15	20	27	
EXISTENTE	Quintero_TG1A	976	2323	1021	2071	1277	1353	3863	4387	
EXISTENTE	Quintero_TG1B	1432	2607	1460	1897	1143	1290	3033	4696	
NUEVA	Kelar_BPTG1	0	0	18	3314	4787	3838	5363	6237	
NUEVA	Kelar_BPTG2	0	0	8	3457	5468	4258	5270	3989	
NUEVA	Kelar_TG1	0	0	49	3314	4787	3838	5363	6237	
NUEVA	Kelar_TG2	0	0	9	3457	5468	4258	5270	3989	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Datos disponibles para descarga [https://drive.google.com/drive/folders/1CfvVC3I4tDvRFyLWv2a\\_4H6Q8DV58cr6](https://drive.google.com/drive/folders/1CfvVC3I4tDvRFyLWv2a_4H6Q8DV58cr6)

La Tabla 3-6 resume las horas de funcionamiento (RE, HA, HE, FA) que superan los límites de emisión establecidos en la NECT para NOx en CT que utilizan combustible gaseoso.

*Tabla 3-6 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Gaseoso*

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Tres_Puentes_U1	0	0	2933	2508	1738	2707	562	753	
EXISTENTE	Tocopilla_TG3	983	743	1031	852	643	931	825	872	
EXISTENTE	Nueva_Renca	98	93	139	114	62	55	38	61	
EXISTENTE	San_IsidroI_BPTG1	0	21	0	49	114	152	92	0	
EXISTENTE	San_IsidroI_TG1	4098	3123	381	144	151	399	173	68	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	1062	1895	919	14	0	0	1	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	1923	2768	1695	26	0	1	0	0	
EXISTENTE	TG_Nehuenco I	70	105	151	123	141	80	26	112	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TG	2925	6038	1839	230	144	45	18	134	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TV	2925	6038	1839	230	144	45	18	134	
EXISTENTE	Taltal_TG1	92	81	18	59	7	4	149	0	
EXISTENTE	Taltal_TG2	411	108	53	39	65	8	102	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG_U16	747	107	234	307	756	277	101	179	
EXISTENTE	Tocopilla_TV_U16	747	107	234	307	756	277	101	179	
EXISTENTE	TG_Nehuenco III	19	22	21	0	0	0	0	7	
EXISTENTE	TG_Nehuenco II	113	54	0	0	69	44	5	44	
EXISTENTE	Candelaria_TG1	31	16	72	12	0	0	0	0	
EXISTENTE	Candelaria_TG2	14	48	96	33	0	0	0	0	
EXISTENTE	Coronel	27	33	26	159	23	82	80	93	
EXISTENTE	San_IsidroII_BPTG2	699	86	0	25	21	49	49	67	
EXISTENTE	San_IsidroII_TG2	699	86	339	57	102	227	111	105	
EXISTENTE	Yungay_1A	4	0	11	14	5	9	22	44	
EXISTENTE	Yungay_1B	4	0	11	14	5	9	22	44	
EXISTENTE	Yungay_2A	2	0	11	19	4	10	12	65	
EXISTENTE	Yungay_2B	3	0	11	19	4	8	12	65	
EXISTENTE	Yungay_3A	0	0	11	17	5	18	18	27	
EXISTENTE	Yungay_3B	0	0	11	17	5	11	3	27	
EXISTENTE	Quintero_TG1A	109	1	1	18	0	17	4	24	
EXISTENTE	Quintero_TG1B	1	0	1	2	0	17	40	5	
NUEVA	Kelar_BPTG1	0	0	7	96	189	83	66	60	
NUEVA	Kelar_BPTG2	0	0	3	165	150	101	112	22	
NUEVA	Kelar_TG1	0	0	7	121	232	110	83	74	
NUEVA	Kelar_TG2	0	0	3	192	176	123	139	29	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-7 resume el porcentaje de horas de funcionamiento (RE, HA, HE, FA) que superan los límites de emisión establecidos en la NECT para NOx en CT que utilizan combustible gaseoso. Es necesario aclarar que el porcentaje presentado es con respecto al total de horas de funcionamiento señalado en la Tabla 3-5. El mismo criterio se aplicará posteriormente en las tablas para SO2 y MP.

*Tabla 3-7 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Gaseoso*

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Tres_Puentes_U1			99,7	98,4	95,3	99,6	98,3	96,5	
EXISTENTE	Tocopilla_TG3	96,5	94,9	97,9	99,6	100,0	99,9	99,9	99,9	
EXISTENTE	Nueva_Renca	2,4	1,5	1,9	1,8	2,1	0,9	0,8	1,3	
EXISTENTE	San_IsidroI_BPTG1		29,6		34,3	33,5	40,4	19,7	0,0	
EXISTENTE	San_IsidroI_TG1	65,3	83,3	7,7	2,6	3,6	8,7	3,2	1,0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	91,4	96,3	56,0	8,9	0,0	0,0	1,2	0,0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	93,3	94,4	72,9	11,0	0,0	1,3	0,0	0,0	
EXISTENTE	TG_Nehuenco I	1,5	2,2	1,9	1,9	2,6	1,3	0,4	1,9	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco I					0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TG	88,9	96,0	60,9	12,5	5,3	0,8	0,3	1,9	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TV	88,9	96,0	60,9	12,5	5,3	0,8	0,3	1,9	
EXISTENTE	Taltal_TG1	8,3	5,6	2,4	3,1	1,2	4,7	28,9	0,0	
EXISTENTE	Taltal_TG2	29,2	7,7	19,3	6,2	22,0	3,0	29,3	0,0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG_U16	9,6	1,4	4,1	5,7	13,6	6,2	2,1	3,3	
EXISTENTE	Tocopilla_TV_U16	9,6	1,4	4,1	5,7	13,6	6,2	2,1	3,3	
EXISTENTE	TG_Nehuenco III	18,4	71,0	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	
EXISTENTE	TG_Nehuenco II	1,8	0,8	0,0	0,0	0,9	0,6	0,1	0,7	
EXISTENTE	Candelaria_TG1	21,2	22,2	6,8	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Candelaria_TG2	12,1	53,3	8,8	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Coronel	3,6	2,0	3,4	27,9	12,0	17,4	17,7	7,6	
EXISTENTE	San_IsidroII_BPTG2	8,9	1,7	0,0	17,4	8,6	27,2	32,2	54,5	
EXISTENTE	San_IsidroII_TG2	8,9	1,7	4,1	0,8	1,5	3,1	1,4	1,3	
EXISTENTE	Yungay_1A	20,0	0,0	47,8	46,7	45,5	69,2	81,5	100,0	
EXISTENTE	Yungay_1B	19,0	0,0	45,8	48,3	50,0	75,0	81,5	100,0	
EXISTENTE	Yungay_2A	11,8	0,0	50,0	61,3	44,4	76,9	85,7	100,0	
EXISTENTE	Yungay_2B	17,6	0,0	52,4	61,3	40,0	66,7	85,7	100,0	
EXISTENTE	Yungay_3A	0,0	0,0	44,0	56,7	50,0	90,0	90,0	100,0	
EXISTENTE	Yungay_3B	0,0	0,0	44,0	53,1	50,0	73,3	15,0	100,0	
EXISTENTE	Quintero_TG1A	11,2	0,0	0,1	0,9	0,0	1,3	0,1	0,5	
EXISTENTE	Quintero_TG1B	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	1,3	1,3	0,1	
NUEVA	Kelar_BPTG1			38,9	2,9	3,9	2,2	1,2	1,0	
NUEVA	Kelar_BPTG2			37,5	4,8	2,7	2,4	2,1	0,6	
NUEVA	Kelar_TG1			14,3	3,7	4,8	2,9	1,5	1,2	
NUEVA	Kelar_TG2			33,3	5,6	3,2	2,9	2,6	0,7	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA



La Tabla 3-8 presenta para CT existentes el número de Horas de funcionamiento que superarían los límites de emisiones de NOx establecidos para fuentes nuevas.

*Tabla 3-8 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT (considerado para fuentes nuevas) para NOx, CT combustible Gaseoso*

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Tres_Puentes_U1	0	0	2933	2508	1738	2707	562	753	
EXISTENTE	Tocopilla_TG3	983	743	1031	852	643	931	825	872	
EXISTENTE	Nueva_Renca	130	102	153	129	82	55	45	74	
EXISTENTE	San_IsidroI_BPTG1	0	21	0	49	114	152	92	0	
EXISTENTE	San_IsidroI_TG1	4098	3123	381	144	151	399	173	68	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	1162	1965	1246	157	45	44	15	48	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	2062	2933	1817	237	36	17	24	63	
EXISTENTE	TG_Nehuenco I	76	125	204	123	142	80	26	112	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TG	2925	6038	1839	243	152	45	18	266	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TV	2925	6038	1839	243	152	45	18	266	
EXISTENTE	Taltal_TG1	92	88	22	93	30	8	152	51	
EXISTENTE	Taltal_TG2	411	112	54	39	113	26	102	77	
EXISTENTE	Tocopilla_TG_U16	747	107	234	307	756	277	101	179	
EXISTENTE	Tocopilla_TV_U16	747	107	234	307	756	277	101	179	
EXISTENTE	TG_Nehuenco III	19	22	21	0	0	0	0	7	
EXISTENTE	TG_Nehuenco II	125	54	0	0	80	44	5	48	
EXISTENTE	Candelaria_TG1	44	34	87	40	15	0	0	0	
EXISTENTE	Candelaria_TG2	29	56	119	48	10	4	72	664	
EXISTENTE	Coronel	124	606	139	190	41	87	123	707	
EXISTENTE	San_IsidroII_BPTG2	699	86	0	25	21	49	49	67	
EXISTENTE	San_IsidroII_TG2	699	86	339	57	102	227	111	105	
EXISTENTE	Yungay_1A	4	0	11	14	5	9	22	44	
EXISTENTE	Yungay_1B	5	0	12	14	5	9	22	44	
EXISTENTE	Yungay_2A	4	0	11	19	4	10	12	65	
EXISTENTE	Yungay_2B	4	0	11	19	4	8	12	65	
EXISTENTE	Yungay_3A	0	0	11	17	5	18	18	27	
EXISTENTE	Yungay_3B	0	0	11	17	5	11	3	27	
EXISTENTE	Quintero_TG1A	109	1	1	18	0	17	4	24	
EXISTENTE	Quintero_TG1B	1	0	1	2	0	17	40	5	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

A modo de ilustración, la Tabla 3-9 muestra las horas fuera de períodos de funcionamiento, es decir las que corresponden a Detenciones (programadas y no programadas), disponibles para despacho o disponibles sin servicio durante las cuales hay emisiones de NOx que superan el valor establecido como límite (50 mg/Nm<sup>3</sup>) tanto para fuentes existentes como nuevas.

Tabla 3-9 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Gaseoso

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Tres_Puentes_U1	0	0	5	132	103	17	13	91	
EXISTENTE	Tocopilla_TG3	1	10	0	1	0	0	0	0	
EXISTENTE	Nueva_Renca	6	62	1	41	9	3	0	143	
EXISTENTE	San_Isidrol_BPTG1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	San_Isidrol_TG1	0	0	0	16	144	1	4	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0	1	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0	4	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	TG_Nehuenco I	1	3	17	1	0	0	0	0	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TG	381	1	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TV	381	1	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Taltal_TG1	0	2	0	2	0	20	68	0	
EXISTENTE	Taltal_TG2	0	0	0	5	1	3	12	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG_U16	39	23	16	22	0	3	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TV_U16	39	23	16	22	0	3	0	0	
EXISTENTE	TG_Nehuenco III	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	TG_Nehuenco II	3	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Candelaria_TG1	18	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Candelaria_TG2	0	1098	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Coronel	1	72	43	0	0	22	308	720	
EXISTENTE	San_Isidrol_BPTG2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	San_Isidrol_TG2	0	0	0	2	5	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_1A	0	15	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_1B	0	15	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_2A	0	13	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_2B	0	13	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_3A	0	11	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_3B	0	11	0	0	0	7	0	0	
EXISTENTE	Quintero_TG1A	2	0	0	0	0	895	0	55	
EXISTENTE	Quintero_TG1B	0	0	0	2	0	0	1	4	
NUEVA	Kelar_BPTG1	0	0	0	0	0	0	0	0	
NUEVA	Kelar_BPTG2	0	0	0	0	0	0	0	0	
NUEVA	Kelar_TG1	0	0	0	47	24	1	227	40	
NUEVA	Kelar_TG2	0	0	2	27	38	18	85	679	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

De acuerdo a la Tabla 3-9 algunas CT registran horas fuera del período de funcionamiento con emisiones que superan el límite establecido en la norma vigente para NOX, estos casos no son considerados en la evaluación de normas.

La NECT no se aplica para MP o SO2 en el caso de las CT que utilizan combustible gaseoso. Sin embargo, se incluye la Tabla 3-10 para visualizar si se reportan emisiones que superen los límites más bajos establecidos que corresponden a los de combustible líquido.

En la Tabla 3-10, se incluyó la columna Med para identificar si los datos corresponden a emisiones cuando se utiliza equipos CEMS o a datos estimados cuando se utilizan métodos alternativos (MA) para cuantificar emisiones de NOx, SO2 y MP.

En la Tabla 3-10 se aprecia que hay datos que superan los límites de SO2 y MP tanto para casos con uso de CEMS como con métodos alternativos. Sin embargo, al revisar los datos corresponden a estados de UGE de horas de apagado, encendido o fallas, incluso hay casos donde la potencia es 0 donde no debería haber emisión. De acuerdo a lo comentado por profesionales de la SMA que realizan evaluaciones de norma en sus controles de calidad no son considerados en las evaluaciones las horas con potencia 0 como indicador que la CT no está en funcionamiento. La tabla muestra además que la cantidad de horas con valores reportados sobre límites de emisión ha disminuido desde el año 2014, en mayor medida para SO2.

*Tabla 3-10 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO2 o MP considerado para combustible líquido en CT que utilizan combustible Gaseoso*

Tipo	Med	UGE	SO2									MP						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	CEMS	Tres Puentes_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	MA	Tocopilla_TG3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	CEMS	Nueva Renca	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2	1	0	8	8	28	
EXISTENTE	MA	San_IsidroI_BPTG1	0	0	0	0	0	0	29	33	0	0	0	8	14	0		
EXISTENTE	CEMS	San_IsidroI_TG1	0	0	0	0	0	36	34	0	7	0	0	444	15	0		
EXISTENTE	CEMS	Atacama_TG 1A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	CEMS	Atacama_TG 2A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	CEMS	TG_Nehuenco I	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	23	0	1	0		
EXISTENTE	MA	TG_BP_Nehuenco I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	CEMS	Mejillones_CTM3TG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23		
EXISTENTE	CEMS	Mejillones_CTM3TV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23		
EXISTENTE	MA	Taltal_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	MA	Taltal_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	CEMS	Tocopilla_TG_U16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	CEMS	Tocopilla_TV_U16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	MA	TG_Nehuenco III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	CEMS	TG_Nehuenco II	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	MA	Candelaria_TG1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9	2	6	0	0		
EXISTENTE	MA	Candelaria_TG2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	4	13	0	0	0		
EXISTENTE	CEMS	Coronel	7	20	13	6	1	3	3	3	2	78	39	72	51	53		
EXISTENTE	MA	San_IsidroII_BPTG2	65	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	9	4	0		
EXISTENTE	CEMS	San_IsidroII_TG2	65	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	9	6	0		
EXISTENTE	MA	Yungay_1A	5	0	12	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0		
EXISTENTE	MA	Yungay_1B	5	0	12	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0		
EXISTENTE	MA	Yungay_2A	4	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	MA	Yungay_2B	4	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	MA	Yungay_3A	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	MA	Yungay_3B	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	CEMS	Quintero_TG1A	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	CEMS	Quintero_TG1B	0	222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
NUEVA	CEMS	Kelar_BPTG1	0	0	7	17	124	5	2	0	0	0	2	34	64	13		
NUEVA	CEMS	Kelar_BPTG2	0	0	2	73	37	4	0	1	0	0	0	63	21	28		
NUEVA	CEMS	Kelar_TG1	0	0	9	19	131	6	2	0	0	0	2	35	67	13		
NUEVA	CEMS	Kelar_TG2	0	0	2	71	39	4	3	2	0	0	0	65	21	28		

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

### 3.3.2 CT que funcionan con combustible Líquido.

La Tabla 3-11 ilustra las horas de funcionamiento (HE, RE, HA, FA) para las CT con combustible líquido, para las cuales se realizará la evaluación de las horas que exceden el límite de emisión de la NECT. Un detalle con la cantidad de horas por cada estado de UGE se incluye en un anexo digital.

*Tabla 3-11 Horas de funcionamiento de UGE de CT que usan combustible Líquido*

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I	0	0	68	95	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II	0	0	68	95	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I	0	0	68	98	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II	0	0	68	98	0	0	0	0	
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	643	731	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U1	0	0	0	168	0	0	0	7	
EXISTENTE	Renca_U2	0	0	0	136	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	202	541	659	685	204	0	0	13	
EXISTENTE	Huasco_TG3	0	12	7	23	14	6	25	24	
EXISTENTE	Huasco_TG4	0	11	7	23	11	3	23	17	
EXISTENTE	Huasco_TG5	0	11	1	23	14	3	23	18	
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	166	388	532	865	186	0	0	15	
EXISTENTE	D_Almagro_TG1	0	126	8	52	21	19	31	88	
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR	0	490	706	486	72	15	19	25	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	1162	1967	1641	264	635	1654	977	1664	
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	1696	3152	2744	701	401	350	774	1826	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	2062	2933	2325	365	301	214	868	1183	
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	1984	2389	3584	435	331	636	1280	2330	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II	0	0	0	0	0	0	0	23	
EXISTENTE	Horcones	8976	33	83	59	35	15	20	7	
EXISTENTE	Lag_Verde_TG	0	0	68	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	902	200	221	569	285	721	282	811	
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	906	141	168	520	259	825	281	1054	
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	8976	0	19	65	0	21	0	48	
EXISTENTE	Los Vientos	133	848	341	234	504	1290	645	1491	
EXISTENTE	Colmito	132	627	194	300	313	1551	160	2009	
EXISTENTE	Cardones_T1	2376	61	1	94	25	2	11	30	
EXISTENTE	Los Pinos_TG	1616	2202	965	860	426	201	714	2193	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	2208	0	17	23	37	1	3	24	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	2208	0	22	25	29	1	6	19	
EXISTENTE	Santa_Lidia	5	237	166	22	7	28	115	236	
EXISTENTE	El Salvador_TG1	0	147	3	41	17	18	22	87	
EXISTENTE	EMELDA_U1	8976	12	49	47	32	64	27	63	
EXISTENTE	EMELDA_U2	8976	12	28	22	14	65	20	40	
EXISTENTE	Yungay_4	19	19	22	56	23	10	3	21	
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	15	14	0	47	42	33	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 B	0	0	0	47	42	30	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg02	0	3818	0	47	42	31	34	0	
NUEVA	Los Guindos_TG	0	78	339	112	67	5	47	125	
NUEVA	Los Guindos_TG2	0	0	0	0	0	29	76	190	

La Tabla 3-12 presenta las horas de funcionamiento que superan el límite de emisión para NOx establecido en la NECT (200mg/Nm<sup>3</sup> para CT Existentes y 120mg/Nm<sup>3</sup> para CT Nuevas) en CT que utilizan combustible Líquido. La cantidad de horas de excedencia expresadas como porcentaje respecto al total de horas de funcionamiento se presentan en la Tabla 3-13.

Tabla 3-12 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I	0	0	0	27	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II	0	0	0	27	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I	0	0	0	29	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II	0	0	0	29	0	0	0	0	
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	601	705	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U1	0	0	0	40	0	0	0	7	
EXISTENTE	Renca_U2	0	0	0	36	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	191	314	649	683	48	0	0	12	
EXISTENTE	Huasco_TG3	0	12	7	23	14	6	22	19	
EXISTENTE	Huasco_TG4	0	11	7	23	11	3	23	17	
EXISTENTE	Huasco_TG5	0	11	1	23	14	3	23	18	
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	158	346	521	865	84	0	0	12	
EXISTENTE	D_Almagro_TG1	0	126	8	52	21	19	31	88	
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR	0	338	516	381	57	11	0	5	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	1062	1895	919	46	187	156	41	52	
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	1569	2659	1443	97	80	55	202	137	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	1923	2768	1695	46	35	24	247	98	
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	1822	2199	2307	89	97	121	140	134	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II	0	0	115	122	0	0	0	1	
EXISTENTE	Horcones	3	33	80	59	21	15	20	7	
EXISTENTE	Lag_Verde_TG	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	17	21	9	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	31	4	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0	0	19	50	0	21	0	48	
EXISTENTE	Los Vientos	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Cardones_T1	2	0	0	50	0	0	0	0	
EXISTENTE	Los Pinos_TG	7	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	1	0	0	16	17	0	1	21	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	0	0	1	17	19	0	2	19	
EXISTENTE	Santa_Lidia	0	0	1	0	0	0	0	1	
EXISTENTE	El Salvador_TG1	0	109	2	41	17	18	21	87	
EXISTENTE	EMELDA_U1	9	3	30	14	15	30	22	50	
EXISTENTE	EMELDA_U2	7	3	11	12	10	42	16	33	
EXISTENTE	Yungay_4	3	0	12	29	8	6	0	21	
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	10	14	0	47	42	33	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 B	0	0	0	47	42	30	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg02	0	3144	0	47	42	31	34	0	
NUEVA	Los Guindos_TG	0	69	339	0	0	0	0	0	
NUEVA	Los Guindos_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

Tabla 3-13 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I			0,0	28,4					/
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II			0,0	28,4					/
EXISTENTE	Lag_Verde_BB I			0,0	29,6					/
EXISTENTE	Lag_Verde_BB II			0,0	29,6					/
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	93,5	96,4							/
EXISTENTE	Renca_U1				23,8				100,0	
EXISTENTE	Renca_U2				26,5					
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	94,6	58,0	98,5	99,7	23,5			92,3	
EXISTENTE	Huasco_TG3		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	88,0	79,2	
EXISTENTE	Huasco_TG4		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
EXISTENTE	Huasco_TG5		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	95,2	89,2	97,9	100,0	45,2			80,0	
EXISTENTE	D_Almagro_TG1		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR		69,0	73,1	78,4	79,2	73,3	0,0	20,0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	91,4	96,3	56,0	17,4	29,4	9,4	4,2	3,1	
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	92,5	84,4	52,6	13,8	20,0	15,7	26,1	7,5	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	93,3	94,4	72,9	12,6	11,6	11,2	28,5	8,3	
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	91,8	92,0	64,4	20,5	29,3	19,0	10,9	5,8	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II								4,3	
EXISTENTE	Horcones	0,0	100,0	96,4	100,0	60,0	100,0	100,0	100,0	
EXISTENTE	Lag_Verde_TG			0,0						
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	1,9	10,5	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	3,4	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0,0		100,0	76,9		100,0		100,0	
EXISTENTE	Los Vientos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Colmito	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Cardones_T1	0,1	0,0	0,0	53,2	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Los Pinos_TG	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	0,0		0,0	69,6	45,9	0,0	33,3	87,5	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	0,0		4,5	68,0	65,5	0,0	33,3	100,0	
EXISTENTE	Santa Lidia	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	
EXISTENTE	El Salvador_TG1		74,1	66,7	100,0	100,0	100,0	95,5	100,0	
EXISTENTE	EMELDA_U1	0,1	25,0	61,2	29,8	46,9	46,9	81,5	79,4	
EXISTENTE	EMELDA_U2	0,1	25,0	39,3	54,5	71,4	64,6	80,0	82,5	
EXISTENTE	Yungay_4	15,8	0,0	54,5	51,8	34,8	60,0	0,0	100,0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	66,7	100,0		100,0	100,0	100,0	100,0		/
EXISTENTE	Salar_Tg01 B				100,0	100,0	100,0	100,0		
EXISTENTE	Salar_Tg02		82,3		100,0	100,0	100,0	100,0		
NUEVA	Los Guindos_TG		88,5	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
NUEVA	Los Guindos_TG2						0,0	0,0	0,0	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

De acuerdo a la tabla anterior, hay varias centrales que superan los límites de NOx para todas las horas de funcionamiento, es decir tienen un porcentaje de 100% de incumplimiento. Recordar que criterio de SMA de acuerdo a la Circular N°1 de 2015 es no superar un 30% de incumplimiento, aunque para efectos de evaluación de la Norma se debe verificar si las horas de funcionamiento excedan de un 10% del año y que la CT tenga una potencia entre 50 y 150 MWt. Es importante señalar que al revisar los estados de UGE la mayoría de las excedencias corresponden a horas de

apagado, encendido y fallas. En anexo se incluyen los casos de no cumplimiento para horas de régimen.

La Tabla 3-14 muestra las horas fuera de períodos de funcionamiento, es decir las que corresponden a Detenciones (programadas y no programadas), disponibles para despacho o disponibles sin servicio durante las cuales hay emisiones de NOx que superan el valor establecido como límite tanto para fuentes existentes como nuevas

*Tabla 3-14 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Líquido*

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	1	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	0	11	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG3	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG4	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG5	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	D_Almagro_TG1	0	0	20	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR	0	0	3	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0	1	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0	4	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	0	1	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II	0	0	2	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Horcones	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_TG	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilgüe_TG-1	0	0	3	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0	0	0	0	0	0	0	15	
EXISTENTE	Los Vientos	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Cardones_T1	0	17	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Los Pinos_TG	0	1	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Santa Lidia	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	El Salvador_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	EMELDA_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	EMELDA_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_4	0	22	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 B	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Salar_Tg02	0	0	0	0	0	0	0	0	
NUEVA	Los Guindos_TG	0	0	11	0	0	0	0	0	
NUEVA	Los Guindos_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-15 presenta las horas de funcionamiento para CT existentes que superan el límite de la NECT establecido para fuentes nuevas (120 mg/Nm<sup>3</sup>) que usan combustible líquido.

Tabla 3-15 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx Norma fuentes Nuevas, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I	0	0	0	27	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II	0	0	0	27	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I	0	0	0	29	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II	0	0	0	29	0	0	0	0	
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	601	705	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U1	0	0	0	40	0	0	0	7	
EXISTENTE	Renca_U2	0	0	0	36	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	191	314	649	683	48	0	0	12	
EXISTENTE	Huasco_TG3	0	12	7	23	14	6	22	19	
EXISTENTE	Huasco_TG4	0	11	7	23	11	3	23	17	
EXISTENTE	Huasco_TG5	0	11	1	23	14	3	23	18	
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	158	346	521	865	84	0	0	12	
EXISTENTE	D_Almagro_TG1	0	126	8	52	21	19	31	88	
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR	0	490	706	486	68	15	19	25	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	1162	1965	1246	240	309	220	105	651	
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	1696	2791	2379	235	194	101	224	349	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	2062	2933	1817	339	158	71	333	398	
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	1983	2389	3232	417	226	144	208	759	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II	0	0	119	159	0	0	0	5	
EXISTENTE	Horcones	3	33	80	59	21	15	20	7	
EXISTENTE	Lag_Verde_TG	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	50	43	31	2	1	0	0	0	
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	46	4	0	0	0	1	0	0	
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0	0	19	50	0	21	0	48	
EXISTENTE	Los Vientos	0	1	0	0	0	9	23	42	
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Cardones_T1	2	1	0	89	22	1	10	30	
EXISTENTE	Los Pinos_TG	16	2	1	4	1	5	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	4	0	0	17	17	0	1	21	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	0	0	1	18	19	0	2	19	
EXISTENTE	Santa Lidia	0	55	46	15	6	15	38	4	
EXISTENTE	El Salvador_TG1	0	109	2	41	17	18	21	87	
EXISTENTE	EMELDA_U1	9	6	30	14	15	30	22	50	
EXISTENTE	EMELDA_U2	7	3	11	13	10	42	16	33	
EXISTENTE	Yungay_4	3	0	12	29	8	6	0	21	
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	10	14	0	47	42	33	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 B	0	0	0	47	42	30	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg02	0	3144	0	47	42	31	34	0	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA



La Tabla 3-16 presenta las horas de funcionamiento que superan el límite de emisión para SO<sub>2</sub> establecido en la NECT (30 mg/Nm<sup>3</sup> para CT Existentes y 10 mg/Nm<sup>3</sup> para CT Nuevas) en CT que utilizan combustible Líquido. La cantidad de horas de excedencia expresadas como porcentaje respecto al total de horas de funcionamiento se presentan en la Tabla 3-17.

Tabla 3-16 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO<sub>2</sub>, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG3	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG4	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG5	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	D_Almagro_TG1	0	17	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Horcones	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_TG	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	1	2	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Los Vientos	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Cardones_T1	2	1	0	50	0	0	0	0	
EXISTENTE	Los Pinos_TG	2	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	5	0	0	17	0	0	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	3	0	2	18	2	0	2	0	
EXISTENTE	Santa_Lidia	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	El Salvador_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	EMELDA_U1	9	8	30	14	16	0	0	0	
EXISTENTE	EMELDA_U2	7	3	11	13	10	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_4	3	0	12	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	0	0	0	47	42	33	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 B	0	0	0	47	42	30	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg02	0	0	0	47	42	31	34	0	
NUEVA	Los Guindos_TG	0	74	339	0	0	0	0	0	
NUEVA	Los Guindos_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

Tabla 3-17 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO<sub>2</sub>, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I			0,0	0,0					—
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II			0,0	0,0					—
EXISTENTE	Lag_Verde_BB I			0,0	0,0					—
EXISTENTE	Lag_Verde_BB II			0,0	0,0					—
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	0,0	0,0							—
EXISTENTE	Renca_U1				0,0				0,0	
EXISTENTE	Renca_U2				0,0					
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	—
EXISTENTE	Huasco_TG3		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Huasco_TG4		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Huasco_TG5		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	—
EXISTENTE	D_Almagro_TG1		13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II								0,0	
EXISTENTE	Horcones	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Lag_Verde_TG			0,0						
EXISTENTE	Antilhue_TG-1	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0,0		0,0	0,0		0,0		0,0	—
EXISTENTE	Los Vientos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Colmito	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Cardones_T1	0,1	1,6	0,0	53,2	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Los Pinos_TG	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	0,2		0,0	73,9	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	0,1		9,1	72,0	6,9	0,0	33,3	0,0	—
EXISTENTE	Santa_Lidia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	El Salvador_TG1		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	EMELDA_U1	0,1	66,7	61,2	29,8	50,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	EMELDA_U2	0,1	25,0	39,3	59,1	71,4	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Yungay_4	15,8	0,0	54,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	0,0	0,0		100,0	100,0	100,0	100,0		—
EXISTENTE	Salar_Tg01 B				100,0	100,0	100,0	100,0		—
EXISTENTE	Salar_Tg02		0,0		100,0	100,0	100,0	100,0		—
NUEVA	Los Guindos_TG		94,9	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
NUEVA	Los Guindos_TG2						0,0	0,0	0,0	—

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-18 presenta las horas de funcionamiento de CT existentes que superarían los límites de emisión de SO<sub>2</sub> establecidos en la NECT (10 mg/Nm<sup>3</sup>) para CT nuevas que utilicen combustible líquido.

Tabla 3-18 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO2 norma fuentes nuevas, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG3	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG4	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG5	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	D_Almagro_TG1	0	17	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Horcones	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_TG	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	1	2	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Los Vientos	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Cardones_T1	2	1	0	50	0	0	0	0	
EXISTENTE	Los Pinos_TG	2	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	5	0	0	17	0	0	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	3	0	2	18	2	0	2	0	
EXISTENTE	Santa Lidia	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	El Salvador_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	EMELDA_U1	9	8	30	14	16	0	0	0	
EXISTENTE	EMELDA_U2	7	3	11	13	10	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_4	3	0	12	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	0	0	0	47	42	33	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 B	0	0	0	47	42	30	36	0	
EXISTENTE	Salar_Tg02	0	0	0	47	42	31	34	0	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-19 presenta las horas de funcionamiento que superan el límite de emisión para MP establecido en la NECT (30mg/Nm<sup>3</sup> para CT Existentes y Nuevas) en CT que utilizan combustible Líquido. La cantidad de horas de excedencia expresadas como porcentaje respecto al total de horas de funcionamiento se presentan en la Tabla 3-20.

Tabla 3-19 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Renca_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG3	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG4	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Huasco_TG5	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	D_Almagro_TG1	0	7	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	0	109	9	7	14	4	1	24	
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	0	0	0	0	7	0	0	0	
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Horcones	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lag_Verde_TG	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Antilhue_TG-1	49	44	4	1	2	8	0	0	
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	1	7	2	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Los Vientos	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Cardones_T1	0	0	0	4	0	0	0	0	
EXISTENTE	Los Pinos_TG	0	3	2	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	0	0	0	1	0	0	0	0	
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	0	0	0	0	3	0	0	0	
EXISTENTE	Santa_Lidia	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	El Salvador_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	EMELDA_U1	0	0	0	2	1	0	0	0	
EXISTENTE	EMELDA_U2	0	0	0	3	7	0	0	0	
EXISTENTE	Yungay_4	2	0	1	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	0	0	0	0	0	1	0	0	
EXISTENTE	Salar_Tg01 B	0	0	0	0	0	1	0	0	
EXISTENTE	Salar_Tg02	0	0	0	0	0	1	1	0	
NUEVA	Los Guindos_TG	0	78	339	0	0	0	0	0	
NUEVA	Los Guindos_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

Tabla 3-20 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I			0,0	0,0					—
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II			0,0	0,0					—
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I			0,0	0,0					—
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II			0,0	0,0					—
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	0,0	0,0							—
EXISTENTE	Renca_U1				0,0				0,0	
EXISTENTE	Renca_U2				0,0					
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	—
EXISTENTE	Huasco_TG3		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Huasco_TG4		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Huasco_TG5		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	—
EXISTENTE	D_Almagro_TG1		5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	0,0	3,5	0,3	1,0	3,5	1,1	0,1	1,3	—
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II								0,0	
EXISTENTE	Horcones	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Lag_Verde_TG			0,0						
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	5,4	22,0	1,8	0,2	0,7	1,1	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	0,1	5,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0,0		0,0	0,0		0,0		0,0	—
EXISTENTE	Los Vientos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Colmito	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Cardones_T1	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Los Pinos_TG	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	0,0		0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	0,0		0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Santa_Lidia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	El Salvador_TG1		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	EMELDA_U1	0,0	0,0	0,0	4,3	3,1	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	EMELDA_U2	0,0	0,0	0,0	13,6	50,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Yungay_4	10,5	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	0,0	0,0		0,0	0,0	3,0	0,0		—
EXISTENTE	Salar_Tg01 B				0,0	0,0	3,3	0,0		—
EXISTENTE	Salar_Tg02		0,0		0,0	0,0	3,2	2,9		—
NUEVA	Los Guindos_TG		100,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
NUEVA	Los Guindos_TG2						0,0	0,0	0,0	—

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-21 resume las horas fuera del funcionamiento (DP, DSD, DNP, SPS) con emisiones reportadas de SO2 y MP por sobre los límites establecidos en la NCET, estos datos no son considerados para evaluar la norma.

*Tabla 3-21 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para SO2 y MP, CT combustible Líquido*

Tipo	UGE	SO2								MP							
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Renca_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Renca_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Huasco_TG3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Huasco_TG4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Huasco_TG5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	D_Almagro_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	0	1	0	0	0	0	0	0	0	603	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Horcones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Lag_Verde_TG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Antilhue_TG-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Esperanza_TG-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Los Vientos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Cardones_T1	0	17	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Los Pinos_TG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	10	0	0	0	0	0
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Santa Lidia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	El Salvador_TG1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	EMELDA_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	EMELDA_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Yungay_4	0	22	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Salar_Tg01 B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Salar_Tg02	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NUEVA	Los Guindos_TG	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
NUEVA	Los Guindos_TG2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

### 3.3.3 CT que funcionan con combustible Sólido.

La Tabla 3-5 ilustra las horas de funcionamiento (HE, RE, HA, FA) para las CT con combustible sólido, para las cuales se realizará la evaluación de las horas que exceden el límite de emisión de la NECT. Un detalle con la cantidad de horas por cada estado de UGE se incluye en un anexo digital.

*Tabla 3-22 Horas de funcionamiento de UGE de CT con combustible sólido*

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	8195	6875	7847	7130	6434	2729	1594	0	
EXISTENTE	Bocamina_U2	0	770	7059	6201	7325	7616	7035	8176	
EXISTENTE	Ventanas_II	7221	6723	7884	6461	8241	6964	8130	7321	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	8172	8365	7970	6645	3158	235	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U13	8172	8365	7970	6645	3158	235	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U14	8963	8695	8771	8719	6943	1886	1685	7167	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	8963	8695	8771	8719	6943	1886	1685	7167	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	8962	8746	8784	7875	8760	8760	8774	8325	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	8962	8746	8784	7875	8760	8760	8774	8325	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	8946	8760	6497	7786	7074	4518	3062	7296	
EXISTENTE	Norgener_NT01	8249	8402	7563	8530	8199	8123	7903	8014	
EXISTENTE	Norgener_NT02	8421	6836	7936	8518	8534	8154	7937	8152	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	8946	8760	6497	7786	7074	4518	3062	7296	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	5236	7551	2516	5480	0	6172	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	8361	8596	8074	6430	8208	7936	8250	7242	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	8684	8758	7961	8412	8006	8027	7923	8025	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	8323	8612	8314	7778	8233	7358	8188	6473	
EXISTENTE	Andina_CTA	8032	7926	8300	7570	7587	6014	5991	6548	
EXISTENTE	Andina_CTH	8388	8470	7920	7966	7263	6920	7107	6566	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	8926	8726	8744	8528	8679	8760	8568	8523	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	8926	8726	8744	8528	8679	8760	8568	8523	
EXISTENTE	Bocamina_U1	4512	2892	6996	6424	5484	7209	4018	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1	0	7127	6988	7756	7791	8017	7625	7617	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	7882	7080	7398	7850	7817	5847	7946	7531	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	8446	8227	8754	7499	7138	7673	8088	6528	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	0	441	8297	8361	8248	8026	8346	8007	
NUEVA	Lautaro_U2	0	6782	6444	7293	3758	5718	6131	5192	
NUEVA	Cochrane_CCH1	0	0	3979	8663	8752	8646	8737	8759	
NUEVA	Cochrane_CCH2	0	0	3979	8663	8752	8646	8737	8759	
NUEVA	Mejillones_CTM7	0	0	0	0	0	4253	7988	8375	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-23 presenta las horas de funcionamiento que superan el límite de emisión para NOx establecido en la NECT (500 mg/Nm<sup>3</sup> para CT Existentes y 200 mg/Nm<sup>3</sup> para CT Nuevas) en CT que utilizan combustible Sólido. La cantidad de horas de excedencia expresadas como porcentaje respecto al total de horas de funcionamiento se presentan en la Tabla 3-24.

Tabla 3-23 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	7498	889	68	84	81	31	19	0	
EXISTENTE	Bocamina_U2	0	11	118	68	54	83	27	14	
EXISTENTE	Ventanas II	4405	1765	73	103	91	207	54	116	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	1025	828	40	51	66	18	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U13	1025	828	40	51	66	18	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U14	2307	519	74	165	238	81	64	85	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	2307	519	74	165	238	81	64	85	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	1696	179	17	20	13	3	3	4	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	1696	179	17	20	13	3	3	4	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	785	1324	1291	733	486	185	203	475	
EXISTENTE	Norgener_NT01	99	23	147	76	84	98	73	144	
EXISTENTE	Norgener_NT02	66	37	236	59	98	116	119	105	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	785	1324	1291	733	486	185	203	475	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	5202	7415	1997	86	0	73	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	1444	198	94	474	46	4	6	14	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	2	0	7	1	6	4	6	6	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	1249	42	33	70	37	46	41	28	
EXISTENTE	Andina_CTA	0	14	2	8	613	57	51	1420	
EXISTENTE	Andina_CTH	0	25	67	39	355	62	61	406	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	291	121	62	147	285	190	162	279	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	291	121	62	147	285	190	162	279	
EXISTENTE	Bocamina_U1	862	218	122	14	54	25	65	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1	0	666	780	1977	831	225	174	83	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	402	55	117	115	77	101	65	142	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	264	38	59	84	27	36	22	33	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	0	3	5	9	9	2	3	6	
NUEVA	Lautaro_U2	0	212	22	441	440	552	787	95	
NUEVA	Cochrane_CCH1	0	0	236	156	79	79	87	150	
NUEVA	Cochrane_CCH2	0	0	236	156	79	79	87	150	
NUEVA	Mejillones_CTM7	0	0	0	0	0	185	78	31	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA



Tabla 3-24 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	91,5	12,9	0,9	1,2	1,3	1,1	1,2		
EXISTENTE	Bocamina_U2		1,4	1,7	1,1	0,7	1,1	0,4	0,2	
EXISTENTE	Ventanas_II	61,0	26,3	0,9	1,6	1,1	3,0	0,7	1,6	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	12,5	9,9	0,5	0,8	2,1	7,7			
EXISTENTE	Tocopilla_U13	12,5	9,9	0,5	0,8	2,1	7,7			
EXISTENTE	Tocopilla_U14	25,7	6,0	0,8	1,9	3,4	4,3	3,8	1,2	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	25,7	6,0	0,8	1,9	3,4	4,3	3,8	1,2	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	18,9	2,0	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	18,9	2,0	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	8,8	15,1	19,9	9,4	6,9	4,1	6,6	6,5	
EXISTENTE	Norgener_NT01	1,2	0,3	1,9	0,9	1,0	1,2	0,9	1,8	
EXISTENTE	Norgener_NT02	0,8	0,5	3,0	0,7	1,1	1,4	1,5	1,3	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	8,8	15,1	19,9	9,4	6,9	4,1	6,6	6,5	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	99,4	98,2	79,4	1,6		1,2			
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	17,3	2,3	1,2	7,4	0,6	0,1	0,1	0,2	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	15,0	0,5	0,4	0,9	0,4	0,6	0,5	0,4	
EXISTENTE	Andina_CTA	0,0	0,2	0,0	0,1	8,1	0,9	0,9	21,7	
EXISTENTE	Andina_CTH	0,0	0,3	0,8	0,5	4,9	0,9	0,9	6,2	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	3,3	1,4	0,7	1,7	3,3	2,2	1,9	3,3	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	3,3	1,4	0,7	1,7	3,3	2,2	1,9	3,3	
EXISTENTE	Bocamina_U1	19,1	7,5	1,7	0,2	1,0	0,3	1,6		
EXISTENTE	Lautaro_U1		9,3	11,2	25,5	10,7	2,8	2,3	1,1	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	5,1	0,8	1,6	1,5	1,0	1,7	0,8	1,9	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	3,1	0,5	0,7	1,1	0,4	0,5	0,3	0,5	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5		0,7	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	
NUEVA	Lautaro_U2		3,1	0,3	6,0	11,7	9,7	12,8	1,8	
NUEVA	Cochrane_CCH1			5,9	1,8	0,9	0,9	1,0	1,7	
NUEVA	Cochrane_CCH2			5,9	1,8	0,9	0,9	1,0	1,7	
NUEVA	Mejillones_CTM7						4,3	1,0	0,4	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-25 presenta las horas fuera de período de funcionamiento que superan el límite establecido en la NECT tanto para CT Existentes como Nuevas, estos casos no son considerados en la evaluación de la norma.

*Tabla 3-25 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Sólido*

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	9	27	42	52	163	526	313	848	
EXISTENTE	Bocamina_U2	0	428	366	34	39	305	30	18	
EXISTENTE	Ventanas_II	7	24	86	1	8	87	125	295	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	0	0	0	32	757	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U13	0	0	0	32	757	0	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U14	0	0	0	0	146	1584	1188	288	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	0	0	0	0	146	1584	1188	288	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	0	1	0	59	0	0	4	11	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	0	1	0	59	0	0	4	11	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	0	0	8	55	722	2095	1439	390	
EXISTENTE	Norgener_NT01	0	0	1	0	0	1	6	1	
EXISTENTE	Norgener_NT02	7	5	1	1	0	5	0	0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	0	0	8	55	722	2095	1439	390	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	13	116	215	129	0	27	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	0	18	8	4	3	37	91	35	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	0	0	182	3	1	4	2	4	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	0	0	18	30	80	47	105	593	
EXISTENTE	Andina_CTA	0	151	48	93	629	1285	53	346	
EXISTENTE	Andina_CTH	0	147	18	48	298	271	32	252	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	19	5	0	0	0	0	0	6	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	19	5	0	0	0	0	0	6	
EXISTENTE	Bocamina_U1	26	763	29	12	21	1	0	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1	0	46	13	29	4	1	49	20	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	5	16	2	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	0	5	1	30	61	158	45	95	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	0	0	0	1	0	104	362	168	
NUEVA	Lautaro_U2	0	849	306	0	7	6	35	123	
NUEVA	Cochrane_CCH1	0	0	0	0	0	0	0	0	
NUEVA	Cochrane_CCH2	0	0	0	0	0	0	0	0	
NUEVA	Mejillones_CTM7	0	0	0	0	0	19	739	9	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-26 presenta las horas de funcionamiento de las CT existentes que superan el valor límite establecido para fuentes nuevas (200 mg/Nm<sup>3</sup>) que usan combustible sólido.

Tabla 3-26 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para NOx norma fuentes nuevas, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	7809	6757	7767	7066	6387	2637	1509	0	
EXISTENTE	Bocamina_U2	0	723	6974	6086	7268	7593	6931	8114	
EXISTENTE	Ventanas_II	6883	6477	7786	6310	8140	6867	8068	7199	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	4864	7838	7164	5649	2242	178	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U13	4864	7838	7164	5649	2242	178	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U14	8702	8547	8509	8589	6459	1456	1185	5815	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	8702	8547	8509	8589	6459	1456	1185	5815	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	8784	8536	8751	7792	8558	8745	8743	8266	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	8784	8536	8751	7792	8558	8745	8743	8266	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	8657	8682	6493	7358	6308	3915	2402	6527	
EXISTENTE	Norgener_NT01	7952	8331	7465	8458	8163	8017	7814	7788	
EXISTENTE	Norgener_NT02	8173	6611	7738	8438	8463	8121	7752	8109	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	8657	8682	6493	7358	6308	3915	2402	6527	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	5236	7462	2382	5397	0	5738	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	8191	8523	7969	6375	8172	7913	7259	6161	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	71	45	41	21	26	39	96	24	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	8222	8084	8282	7699	8160	7288	7769	6210	
EXISTENTE	Andina_CTA	2450	7269	7985	7258	7455	5650	5922	6387	
EXISTENTE	Andina_CTH	2374	8009	7165	7384	7051	6645	6869	6472	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	8817	8457	7606	7558	8561	8742	8544	7880	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	8817	8457	7606	7558	8561	8742	8544	7880	
EXISTENTE	Bocamina_U1	3976	2783	6687	6148	5243	7065	3884	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1	0	5192	6408	7752	7697	7908	7414	7086	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	7866	7033	7074	7833	7776	5795	7820	7456	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	7472	7763	8725	7440	7095	7566	7854	6228	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	0	3	17	20	10	2	3	6	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-27 presenta las horas de funcionamiento que superan el límite de emisión para SO<sub>2</sub> establecido en la NECT ( /Nm<sup>3</sup> para CT Existentes y 200 mg/Nm<sup>3</sup> para CT Nuevas) en CT que utilizan combustible Sólido. La cantidad de horas de excedencia expresadas como porcentaje respecto al total de horas de funcionamiento se presentan en la Tabla 3-28.

Tabla 3-27 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO<sub>2</sub>, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	7805	1103	94	109	50	35	19	0	
EXISTENTE	Bocamina_U2	0	34	82	30	22	12	32	17	
EXISTENTE	Ventanas_II	4563	1528	139	178	184	69	98	174	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	4871	3418	92	219	113	4	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U13	4871	3418	92	219	113	4	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U14	8680	3767	144	333	338	79	68	49	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	8680	3767	144	333	338	79	68	49	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	8783	8735	2381	32	15	12	3	6	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	8783	8735	2381	32	15	12	3	6	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	8604	8683	4008	403	611	114	145	283	
EXISTENTE	Norgener_NT01	7828	1664	76	155	69	154	68	184	
EXISTENTE	Norgener_NT02	7977	1372	98	66	100	112	142	72	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	8604	8683	4008	403	611	114	145	283	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	5215	7529	2132	197	0	153	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	1309	4668	1512	1	0	7	0	12	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	8397	8754	2067	31	40	19	26	15	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	3357	1667	35	151	110	57	78	58	
EXISTENTE	Andina_CTA	2830	7147	3517	369	343	178	168	280	
EXISTENTE	Andina_CTH	2803	8323	3534	437	586	251	159	197	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	7690	6562	526	495	322	313	338	419	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	7690	6562	526	495	322	313	338	419	
EXISTENTE	Bocamina_U1	4509	129	82	307	274	72	104	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	228	104	118	82	100	74	87	141	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	6242	2154	63	142	60	103	58	99	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	0	0	3	21	1	2	0	0	
NUEVA	Lautaro_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	
NUEVA	Cochrane_CCH1	0	0	354	435	214	325	112	221	
NUEVA	Cochrane_CCH2	0	0	354	435	214	325	112	221	
NUEVA	Mejillones_CTM7	0	0	0	0	0	17	16	6	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

Tabla 3-28 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO<sub>2</sub>, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	95,2	16,0	1,2	1,5	0,8	1,3	1,2		
EXISTENTE	Bocamina_U2		4,4	1,2	0,5	0,3	0,2	0,5	0,2	
EXISTENTE	Ventanas II	63,2	22,7	1,8	2,8	2,2	1,0	1,2	2,4	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	59,6	40,9	1,2	3,3	3,6	1,7			
EXISTENTE	Tocopilla_U13	59,6	40,9	1,2	3,3	3,6	1,7			
EXISTENTE	Tocopilla_U14	96,8	43,3	1,6	3,8	4,9	4,2	4,0	0,7	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	96,8	43,3	1,6	3,8	4,9	4,2	4,0	0,7	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	98,0	99,9	27,1	0,4	0,2	0,1	0,0	0,1	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	98,0	99,9	27,1	0,4	0,2	0,1	0,0	0,1	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	96,2	99,1	61,7	5,2	8,6	2,5	4,7	3,9	
EXISTENTE	Norgener_NT01	94,9	19,8	1,0	1,8	0,8	1,9	0,9	2,3	
EXISTENTE	Norgener_NT02	94,7	20,1	1,2	0,8	1,2	1,4	1,8	0,9	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	96,2	99,1	61,7	5,2	8,6	2,5	4,7	3,9	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	99,6	99,7	84,7	3,6		2,5			
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	15,7	54,3	18,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	96,7	100,0	26,0	0,4	0,5	0,2	0,3	0,2	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	40,3	19,4	0,4	1,9	1,3	0,8	1,0	0,9	
EXISTENTE	Andina_CTA	35,2	90,2	42,4	4,9	4,5	3,0	2,8	4,3	
EXISTENTE	Andina_CTH	33,4	98,3	44,6	5,5	8,1	3,6	2,2	3,0	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	86,2	75,2	6,0	5,8	3,7	3,6	3,9	4,9	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	86,2	75,2	6,0	5,8	3,7	3,6	3,9	4,9	
EXISTENTE	Bocamina_U1	99,9	4,5	1,2	4,8	5,0	1,0	2,6		
EXISTENTE	Lautaro_U1		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	2,9	1,5	1,6	1,0	1,3	1,3	1,1	1,9	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	73,9	26,2	0,7	1,9	0,8	1,3	0,7	1,5	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5		0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	
NUEVA	Lautaro_U2		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
NUEVA	Cochrane_CCH1			8,9	5,0	2,4	3,8	1,3	2,5	
NUEVA	Cochrane_CCH2			8,9	5,0	2,4	3,8	1,3	2,5	
NUEVA	Mejillones_CTM7						0,4	0,2	0,1	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-29 presenta las horas de funcionamiento de CT Existentes que superan el valor límite establecido para SO<sub>2</sub> en CT Nuevas que utilicen combustible sólido.

Tabla 3-29 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para SO2 norma fuentes nuevas, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	7818	6272	4424	3567	2315	432	145	0	
EXISTENTE	Bocamina_U2	0	738	6436	5134	5879	6315	5817	6991	
EXISTENTE	Ventanas_II	6877	5718	4148	1410	8195	6867	7952	7263	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	5081	7850	7834	6387	2920	225	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U13	5081	7850	7834	6387	2920	225	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U14	8697	8574	8726	8615	6719	1737	1471	6989	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	8697	8574	8726	8615	6719	1737	1471	6989	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	8783	8735	7843	5755	7726	7477	7086	7123	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	8783	8735	7843	5755	7726	7477	7086	7123	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	8641	8750	6475	7412	6393	3027	1935	4372	
EXISTENTE	Norgener_NT01	7861	5512	4336	5983	5332	6326	5871	4827	
EXISTENTE	Norgener_NT02	8056	4803	5344	6899	6412	6915	6423	4651	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	8641	8750	6475	7412	6393	3027	1935	4372	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	5216	7529	2137	1107	0	4007	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	3672	7104	4188	1583	951	3861	1214	4100	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	8418	8754	6403	4559	6428	5293	4002	4864	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	8275	8417	8037	7440	8081	7103	7670	6391	
EXISTENTE	Andina_CTA	2856	7892	8042	7301	7201	5458	5450	5525	
EXISTENTE	Andina_CTH	2834	8442	7657	7518	6492	6256	6385	5706	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	8805	8713	8593	8474	8593	8554	8174	8359	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	8805	8713	8593	8474	8593	8554	8174	8359	
EXISTENTE	Bocamina_U1	4511	1789	5848	5704	5192	7009	3808	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	4199	2413	1058	480	1705	1953	1904	2299	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	7886	8000	8249	6824	6997	7471	7900	6339	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	0	0	54	26	1	2	0	0	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-30 presenta las horas de funcionamiento que superan el límite de emisión para MP establecido en la NECT (50mg/Nm<sup>3</sup> para CT Existentes y 30mg/Nm<sup>3</sup> para CT Nuevas) en CT que utilizan combustible Sólido. La cantidad de horas de excedencia expresadas como porcentaje respecto al total de horas de funcionamiento se presentan en la Tabla 3-31.

Tabla 3-30 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	16	25	20	30	15	13	14	0	
EXISTENTE	Bocamina_U2	0	18	52	27	78	108	29	40	
EXISTENTE	Ventanas_II	77	60	54	47	106	48	48	87	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	19	172	180	319	56	3	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U13	19	172	180	319	56	3	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U14	8	17	16	31	83	42	43	8	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	8	17	16	31	83	42	43	8	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	374	1139	1	14	3	0	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	374	1139	1	14	3	0	0	0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	224	1	143	226	132	3	34	83	
EXISTENTE	Norgener_NT01	77	43	47	43	64	76	73	134	
EXISTENTE	Norgener_NT02	17	207	108	19	47	14	102	26	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	224	1	143	226	132	3	34	83	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	120	63	52	9	0	93	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	15	15	22	37	5	8	7	9	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	33	18	38	54	3	4	28	1	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	59	1	42	67	23	3	5	0	
EXISTENTE	Andina_CTA	0	5	54	64	18	11	9	31	
EXISTENTE	Andina_CTH	2	14	84	123	8	6	1	22	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	209	208	102	85	183	66	173	342	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	209	208	102	85	183	66	173	342	
EXISTENTE	Bocamina_U1	363	95	138	167	106	50	82	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1	0	0	265	310	260	297	155	407	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	125	25	44	12	171	126	46	45	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	83	38	11	74	34	68	35	32	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	0	3	20	22	9	4	4	9	
NUEVA	Lautaro_U2	0	0	155	331	242	807	711	238	
NUEVA	Cochrane_CCH1	0	0	768	179	314	227	183	37	
NUEVA	Cochrane_CCH2	0	0	768	179	314	227	183	37	
NUEVA	Mejillones_CTM7	0	0	0	0	0	2	18	2	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

Tabla 3-31 Porcentaje de Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,5	0,9		
EXISTENTE	Bocamina_U2		2,3	0,7	0,4	1,1	1,4	0,4	0,5	
EXISTENTE	Ventanas_II	1,1	0,9	0,7	0,7	1,3	0,7	0,6	1,2	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	0,2	2,1	2,3	4,8	1,8	1,3			
EXISTENTE	Tocopilla_U13	0,2	2,1	2,3	4,8	1,8	1,3			
EXISTENTE	Tocopilla_U14	0,1	0,2	0,2	0,4	1,2	2,2	2,6	0,1	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	0,1	0,2	0,2	0,4	1,2	2,2	2,6	0,1	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	4,2	13,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	4,2	13,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	2,5	0,0	2,2	2,9	1,9	0,1	1,1	1,1	
EXISTENTE	Norgener_NT01	0,9	0,5	0,6	0,5	0,8	0,9	0,9	1,7	
EXISTENTE	Norgener_NT02	0,2	3,0	1,4	0,2	0,6	0,2	1,3	0,3	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	2,5	0,0	2,2	2,9	1,9	0,1	1,1	1,1	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	2,3	0,8	2,1	0,2		1,5			
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	0,2	0,2	0,3	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	0,4	0,2	0,5	0,6	0,0	0,0	0,4	0,0	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	0,7	0,0	0,5	0,9	0,3	0,0	0,1	0,0	
EXISTENTE	Andina_CTA	0,0	0,1	0,7	0,8	0,2	0,2	0,2	0,5	
EXISTENTE	Andina_CTH	0,0	0,2	1,1	1,5	0,1	0,1	0,0	0,3	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	2,3	2,4	1,2	1,0	2,1	0,8	2,0	4,0	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	2,3	2,4	1,2	1,0	2,1	0,8	2,0	4,0	
EXISTENTE	Bocamina_U1	8,0	3,3	2,0	2,6	1,9	0,7	2,0		
EXISTENTE	Lautaro_U1		0,0	3,8	4,0	3,3	3,7	2,0	5,3	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	1,6	0,4	0,6	0,2	2,2	2,2	0,6	0,6	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	1,0	0,5	0,1	1,0	0,5	0,9	0,4	0,5	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5		0,7	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	
NUEVA	Lautaro_U2		0,0	2,4	4,5	6,4	14,1	11,6	4,6	
NUEVA	Cochrane_CCH1			19,3	2,1	3,6	2,6	2,1	0,4	
NUEVA	Cochrane_CCH2			19,3	2,1	3,6	2,6	2,1	0,4	
NUEVA	Mejillones_CTM7						0,0	0,2	0,0	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA



La Tabla 3-32 presenta las horas de funcionamiento de CT existentes que superan el límite establecido para MP por la NECT para fuentes nuevas que usan combustible sólido.

*Tabla 3-32 Horas de funcionamiento que superan límite de NECT para MP norma fuentes nuevas, CT combustible Sólido*

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
EXISTENTE	Ventanas I	18	25	24	145	42	14	18	0	
EXISTENTE	Bocamina_U2	0	31	57	39	114	117	44	40	
EXISTENTE	Ventanas_II	1094	63	56	66	121	54	50	90	
EXISTENTE	Tocopilla_U12	177	2796	2170	1561	294	108	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U13	177	2796	2170	1561	294	108	0	0	
EXISTENTE	Tocopilla_U14	46	402	33	140	133	87	101	197	
EXISTENTE	Tocopilla_U15	46	402	33	140	133	87	101	197	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	5178	4800	48	132	127	0	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	5178	4800	48	132	127	0	0	0	
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	3520	423	1034	1108	1649	84	73	723	
EXISTENTE	Norgener_NT01	320	490	63	110	141	115	73	134	
EXISTENTE	Norgener_NT02	505	555	131	38	58	17	108	27	
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	3520	423	1034	1108	1649	84	73	723	
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	170	676	1813	24	0	296	0	0	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	3116	142	30	52	8	11	14	22	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	37	2819	663	77	47	18	63	11	
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	302	12	881	104	256	3	5	0	
EXISTENTE	Andina_CTA	0	20	150	196	38	15	16	101	
EXISTENTE	Andina_CTH	5	21	95	181	28	15	6	135	
EXISTENTE	ANGAMOS 1	6193	5465	3261	1243	6447	1105	5411	3929	
EXISTENTE	ANGAMOS 2	6193	5465	3261	1243	6447	1105	5411	3929	
EXISTENTE	Bocamina_U1	2359	95	263	173	118	50	86	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1	0	0	808	327	448	750	262	1722	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	126	27	44	13	177	130	52	47	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	184	50	13	74	34	69	36	38	
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	0	3	27	30	9	4	4	9	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

La Tabla 3-33 presenta las horas fuera de período de funcionamiento que superan el límite establecido en la NECT para MP en fuentes existentes y nuevas que utilicen combustible sólido

*Tabla 3-33 Horas fuera de período de funcionamiento que superan límite de NECT para SO2 y MP, CT combustible Sólido*

Tipo	UGE	SO2									MP						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Ventanas I	9	35	40	271	196	609	136	3178	185	759	76	613	333	872	3606	5502
EXISTENTE	Bocamina_U2	0	1520	62	66	94	70	13	15	0	1897	696	9	60	53	69	52
EXISTENTE	Ventanas_II	12	2	64	2	26	226	59	507	341	80	224	622	37	675	553	662
EXISTENTE	Tocopilla_U12	96	48	38	34	1222	62	0	0	197	121	418	544	4457	675	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_U13	96	48	38	34	1222	62	0	0	197	121	418	544	4457	675	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_U14	1	0	0	1	207	1107	673	35	13	35	9	26	1716	6714	6775	1550
EXISTENTE	Tocopilla_U15	1	0	0	1	207	1107	673	35	13	35	9	26	1716	6714	6775	1550
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	6	4	0	101	0	0	3	38	12	14	0	660	0	0	4	159
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	6	4	0	101	0	0	3	38	12	14	0	660	0	0	4	159
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	0	0	0	3	499	1743	1716	448	0	0	38	348	1586	3908	4853	809
EXISTENTE	Norgener_NT01	85	62	5	0	0	0	0	0	2	86	115	22	0	3	7	7
EXISTENTE	Norgener_NT02	41	82	1	0	0	0	0	0	67	120	10	90	0	5	6	0
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	0	0	0	3	499	1743	1716	448	0	0	38	348	1586	3908	4853	809
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	27	182	867	138	0	26	0	0	205	335	539	135	0	391	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	1	48	36	1	67	79	120	112	442	38	215	333	260	338	382	814
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	3	2	415	0	54	4	34	2	291	2	587	229	44	411	808	190
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	9	1	33	62	112	54	105	35	385	0	5	182	212	54	111	951
EXISTENTE	Andina_CTA	0	62	90	75	672	513	165	372	0	549	483	1174	1135	2400	2460	1909
EXISTENTE	Andina_CTH	0	171	51	17	341	393	110	82	16	156	242	418	1430	1529	1593	1000
EXISTENTE	ANGAMOS 1	20	1	10	5	0	0	0	8	15	33	38	95	0	0	110	217
EXISTENTE	ANGAMOS 2	20	1	10	5	0	0	0	8	15	33	38	95	0	0	110	217
EXISTENTE	Bocamina_U1	149	273	272	61	531	3	11	0	3029	1433	303	196	1035	264	1262	0
EXISTENTE	Lautaro_U1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	189	0	47	87	69	126	
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	6	4	0	0	0	0	0	0	0	76	3	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	1	20	1	12	473	502	33	122	483	11	2	654	938	592	48	286
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	0	0	0	2	162	114	269	48	0	0	7	183	126	367	454	
NUEVA	Lautaro_U2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	349	123	18	10	439	451	
NUEVA	Cochrane_CCH1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	17	0	0	0	0	
NUEVA	Cochrane_CCH2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	17	0	0	0	0	
NUEVA	Mejillones_CTM7	0	0	0	0	0	2	138	9	0	0	0	0	28	719	9	

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

A diferencia de funcionamiento con combustibles líquidos y gaseosos, para la mayoría de las CT que utilizan combustible sólido (Carbón en la mayoría de las CT) se superan los límites de emisión durante muchas horas fuera del funcionamiento en régimen, siendo mayor cantidad de casos para MP.

All considerar solamente las horas de régimen, de acuerdo al criterio de la Circular N°1 del 2015 del MMA en la Tabla 3-34 se resume el número de horas que excede límites para CT Nuevas con combustible Líquido de NOX (120 mg/Nm<sup>3</sup>), SO2 (10 mg/Nm<sup>3</sup>) y MP (30 mg/Nm<sup>3</sup>) durante los años 2018 a 2021.

En cambio, en se resume el número de horas que excede límites para CT Nuevas con combustible Sólido de NOX (200 mg/Nm<sup>3</sup>), SO2 (200 mg/Nm<sup>3</sup>) y MP (30 mg/Nm<sup>3</sup>) durante los años 2018 a 2021.

Tabla 3-34 número de horas que excede límites para CT Nuevas con combustible Líquido de NOX, SO2 y MP, años 2018 a 2021

UGE	NO2				SO2				MP			
	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
C_Atacama_TG 1A	129	42	33	485	0	0	0	0	0	0	0	0
C_Atacama_TG 1B	90	21	81	136	2	0	0	0	0	0	0	0
C_Atacama_TG 2A	81	23	194	218	0	1	0	0	0	0	0	0
C_Atacama_TG 2B	69	47	47	473	0	0	0	0	0	0	0	0
C_Lag_Verde_TG												
C_Los Guindos_TG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C_Los Guindos_TG2		0	0	0		0	0	0		0	0	0
MA_Lag_Verde_AEG I												
MA_Lag_Verde_AEG II												
MA_Lag_Verde_BB_I												
MA_Lag_Verde_BB_II												
MA_Renca_U1												
MA_Renca_U2												
MA_Tocopilla_TG1	31			5	0			0	0			0
MA_Huasco_TG3	14	6	9	8	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Huasco_TG4	11	3	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Huasco_TG5	14	3	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Tocopilla_TG2	66			5	0			0	0			0
MA_D_Almagro_TG1	21	19	29	86	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Tarapaca_TGTAR	58	12		9	0	0		0	0	0		0
MA_TG_BP_Nehuenco II				0				0				0
MA_Horcones	15	7	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Antilgüe_TG-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Antilhue_TG-2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Esperanza_TG-1												
MA_Los Vientos	0	7	13	24	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Cardones_T1	6		5	18	0		0	0	0		0	0
MA_Los Pinos_TG	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_Santa_Lidia	4	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_SL_D_Almagro_U1	8			5	0			0	0			0
MA_SL_D_Almagro_U2	10			7	0			0	0			0
MA_El Salvador_TG1	11	13	13	61	0	0	0	0	0	0	0	0
MA_EMELDA_U1		6	4	21		0	0	0		0	0	0
MA_EMELDA_U2		14	2	9		0	0	0		0	0	0
MA_Yungay_4		1		8		0		0		0		0
MA_Salar_Tg01 A												
MA_Salar_Tg01 B												
MA_Salar_Tg02												

Fuente : Elaboración propia con datos de SMA

Tabla 3-35 número de horas que excede límites para CT Nuevas con combustible Líquido de NOX, SO2 y MP, años 2018 a 2021

UGE	NO2					SO2					MP			
	2018	2019	2020	2021		2018	2019	2020	2021		2018	2019	2020	2021
C_Ventanas I	6290	2551	1437			2253	382	105			26	0	0	
C_Ventanas II	7965	6791	7982	7100		7948	6761	7821	7053		11	0	0	0
C_Tocopilla_U14	5764	1248	961	5530		5998	1535	1233	6639		23	16	29	144
C_Tocopilla_U15	5764	1248	961	5530		5998	1535	1233	6639		23	16	29	144
C_Guacolda CTG, U1	8351	8640	8646	8193		7548	7387	7023	7077		99	0	0	0
C_Guacolda CTG, U2	8351	8640	8646	8193		7548	7387	7023	7077		99	0	0	0
C_Norgener_NT01	8014	7836	7720	7569		5248	6158	5774	4556		73	37	0	0
C_Norgener_NT02	8277	7968	7570	7976		6270	6789	6206	4539		8	2	0	0
C_Mejillones_CTM2	5311	3543	1884	5547		5445	2767	1598	3696		1215	74	14	528
C_Guacolda CTG, U3	8141	7872	7226	6098		947	3849	1209	4063		0	0	0	7
C_Guacolda CTG, U4	14	21	72	12		6386	5263	3972	4843		44	8	22	3
C_Nueva_Ventanas	8083	7243	7695	6188		7961	7021	7569	6325		233	0	0	0
C_Andina_CTA	6988	5302	5575	5927		6799	5203	5188	5155		8	2	2	45
C_Andina_CTH	6381	6297	6579	6131		5856	5948	6134	5430		2	8	0	96
C_ANGAMOS 1	7786	8305	8057	7384		7814	8118	7692	7811		5735	969	5025	3493
C_ANGAMOS 2	7786	8305	8057	7384		7814	8118	7692	7811		5735	969	5025	3493
C_Bocamina_U2	7085	7441	6767	8024		5829	6287	5726	6953		26	1	13	0
C_Lautaro_U1	7400	7097	6899	6524		0	0	0	0		177	168	71	1267
C_Sta_Maria_Un_I	7585	5623	7626	7255		1571	1853	1783	2140		0	0	0	0
C_Vent_IV_Campiche	7033	7495	7810	6157		6922	7334	7812	6199		0	0	0	0
C_Guacolda CTG, U5	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0
C_Lautaro_U2*	308	386	633	0		0	0	0	0		3	253	586	0
C_Cochrane_CCH1*	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0
C_Cochrane_CCH2*	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0
C_Mejillones_CTM7*		0	13	0			0	0	0			0	0	0
MA_Mejillones_CTM1	5311	3543	1884	5547		5445	2767	1598	3696		1215	74	14	528

Fuente : Elaboración propia con datos de SMA

### 3.4 Cumplimiento de emisiones de Mercurio

El Artículo N°12 de la NECT establece en su letra e) : ” Reportar la composición química del carbón y/o petcoke utilizados, en cuanto al contenido de: azufre, cenizas, mercurio, vanadio, níquel, poder calorífico y densidad del combustible. En el caso de monitoreo discreto para Mercurio (Hg), se deberá considerar a lo menos la siguiente información:

- a) Informe del laboratorio con la medición y sus resultados.
- b) Reportar sobre la composición química del carbón y/o petcoke utilizados, en cuanto a: Contenido de azufre, cenizas, mercurio, vanadio, níquel, poder calorífico y densidad del combustible.

A la fecha, las emisiones de Mercurio han sido determinadas mediante monitoreo discreto con muestreos trimestrales que se iniciaron en algunas CT que utilizan combustible sólido el segundo trimestre del año 2015 (identificado como 2015/2 en reportes y gráfico siguiente).

De acuerdo a los reportes y a los gráficos de la Figura 3-7, el límite para emisiones de Hg establecido en 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> ha sido superado solamente una vez, en el año 2015 por la CT Andina-UGE CTH.

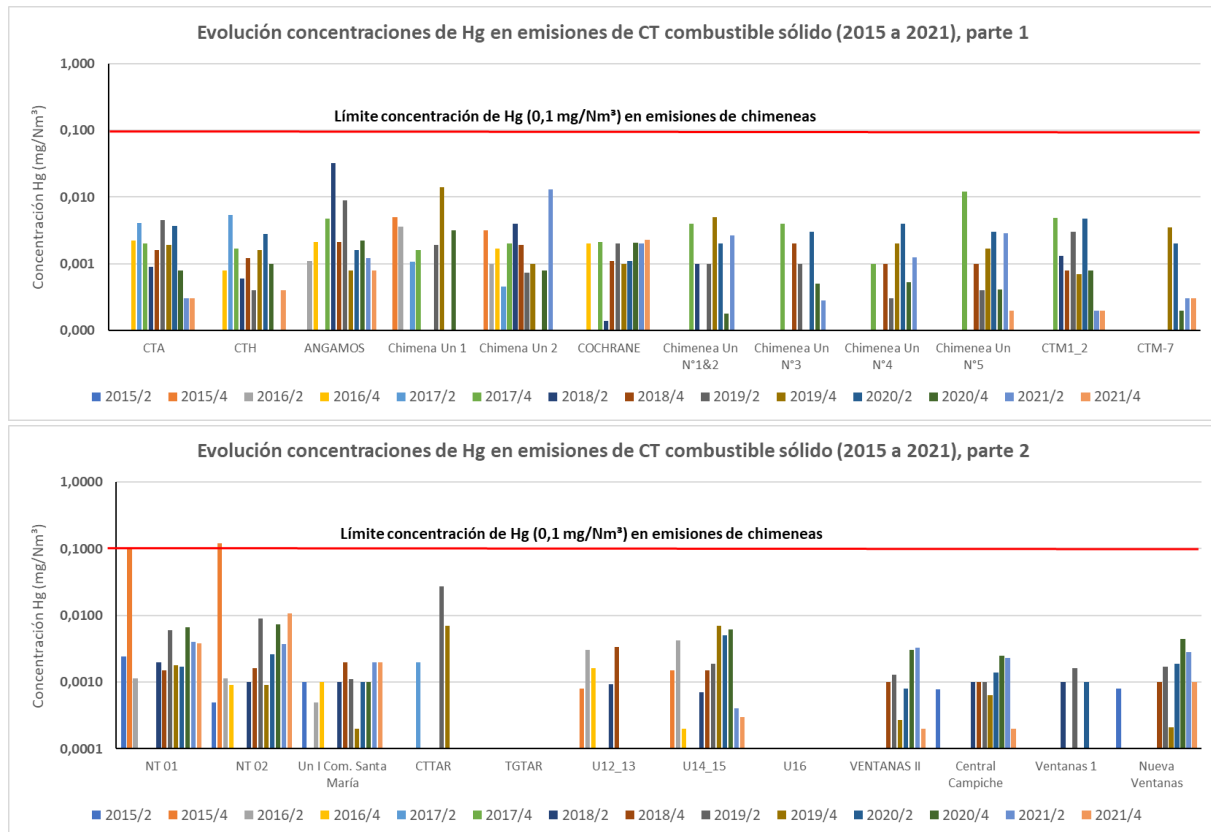


Figura 3-7 Evolución de concentración de Hg en emisiones de CT, 2015 a 2021

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

Se puede apreciar en la Figura 3-7 que desde el año 2016 en adelante la mayoría de las concentraciones de Hg, que corresponde a un 97%, son inferiores a 0,01 mg/Nm<sup>3</sup>, es decir menores al 10% del valor límite establecido en la NECT, incluso el 92% de los valores es inferior a 0,005 mg/Nm<sup>3</sup>. En Anexo se incluyen tablas que resumen las concentraciones de Hg.

Respecto a Níquel (Ni) y Vanadio (V), las figuras siguientes resumen las concentraciones reportadas desde el año 2015:

De acuerdo a la Figura 3-8, hay un par de concentraciones escapadas de Ni en las Chimeneas de Bocamina en el año 2016 que alcanzan 2928 ppm y 976 ppm respectivamente, pero el 97% de los valores reportados es menor a 100 ppm y un 91% menor a 50 ppm de Ni.

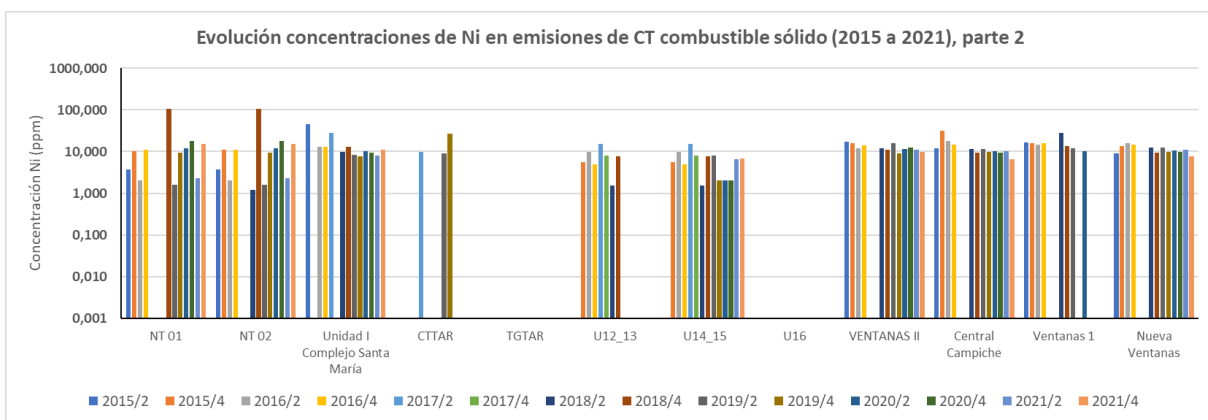
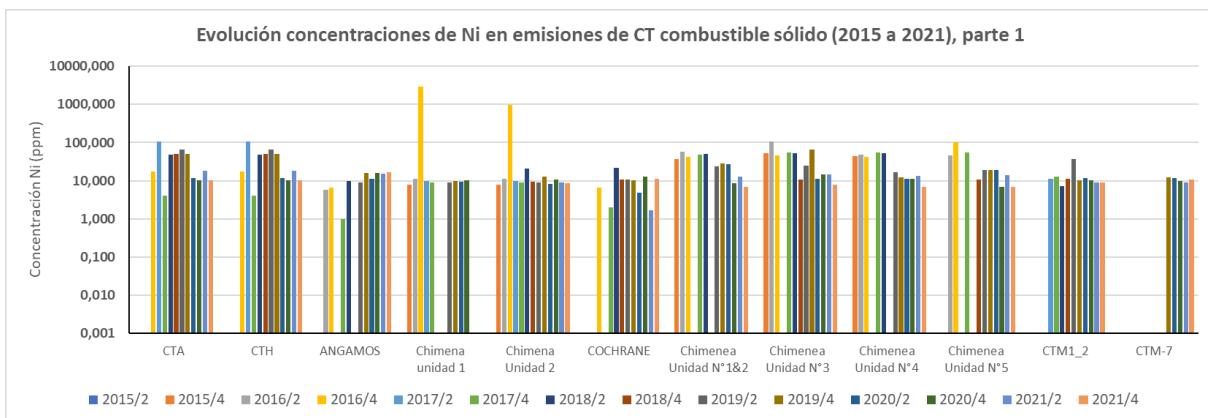


Figura 3-8 Evolución de concentración de Ni en emisiones de CT, 2015 a 2021

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

De acuerdo a la Figura 3-9, para Vanadio la mayor concentración reportada corresponde a 450,3 ppm registrada en el año 2016 en la Chimenea de la Unidad 3 de la CT Guacolda. El resto de los valores es inferior a 94 ppm con un 92% de los valores con concentración inferior a 50ppm.

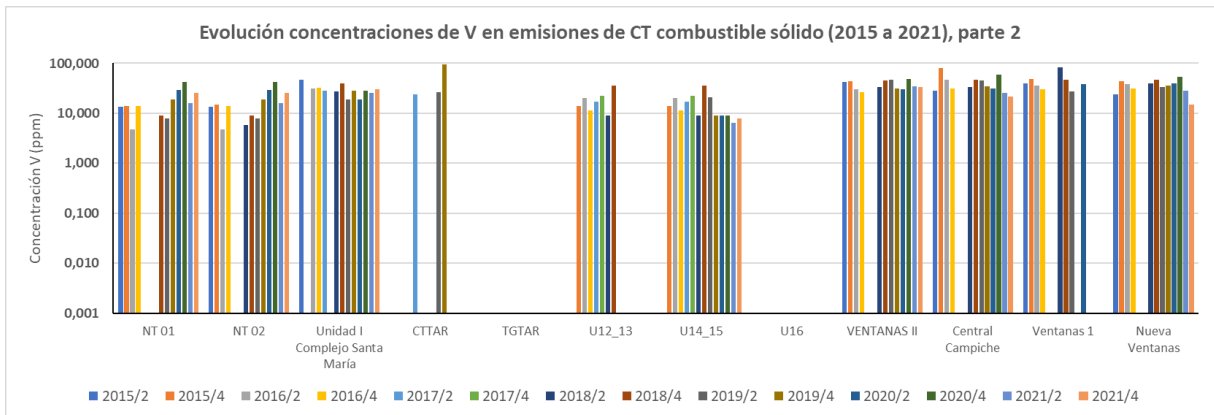
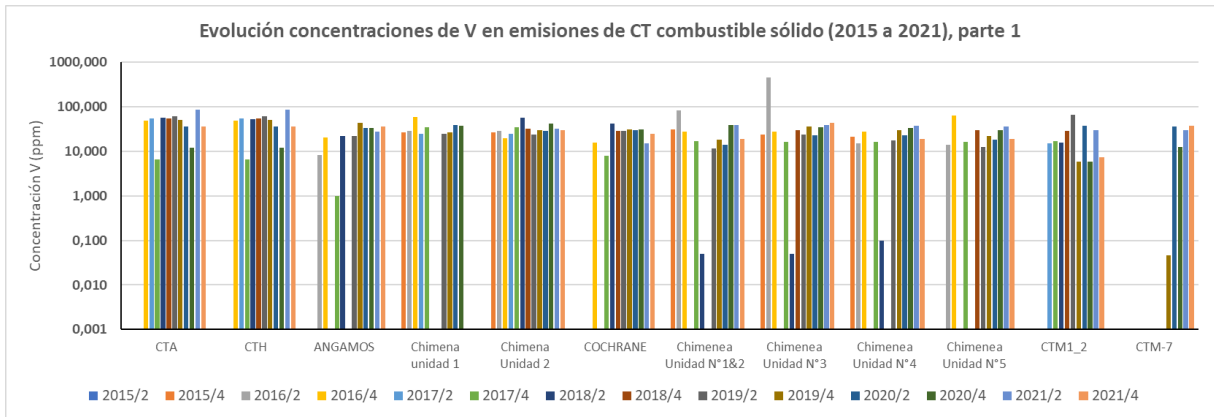


Figura 3-9 Evolución de concentración de V en emisiones de CT, 2015 a 2021

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA

En Anexo se incluyen tablas que resumen las concentraciones de Níquel y Vanadio.

## 4 Capítulo II: Análisis de la vigencia de la caracterización tecnológica de las unidades existentes

Este capítulo incluye la revisión de las Características tecnológicas de las unidades existentes realizada en el estudio “Evaluación de la norma de emisión para centrales termoeléctricas, respecto a acciones implementadas por el regulado”. Dicha caracterización tecnológica consideró los resultados de la encuesta realizada como parte del estudio AGIES de la norma en el año 2008 caracterizó el parque en relación con el uso de distintos sistemas de control primario (en el proceso de combustión) o secundario, las que permiten la captura de los contaminantes en los gases antes de que sean emitidas a la atmosfera.

A continuación se detallan los tipos de tecnología existentes<sup>4</sup> en el parque termoeléctrico según el contaminante que reducen.

### **Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

- Para reducir la formación de NO<sub>x</sub> en el proceso de combustión las calderas de vapor, existen tecnologías primarias, como los quemadores de baja producción de NO<sub>x</sub> (Low- NO<sub>x</sub> Burners), recirculación de gases de combustión y combustión con bajo exceso de aire. Para las turbinas es posible utilizar inyección de agua para reducir la temperatura en la combustión y con ello la generación de NO<sub>x</sub>.
- Como sistemas secundarios se cuenta con sistemas SCR (Selective Catalytic Reduction), que mediante el uso de urea o amoníaco, en presencia de un catalizador, permite la reducción del NO<sub>x</sub> con un 80 a 90% de eficiencia. También es posible el uso de sistemas de reducción no selectivas que no cuentan con el catalizador (SNCR), el cual requiere mayores temperaturas para la reacción.

### **Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

- Dentro de los métodos básicos para el control primario de este contaminante, además de la administración combustibles con contenidos limitados de azufre en su composición, se encuentra la tecnología de lecho fluidizado para calderas a vapor mediante la inyección de caliza en el lecho, lo que permite la desulfurización de gases de combustión con eficiencias de reducción de entre un 80 a 90%.
- Para el control secundario de este contaminante existen tres sistemas de tecnología probada: desulfurización húmeda, humidificación controlada y agua de mar.

---

<sup>4</sup> Las empresas ALSTOM, SIEMENS, AE&E y MITSUI realizaron presentaciones técnicas en el marco de reuniones de Comité Ampliado sobre tecnologías de abatimiento para MP, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>, detallando principios de funcionamiento de esas tecnologías y su aplicación en distintos proyectos. Ver detalles en expediente de la NECT, ALSTOM en folio 1018, SIEMENS en folio 1037, AE&E en folio 1239 y MITSUI en folio 1931.



- a) Desulfurización de gases vía húmeda
- En esta tecnología de abatimiento los gases de combustión se saturan con agua y la piedra caliza actúa como reactivo, para la transformación de azufre en fase gaseosa (SO<sub>2</sub>) a yeso (CaSO<sub>4</sub>:2H<sub>2</sub>O), con una eficiencia de remoción que puede llegar hasta un 98%.
  - Los costos operacionales están determinados por un alto consumo de agua, disponibilidad de la caliza y el tratamiento posterior de aguas residuales. Los costos están entre 1-2% de la energía generada.
- b) Desulfurización en seco con humidificación controlada
- En este método se utiliza la cal como reactivo (CaO), para la transformación del SO<sub>2</sub> en fase gaseosa a azufre en fase sólida (CaSO<sub>3</sub>), además de la obtención de otros residuos como cenizas y aditivos sin reaccionar. La eficiencia de remoción alcanza el 94%, menor a la eficiencia por vía húmeda, pero presenta menores costos, los que van entre 0,5 a 1% de la energía generada.
- c) Desulfurización con agua de mar
- La absorción del SO<sub>2</sub> ocurre en una torre empacada, donde parte se utiliza parte del agua de enfriamiento, en contracorriente al gas. El agua de mar es alcalina por naturaleza y tiene una gran capacidad de neutralizar los ácidos formados por la absorción del SO<sub>2</sub>.
  - El agua con el ácido absorbido fluye hasta la planta de tratamiento de agua de mar, donde se mezcla con el resto de agua de mar proveniente de los condensadores y se oxida por aireación hasta que el azufre toma la forma de sulfato (SO<sub>4</sub>) inocuo y soluble. Luego el agua tratada es devuelta al mar.<sup>5</sup>
  - Este sistema tiene eficiencias del 97% y un consumo del 0,7 al 1% de la energía generada.

### **Material Particulado (MP)**

Para la reducción del MP se utilizan principalmente sistemas secundarios de remoción en los gases de escape, los que se describen a continuación:

- a) Precipitador Electrostático
- Estos equipos utilizan fuerzas electrostáticas para retirar las partículas contaminantes del flujo de gases. Los gases son conducidos a través de un campo electrostático formado por electrodos que descargan iones positivos sobre las partículas. Las partículas cargadas son aceleradas por el campo electrostático perpendicularmente al flujo, adhiriéndose a las placas que las retienen. Mediante vibración estas partículas retiradas del flujo son desprendidas y recolectadas.
  - Son equipos de alta eficiencia (> 98%) aún para partículas de diámetro menores a 1 µm, de bajo costo de operación y pueden operar con gases a alta temperatura. Sin embargo, presentan inconvenientes con partículas de mucha resistencia eléctrica.

---

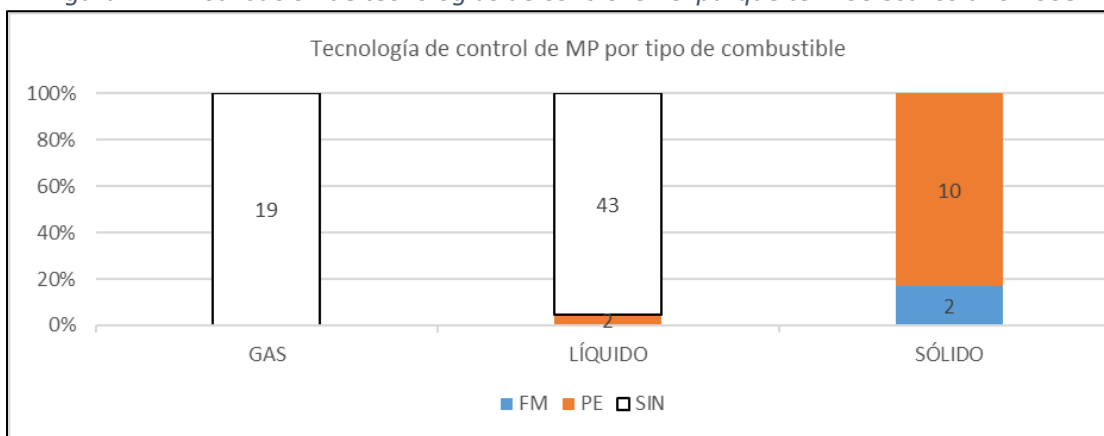
<sup>5</sup> Presentación de empresa ALSTOM en folio 1018 del expediente de formulación de la NECT

b) Filtro de mangas

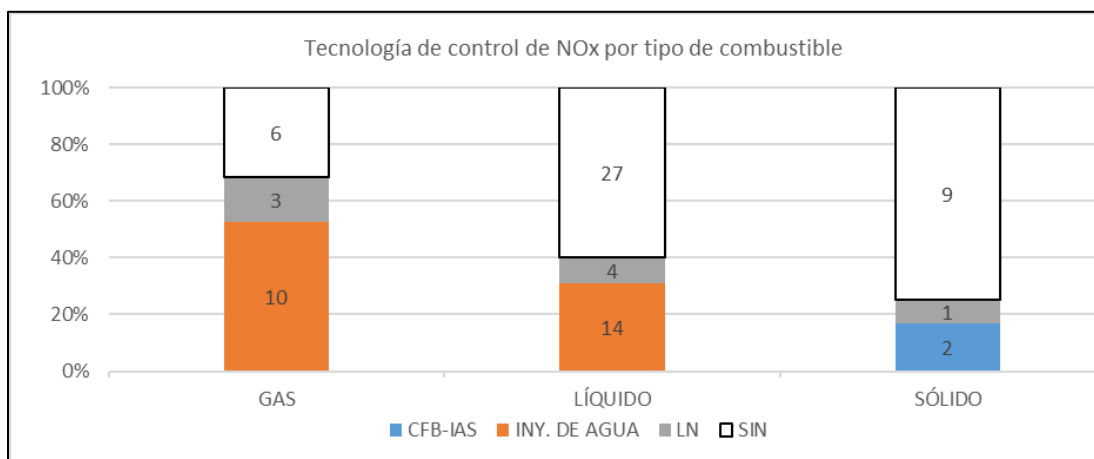
- Estos equipos permiten la remoción de las partículas por intercepción e impacto de éstas en las fibras de la tela del filtro. Mediante un arreglo de columnas, los filtros de manga proporcionan una gran superficie de filtrado, logrando eficiencias mayores al 99% para partículas de diámetro mayores a 1 µm.
- A diferencia del precipitador electrostático, que no genera pérdidas de carga relevantes en el flujo de gases, los filtros de manga generan mayores pérdidas de carga, aumentando el consumo de energía hasta en un 3% dada la necesidad de incorporar ventiladores adicionales para la impulsión de gases hacia la chimenea.

A continuación, en la Figura 4-1 se presenta la distribución de tecnologías de control de emisiones del parque termoeléctrico:

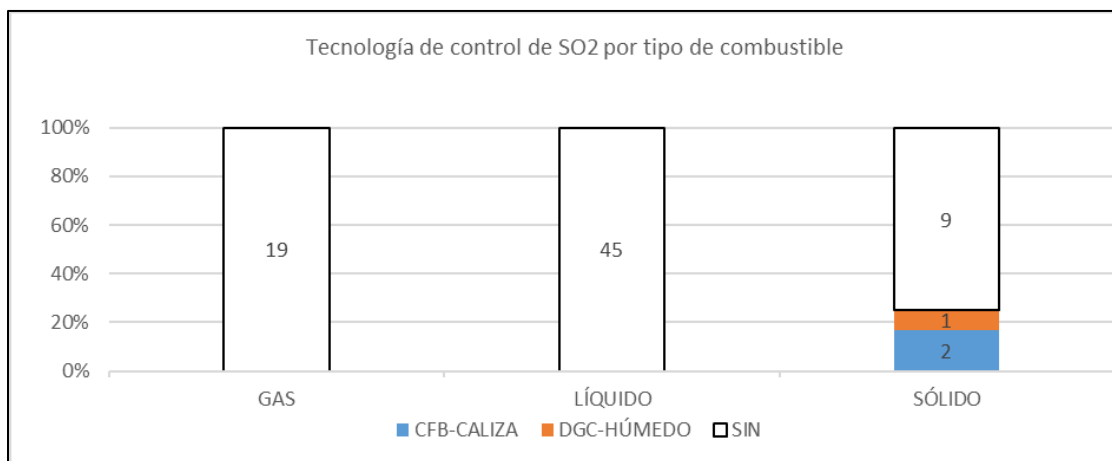
Figura 4-1: Distribución de tecnologías de control en el parque termoeléctrico año 2008



Donde FM: Filtro de Mangas, PE: Precipitador electrostático, SIN: Sin medidas de control



Donde CFB-IAS: Lecho Fluidizado con inyección de aire seco por etapas, LN: Low Nox



Donde CFB:Caliza: Inyección de caliza en lecho fluidizado, DGC Desulfurización de gases  
Fuente: Estudio O2b, 2019

Algunas conclusiones del estudio de O2b, asociadas principalmente del AGIES de 2008 son:

- Dentro de las conclusiones de la encuesta realizada a los generadores en el marco del AGIES, se señala que las tecnologías de control presentes al año 2008, para material particulado (MP) corresponden mayoritariamente a precipitadores electrostáticos y un caso con filtro de mangas; para óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), inyección de agua y quemadores bajo NO<sub>x</sub> (Low NO<sub>x</sub>), y para dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), inyección de caliza en lecho fluidizado, desulfurizador húmedo con cal y desulfurizador con agua de mar.
- Otra conclusión de la encuesta que se destaca en el AGIES es que en la totalidad del parque térmico 2008, sólo un 27% de las fuentes emisoras (chimeneas) poseía algún sistema de control o abatimiento para material particulado, para óxidos de nitrógeno el 47% posee tecnología básica y para dióxido de azufre sólo un 2%. Esta afirmación se explica mejor desagregando la cobertura de la tecnología de control considerando, la naturaleza de los combustibles con la tecnología de las unidades generadoras, junto con los instrumentos de regulación ambientales existentes aplicables a las unidades, esto es, resoluciones de calificación ambiental (RCA) y planes de descontaminación (PDA).
- Desde el punto de vista de los contaminantes, en el caso del MP todas las centrales carboneras existentes tenían equipos de control de MP, en combustible líquido sólo un par de unidades que quemaban fuel oil contaban con precipitador electroestático, y evidentemente era inexistente en unidades que quemaban gas.
- En el caso de SO<sub>2</sub>, sólo un par de unidades de carboneras tenían control de SO<sub>2</sub>, e inexistente en las unidades a combustible líquido y gaseoso.
- En el caso de NO<sub>x</sub>, sólo un par de carboneras tenían control de NO<sub>x</sub>, pero presente en un número importante de turbinas y ciclos combinados.
- Mayoritariamente todos los equipos de control previo a la NECT estaban asociados a requerimientos por planes de descontaminación (PDA) o resolución de calificación ambiental (RCA) propia de la instalación, o la conjugación de ambos instrumentos.

La tabla siguiente resume las tecnologías de abatimiento de emisiones de MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> implementadas en las centrales termoeléctricas encuestadas en el estudio de O2b de 2019.

*Tabla 4-1 Resumen de tecnologías de abatimiento de emisiones en CT encuestadas por O2b*

Unidad	Combustible	Tecnología abatimiento emisiones		
		MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Bocamina II	Carbón	--	--	--
Guacolda U1-U2	Carbón	Filtro de Mangas	Scrubber	--
Campiche	Carbón	--	--	--
Norgener NT1-NT02	Carbón	Filtro de Mangas	FDA-DFGD	Quemadores low-NO <sub>x</sub>
Angamos ANG1-ANG2	Carbón	--	--	--
Lautaro U1	Biomasa	Filtro de Mangas	--	--
San Isidro II	Gas Natural	--	--	--
Nehuenco I	Gas Natural	--	--	--
U16	Gas Natural	--	--	--
Nueva Renca	Gas Natural	--	--	--
Los Pinos	Diesel	--	--	Ajustes Inyección agua
Antilhue TG1	Diesel	--	--	Ajustes Inyección agua
Los Vientos	Diesel	--	--	--

--: no implementó tecnologías de abatimiento de emisiones

Fuente. Elaboración propia en base a estudio O2b 2019

En consideración a los resultados de la encuesta respecto a la implementación de tecnologías de abatimiento el estudio de O2b entrega las siguientes conclusiones:

- Respecto a las unidades a carbón encuestadas (Guacolda y Norgener), las estimaciones realizadas en el AGIES respecto a emisiones estuvieron bastante ajustadas, y en ambos casos se debieron realizar inversiones tecnológicas importantes para lograr los límites establecidos en la norma.
- En el caso de las unidades a gas, no existían proyectos que estuvieran en los Planes Indicativos y que calificaran para ser clasificados como unidades existentes. De acuerdo a lo que declaran los generadores, en todos los casos se cumplían los límites en forma previa a la publicación de la norma, lo cual es consistente con los resultados que arrojó el AGIES, por lo que no realizaron esfuerzos de inversiones tecnológicas destinadas al cumplimiento de los límites.
- Las unidades Diésel realizaron principalmente ajustes en los sistemas de inyección de agua a efectos de dar cumplimiento a los límites de NO<sub>x</sub>, y de acuerdo a la comparación con lo indicado en el AGIES, sus resultados fueron adecuadamente acertados respecto a lo declarado por los generadores.
- Como se mencionó previamente, el inicio del proceso de dictación de la norma constituyó una señal regulatoria para las inversiones que se realizarían a partir del 2006 en adelante en materia de generación termoeléctrica.
- El mayor esfuerzo en materia de inversiones en equipamiento para sistemas de abatimiento fue realizado por las unidades generadoras a carbón. En cambio, las unidades generadoras a gas y combustible líquido prácticamente no realizaron inversiones para el cumplimiento de los límites de emisión.

La Tabla 4-2 siguientes resume las medidas de abatimiento de acuerdo a catastro entregado por la SMA para combustible sólido, líquido y gaseoso con información disponible hasta noviembre 2022.

*Tabla 4-2 Resumen de tecnologías de abatimiento en CT combustible sólido, actualización 2022*

Central	UGE	MP	SO2	NOx
ANGAMOS	ANGAMOS 1 y 2	Filtro Mangas	Desulfurizador Semiseco	Quemadores Low Nox
MEJILLONES	CTM1 y CTM2	Filtro Mangas	Desulfurizador Seco	-
MEJILLONES	CTM7	Filtro Mangas	Desulfurizador Húmedo	Reducción Catalítica Selectiva
ANDINA	CTA	Precipitadores Electroestáticos	Caldera Lecho Fluidiz con Inyec de caliza	-
ANDINA	CTH	Precipitadores Electroestáticos	Caldera Lecho Fluidiz con Inyec de caliza	-
TOCOPILLA	U14 y U15	Filtro Mangas	Desulfurizador Seco	-
VENTANA II	VENTANAS II	Precipitadores Electroestáticos	Desulfurizador Húmedo	Quemadores Low Nox
VENTANAS I	Ventanas I	Precipitadores Electroestáticos	-	-
VENTANAS III	Nueva Ventanas	Filtro Mangas	Desulfurizador Seco	Quemadores Low Nox
VENTANA IV	Central Campiche	Filtro Mangas	Desulfurizador Seco	Quemadores Low Nox
BOCAMINA	Unidad 2	Filtro Mangas	Desulfurizador Húmedo	-
BOCAMINA	Unidad 1	Filtro Mangas	Desulfurizador Seco	-
SANTA MARÍA I	Unidad I	Precipitadores Electroestáticos	Desulfurizador Húmedo	Quemadores Low Nox
GUACOLDA	CTG, Un N°1 y Un N° 2	Filtro Mangas	Desulfurizador Seco	Reducción Catalítica Selectiva
GUACOLDA	CTG, Unidad N°3	Precipitadores Electroestáticos	Desulfurizador Húmedo	Quemadores Low Nox
GUACOLDA	CTG, Unidad N°4	Filtro Mangas	Desulfurizador Seco	Reducción Catalítica Selectiva
GUACOLDA	CTG, Unidad N°5	Precipitadores Electroestáticos	Desulfurizador Húmedo	Reducción Catalítica Selectiva
CT COCHRANE	CCH1 y CCH2	Filtro Mangas	Desulfurizador Seco	Reducción Catalítica Selectiva
NORGENER	NT01	Precipitadores Electroestáticos	-	-
LAUTARO-COMASA	Unidad N° 1	Filtro Mangas	-	-

--: no implementó tecnologías de abatimiento de emisiones

Fuente: Elaboración propia con información de SMA

*Tabla 4-3 Resumen de tecnologías de abatimiento en CT combustible líquido, actualización 2022*

Central	UGE	MP	SO2	NOx
RENCA - NUEVA RENCA	Central Renca (U1)	-	-	-
RENCA - NUEVA RENCA	Central Renca (U2)	-	-	-

Central	UGE	MP	SO2	NOx
ANTILHUE TG	TG-1	-	-	Inyección de Agua o Vapor
ANTILHUE TG	TG-2	-	-	Inyección de Agua o Vapor
CARDONES	Turbina N°1	-	-	-
LAGUNA VERDE	AEG	-	-	-
LAGUNA VERDE	B.+BOVERI	-	-	-
LAGUNA VERDE	TG	-	-	-
CENTRAL ESPERANZA	ESPERANZA TG-1	-	-	-
HUASCO	TG3	-	-	-
HUASCO	TG5	-	-	-
HUASCO	TG4	-	-	-
LOS VIENTOS	Central Los Vientos	-	-	Inyección de Agua o Vapor
DIEGO DE ALMAGRO	TG1	-	-	-
SAN LORENZO DE DIEGO DE ALMAGRO	San Lorenzo D. Almagro U1	-	-	-
SAN LORENZO DE DIEGO DE ALMAGRO	San Lorenzo D. Almagro U2	-	-	-
EL SALVADOR	El Salvador TG1	-	-	-
EL SALVADOR	El Salvador TG1	-	-	-
TARAPACA	TGTAR	-	-	-
TOCOPILLA	Turbogas 3	-	-	-
TOCOPILLA	Turbogas 1	-	-	-
TOCOPILLA	Turbogas 2	-	-	-
SALAR	Tg01 B	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
SALAR	Tg01 A	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
SALAR	tg02	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
LAUTARO-COMASA	Unidad N° 2	Filtro Mangas	-	-
HORCONES	Central Horcones	-	-	-
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	YUNGAY 1A	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	YUNGAY 1B	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	YUNGAY 2A	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	YUNGAY 2B	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	YUNGAY 3A	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	YUNGAY 3B	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	YUNGAY 4	-	-	-
LOS PINOS	Turbina a gas	-	-	Inyección de Agua o Vapor
SANTA LIDIA	Central Santa Lidia	-	-	Inyección de Agua o Vapor
EMELDA	EMELDA U1	-	-	-
EMELDA	EMELDA U2	-	-	-
CENTRAL LOS GUINDOS	Los Guindos TG2	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
CENTRAL LOS GUINDOS	Los Guindos TG	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua

--: no implementó tecnologías de abatimiento de emisiones

Fuente. Elaboración propia con información de SMA

Tabla 4-4 Resumen de tecnologías de abatimiento en CT combustible Gaseoso, actualización 2022

Central	UGE	MP	SO2	NOx
RENCA -NUEVA RENCA	Nueva Renca	-	-	Reducción Catalítica Selectiva
MEJILLONES	CTM3	-	-	-
NEHUENCO	Turbina Gas Nehuenco I	-	-	Quemadores Low Nox
NEHUENCO	Turbina Gas Nehuenco II	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
NEHUENCO	Turbina Gas Nehuenco III	-	-	Quemadores Low Nox
QUINTERO	TG1A	-	-	-
QUINTERO	TG1B	-	-	-
SAN ISIDRO II	TG2	-	-	-
SAN ISIDRO I	TG1	-	-	-
CENTRAL ATACAMA	TG 1A	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
CENTRAL ATACAMA	TG 1B	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
CENTRAL ATACAMA	TG 2A	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
CENTRAL ATACAMA	TG 2B	-	-	Dry Low Nox/Inyección de agua
TOCOPILLA	U16	-	-	-
TRES PUENTES	Unidad 1	-	-	-
CENTRAL KELAR	TG1	-	-	-
CENTRAL KELAR	TG2	-	-	-
COLMITO	Termoelectrica Colmito	-	-	Inyección de Agua o Vapor
CANDELARIA	TG1	-	-	Inyección de Agua o Vapor
CANDELARIA	TG2	-	-	Inyección de Agua o Vapor
TALTAL	TG1	-	-	-
TALTAL	TG2	-	-	-
CORONEL	LM-6000 PC 47 MW	-	-	Inyección de Agua o Vapor

--: no implementó tecnologías de abatimiento de emisiones

Fuente. Elaboración propia con información de SMA

En resumen, la Tabla 4-5 presenta las tecnologías más usadas

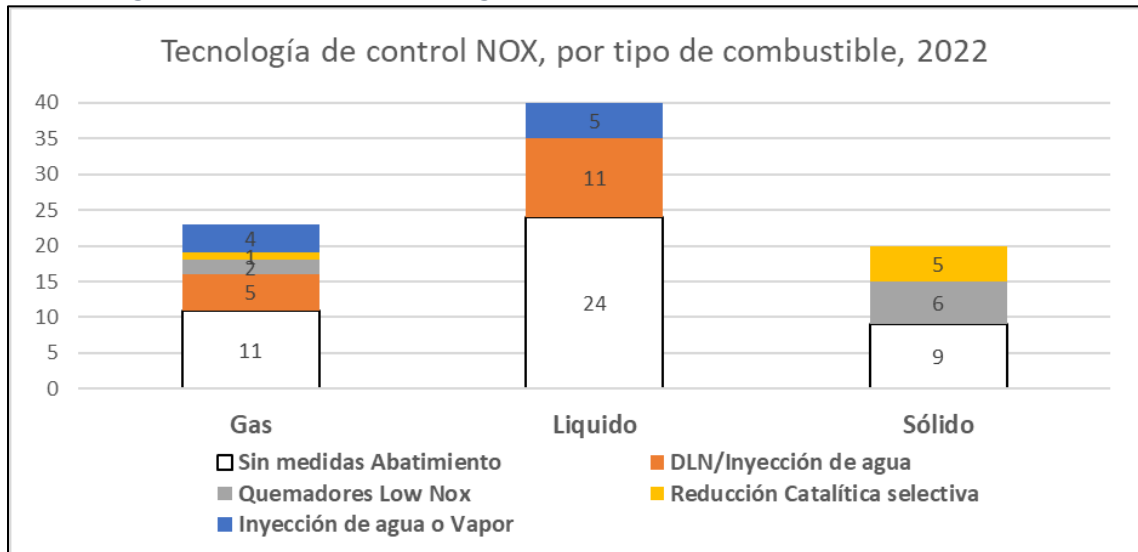
Tabla 4-5 Resumen de tecnologías de abatimiento de emisiones para NOx, SO2 y MP

Contaminante	Tecnología de abatimiento por sus siglas en Ingles
NOx	Quemadores Low NOx SCR (Reducción Catalítica selectiva) DLN (Dry Low Nox)/Inyección de agua Inyección de agua o Vapor
SO2	FGD (Flue Gas Desulphurization) seco, húmedo o Semiseco SDA (Spray Dryer Absorber) CDS (Circulating Dry Scrubber) SW FGD (SeaWater Flue Gas Desulphurization) Caldera de Lecho Fluidizado con Inyección de cal o caliza
MP	Filtros de mangas Pprecipitador electrostático

Fuente. Elaboración propia con información de SMA

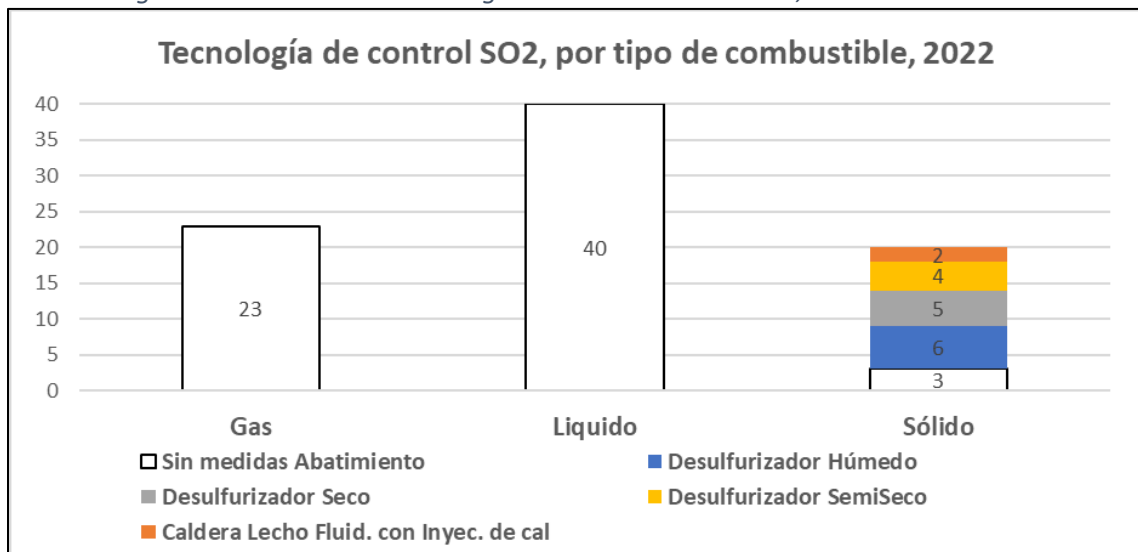
Las figuras siguientes resumen las tecnologías de abatimiento para NOx, SO2 y MP por tipo de contaminante, de acuerdo al catastro entregado por la SMA:

Figura 4-2 Resumen de tecnología de abatimiento de NOX, actualización 2022



Fuente. Elaboración propia con información de SMA

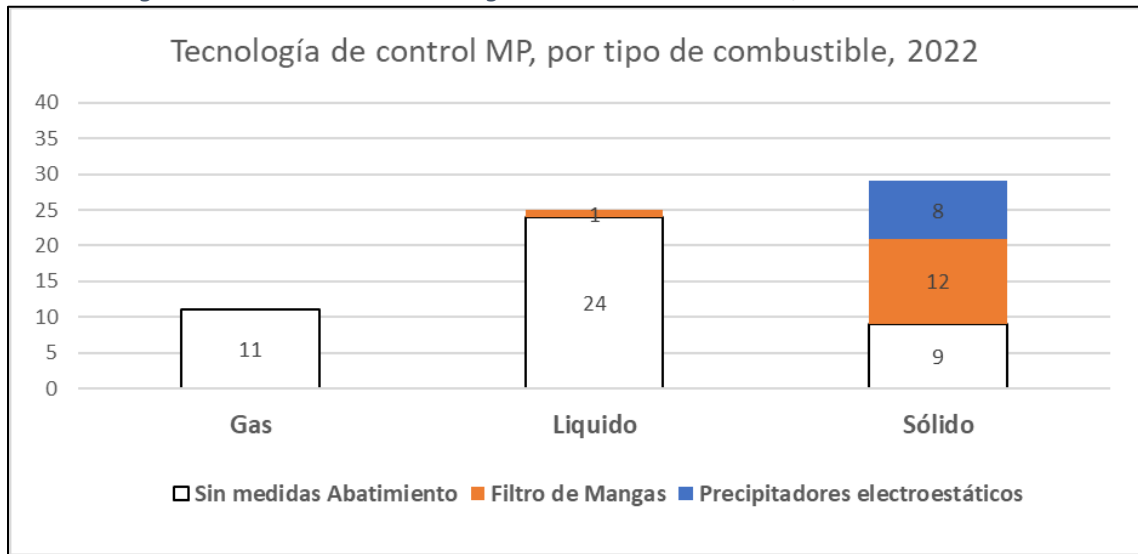
Figura 4-3 Resumen de tecnología de abatimiento de SO2, actualización 2022



Fuente. Elaboración propia con información de SMA



Figura 4-4 Resumen de tecnología de abatimiento de MP, actualización 2022



Fuente. Elaboración propia con información de SMA

De acuerdo al catastro entregado por la SMA hay 11 UGE que funcionan con combustible gaseoso y 23 con combustible líquido sin control de abatimiento de emisiones tanto para NOX, SO2 y MP.

Es importante destacar que la revisión de los estudios de Inodú 2018 y Perez 2021 coinciden en que el ciclaje no considerado inicialmente en los términos (frecuencia) que se ha dado en el tiempo se traduce en mayores emisiones principalmente de NOx en las horas de encendido y apagado de las unidades de generación eléctrica (UGE) porque los sistemas de abatimiento de tipo Low-NOx no estarían siendo suficientes por lo cual sería necesario implementar sistemas de tipo SCR (Selective Catalytic Reduction) lo que representa una inversión más elevada por su mayor precio.

En el caso del abatimiento de MP las CT han instalado en sus unidades más nuevas precipitadores electrostáticos, entre ellas Andina, Guacolda y Santa María.

Respecto a las turbinas a Gas las generadoras de Chile entregaron algunas consideraciones haciendo referencia a dos tipos de aplicaciones de las turbinas de gas en sistemas eléctricos no aislados:

- a. Turbinas de gas en ciclo abierto (TGCA)
- b. Turbinas de gas en ciclo combinado (TGCC)

El funcionamiento principal de TGCA es de respaldo del sistema eléctrico y para cobertura de peaks de la demanda del sistema. Arranque muy rápido en frío y alcanzan en tiempos muy cortos el valor de potencia deseado. Suelen operar un número muy limitado de horas al año y a cargas variables, es frecuente que lo hagan en un rango de carga bajo el 50%.

LA TGCC suele ser de mayor tamaño que las TGCA, forma parte de un sistema que combina turbina-caldera recuperadora de calor-turbina de vapor, lo que le permite alcanzar un alto rendimiento eléctrico. El 70% de las horas de funcionamiento bajo el valor límite, 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 diseñadas inicialmente para operar un número significativo de horas al año.

En la norma europea 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 (mínimo técnico ambiental).

Se sugiere 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 considerando los efectos que la penetración de energías renovables en la matriz está ocasionando en la forma de operación de las turbinas de gas en ciclo combinado.

Establecer un porcentaje de carga de la turbina de gas por encima del cual se debe evaluar el cumplimiento del valor límite, o definir un criterio equivalente que permita tomar en consideración el efecto de la mayor generación de NOx a bajas cargas, y no aplicar valores límites de NOx para turbinas que funcionan un muy bajo número de horas al año.

## 5 Capítulo III Revisión y análisis de la normativa nacional e internacional para centrales Termoeléctricas

Este capítulo considera la revisión y recopilación de antecedentes normativos a nivel nacional e internacionales para identificar si hay límites de emisión más estrictos a los establecidos en la NECT (D.S. N°13/2011). Los temas prioritarios a considerar en la revisión de normativas incluyen:

- Falta mejora en valores límites de emisión para CT nuevas
- Falta mejora en valores límites de emisión para CT existentes
- Límite de emisión para metales pesados (Va, Ni y otros)
- Límite de emisión para acopios de carbón y depósitos de cenizas
- Límite diferenciado según rango de operación
- Incluir la cogeneración, actualmente se encuentra eximida.

Entre los antecedentes nacionales a revisar, adicionalmente se incluyen los disponibles en el expediente<sup>6</sup> de revisión de la NECT. La Tabla 5-1 resume los principales estudios a revisar:

*Tabla 5-1 Principales documentos disponibles en expediente de revisión de la NECT*

Documento disponible en expediente	Contenido-Descripción
2._Antecedentes_Revisions_folio_227-381.pdf Enviado por Hugo Vits de Pelicano	“ESTUDIO DE INCORPORACIÓN DEL ATRIBUTO DE FLEXIBILIDAD AL MERCADO ELÉCTRICO CHILENO” preparado por la consultora Inodú para GIZ con fecha 25 de marzo 2018 Este estudio discute, entre otros, la relación entre las emisiones y el atributo de flexibilidad que se está incorporando al Mercado Eléctrico Chileno, en función de la mayor penetración de Energías Renovables Variables (ERV) de bajo costo Inodú - “Flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas con los instrumentos de gestión ambiental vigentes”, 2017 Inodú – “Estudio de incorporación del atributo de flexibilidad al mercado eléctrico chileno”, 2018
3._Re__Antecedentes__folio_382-386.pdf Enviado por Hugo Vits de Pelicano	Aclaración de Embancamiento de unidades térmicas SEN Norte – información técnica del ex-SING. link a <a href="http://www.cdec-sing.cl/pls/portal/cdec.pck_web_coord_elec.sp_pagina?p_id=5189">http://www.cdec-sing.cl/pls/portal/cdec.pck_web_coord_elec.sp_pagina?p_id=5189</a> Antecedentes PPDA Huasco
4._Antecedentes_Diputado_Diego_Ibanez__1_de_2_folio_387-517	INFORME COMISIÓN ESPECIAL INVESTIGADORA SOBRE CAUSAS DE ALTA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, ESPECIALMENTE EN CONCÓN, QUINTERO Y PUCHUNCAVÍ INFORME MISIÓN DE OBSERVACIÓN ZONA DE QUINTERO Y PUCHUNCAVÍ del INDH
5._Antecedentes_Diputado_Diego_Ibanez__2_de_2_folio_518-609.pdf	ANTECEDENTES CONTAMINACIÓN EN AIRE, SUELO Y ORGANISMOS MARINOS, COMUNAS QUINTERO, PUCHUNCAVÍ Y ZAPALLAR. PPT Antecedentes de la Contaminación en Coronel PPT Huasco Zona de Sacrificio PPT Mejillones

<sup>6</sup> [https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id\\_expediente=936887#-923x2](https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=936887#-923x2)

Documento disponible en expediente	Contenido-Descripción
7._HUASCO-1_folio_611-698.pdf Enviado por Soledad Fuentealba Triviño	PPT Huasco Estudio de Seremi de Salud PERFILES DE MORBIMORTALIDAD COMUNA DE HUASCO-2019 PPT CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MATERIAL PARTICULADO y PPT SITUACIÓN DE SALUD COMUNA DE HUASCO - 2018 Seremi de salud PPT Salud de los habitantes de la comuna de Huasco Mortalidad por enfermedad cardiovascular y mortalidad por cáncer. por Esteban Hadjez Berríos PPT Papers de Pablo Ruiz y Javier García Pérez et al, ambos de impactos en salud
8._HUASCO-2_folio_699-789.pdf Enviado por Soledad Fuentealba Triviño	Estudio CENMA -2017 "EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL POLVO NEGRO EN LA COMUNA DE HUASCO E IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN" RESUMEN EJECUTIVO CONTENIDO DE MERCURIO EN MUJERES EN EDAD REPRODUCTIVA DE 25 PAÍSES y link a estudio en <a href="https://ipen.org/sites/default/files/documents/updateNov14_mercury-women-report-v1_6.pdf">https://ipen.org/sites/default/files/documents/updateNov14_mercury-women-report-v1_6.pdf</a>
9._HUASCO-3_folio_790-802.pdf Enviado por Soledad Fuentealba Triviño	link a PPT RECOPIACIÓN DE ESTUDIOS QUE AVALAN DAÑO A LA PRODUCCIÓN OLIVICOLA EN COMUNA DE HUASCO (2016) link a Presentación RCA y CRAS.pptx link a Plan de Latencia Huasco a SMA.docx link a PRESENTACION PLAN DE LATENCIA-HUASCO.pptx
10._HUASCO-4_folio_803-808.pdf Enviado por Soledad Fuentealba Triviño	PROPUESTA SOLVAY de NCET ABRIL 2020, contiene límites de emisión para SO2 (130, 100), HCl (5) y Hg (0,1)
12._Re__Consulta__Solicitud_orientacion__folio_812-836.pdf enviado por Pablo Contino B. Development M. SOLVair LATAM	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.
13._Antecedentes_para_la_revisión_DS_N_13_11_del_MMA_folio_837-844.pdf enviado por Cristian Araneda de Colbún	documento técnico que reúne los antecedentes que como ENEL Generación Chile S.A. consideramos necesarios considerar en la elaboración de la nueva norma.
14._Remite_antecedentes_-_ENEL_Generacion_Chile_S.A._folio_845-849.pdf enviado por Claudia Cerda de ENEL	Antecedentes Técnicos para la revisión de la actual norma de emisiones para centrales termoeléctricas
17._Revisión_de_la_norma_de_emisión_s_folio_854-862.pdf enviado por Claudio Durán de Kelar	documento Exposición de Niños y Comunidades a Metales Pesados y Contaminantes del Aire en las Zonas de Sacrificio de Chile. Implementar nuevas normas como del níquel (Ni), Vanadio (V), arsénico (As), entre otros gases y metales pesados. Emisión de canchas de cenizas y de canchas de carbón
22._HUASCO_-5_folio_1282-1380.pdf enviado por Soledad Fuentealba Triviño	Informe Huasco Zona de Sacrificio Comunicación para el Examen Periódico Universal, (EPU) Chile, sesión 32, julio 2018. PPT Situación de Contaminación ambiental en Chile: Urgencias y Soluciones planteables (Pablo Ruiz, 2015) Informe Final "Daños en salud asociados a la exposición a centrales termoeléctricas a carbón en la zona norte de Chile: Análisis de datos secundarios" S Cortes 2019
23._Envío_de_informe_Termoelectrica_a_Bas_e_de_Carbon_folio_1381-1383.pdf enviado por Jonathan Mena Muñoz.	antecedentes técnicos, científicos y sociales relacionado a emisiones de termoeléctricas,

Documento disponible en expediente	Contenido-Descripción
24._Envia_antecedentes_normas_de_emision es__1_2__folio_1384-1486.pdf enviado por Darío Morales Figueroa Director de Estudios ACERA A.G	antecedentes para el proceso de revisión de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas 2020 Boletín de Estadísticas ACERA. Marzo 2020. Estudio de alternativas tecnológicas al retiro y/o reconversión de las unidades de carbón en Chile. INDODÚ. Informe preparado para GIZ. Noviembre de 2018.
25._Envia_antecedentes_normas_de_emision es__2_2__folio_1487-1585.pdf enviado por Darío Morales Figueroa Director de Estudios ACERA A.G	Estudio de Operación y Desarrollo del SEN sin centrales a carbón, Dic 2018
27._Envia_Carta_AG_89-2020__folio_1588-1598.pdf enviado por Nicolas Westenenk de Generadoras de Chile	Aporta antecedentes para el proceso de revisión de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas  Dictamen 2737 de contraloría (por plazo de 5 años para revisión) PDA Tocopilla, PDA Huasco, PDA CQP, PDA Gran Concepción, Estándares de China para centrales a carbón (octubre 2015) Estándares EU (Directiva 2010/75/EU) Estándares USA (update agosto 2019) 9. EEB dark cloud report v2 Ir.pdf (Oct 2016) Background briefing on 2017 LCP BREF transposition (for coal-fired power plants) (Mar 2020) Guías de calidad del aire de la OMS MP10, SO2, NOx y O3 (2005) 12. Contaminación Aire y Salud Infantil OMS.pdf (2018) 13 Infografía OMS Niños Contaminación.pdf Informe TERMOELECTRICIDAD A CARBÓN Y LAS PRECARIAS NORMATIVAS DE EMISIÓN Y CALIDAD DEL AIRE EN CHILE (Jul 2018) 16. Informe Paralelo Comité DESC Chile 2020 ES.pdf 17. Impacto Carbón Salud Humana Lockwood.pdf 18. Contaminación Ambiental y Salud Pública J..pdf 19. Contaminación y Salud Lancet.pdf Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional? pub S Cortés 2019 PPT Impacto en salud de fuentes industriales: estudio en áreas pequeñas (Pablo Ruiz 2016) PPT Situación de Contaminación ambiental en Chile: Urgencias y Soluciones planteables (Pablo Ruiz, 2015) PPT Impacto en salud de fuentes industriales: estudio en áreas pequeñas (Pablo Ruiz 2016) Efecto de las Centrales Termoeléctricas sobre la Salud de las Comunidades. Autor Andrei Tchernitchin. Informe Final “Daños en salud asociados a la exposición a centrales termoeléctricas a carbón en la zona norte de Chile: Análisis de datos secundarios” S Cortés 2019 La negligente realidad de la Bahía de Quintero (Terram Oct 2018)
18._antecedentes_revision_del_D.S.13_Fundacion_Terram_1._folio_863-1023.pdf enviado por Flavia Liberona de Terram	
19._RE__antecedentes_revision_del_D.S.13_Fundacion_Terram_2._A__folio_1024-1094.pdf enviado por Flavia Liberona de Terram	
20._antecedentes_revision_del_D.S.13_Fundacion_Terram_2._B__folio_1095-1247.pdf enviado por Flavia Liberona de Terram	
21._antecedentes_revision_del_D.S.13_Fundacion_Terram_3__folio_1248-1281.pdf enviado por Flavia Liberona de Terram	26. Presentación Zonas Sacrificio COP25 Madrid.pdf Solicitud de Audiencia: Sesión de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH), en su periodo de sesiones 175. Terram Ene 2020) Antecedentes de prensa referido al compromiso del Presidente Sebastián Piñera en los discursos ante las Naciones Unidas en Nueva York 2018

## 5.1 Recopilación de antecedentes de proceso de elaboración de D.S. N°13/2011

Durante la etapa de elaboración de antecedentes para la NECT se realizaron 2 estudios que recopilaron normativas con límites de emisión para centrales termoeléctricas de la Unión Europea, EEUU, Canadá, México, Brasil, Suiza, Japón, Australia y Argentina cuyos resultados se resumen a continuación.

a) Estudio “Análisis de normas de emisión para centrales termoeléctricas a nivel internacional y propuesta para Chile” realizado por Gestión Ambiental consultores en el año 2006

Tabla 5-2 Resumen límites de emisión estudio realizado por GAC para CT a Carbón

Contaminante	SO <sub>2</sub>		NOx		MP	
	Valor límite	Unidad	Valor límite	Unidad	Valor límite	Unidad
Argentina	1700	mg/m <sup>3</sup> N	900	mg/m <sup>3</sup> N	120	mg/m <sup>3</sup> N
Australia	Sistema de licencias basado en la emisión					
Brasil	2000	grs/Gcal	sr	grs/Gcal	800	grs/Gcal
Canadá (Conjunto 1)	0,53	kg/MWh output neto	0,69	kg/MWh output neto	0,095	kg/MWh output neto
Canadá (Conjunto 2)	2,65 <sup>B</sup>	kg/MWh output neto	sr		sr	
Canadá (Conjunto 3)	4,24 <sup>C</sup>	kg/MWh output neto	sr		sr	
Estados Unidos	180 <sup>D</sup>	ng/j output bruto	130	ng/j output bruto	6,4 <sup>E</sup>	ng/j input
Japón (Más exigente)	132	m <sup>3</sup> N/hr <sup>A</sup>	60	ppm	30	mg/m <sup>3</sup> N
Japón (Menos exigente)	769	m <sup>3</sup> N/hr <sup>A</sup>	550	ppm	500	mg/m <sup>3</sup> N
México (ZMCM)	550	ppmV	110	ppmV	60	mg/m <sup>3</sup> N
México (ZMCM)	2,16	mg/10 <sup>6</sup> kcal input	0,309	mg/10 <sup>6</sup> kcal input	0,09	mg/10 <sup>6</sup> kcal input
México (ZC)	1100	ppmV	110	ppmV	250	mg/m <sup>3</sup> N
México (ZC)	4,31	mg/10 <sup>6</sup> kcal input	0,309	mg/10 <sup>6</sup> kcal input	0,375	mg/10 <sup>6</sup> kcal input
México (RP)	2200	ppmV	375	ppmV	350	mg/m <sup>3</sup> N
México (RP)	8,16	mg/10 <sup>6</sup> kcal input	1,052	mg/10 <sup>6</sup> kcal input	0,525	mg/10 <sup>6</sup> kcal input
Nueva Zelanda	No establece normas de emisión					
Suiza	400 <sup>F</sup>	mg/m <sup>3</sup> N	250	mg/m <sup>3</sup> N	50	mg/m <sup>3</sup> N
Unión Europea	200	mg/m <sup>3</sup> N	200	mg/m <sup>3</sup> N	30	mg/m <sup>3</sup> N
Banco Mundial	2000	mg/m <sup>3</sup> N	750	mg/m <sup>3</sup> N	50	mg/m <sup>3</sup> N

sr: Sin Regulación

<sup>A</sup>: Regulación "valor k"

<sup>B</sup>: Además se debe cumplir con 75% reducción mínima

<sup>C</sup>: Además se debe cumplir con 92% reducción mínima

<sup>D</sup>: Alternativa: cumplir con 95% reducción mínima

<sup>E</sup>: Alternativa: cumplir con 99,9% reducción mínima

<sup>F</sup>: Además se debe cumplir con 85% reducción mínima

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

GAC 2006 concluyó que una comparación de las distintas normas de emisión analizadas no se puede realizar directamente ya que regulan distintos aspectos de la generación. Mientras algunas regulan el contenido de contaminantes en combustibles, otros regulan la concentración emitida (mg/m<sup>3</sup>) y otros la cantidad emitida por energía utilizada o producida (mg/MWh). Para lo cual realizó una



comparación de las normas para un escenario específico de operación de la central utilizando combustible carbón bituminoso, carbón subbituminoso, coque de petróleo o mezclas de ellos. (3.175 ton/día con 2,4% azufre). Los valores obtenidos son resumidos en la Tabla 5-2, los cuales fueron transformados a unidad equivalente mg/Nm<sup>3</sup> para una mejor comparación lo cual se presenta en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Resumen Límites de emisión en mg/Nm<sup>3</sup> para CT, estudio GAC

<b>País</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NOx</b>	<b>PM</b>
Argentina	1700	900	120
Brasil	1519		607
Canadá	689	189	26
Estados Unidos	192	139	20
Japón (Más exigente)	327	411	50
Japón (Menos exigente)	1909		100
México (ZMCM)	1640	235	68
México (ZC)	3273	235	285
México (RP)	6196	799	399
Suiza	413	268	54
Unión Europea	200	200	30
Banco Mundial	2000	750	50
<i>Mediana</i>	<i>1579</i>	<i>251</i>	<i>61</i>
<i>Más exigente</i>	<i>192</i>	<i>139</i>	<i>20</i>
<i>Menos exigente</i>	<i>6196</i>	<i>900</i>	<i>607</i>

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

De acuerdo a la Tabla 5-3, la normativa más exigente para SO<sub>2</sub> corresponde a la de Estados Unidos, seguida de la normativa de la Unión Europea y Japón. Para NO<sub>x</sub>, la normativa más exigente corresponde a Estados Unidos seguida por Canadá y la Unión Europea y para el material particulado la norma más exigente es la de Estados Unidos, seguida de la canadiense, la europea y la japonesa.

b) Estudio “Apoyo a la implementación de norma de emisión para centrales termoeléctricas” realizado por Gamma Ingenieros en el año 2007.

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

#### **b.1 Comunidad Económica Europea:**

La Directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de Octubre del 2001, regula las emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas a la atmósfera procedentes de grandes instalaciones de combustión (>50 MWt). La regulación diferencia entre combustibles, pero se aplican para todas las tecnologías, salvo turbinas de gas. Esta directiva se complementa con la Directiva 2001/81/CE que establece límites nacionales de emisión de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> y COV.

La Directiva 2001/80/CE establece además que:

- A los equipos mayores de 100 MWt se exige mediciones continuas. A los menores se exige mediciones discontinuas cada 6 meses.
- En el caso de mediciones continuas se considera que se respeta la norma si el valor medio diario no supera el límite, y el 95% de los valores medios horarios no superan el 200% del límite para el NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP
- Los equipos menores a 100 MWt no deben superar los límites
- Las calderas y turbinas de Gas Natural se exceptúan de efectuar mediciones continuas de SO<sub>2</sub> al igual que las calderas con biomasa.
- En las mediciones no se consideran las partidas ni las paradas, ni períodos cortos de fallas de equipos de abatimiento

Tabla 5-4 Límites de emisión para CT según CEE (valores en mg/Nm<sup>3</sup>)

Combustible (d)	Porcentaje Base de O <sub>2</sub> (c)	Tamaño MW <sub>t</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	MP
Sólidos	6%	50 – 100	850	400	50
		100-300	200	200	30
		>300	200	200	30
Biomasa	6%	50-100	200	400	50
		100-300	200	300	30
		>300	200	200	30
Líquidos	3%	50-100	850	400	50
		100-300	400-200 (a)	200	30
		>300	200	200	30
Gas Natural	3%	50-300	35	150	5
		>300	35	100	5
Otros Gases	3%	todos	5-400 (b)	200	5-30 (b)
Turbinas Gas Natural	15%	>50	--	50	--
Turbinas Combustibles líquidos y otros gases	15%	>50	--	120	--

(a) Disminución lineal

(b) Los límites superiores corresponden a gases de altos hornos e industria del acero.

(c) Porcentaje de O<sub>2</sub> al que se deben calcular las emisiones.

NA = No aplica

(d) La Directiva 2001/80/CE no señala mayor especificación de los combustibles.

(e) MW<sub>t</sub> = Mega Watt de energía térmica de input.

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

## b.2 Estados Unidos:

### Norma para Centrales Eléctricas a Vapor.

En Febrero del 2006 la EPA promulgó una resolución que modifica la norma 40 CFR capítulo 60, reduciendo los límites de emisiones de las unidades de generación de vapor utilizadas en centrales eléctricas, industria y comercio. Los contaminantes regulados son NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y Material Particulado.



La regla rige para las nuevas centrales termoeléctricas mayores de 73 MW térmicos. Los límites establecidos son:

*Tabla 5-5 Límites de emisión para centrales nuevas de Generación de Vapor en Estados Unidos*

Unidad Física <sup>(5)</sup>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	MP
lb/MWh <sup>(2)</sup>	1,4	1,0	--
lb/MMbtu <sup>(3) (4)</sup>	--	--	0,015
ng/J	180	130	6,4
Porcentaje de Reducción de Emisión	95%	---	99,9%

<sup>(1)</sup> Fuente EPA 40 CFR Part 40 Febrero 2006

<sup>(2)</sup> MWh de output

<sup>(3)</sup> La energía corresponde a la energía aportada (imput).

<sup>(4)</sup> MMBtu = 10<sup>6</sup> btu

<sup>(5)</sup> Unidades Físicas en que está expresada la norma.

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

#### Norma para Turbinas a Gas.

De acuerdo a 40 CFR60KKK se regulan las emisiones de NOx y SO2 para turbinas de gas mayores de 3 MWt fijando un límite para el SO2 de 110 ng/J (0,9 lb/MWh), independiente del tamaño y tipo de combustible. Para NOx se aplican los límites de la Tabla 5-6:

*Tabla 5-6 Límites de emisión de NOx en Turbinas a gas para Estados Unidos*

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

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

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

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

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

### b.3 Japón:

Las emisiones de Japón están reguladas por la ley Nº 97 de 1968, en la cual se establecen los límites resumidos en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7 Límites de emisión de MP y NOx en Japón

Equipo	Combustible	Tamaño m <sup>3</sup> (b)	Límites de Emisión		
			Polvo y Hollín		NOx
			General g/m <sup>3</sup> N	Especial (a) g/m <sup>3</sup> N	ppm
Calderas	Gas	< 10.000	0,10	0,05	150
		10 – 40.000	0,10	0,05	130
		40.000-500.000	0,05	0,03	100
		> 500.000	0,05	0,03	60
	Líquido o Líquido + Gas	< 10.000	0,30	0,15	180
		10.000-40.000	0,25	0,15	150
		40.000 – 200.000	0,15	0,05	150
		200.000-500.000	0,05	0,04	150
		> 500.000	0,05	0,04	130
	Carbón	< 40.000	0,30	0,20	300
		40.000 – 200.000	0,20	0,10	250
		200.000-700.000	0,10	0,05	250
> 700.000		0,10	0,05	200	
Turbinas de Gas			0,05	0,04	70
Motores Diesel			0,10	0,08	950
Motores a Gas			0,05	0,04	600

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

(b) Volumen de gases.

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

Además, la ley Nº 97 de 1968 norma las emisiones de SO<sub>2</sub> en m<sup>3</sup>N/h en función de la zona en que está ubicada la fuente emisora y la altura de la chimenea, según la siguiente ecuación:

$$E = k \times 10^3 \times He^2$$

Donde:

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

### b.4 Canadá:

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

Establece que las emisiones promedio mensuales (720 horas) no deben superar los límites que se establecen en kg/MWh eléctricos netos. Los límites establecidos se resumen en la Tabla 5-8:

*Tabla 5-8 Límites de Emisión para Centrales a Vapor en Canadá*

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

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

La normativa establece además:

- La opacidad no puede superar el 20% salvo en casos puntuales que puede llegar hasta 40% durante 6 minutos.
- Los óxidos de nitrógeno se deben medir en forma continua para todos los combustibles. En el caso del SO<sub>2</sub> sólo para los combustibles sólidos y líquidos. También se debe instalar equipos de medición continua de opacidad para estos dos tipos de combustibles.

Por último, el estudio de Gamma 2007 resume límites de emisión para Mercurio, Níquel y Vanadio, presentados en la

*Tabla 5-9 Límites de emisión para Hg, Ni y V (valores en mg/Nm<sup>3</sup>)*

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

Fuente: Estudio de Gamma Ingenieros, marzo 2007

## 5.2 Actualización de límites de emisión

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

### 5.2.1 Límites establecidos por Banco Mundial

A continuación se presentan los límites establecidos por la IFC (International Finance Corporation) del Banco Mundial en la publicación de marzo de 2017 “Environmental, Health, and Safety Guidelines for Thermal Power Plants”<sup>7</sup>.

#### Consideraciones generales:

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

#### Nomenclatura utilizada en las tablas siguientes:

- MWth = potencia térmica basada en PCS; la categoría de MWth se aplica a toda la instalación compuesta por múltiples unidades procedentes de un almacenamiento común.
- N/A = no aplicable;
- CAND = cuenca atmosférica no degradada;
- CAD = cuenca atmosférica degradada (mala calidad del aire); las cuencas atmosféricas deben considerarse degradadas cuando se superan los niveles de calidad del aire establecidos en la legislación nacional o, en ausencia de dichas leyes, cuando exceden considerablemente las Guías de calidad del aire de la OMS;
- S = contenido de azufre (expresado como porcentaje de la masa);
- Nm<sup>3</sup> a una atmósfera de presión y 0 °C de aire seco;
- Los límites de las guías se aplican a instalaciones que operan más de 500 horas al año.
- MP definido como PTS (Partículas totales en suspensión)

---

<sup>7</sup> Disponible en <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/9ec08f40-9bc9-4c6b-9445-b3aed5c9afad/Thermal+Power+Guideline+2017+clean.pdf?MOD=AJPERES&CVID=INwcJZX>

Tabla 5-10 Valores guías emisiones (en mg/Nm<sup>3</sup>) para motores de combustión interna. Banco Mundial 2017

Tecnología de combustión /combustible	MP		SO2		NO2		Gas seco, exceso de cont. de O2 (%)
	CAND	CAD	CAND	CAD	CAND	CAD	
Motor de combustión interna							
Gas natural	N/A	N/A	N/A	N/A	200 (encendido de Chispa) 400 (combustible dual) <sup>(a)</sup>	200 (encendido de Chispa) 400 (comb. dual)	15%
Combustibles líquidos (planta > 50 MWth a < 300 MWth)	50	30	1.170 o uso de comb. con 2% o menos de S	0,5% S	1.460 (encendido de compresión, cilindrada [mm] < 400) 1.850 (encendido de compresión, cilindrada [mm] ≥ 400)	400	15%
Combustibles líquidos (planta ≥ 300 MWth)	50	30	585 o Uso de Comb. con 1% o menos de S	0,2% S	740	400	15%
Biocombustibles/combustibles gaseosos diferentes del gas natural	50	30	N/A	N/A	Límites un 30% superiores a los dispuestos anteriormente para el gas natural y los combustibles líquidos	200 (encendido de Chispa) 400 (otro)	15%

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

Tabla 5-11 Comparación de los valores guía del banco mundial para motores de combustión interna con estándares de países seleccionados (valores vigentes enero de 2017)

<p>Para NOx – combustible Gas Natural</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CEE: 75 mg/Nm<sup>3</sup> (SI o combustible dual). BAT indica concentraciones de 20 a 75 mg/Nm<sup>3</sup>.</li> <li>• EEUU: 82 ppmvd (equivalente a 169 mg/Nm<sup>3</sup>)</li> </ul>
<p>Para NOx – combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UK: 150mg/Nm<sup>3</sup>;</li> <li>• CEE: No hay límites para motores que no funciones a gas</li> <li>• EEUU: 2g/kWh</li> <li>• India: 710mg/Nm<sup>3</sup> (área urbana &amp; ≤ 75MWe (≈ 190MWth), área rural &amp; ≤ 150MWe (≈ 380MWth)).</li> <li>• India: 360mg/Nm<sup>3</sup> (área urbana &amp; &gt; 75MWe (≈ 190MWth), área rural &amp; &gt; 150MWe (≈ 380MWth))</li> </ul>
<p>Para SO2 – Combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UK: 66mg/Nm<sup>3</sup></li> <li>• CEE: BAT indica uso de petróleo bajo en S or FGD (IPCC LCP BREF). Bajo Directiva 1999/32/EC modificada por 2005/33/EC, se considera que el fueloil con bajo contenido de S es HFO con un contenido de S &lt; 1 % o gasóleo con un contenido de S &lt; 0,1 %, nota del borrador final del BREF (2016). ) sugiere que un contenido típico de S del HFO con bajo contenido de azufre es del 0,5 %.</li> <li>• EEUU: Uso de combustible con 1000 ppm máximo de azufre (Subpart IIII) (equivalente to 0.1%);</li> <li>• India: Urbana (&lt; 2% S), Rural (&lt; 4%S), Sólo combustible diesel debería ser usado en áreas urbanas</li> </ul>
<p>Para MP – Combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UK: 50mg/Nm<sup>3</sup></li> <li>• CEE: No hay límite para PM</li> <li>• EEUU: 60% reducción en emisiones de MP, o limitar las emisiones de PM en la salida del motor de combustión interna a 0,15 g/kwh (subpart IIII)</li> <li>• India: 75mg/Nm<sup>3</sup> (diesel); 100mg/Nm<sup>3</sup> (aceites).</li> </ul>

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

Tabla 5-12 Valores guías emisiones (en mg/Nm<sup>3</sup>) para Turbinas. Banco Mundial 2017

Tecnología de combustión /combustible	MP		SO2		NO2		Gas seco, exceso de cont. de O2 (%)
	CAND	CAD	CAND	CAD	CAND	CAD	
Motor de combustión interna							
Gas natural (planta ≥50 MWth) <sup>(a)</sup>	N/A	N/A	N/A	N/A	50 (~25ppm)	200 (encendido de Chispa) 400 (comb. dual)	15%
Petróleo destilado/combustible ligero (planta ≥500 MWth) <sup>(a)</sup>	50	30	uso de comb. con 1%o menos de S	0,5% o menos de S	150 (~74ppm)	100 (~50ppm)	15%

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

Tabla 5-13 Comparación de los valores guía del banco mundial para Turbinas con estándares de países seleccionados (valores vigentes enero de 2017)

<p>Para NOx – combustible Gas Natural</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CEE: 50mg/Nm<sup>3</sup> para turbinas de ciclo simple con una eficiencia superior al 35%; <math>50 \cdot \eta / 35</math> (donde <math>\eta</math> = % de eficiencia en condiciones ISO). BAT indica que se pueden lograr concentraciones de 10 a 50 mg/Nm<sup>3</sup> utilizando únicamente medidas de eliminación primarias.</li> <li>• EE.UU.: 25ppm (51mg/Nm<sup>3</sup>) (&gt; ≈ 15MWth y ≤ ≈ 249MWth), 15ppm (31mg/Nm<sup>3</sup>) (&gt;≈ 249MWth). Tenga en cuenta que los límites de NOx en el rango de 4 a 19 mg/Nm<sup>3</sup> generalmente se requieren a través del sistema de permisos.</li> <li>• India: 50ppm (plantas nuevas ≥400MW), 75ppm (plantas nuevas &gt;100MW pero &lt;400MW), 100ppm (plantas nuevas &lt;100MW).</li> <li>• China: 50 mg/Nm<sup>3</sup></li> </ul>
<p>Para NOx – combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CEE: 50mg/Nm<sup>3</sup></li> <li>• US: 74ppm (152mg/Nm<sup>3</sup>) (&gt; ≈15MWth and ≤ ≈249MWth), 42ppm (86mg/Nm<sup>3</sup>) (&gt; ≈249MWth)</li> <li>• India: 100ppm (plantas nuevas, nafta)</li> <li>• China: 120mg/Nm<sup>3</sup></li> </ul>
<p>Para NOx – combustible líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CEE: Contenido de S del fueloil ligero utilizado en turbinas de gas por debajo del 0,1 %</li> <li>• EEUU: Contenido de S aprox 0.05% (área continental) y 0.4% (área no continental)</li> <li>• China: 100mg/Nm<sup>3</sup></li> </ul>

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

Tabla 5-14 Guías emisiones (en mg/Nm<sup>3</sup>) para Calderas. Banco Mundial 2017

Tecnología de combustión /combustible	MP		SO2		NO2		Gas seco, exceso de cont. de O2 (%)
	CAND	CAD	CAND	CAD	CAND	CAD	
Motor de combustión interna							
Gas natural	N/A	N/A	N/A	N/A	200	180	3
Otros combustibles gaseosos	50	30	400	300	240	200	3
Combsutibles líquidos (planta ≥50 MWth y <600 MWth)	50	30	400-1600 <sup>(a)</sup>	400	400	200	3

Tecnología de combustión /combustible	MP		SO2		NO2		Gas seco, exceso de cont. de O2 (%)
	CAND	CAD	CAND	CAD	CAND	CAD	
Motor de combustión interna							
Combustibles líquidos (planta ≥600 MWth)	40	25	200-600 <sup>(a)</sup>	200	400	200	3
Combustibles sólidos (planta ≥50 MWth y <600 MWth)	50	30	400-1000 <sup>(a)</sup>	400	500	200	6
Combustibles sólidos (planta ≥600 MWth)	40	25	200-600 <sup>(a)</sup>	200	500	200	6

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

*Tabla 5-15 Comparación de los valores guía del banco mundial para calderas con estándares de países seleccionados (valores vigentes enero de 2017)*

<b>Para NOx – combustible Gas Natural</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CEE: 100mg/Nm<sup>3</sup></li> <li>• EEUU: 88ng/J producción bruta de energía</li> <li>• China: 100 mg/Nm<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Para MP – combustible Sólido</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CEE: 20mg/Nm<sup>3</sup>, 10 (&gt; 300MWth para carbón o lignito)</li> <li>• EEUU: 11ng/J producción bruta de energía</li> <li>• China: 30mg/Nm<sup>3</sup></li> <li>• India: 350mg/Nm<sup>3</sup> (&lt;210MWth), 140mg/Nm<sup>3</sup> (=&gt;210MWth)</li> </ul>
<b>Para SO2 – combustible Sólido</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CEE: 400mg/Nm<sup>3</sup> (50 – 100MWth), 200mg/Nm<sup>3</sup> (&gt;300MWth)</li> <li>• EEUU: 11ng/J producción bruta de energía o 97% de reducción</li> <li>• China: 50 – 200mg/Nm<sup>3</sup> (dependiendo de la zona)</li> </ul>

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

### 5.2.2 Límites establecidos por la Comunidad Económica Europea (CEE)

La Directiva 2010/75/UE<sup>8</sup> del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 es una actualización de la directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de Octubre del 2001 que regula las emisiones de SO2, NOx y partículas a la atmósfera procedentes de grandes instalaciones de combustión (>50 MWt).

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

*“Apartado 2: En todos los permisos de instalaciones que incluyan instalaciones de combustión a las que se haya concedido permiso antes del 7 de enero de 2013, o para las que sus titulares haya*

<sup>8</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0075&qid=1672075020353>

*presentado una solicitud de permiso completa antes de dicha fecha, a condición de que dichas instalaciones hayan entrado en funcionamiento a más tardar el 7 de enero de 2014, se incluirán condiciones que aseguren que las emisiones a la atmósfera de estas instalaciones no superan los valores límite de emisión establecidos en la parte 1 del anexo V.*

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

*Tabla 5-16 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Sólidos. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm<sup>3</sup>)*

Contaminante	Potencia Térmica Nominal		
	50 a 100 MW	100 a 300 MW	>300 MW
SO <sub>2</sub>	400	250	200
NO <sub>x</sub>	300 (400 en caso de lignito pulverizado)	200	200
MP	30	25	20

Excluye residuos, biomasa y turba

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

*Tabla 5-17 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Líquidos. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm<sup>3</sup>)*

Contaminante	Potencia Térmica Nominal		
	50 a 100 MW	100 a 300 MW	>300 MW
SO <sub>2</sub>	350	250	200
NO <sub>x</sub>	450	200	150
MP	30	25	20

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

*Tabla 5-18 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Gas. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm<sup>3</sup>)*

Contaminante	Tipo de Combustible	Valor Límite
SO <sub>2</sub>	En general	35
	Gas Licuado	5
NO <sub>x</sub>	Turbinas de gas, incluidas las de Ciclo Combinado que usan gas natural	50 (aplican únicamente para una carga por encima del 70%)
	Turbinas de gas, incluidas las de Ciclo Combinado que usan otros gases	120
MP	En general	5

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

Además, se establecen valores límites para casos excepcionales para emisiones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> de acuerdo a las tablas siguientes

*Tabla 5-19 Valores Límite de Emisión de SO<sub>2</sub> en Instalaciones que Cumplan Requisitos Indicados. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE*

Requisitos de Excepcionalidad	Valor límite (mg/Nm <sup>3</sup> )
Instalaciones que usan combustibles sólidos y obtuvieron su permiso antes del 27 de noviembre de 2002, o cuyos titulares hubieran presentado una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no se utilicen durante más de 1.500 horas de funcionamiento al año como media móvil calculada en un período de cinco años.	800
Instalaciones cuya potencia térmica nominal sea no superior a 300 MW, que usen combustibles líquidos con un permiso obtenido antes del 27 de noviembre de 2002 o cuyos titulares hubieran presentado una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no estén en funcionamiento más de 1.500 horas al año como media móvil durante un período de cinco años.	850
Instalaciones cuya potencia térmica nominal sea superior a 300 MW, que usen combustibles líquidos con un permiso obtenido antes del 27 de noviembre de 2002 o cuyos titulares hubieran presentado una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no estén en funcionamiento más de 1.500 horas al año como media móvil durante un período de cinco años.	400

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

*Tabla 5-20 Valores Límite de Emisión de NO<sub>x</sub> en Instalaciones que Cumplan Requisitos Indicados. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE*

Requisitos de Excepcionalidad	Valor límite (mg/Nm <sup>3</sup> )
Instalaciones que utilicen combustibles sólidos o líquidos con una potencia térmica nominal total no superior a 500 MW que hayan recibido su permiso antes del 27 de noviembre de 2002 o cuyos titulares presentaron una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no rebasen más de 1.500 horas anuales de funcionamiento en media móvil calculada en un período de cinco años	450
Instalaciones que utilicen combustibles sólidos con una potencia térmica nominal total superior a 500 MW, que hayan recibido su permiso antes del 1 de julio de 1987 y que no rebasen las 1.500 horas anuales de funcionamiento en media móvil calculada en un período de cinco años	450
Instalaciones que empleen combustibles líquidos, con una potencia térmica nominal total superior a 500 MW con permiso obtenido antes del 27 de noviembre de 2002 o que cuyos titulares hubieran presentado una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya	400

Requisitos de Excepcionalidad	Valor límite (mg/Nm <sup>3</sup> )
puesto en funcionamiento no más tarde del 27 de noviembre de 2003, y que no estén en funcionamiento más de 1.500 horas de funcionamiento por año como media móvil durante un período de cinco años.	
No se aplican los valores límite de emisión a las turbinas de gas destinadas a un uso de emergencia que funcionen menos de 500 horas anuales. El titular de dichas instalaciones llevará un registro de las horas de funcionamiento utilizadas.	NA

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

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

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

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

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

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

Tabla 5-21 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Sólidos. Anexo V, Parte 2 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm<sup>3</sup>)

Contaminante	Potencia Térmica Nominal		
	50 a 100 MW	100 a 300 MW	>300 MW
SO <sub>2</sub>	400	200	150
NO <sub>x</sub>	300	200	150
MP	20	20	10

Excluye residuos, biomasa y turba

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

*Tabla 5-22 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Combustibles Líquidos. Anexo V, Parte 2 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm<sup>3</sup>)*

Contaminante	Potencia Térmica Nominal		
	50 a 100 MW	100 a 300 MW	>300 MW
SO <sub>2</sub>	350	200	150
NO <sub>x</sub>	300	150	100
MP	20	20	10

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

*Tabla 5-23 Valores Límite de Emisión, Instalaciones de Combustión de Gas. Anexo V, Parte 1 de la Directiva 2010/75/UE (valores en mg/Nm<sup>3</sup>)*

Contaminante	Tipo de Combustible	Valor Límite
SO <sub>2</sub>	En general	35
	Gas Licuado	5
NO <sub>x</sub>	Turbinas de gas, incluidas las de Ciclo Combinado que usan gas natural	50
MP	En general	5

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

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

El nivel de emisión asociado a las MTD (NEA-MTD) correspondiente a las emisiones de mercurio a la atmósfera procedentes de la combustión de biomasa sólida y/o turba es < 1-5 µg/Nm<sup>3</sup> como valor medio a lo largo del período de muestreo

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

En la Directiva 2017/1442/UE<sup>9</sup> DE LA COMISIÓN de 31 de julio de 2017 se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD o BAT en inglés de Best Available Techniques) conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo para las grandes instalaciones de combustión. Las tablas siguientes resumen los límites para MP y Mercurio

*Tabla 5-24 Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones a la atmósfera de MP procedentes de la combustión de hulla y/o lignito*

Potencia térmica nominal total de la instalación de combustión (MW <sub>th</sub> )	NEA-MTD (mg/Nm <sup>3</sup> )			
	Media anual		Media diaria o media a lo largo del período de muestreo	
	Instalación nueva	Instalación existente <sup>(1)</sup>	Instalación nueva	Instalación existente <sup>(2)</sup>
< 100	2-5	2-18	4-16	4-22 <sup>(3)</sup>
100-300	2-5	2-14	3-15	4-22 <sup>(4)</sup>
300-1 000	2-5	2-10 <sup>(5)</sup>	3-10	3-11 <sup>(6)</sup>
≥ 1 000	2-5	2-8	3-10	3-11 <sup>(7)</sup>

(1) Estos NEA-MTD no se aplican a las instalaciones que funcionan < 1 500 h/año.

(2) Estos niveles son indicativos cuando se trata de instalaciones que funcionan < 500 h/año.

(3) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 28 mg/Nm<sup>3</sup>, puestas en servicio antes de 7-01-2014.

(4) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 25 mg/Nm<sup>3</sup> puestas en servicio antes de 7-01-2014.

(5) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 12 mg/Nm<sup>3</sup> puestas en servicio antes de 7-01-2014.

(6) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 20 mg/Nm<sup>3</sup> puestas en servicio antes de 7-01-2014.

(7) El límite superior del intervalo de NEA-MTD es 14 mg/Nm<sup>3</sup> puestas en servicio antes de 7-01-2014.

Fuente: Directiva 2017/1442/UE

*Tabla 5-25 Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones a la atmósfera de mercurio procedentes de la combustión de hulla y lignito*

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

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

Fuente: Directiva 2017/1442/UE

<sup>9</sup> Disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32017D1442>

Tabla 5-26 Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones a la atmósfera de MP procedentes de la combustión de biomasa sólida y/o turba

Potencia térmica nominal total de la instalación de combustión (MW <sub>th</sub> )	NEA-MTD correspondientes a las partículas (mg/Nm <sup>3</sup> )			
	Media anual		Media diaria o media a lo largo del período de muestreo	
	Instalación nueva	Instalación existente <sup>(1)</sup>	Instalación nueva	Instalación existente <sup>(2)</sup>
< 100	2-5	2-15	2-10	2-22
100-300	2-5	2-12	2-10	2-18
≥ 300	2-5	2-10	2-10	2-16

(1) Estos NEA-MTD no se aplican a las instalaciones que funcionen < 1 500 h/año.

(2) Estos niveles son indicativos cuando se trata de instalaciones que funcionan < 500 h/año.

Fuente: Directiva 2017/1442/UE

De acuerdo a las mejores técnicas disponibles, el rango de emisiones para MP en instalaciones nuevas que utilicen Carbón o biomasa es una media anual de 2 a 5 mg/Nm<sup>3</sup> y de 2 a 10 mg/Nm<sup>3</sup> para media diaria. El límite inferior o superior del intervalo dependerá de los sistemas de abatimiento de emisiones instalados.

Para Mercurio (Hg), el rango de emisiones para MP en instalaciones nuevas que utilicen Carbón o biomasa es una media anual de 1 a 5 µg/Nm<sup>3</sup> y de 1 a 10 µg/Nm<sup>3</sup> para instalaciones existentes.

Tablas para NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> para distintos tipos de combustible son incluidas como anexo digital junto a la copia en pdf de la Directiva 2017/1442/UE.

#### 5.2.4 Límites establecidos en Estados Unidos

El año 2012 se publicó el NSPS 40 CFR Parts 60 and 63 [EPA-HQ-OAR-2009-0234; EPA-HQ-OAR-2011-0044, FRL-9611-4] RIN 2060-AP52; RIN 2060-AR31, que estableció los “estándares nacionales de emisión de contaminantes atmosféricos peligrosos de unidades generadoras de vapor de servicios eléctricos alimentados con carbón y petróleo y estándares de rendimiento para unidades generadoras de vapor industriales, comerciales-institucionales y pequeñas industriales comerciales-institucionales de servicios eléctricos alimentados con combustibles fósiles”. A continuación, la Tabla 24 transcribe los valores límite aplicables las unidades generadoras de vapor de servicio eléctrico nuevas, reconstruidas y modificadas, establecidos en la aludida NSPS.

Tabla 5-27 Valores Límite de Emisión para Unidades Generadoras de Vapor de Servicio Eléctrico, Establecidos en EEUU el Año 2012

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

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

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

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

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

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

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

### Respecto al cumplimiento de la normativa

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

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

### 5.2.5 Límites establecidos en China

A continuación se presentan los límites para China y para regiones claves en las cuales hay mayores problemas por contaminación atmosférica, los cuales están establecidos en GB13223-2011 (Emission Standard for Air Pollutants from Thermal Power Plants<sup>10</sup>).

*Tabla 5-28 Límites de Concentración de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos de Calderas Térmicas y Turbinas de Gas para China*

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

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

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

Fuente: Elaboración propia traduciendo GB13223-2011 en Idioma Chino

*Tabla 5-29 Límites de Concentración de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos de Calderas Térmicas y Turbinas de Gas para Regiones Claves de China*

Combustible y Tipo de instalación	Contaminante	Condiciones aplicables	Valor límite (mg/Nm <sup>3</sup> )
Caldera de carbón	MP	Todos	20
	SO <sub>2</sub>	Todos	50
	NO <sub>2</sub>	Todos	100
	Mercurio	Todos	0,03

<sup>10</sup> Normativa disponible en

[https://english.mee.gov.cn/standards\\_reports/standards/Air\\_Environment/Emission\\_standard1/201201/W020110923324406748154.pdf](https://english.mee.gov.cn/standards_reports/standards/Air_Environment/Emission_standard1/201201/W020110923324406748154.pdf)



Caldera de gasoil o Turbina de gas	MP	Todos	20
	SO2	Todos	50
	NO2	Caldera de gasoil	100
		Turbina de gas	120
Calderas o turbina de gas	MP	Todos	5
	SO2	Todos	35
	NO2	Caldera de gas	100
		Turbina de gas	50

Fuente: Elaboración propia traduciendo GB13223-2011 en Idioma Chino

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

Figura 5-1 Límites de emisión en normativa internacional para NOx combustible sólido

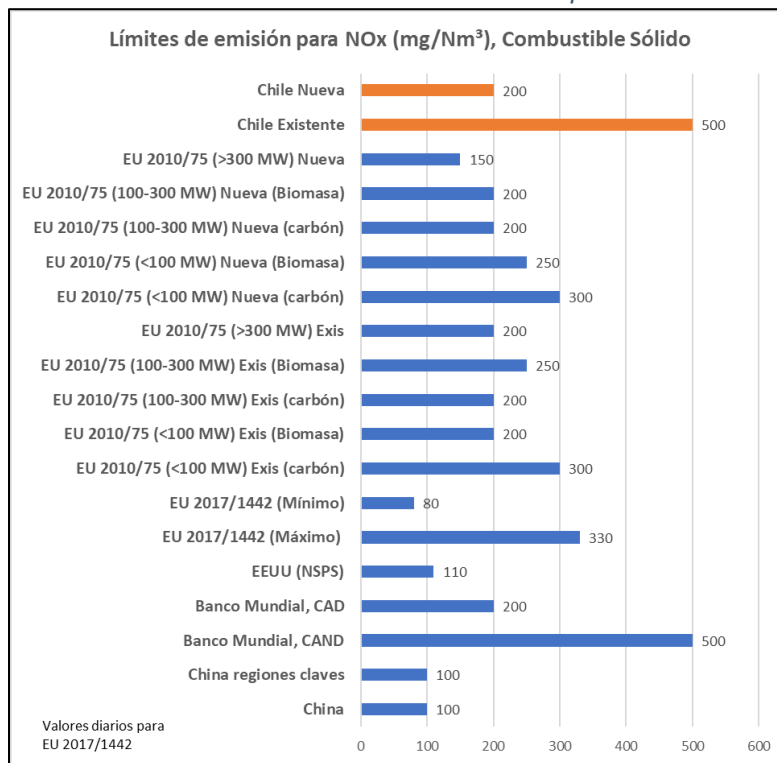


Figura 5-2 Límites de emisión en normativa internacional para NOx combustible líquido

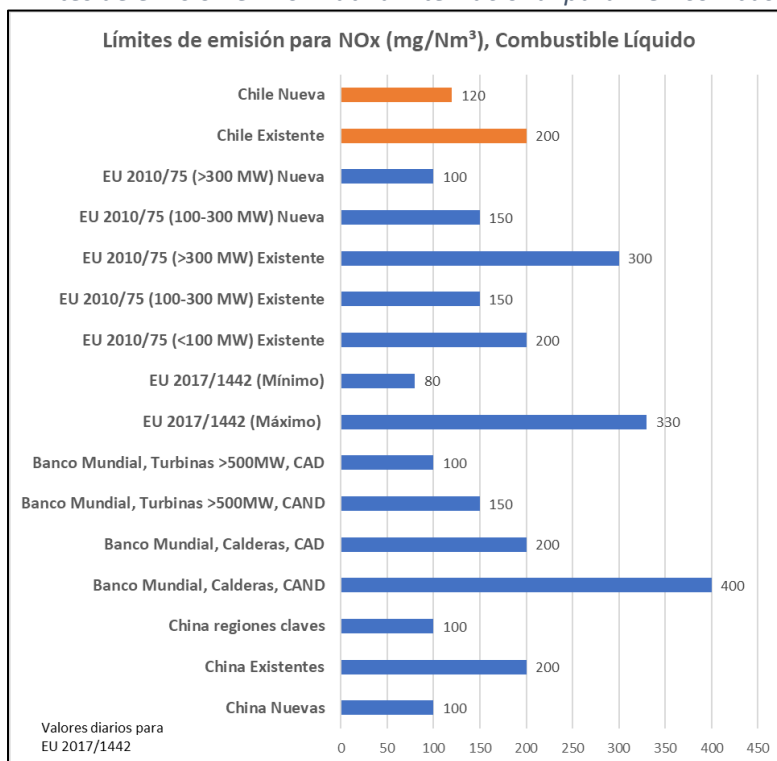


Figura 5-3 Límites de emisión en normativa internacional para NOx combustible Gaseoso

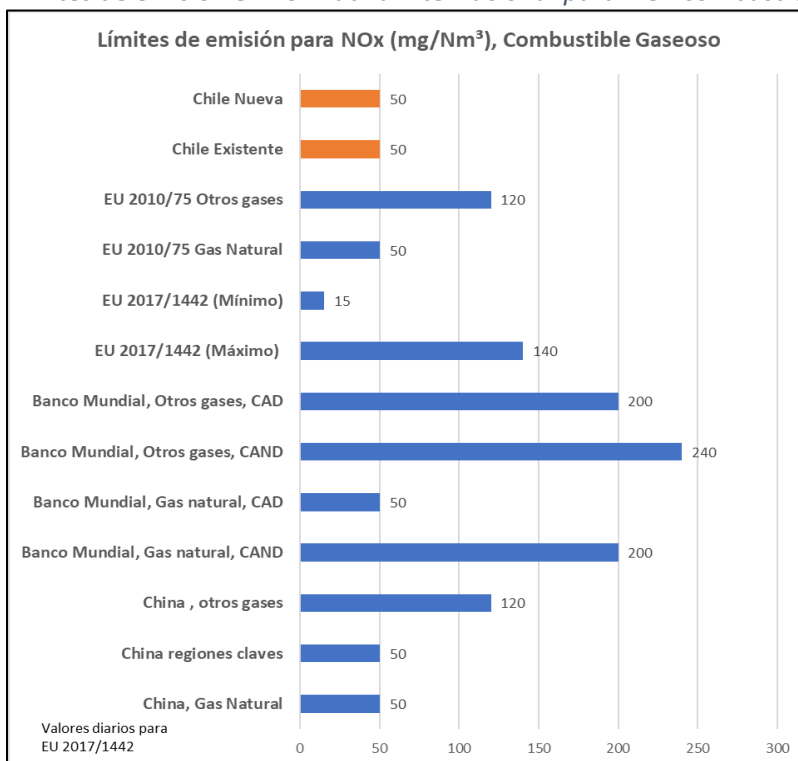


Figura 5-4 Límites de emisión en normativa internacional para SO<sub>2</sub> combustible sólido

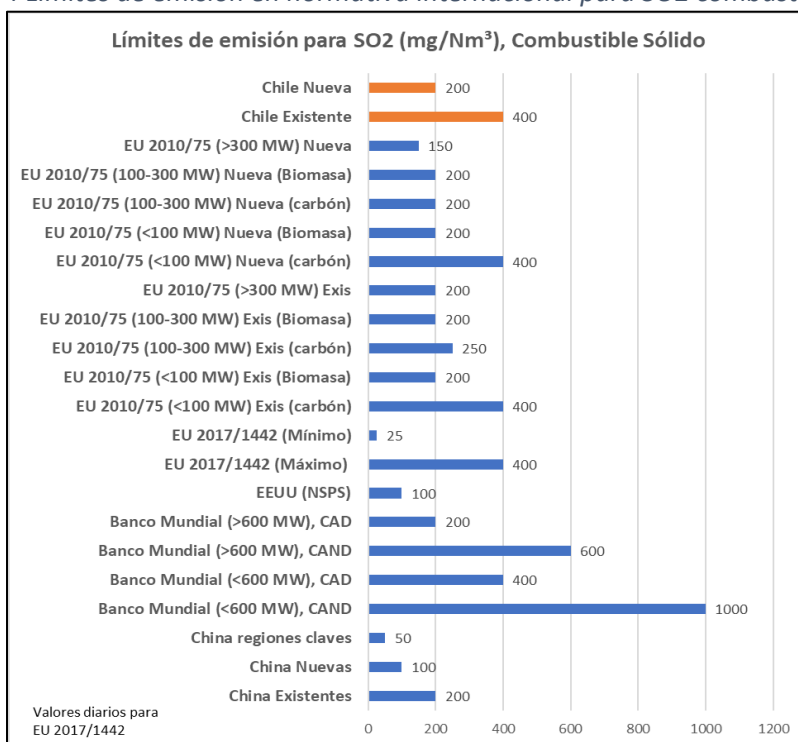


Figura 5-5 Límites de emisión en normativa internacional para SO<sub>2</sub> combustible líquido

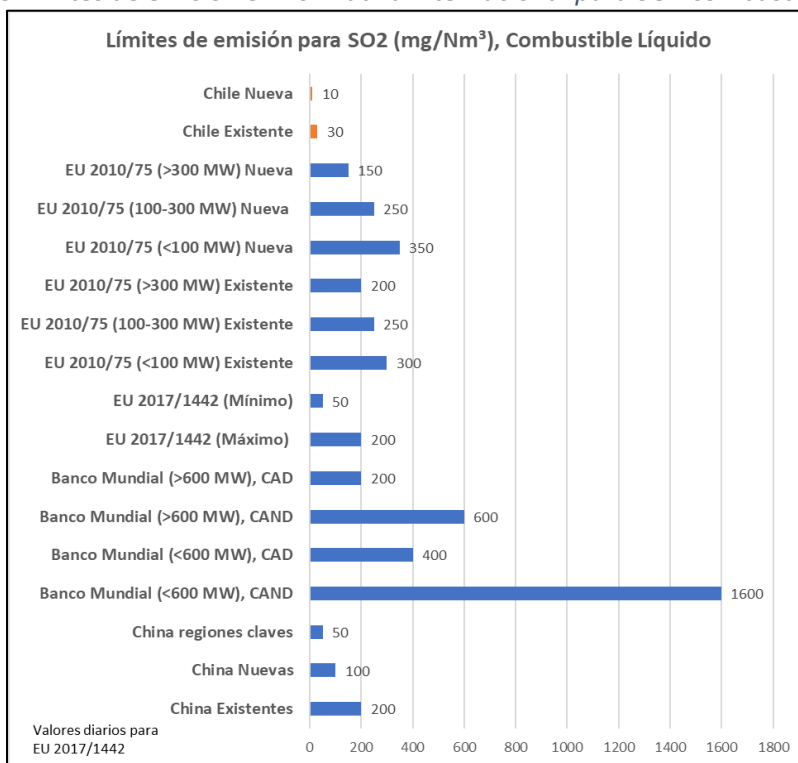


Figura 5-6 Límites de emisión en normativa internacional para SO2 combustible gaseoso

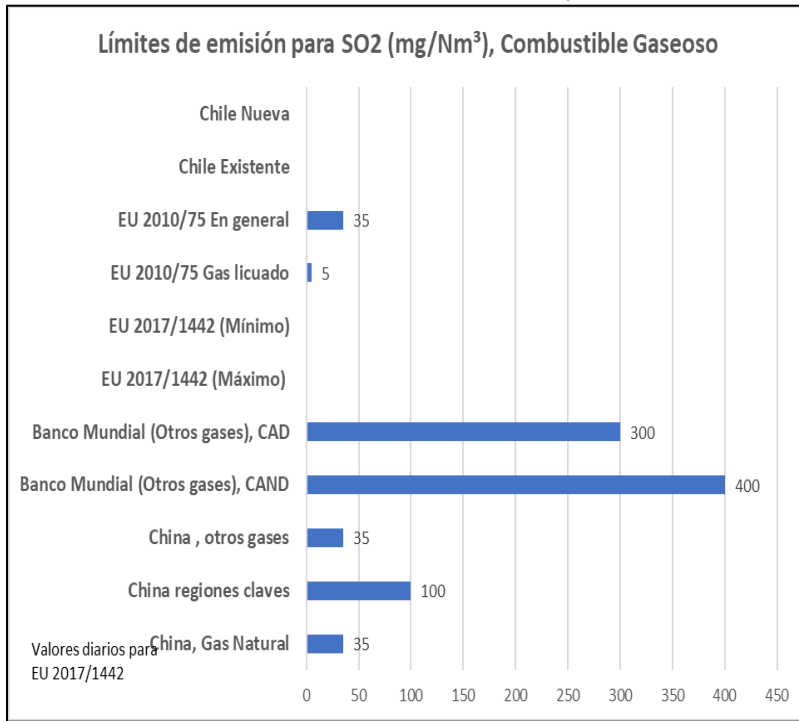


Figura 5-7 Límites de emisión en normativa internacional para MP combustible sólido

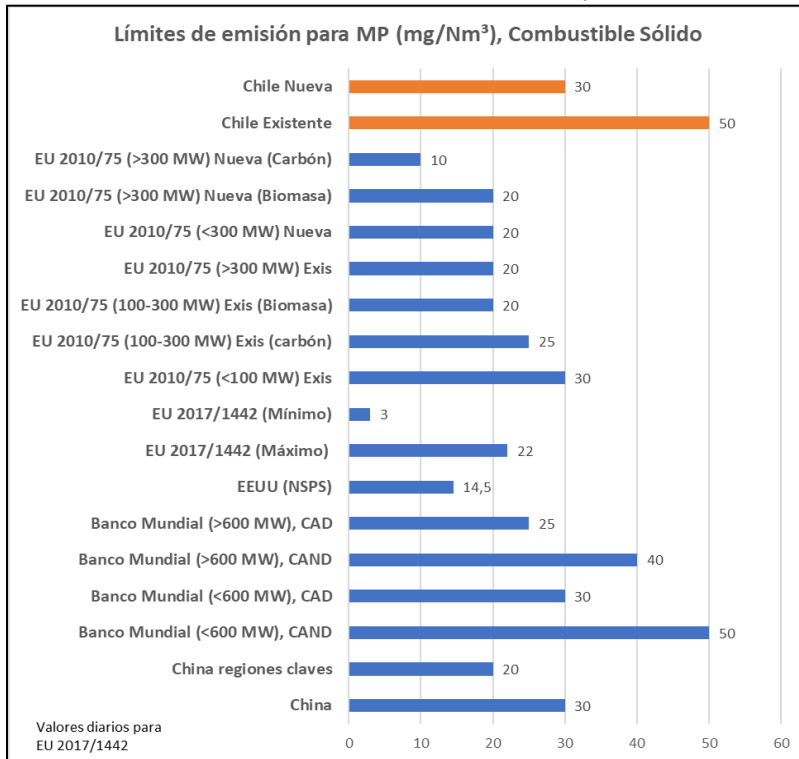


Figura 5-8 Límites de emisión en normativa internacional para MP combustible líquido

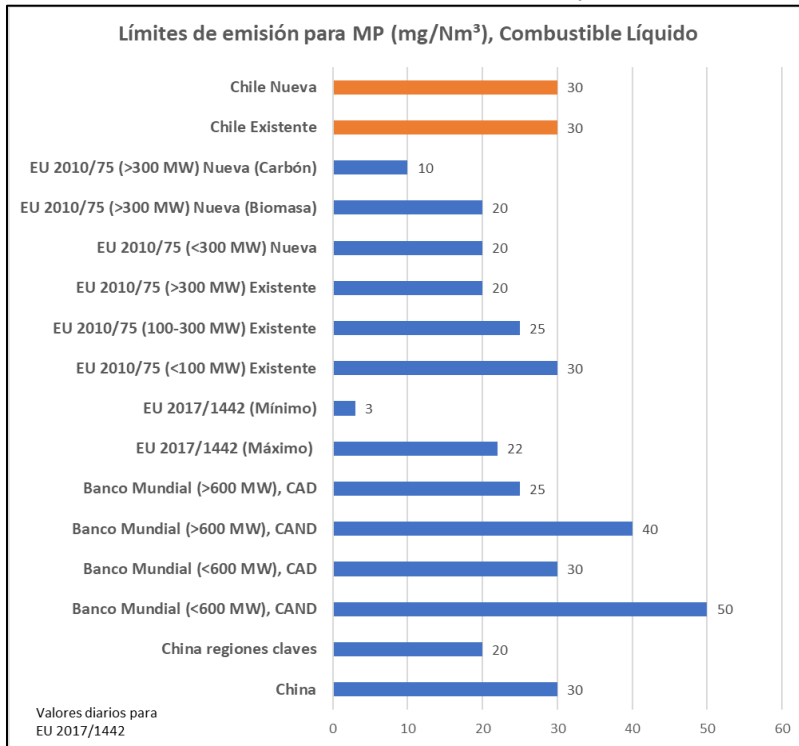
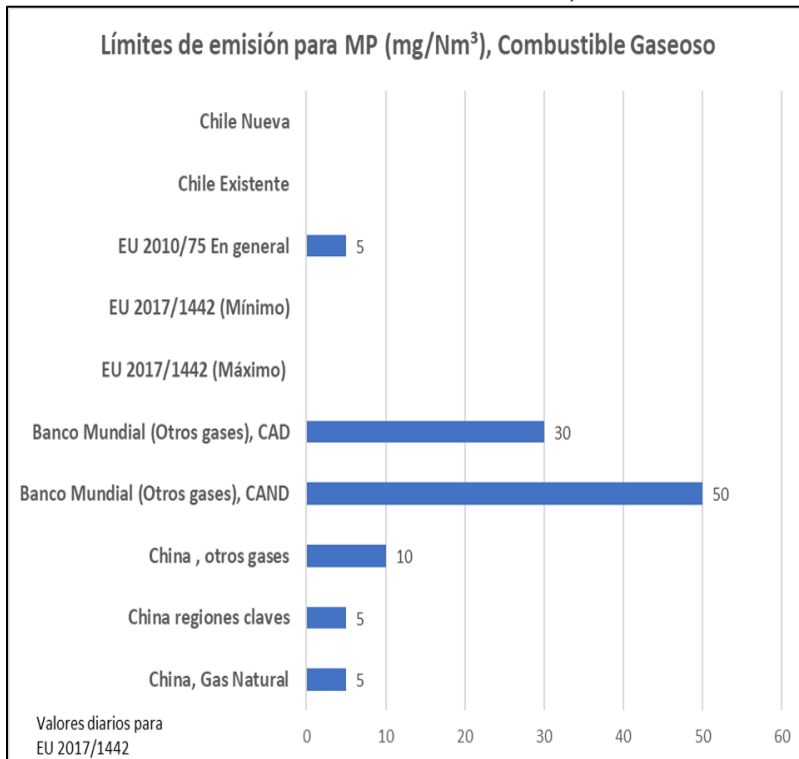
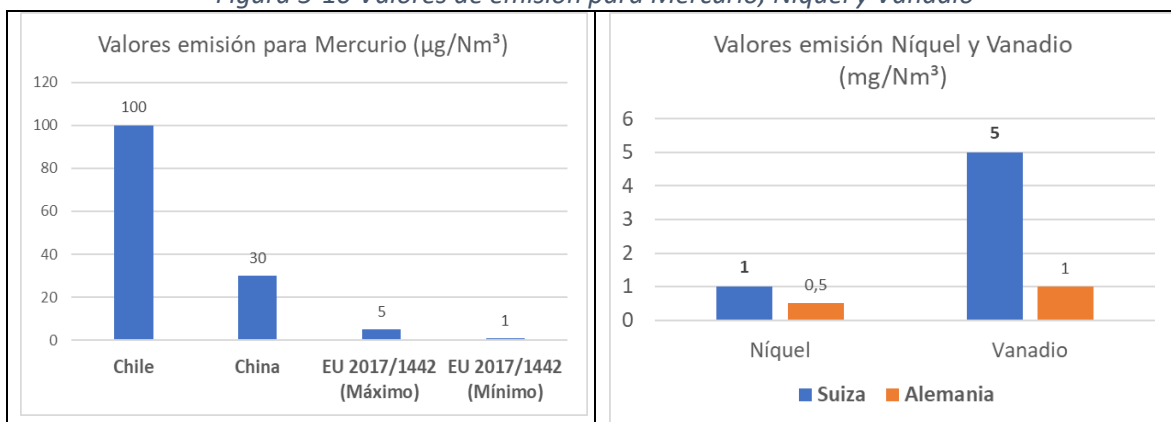


Figura 5-9 Límites de emisión en normativa internacional para MP combustible gaseoso



La Figura 5-10 resume los valores de emisión para Mercurio, Níquel y Vanadio:

*Figura 5-10 Valores de emisión para Mercurio, Níquel y Vanadio*



Donde: 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> = 100 µg/Nm<sup>3</sup>

Para complementar es importante considerar los antecedentes enviados por las empresas generadoras, entre los cuales se destacan los siguientes comentarios:

- Los niveles de emisión de Material Particulado (MP), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Óxido de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) establecidos 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
- El Níquel como el Vanadio 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. Su mitigación en las emisiones esté directamente vinculada al abatimiento de material particulado
- El porcentaje de abatimiento de las emisiones de Níquel y Vanadio en precipitadores electrostáticos se estima en 96% y 98% respectivamente y de más del 99% para ambos elementos en sistemas FGD.
- 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 Estados Unidos.
- Límites diferenciados para centrales de carbón reconvertidas a gas natural. Evaluar la posibilidad de establecer límites de NO<sub>x</sub> específicos para centrales de carbón existentes reconvertidas a gas que, siendo lo más reducidos posibles, sean alcanzables con medidas primarias de abatimiento (quemadores Low NO<sub>x</sub>) sin tener que recurrir a medidas secundarias cuya inversión pudiera hacer inviable la reconversión.
- En la Comunidad Europea se considera el cumplimiento de los valores límites de emisión si la evaluación de los resultados de las medidas en continuo indica, para las horas de

funcionamiento de un año, que se han cumplido las siguientes condiciones (Anexo V, Parte 4 de la Directiva 2010/75/UE):

- Ningún valor medio mensual validado supera los valores límites de emisión definidos.
- Ningún valor medio diario validado supera el 110% de los valores límite de emisión definidos.
- El 95% de todos los valores medios horarios validados del año no supera el 200% de los valores límite de emisión pertinentes definidos.
- En Estados Unidos, para turbinas que utilizan sistemas de monitoreo continuo de emisiones, se define un exceso de emisiones a cualquier periodo en que el promedio móvil de 4 horas o 30 días de la tasa de emisión de NOx excede el límite de emisión aplicable definido en §60.4380.

## 6 Capítulo IV: Revisión y análisis de estudios disponibles realizados por Ministerio de Energía y el MMA en la elaboración de la normativa

Los estudios disponibles por el MMA para revisión y análisis son:

1. “Evaluación de la norma de emisión para centrales termoeléctricas, respecto a acciones implementadas por el regulado”, encargado en año 2019 por el Ministerio del Medio Ambiente a O2b Consultores Asociados S.A.
2. “Flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas con los instrumentos de gestión ambiental vigentes”, licitación ID: 584105-28-LE17, desarrollada en el año 2017 por Inodú para Ministerio de Energía.
3. “Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón”, licitación ID: 584105-9-LE18, desarrollada en el año 2018 por Inodú para Ministerio de Energía.
4. “GIZ- Thermal Power Plant Flexibility Improvements in Chile”. Desarrollado por ENGIE Lab Laborelec en año 2016 para GIZ y Ministerio de Energía.
5. “Impact of intermittent renewable energy production on specific CO2 and NOx emissions from large scale gas-fired combined cycles”. Publicación en Journal of Cleaner Production de febrero de 2019 realizada por J. Blondeau y J. Mertens investigadores de la Universidad de Bruselas.

A continuación se presenta la revisión y análisis de los 5 estudios señalados:

### 6.1 Estudio Evaluación de la norma de emisión para centrales termoeléctricas, respecto a acciones implementadas por el regulado

Este estudio fue realizado por la consultora O2b la cual entregó su informe final en Diciembre de 2019. El objetivo principal fue “Evaluar el impacto de la Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas, en cuanto a las acciones implementadas por el regulado para dar cumplimiento a la normativa y su influencia sobre la reducción de emisiones para los contaminantes que ésta aplica.”. Los Objetivos Específicos fueron:

1. Identificar y definir hitos durante el transcurso del tiempo que permitan caracterizar modificaciones operacionales y tecnológicas implementadas por los regulados, con tal de establecer un relato documental de estas medidas. Ejemplo de esto pueden ser fechas de presentación de Anteproyecto de Norma, publicación de la Norma definitiva, entrada en vigencia parcial y completa, entre otros, a definir con la contraparte
2. Diseñar un cuestionario para recabar información sobre la configuración operacional pre y post Norma del parque termoeléctrico, incluyendo aquellos hitos considerados relevantes para el análisis, según los resultados del objetivo anterior. Se deben caracterizar los cambios



implementados por el regulado, en términos estructurales (inversión en sistemas de abatimiento, recambio tecnológico de las fuentes u otro) y/o cambios en los modos/configuraciones de operación (reemplazo de combustibles, mayores requerimientos de calidad y eficiencia u otros).

3. Entrevistar a las principales empresas/centrales del sector (Aes Gener, Engie, Enel, Colbun) a quienes se les aplicará la encuesta. Estos serán definidos en conjunto con la contraparte técnica, sobre la base de una propuesta inicial elaborada por el consultor.
4. Caracterizar y sistematizar los resultados de la encuesta según criterios de clasificación a definir con la contraparte técnica sobre la base de una propuesta inicial de consultor. Dicha clasificación debe considerar, a lo menos, características tecnológicas, combustibles de las fuentes y otros instrumentos de gestión ambiental a los que estuvieran sujetos (RCAS, PDAs, otros).
5. Identificar y evaluar la trayectoria de las emisiones/concentraciones de los contaminantes normados, estableciendo un análisis de su evolución en función de los hitos a considerar.
6. Desarrollar un análisis del impacto de la norma, en términos descriptivos y cuantitativos, que caracterice los cambios implementados por el regulado y los vincule con la evolución de las emisiones/concentraciones, estableciendo relaciones causales entre éstos.

#### **Las conclusiones del estudio fueron:**

El estudio destaca que todo el proceso de discusión y elaboración de la NECT se desarrolló en un contexto muy dinámico y de incertidumbre respecto del desarrollo futuro del sector, derivado principalmente por dos factores principales:

- Recortes de gas natural proveniente de Argentina
- Modificaciones regulatorias del sector energía que estableció licitaciones de energía para las distribuidoras.

Además, señala que la incorporación de energías renovables no convencionales (ERNC), fundamentalmente eólicas y solares, y la interconexión SIC-SING, no estaban en la discusión como factores relevantes al inicio de la vigencia de la NECT, con un crecimiento desde 2,7% a 12,5% de la generación total al año 2018 lo cual corresponde a una participación de energía intermitente en el sistema con un efecto sobre la operación de las unidades térmicas (mayor ciclaje) que ha dificultado el cumplimiento de la NECT.

Respecto a los recortes de gas natural se concluye que modificaron la principal tendencia de desarrollo del sector que correspondía a la construcción y operación de centrales a gas. Además, las modificaciones en la regulación eléctrica destinadas a licitar los suministros a clientes regulados, implementadas por la Comisión Nacional de Energía, otorgaron mayor certidumbre a las nuevas inversiones en generación, así como estabilidad en los ingresos de la venta de energía. Luego, estas señales implicaron que, en el corto plazo, mientras se desarrollaban nuevas inversiones, aumentara tanto la instalación como la generación de nueva capacidad de generación basada en Diésel, y en el mediano y largo plazo una señal más clara para nuevas inversiones basadas en carbón en desmedro de gas natural.

Considerando que desde el inicio de la elaboración de la NECT (año 2006), la promulgación en el 2011 y el primer hito de cumplimiento el 2014 hubo un período de 8 años que permitió en base a la señal regulatoria del 2006 a que todos los proyectos en carpeta o evaluación que tenían las compañías se adaptaran a un escenario de nuevos requerimientos en materia de límites a sus emisiones. Por este motivo, todos los nuevos proyectos en base a carbón (para efectos de la NECT proyectos existentes) que se incorporaron entre los años 2011 y 2014 (1.900 MW) contaban con el equipamiento que les permitiría cumplir con los límites.

Respecto a los antecedentes revisados del expediente de la dictación de la NECT e información del MMA y SMA, así como lo reportado en las encuestas y entrevistas realizadas en el marco del presente estudio se concluye que los procesos más críticos fueron:

- Instalación, operación y validación de CEMs, debido principalmente a la falta de experiencia nacional en la materia y la restringida oferta de servicios, en particular en las primeras etapas de cumplimiento. Incluso el propio Coordinador Eléctrico Nacional señala la preocupación que existió respecto a la seguridad del sistema ante una eventual indisponibilidad de las centrales por incumplimiento en la instalación de los CEMs. No obstante, en la actualidad esta situación pareciera estar superada de acuerdo a lo que se reporta, sin perder de vista que los datos reportados en los primeros años, 2014 y 2015, requieren aun de un gran esfuerzo de revisión debido a las inconsistencias que ellos presentan.
- Además, posterior a la promulgación de la norma hubo un importante número de instrumentos regulatorios complementarios elaborados por la autoridad a efectos de interpretar tanto el cumplimiento de la norma (MMA) como definir los procedimientos de reporte por parte de los regulados (SMA). En ésta última materia, la información obtenida de las encuestas y entrevistados identifica que la elaboración y promulgación de sucesivos instrumentos regulatorios daban una señal de falta de claridad procedimental en los primeros dos años de vigencia (2014-2015).

El estudio comenta que a pesar de las dificultades que existieron al inicio de la vigencia de la norma, no se reportan situaciones importantes y/o generalizadas de incumplimiento, sino más bien se revelan aspectos operativos asociados a la operación del sistema eléctrico que dificultan principalmente los procesos de reporte. De ahí que se pueda concluir que prácticamente todo el parque generador dio cumplimiento a los límites establecidos por la norma, tal como es posible constatar a partir del análisis de la información contenida en los reportes realizados por los generadores a la SMA. **En este punto es necesario aclarar que el cumplimiento se produce al considerar la interpretación de la Circular N1 de 2015 del MMA que evalúa cumplimiento en las horas de régimen, ya que al aplicar literalmente los artículos del D.S. N°13 específicamente para MP y SO<sub>2</sub> se producen superaciones de los límites de emisión en las horas de encendido, apagado y fallas las cuales forman parte de las horas de funcionamiento especificadas para la evaluación.**

Por otra parte, los mayores esfuerzos de inversiones en equipos de abatimiento para dar cumplimiento a los límites fueron realizados por las centrales a carbón, especialmente las más antiguas, que debieron instalar equipos destinados a reducir emisiones de MP y SO<sub>2</sub> principalmente. En el caso de las centrales a gas y/o diésel las adecuaciones fueron ajustes en la inyección de agua a efectos de dar cumplimiento a los límites de NO<sub>x</sub>.

El estudio definió hacer un análisis de emisiones y calidad de aire para las comunas de Tocopilla, Huasco, Quillota, Quintero-Puchuncaví, Santiago, Lota-Coronel y Valdivia. Incluyendo Mejillones por su relevancia ambiental. Las comunas fueron definidas en consideración a las zonas o comunas declaradas saturadas y latentes en las cuales las centrales termoeléctricas consideradas en las encuestas tienen un alto porcentaje de horas de funcionamiento en régimen durante el año y que cuenta con estaciones de monitoreo de calidad de aire para MP10, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> con un mayor grado de fiscalización. Las principales conclusiones fueron:

- MP: En general, coincide con la reducción de emisiones de las centrales termoeléctrica con un mejoramiento en la calidad de aire. Sin embargo, en el análisis de valores de correlación, estos no arrojan niveles que permitan concluir un efecto único y directo de la reducción de emisiones sobre el mejoramiento de la calidad de aire. Esto tiene múltiples explicaciones, algunas asociadas a la localización de las estaciones de monitoreo, pero principalmente la existencia de otras fuentes emisoras u otras acciones llevadas a cabo para reducir emisiones en las áreas de estudio. El caso más claro de esto es Tocopilla donde la vigencia de un plan de descontaminación que incorpora medidas que contribuyen a reducir emisiones impide establecer una correlación directa entre emisiones reducidas por la NECT y calidad de aire.
- SO<sub>2</sub>: Para este contaminante, la correlación es mucho más clara. Las reducciones en las emisiones de SO<sub>2</sub> han implicado mejoramientos significativos en los niveles de concentración de SO<sub>2</sub> medidos en las localizaciones analizadas. Esto resulta natural que ocurra dado que las centrales a carbón son, en los casos analizados, las fuentes más relevantes de emisión de SO<sub>2</sub>, de ahí que exista un alto valor de correlación entre la reducción de las emisiones y el mejoramiento de los índices de calidad de aire.
- NO<sub>x</sub>: En el caso del NO<sub>x</sub> es donde prácticamente no se verifica correlación entre la reducción de las emisiones y mejoramiento de la calidad de aire en NO<sub>2</sub>. De hecho, en muchos casos se observa reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub> y empeoramiento de la calidad. Al respecto, es necesario analizar en mayor detalle otras fuentes que influyen en las estaciones de monitoreo, particularmente tránsito vehicular, que pudieran estar influyendo en los valores estudiados, lo cual escapa a los alcances del presente estudio.
- Hg: El análisis de la información reportada por los generadores muestra un holgado cumplimiento en lo que respecta a los límites en las unidades reguladas. En relación a Ni y V, elementos que deben ser considerados en la revisión de la norma para fijar límites de emisión, se dispone de los datos de contenido de estos elementos en carbón y mezclas con petcoke, de donde se desprende que los combustibles que se han utilizado en el país contienen trazas en cantidades acotadas. Sin embargo, para corroborar los factores de reducción que prestan distintas combinaciones de tecnologías para el control de gases y MP, se recomienda realizar mediciones de Ni y V en chimenea que ratifiquen los supuestos del AGIES.

De acuerdo a lo anterior y la información disponible el estudio concluye que la NECT ha dado cuenta de su principal objetivo, declarado, cual era *“controlar las emisiones de Material Particulado (MP), óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Mercurio (Hg), a fin de prevenir y proteger la salud de las personas y el medio ambiente”*. También se ha cumplido el objetivo de la NECT *“En relación al níquel y vanadio, se reportarán los contenidos de estos metales en el combustible*

*utilizado por las centrales, información que permitirá establecer los valores límites de emisión para tales contaminantes en la primera revisión de la norma.”*

El estudio, de acuerdo a lo que reportó tanto los generadores como el Coordinador Eléctrico Nacional concluye que las materias más relevantes en las cuales la NECT ha tenido algunos efectos en lo que respecta la operación y seguridad del sistema (cumplimiento y reporte) son:

- **Indisponibilidad:** La norma ha implicado para algunas unidades un incremento en las indisponibilidades declaradas por restricciones operativas producto de fallas en los sistemas de abatimiento, situaciones puntuales de incremento de emisiones, períodos de validación de los CEMs, entre otras. No obstante, es necesario mencionar que también se presentan indisponibilidades asociadas a otras restricciones ambientales establecidas en la Resoluciones de Calificación Ambiental y/o planes de descontaminación o prevención.
- **Mínimo Técnico:** Otro aspecto corresponde a las diferencias que existen entre el mínimo técnico y el mínimo técnico ambiental. En algunos casos hay diferencias relevantes entre ambos valores que suponen una mayor restricción al despacho de algunas unidades reguladas, puesto que para los generadores es relevante el cumplimiento de las normas ambientales, pero al mismo tiempo para el Coordinador es una nueva variable que se debe tener presente en la operación.
- **Ciclaje:** A partir de la inclusión relevante de unidades ERNC de operación intermitente (eólica y solares), las unidades térmicas tradicionales, en especial las de gas y combustible líquido, han incrementados los requerimientos del Coordinador Eléctrico Nacional de encendido y apagado de las máquinas, con el consiguiente impacto o variaciones en sus niveles de emisión. Esta nueva condición operativa del sistema eléctrico, no se encuentra claramente incorporada en los mecanismos de reporte de la NECT.
- **Costos Variables no Combustibles (CVnC):** Si bien no todas las unidades han tenido cambios significativos en estos costos, en el caso de aquellas más antiguas (carbón) que incorporaron equipamiento de abatimiento si tuvieron un incremento en esta variable. Tal como lo indica el Coordinador Eléctrico Nacional, el CVnC asociado a los sistemas de abatimiento en las centrales a carbón que declaran los generadores, se reconoce de manera separada.

De acuerdo a lo anterior, si bien la NECT ha tenido efectos en la operación de algunas unidades del sistema eléctrico, no se han generado condiciones que pudieran afectar la seguridad del sistema.

El estudio también da cuenta que existen otras materias que deben ser mencionadas y que han surgido del proceso de encuestas/entrevistas, que han influido en las tareas desarrollados por los regulados, estas son:

- **Existencia de otros instrumentos regulatorios como RCAs y/o planes de descontaminación o prevención** que establecen requerimientos en materia de emisiones y/o formas de reporte que no necesariamente son consistentes con los requisitos que establece la NECT. En este sentido, los generadores evalúan que la regulación más completa corresponde precisamente a éste instrumento y por tanto debiera corresponder a esta norma ordenar los requerimientos a las unidades generadoras.

- En la misma línea de lo anterior, en particular respecto a las RCA más antiguas, los generadores no manifiestan interés en resolver estas incongruencias a través de Cartas de Pertinencia, principalmente por la falta de una definición clara respecto a la primacía de uno u otro instrumento de regulación.
- Si bien se han realizado cuantiosos esfuerzos por parte de los regulados, en todo lo que implica el monitoreo de emisiones, estos es, adquisición y mantenimiento de instrumental, servicios de laboratorios certificadores especializados, y por parte de la autoridad fiscalizadora, elaboración de protocolos, implementación de sistemas de información y registro, y procedimientos de evaluación de datos para establecer cumplimiento, se advierte que transcurridos 6 años desde el primer hito de cumplimiento de la norma, aún hay espacio para mejoras en materia de la disponibilidad de datos validados, aspecto relevante para robustecer la información pública y la transparencia en la gestión de la fiscalización que ejerce el Estado en materia ambiental.

Respecto a las recomendaciones del estudio, las principales corresponden a:

- **Reportes:** Es necesario otorgar mayor certeza jurídica de los mecanismos y procedimientos a través de los cuales la autoridad evalúa el cumplimiento de la NECT, toda vez que la existencia de circulares interpretativas y resoluciones abren un ámbito de discrecionalidad que implica espacios de incertidumbre en estos procesos. Respecto a la Circular N°1/2015, que interpreta la evaluación del cumplimiento de la NECT, por su criticidad, debiera formar parte de la norma y no quedar remitidas a instrumentos jurídicos de menor nivel.
- **Otras normativas vinculadas:** Es relevante avanzar hacia criterios únicos e integrados de reportabilidad, tanto para efectos de la NECT como de otros instrumentos (RCA y Planes) que contribuyan a la reducción de la carga administrativa del regulador y del regulado.
- **Participación y coordinación de futuros proceso de revisión de la NECT:** De acuerdo a lo señalado por el Director Ejecutivo del Coordinador Eléctrico Nacional, resulta fundamental y crítica la participación del operador del sistema eléctrico en cualquier futuro proceso de revisión de la norma, ello dado no sólo por su responsabilidad en los temas de seguridad, sino porque además es el único actor que conoce, interpreta y aplica las condiciones técnicas de operación del sistema, pudiendo anticipar de esta forma eventuales dificultades y conflictos derivados de la aplicación de la NECT con los modos de operación del sistema.
- **Plan de descarbonización versus nuevos límites a centrales a carbón:** De acuerdo a dicho Plan, en el horizonte de planificación eléctrica no surgirán nuevos proyectos de generación a carbón, por lo que la revisión de los límites actuales para estas centrales debe ser evaluada a la luz de la factibilidad de nuevas inversiones para reducir los límites actuales por parte de estas centrales y el impacto en los costos de generación ellas pudieran tener. En este mismo contexto, se recomienda que el análisis del impacto de nuevas exigencias, que pudiera redundar en el retiro anticipado de unidades, sea realizado en conjunto con el Coordinador Eléctrico Nacional, a efectos de considerar los escenarios de retiro evaluados por dicha entidad. Lo anterior no obsta que eventuales exigencias deben evaluarse en el marco de límites al contenido de metales en los combustibles si ello fuera necesario, considerando para ello los antecedentes actualmente disponibles en el AGIES y la información reportada por los generadores a la SMA.

- **Operación del sistema versus NECT:** El proceso de revisión de la NECT debe recoger en su definición nuevos modos de operación del sistema eléctrico derivados de la introducción de energías renovables no convencionales, particularmente proyectos eólicos y solares y la relevante participación que tendrán en un escenario al 2040.
- **Alcances del concepto de cogeneración:** La definición de cogeneración no se encuentra en la NECT, y es un concepto que debe ser definido y evaluado en función del marco regulatorio eléctrico y su impacto en emisiones al medio ambiente. Resulta necesario conocer cuáles son los alcances en materia de unidades que forman parte del concepto y por tanto se encuentran excluidas, sus niveles de generación la localización de las mismas, el potencial de desarrollo que puedan tener, entre otras.
- **Parque de motores:** Sobre la base de antecedentes objetivos, que incorporen todas las restricciones futuras en el peor escenario hidrológico y retiro de centrales a carbón, analizar y proyectar cuáles serían los requerimientos de operación de estas unidades a futuro, así como evaluar el impacto ambiental de su operación en el entorno local.
- **Coordinación de actores:** Resulta muy relevante en la aplicación actual y futura de la NECT, analizar cuáles deben ser los mecanismos de coordinación entre las Superintendencias Sectoriales (SMA y SEC), los Reguladores y el Coordinador Eléctrico Nacional. De acuerdo a lo que informan los generadores, resulta imprescindible el desarrollo de mecanismos formales de coordinación que permitan considerar en la aplicación de la NECT, la operación del sistema eléctrico como asimismo reconocer en la regulación eléctrica las restricciones que establece la norma.

#### **Comentarios generales del estudio:**

Presenta un análisis del proceso de dictación de la NECT y de los problemas presentados en la evaluación de cumplimiento de la NECT entre los años 2014 a 2018, identificando la complicación que podría presentar la evaluación del cumplimiento por parte de la SMA mediante la Circular N°1 de 2015 que tiene un menor nivel jurídico respecto al procedimiento definido en la NECT (D.S. N°13/2011). Respecto a caracterización tecnológica del parque eléctrico y la flexibilidad el estudio incluye los principales comentarios del estudio “Flexibilidad de Operación de Centrales Termoeléctricas Chilenas con los Instrumentos de Gestión Ambiental Vigentes” realizado por Inodú en el año 2017 que será analizado en el punto siguiente.

El estudio también identifica la dificultad para asociar los cambios en los niveles de calidad de aire en los territorios o comunas donde están las centrales termoeléctricas como resultado directo de la NECT ya que en los principales (Tocopilla, Huasco, Quintero-Puchuncaví) se cruzan con otros instrumentos de Gestión Ambiental, entre los que destacan los Planes de Descontaminación Ambiental (PDA) y las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA). Lo positivo, es que se constatan mejoras en la calidad del aire.

Por limitaciones de tiempo y presupuesto el estudio realizó un programa acotado de encuestas y entrevistas, el cual debería replicarse especialmente para evaluar aspectos técnicos asociados al control de emisiones y a las problemáticas asociadas a la “flexibilidad” del mercado eléctrico.

## 6.2 Flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas con los instrumentos de gestión ambiental vigentes

El estudio “Flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas con los instrumentos de gestión ambiental vigentes” fue desarrollada en el año 2017 por la consultora Inodú para Ministerio de Energía.

La asesoría tiene la intención de analizar la flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas y su compatibilización con los instrumentos de gestión ambiental vigentes que las rigen y la normativa eléctrica correspondiente. Se indican recomendaciones respecto a los desafíos identificados.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar las obligaciones contenidas en las RCAs de las centrales termoeléctricas referido al componente de emisiones atmosféricas y características de operación.
- Analizar los márgenes de holgura que permitan compatibilizar la operación esperada de las centrales termoeléctricas, bajo escenarios de penetración de fuentes renovables variables, con el cumplimiento de los límites de emisión atmosféricos establecidos en las RCAs.
- Revisar el contenido y el proceso de implementación de la norma de emisión para centrales termoeléctricas con el fin de entregar antecedentes para que la futura revisión de la norma incorpore el nuevo escenario de operación de centrales termoeléctricas en un contexto de mayor participación de las energías renovables variables.
- Presentar los resultados del estudio en actividades de difusión y retroalimentación desarrolladas por la contraparte técnica a objeto de presentar y discutir los contenidos obtenidos en la consultoría.

A continuación, se resumen y comentan los aspectos desarrollados en el estudio:

### **Operación del mercado eléctrico en un contexto de alta penetración de fuentes renovables variables**

El estudio realiza una revisión de la operación del mercado eléctrico en un contexto de alta penetración de fuentes renovables variables y los desafíos emergentes asociados al cumplimiento del DS N° 13 / 2011 del Ministerio de Medio Ambiente. Revisando la información asociada a reporte de emisiones de 2016, facilitada por la Superintendencia de Medio Ambiente; la proyección de modos de operación probables al año 2021, estimados por el Coordinador Eléctrico Nacional; e información asociada a la operación real del sistema durante los últimos doce meses. Incluyó una caracterización de las emisiones de diversas centrales a gas y carbón durante procesos de partida.

Al respecto, se comenta que el mercado eléctrico chileno está evolucionando rápidamente hacia un contexto de alta integración de energía renovable variable, lo cual disminuye los requerimientos de generación base y aumenta la necesidad de generación intermedia flexible, caracterizada por unidades con mayor capacidad de rampas y menor costo de encendido, mínimo técnico, tiempo de

partida, y tiempos mínimos de encendido y apagado. Esta necesidad de flexibilidad, desde el punto de vista de oferta de energía, puede ser provista por distintas tecnologías, como unidades termoeléctricas flexibles, hidroeléctricas con capacidad de almacenamiento, u otros sistemas de almacenamiento de distinta naturaleza

En el caso particular de generación termoeléctrica flexible, otro requerimiento que caracteriza el desempeño de las unidades es el cumplimiento del nivel máximo de emisión permitido para cada contaminante no sólo en condiciones de carga base, sino también la habilidad de controlar las emisiones, bajo los límites permitidos, en un rango amplio de operación.

Los procesos de partida y parada son parte de la operación normal de una central termoeléctrica y son considerados en el diseño e implementación de procedimientos de operación de la central y su equipo de control de emisiones. La frecuencia de partidas y paradas exigidas en un contexto de mercado eléctrico determinado puede no ser una condición normal de operación para ciertas plantas termoeléctricas

De acuerdo con simulaciones realizadas por el Coordinador Eléctrico Nacional para un contexto del año 2021, es probable que:

- Las unidades termoeléctricas estén operando frecuentemente a mínimo técnico, y, para unidades a gas, se observen ciclos de operación de 2 a 16 horas. La operación a mínimo técnico sería mayor en escenarios hidrológicos secos.
- Respecto a centrales termoeléctricas a carbón algunas operarían de manera frecuente a mínimo técnico; principalmente centrales ubicadas en el SING. Se observa un aumento significativo de la operación a mínimo técnico de unidades a carbón en hidrologías húmedas: aproximadamente 200% respecto de hidrología media; y 500% respecto de hidrología seca. Es crítico verificar que la operación a mínimo técnico de centrales a carbón permita el cumplimiento de límite de emisiones definido en DS N° 13, por lo que es necesario establecer un mínimo nivel de operación con cumplimiento de emisiones atmosféricas; el cual deberá ser considerado al momento de planificar la operación de corto, mediano y largo plazo del sistema eléctrico y realizar el despacho.
- Si bien en la simulación realizada por el Coordinador no se observó que centrales a carbón tuvieran una operación exigente desde el punto de vista del número de partidas y detenciones por año; esta condición podría ser probable en un escenario post-2021.

El estudio concluye que el ciclaje de centrales térmicas se debe a los siguientes motivos:

- Necesidad de abastecer la demanda neta del sistema eléctrico.
- Desviación de pronóstico de demanda eléctrica en periodo de 24 horas.
- Desviación de pronóstico de generación solar y eólica en periodo de 24 horas.
- Factores socio-técnico-ambientales que afectan el rango de operación y tiempo de respuesta de centrales convencionales durante la operación real, en particular:
  - Centrales Hidráulicas: Altura neta, control de cota y convenios de riego.
  - Centrales Térmicas: Temperatura ambiente, control de temperatura de entrada y descarga de agua refrigerante, control de emisiones, tiempo de permanencia en rangos de potencia, fallas, y disponibilidad de combustible.



Estos distintos modos de operación más flexibles, que podrían ser considerados normales en un contexto de un sistema eléctrico con alta penetración de centrales renovables variables (solares y eólicas), no han sido evaluados apropiadamente en la RCA de los proyectos.

Una operación persistente a mínimo técnico, la exigencia de mínimos técnicos más bajos (o mayor turndown de la central), un mayor número de encendidos y apagados, y una menor razón de ciclaje (razón entre horas de operación y número de encendidos de la unidad) producen diversos desafíos al desempeño de centrales termoeléctricas; algunos relacionados con el control, medición, reporte y verificación de emisiones atmosféricas. Estos desafíos, especialmente los asociados a las mediciones han sido reportados al Coordinador Eléctrico.

Se hace notar la importancia que el proceso de encendido y apagado de centrales termoeléctricas involucra Desafíos no sólo en el control de emisiones atmosféricas en un estado de operación dinámico y transitorio, sino también desafíos desde el punto de vista de medición, reporte y verificación de dichas emisiones en periodos de encendido y periodos inmediatamente posteriores al encendido de una central térmica.

Por lo tanto, la operación más flexible de centrales termoeléctricas tiene repercusiones en el control de emisiones y el sistema de medición, reporte y verificación de estas para el cumplimiento de la normativa ambiental. Al mismo tiempo emergen desafíos de compatibilización entre requerimientos asociados a normativa ambiental y procedimientos de operación derivados de la normativa eléctrica.

### **Revisión de la NECT DS N° 13 y sus protocolos asociados**

El estudio incluye una revisión de la NECT DS N° 13 y sus protocolos asociados, entre ellos el Protocolo para validación de sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS) en centrales termoeléctricas (RE N° 57/2013 de la SMA) destacando que este protocolo incluye:

- La programación general de ensayos de validación,
- Los ensayos de validación a ejecutar,
- Los requerimientos generales y específicos para su validación,
- Las fórmulas aplicables para cada ensayo, y
- términos generales, todos los requisitos necesarios para la aprobación de los CEMS

También se incluye un breve análisis de la Circular IN AD N° 1 / 2015 del Ministerio de Medio Ambiente que tiene la intención de uniformar criterios de aplicación, aclarar contenido y alcance del DS N° 13 / 2011 mediante una interpretación administrativa de algunos aspectos.

Se incluye una imagen que permite una interpretación de conceptos eléctricos y cumplimiento ambiental (ver Figura Siguiente):

## Conceptos eléctricos y cumplimiento ambiental DS13 y Circular Interpretativa\*



Figura 6-1 Definiciones de conceptos de Encendido y Apagado (Fuente: CNE – Mesa de Trabajo N° 1 Reglamento de Coordinación y Operación del Sistema Eléctrico, abril 2017)

Fuente: Inodú, 2017

### Aspectos relacionados a la Normativa Eléctrica

El estudio aborda brevemente algunos aspectos relacionados a la Normativa Eléctrica y a los Anexos Técnicos, cuyas versiones actualizadas están disponibles en sitio web de CNE<sup>11</sup>. Se comenta que en la última modificación del DFL N° 4, versión de febrero de 2017, en el artículo 72º-1 se establecen los siguientes principios de la coordinación de la operación:

- Preservar la seguridad del servicio en el sistema eléctrico;
- Garantizar la operación más económica para el conjunto de instalaciones del sistema eléctrico, y
- Garantizar el acceso abierto a todos los sistemas de transmisión.

Además, se mencionan y comentan:

- El borrador de Reglamento de Coordinación y Operación del Sistema Eléctrico Nacional elaborado por la CNE en octubre de 2017.
- Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos de Unidades Generadoras
- Anexo Técnico: Determinación de Consumos Específicos de Unidades Generadoras

<sup>11</sup> <https://www.cne.cl/normativas/electrica/normas-tecnicas/>

- Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades

### **Revisión de valores límites de emisiones atmosféricas establecidas en las RCAs de centrales termoeléctricas afectas al DS N° 13**

El estudio incluye una revisión de valores límites de emisiones atmosféricas establecidas en las RCAs de centrales termoeléctricas afectas al DS N° 13, para lo cual hace análisis para los siguientes casos:

- Caso 1: Complejo Guacolda, concluyendo que en un escenario de partidas y paradas diarias se podría poner riesgo el porcentaje de cumplimiento exigido en el DS N° 13, lo que en definitiva dependerá de la frecuencia de partidas y el número de horas de funcionamiento por cada ciclo de operación
- Caso 2: Centrales Térmicas en Tocopilla, concluyendo que en un escenario de partidas y paradas frecuentes, o diarias, se podría poner riesgo el porcentaje de cumplimiento exigido en el DS N° 13 dado que se podría tener un periodo entre 1 a 6 horas para lograr controlar emisiones de NOx efectivamente bajo el límite definido en el DS N° 13.
- Caso 3: Centrales Térmicas en Quillota, concluyendo que se podría tener riesgo de cumplimiento de emisiones de NOx en caso de que el mínimo técnico de las unidades no considere restricciones por DS N° 13. Además, se podría tener riesgo de cumplimiento de emisiones de CO establecidas en la RCA en caso de que el mínimo técnico de la unidad no considere limitación por CO. Asumiendo operación con gas natural, en un escenario de partidas y paradas frecuentes, o diarias, se podría poner riesgo de cumplimiento de límites diarios de NOx y CO establecidos en la RCA y porcentaje de cumplimiento exigidos en DS N° 13 debido a la dificultad de controlar efectivamente emisiones durante el proceso de partida.
- Caso 4: Centrales Térmicas en Coronel, concluyendo que se podría tener riesgo de cumplimiento de emisiones de MP, NOx, SO2 y CO establecido en la RCA en un escenario de partidas y paradas frecuentes, o diarias, y en un escenario de operación persistente a mínimo técnico; esto último, en caso de que el mínimo técnico de la unidad no considere limitación por cumplimiento de norma de emisiones

## **Revisión de normativa de emisiones de centrales termoeléctricas para Europa y Estados Unidos**

El estudio considera una revisión de normativa para Europa y Estados Unidos, que incluye:

Para Estados Unidos:

- Federal Register Volume 79, N° 223, November 19, 2014: 40 CFR Parts 60 and 63, Reconsideration of Certain Startup/Shutdown Issues.
- 40 CFR Part 60, Subpart KKKK (2006) – Standards of Performance for Stationary Combustion Turbines.
- Federal Register Volume 77, N° 168, August 29, 2012: 40 CFR Parts 60, (Proposed Rule) Standards of Performance for Stationary Gas Turbines.
- 40 CFR Part 75 – Continuous Emission Monitoring

Para Europa:

- Directiva 2010/75/UE sobre emisiones industriales.
- Decisión 2012/249/UE relativa a la determinación de los períodos de arranque y parada a efectos de la Directiva 2010/75/UE.
- Decisión (UE) 2017/1442 sobre las mejores técnicas disponibles conforme a la Directiva 2010/75/UE.

Al respecto, el Estudio identifica los siguientes aspectos:

- En la Comunidad Europea se establecen límites de emisión para unidades a gas operando con carga superior a 70%. Por su parte, en Estados Unidos se define un estándar de emisiones para turbinas operando a carga superior a 75% de la potencia máxima y otro estándar para carga parcial (a una potencia menor al 75% de su potencia máxima). La definición de este nivel de nivel particular de emisión se justifica por emisiones en condiciones de operación en que la turbina opera con llama de difusión, no con el sistema de Dry Low NOx.
- Tanto la normativa de la Comunidad Europea como la normativa americana excluye del periodo de cumplimiento a los periodos de partida y parada de centrales termoeléctricas. No obstante, las emisiones y/o el estado de la central (en algunos casos) debe ser monitoreado.
- Se observan distintos criterios para definir el término de una partida. En el caso de centrales a carbón en Estados Unidos, el proceso de partida finaliza cuatro (4) horas después que la unidad de generación produce electricidad que es vendida o utilizada para cualquier fin (incluyendo uso interno), o cuatro (4) horas después que la central produce energía térmica utilizable en procesos industriales de cualquier naturaleza, lo que ocurra primero.
- La definición realizada en Estados Unidos se debe a que:
  - La forma general de definir el proceso de partida de una central termoeléctrica a carbón, particularmente el fin de una partida, no permitía suficiente tiempo para que los equipos de control de emisiones fueran efectivos. Los comentarios que recibió la EPA el 2012 indicaron que el proceso de partida no finalizaba en el instante en que la

central es capaz de generar electricidad o producir vapor útil, como propuso la EPA inicialmente (Federal Register, Vol. 79, N° 223, 2014, pg. 68781).

- En Estados Unidos, las pruebas y procedimientos de medición continua de emisiones, definidas en 40 CFR Part 75, han sido validados basados en operación en régimen cuando el equipamiento y los sistemas de control de emisiones alcanzan sus condiciones nominales (o normales) de operación (US EPA, 2013), (US EPA, 2013b), (US EPA, 2013c, pág. 174), (US EPA, 2013d, págs. 91, 107, 118), (US EPA, 2014, págs. 39, 48, 69, 73, 78, 88, 127 y 161), (US EPA, 2014b), (GTA, 2012) y (SSM Coalition, 2012).
- La EPA indicó que las metodologías de medición de contaminantes al aire no son capaces de medir de manera precisa las emisiones de contaminantes durante los procesos de partida (Federal Register, Vol. 79, N° 223, 2014, pg. 68781).
- La EPA indica que en el proceso de conversión de unidades de las emisiones medidas durante la partida de centrales termoeléctricas, se puede limitar la concentración de O<sub>2</sub> a 14% en calderas y 19% en turbinas a gas. Lo anterior es particularmente importante para reducir los posibles errores en el cálculo de tasas de emisión durante procesos de partida.
- En la Comunidad Europea se considera el cumplimiento de los valores límites de emisión si la evaluación de los resultados de las medidas en continuo indica, para las horas de funcionamiento de un año, que se han cumplido las siguientes condiciones (Anexo V, Parte 4 de la Directiva 2010/75/UE):
  - Ningún valor medio mensual validado supera los valores límites de emisión definidos.
  - Ningún valor medio diario validado supera el 110% de los valores límite de emisión definidos.
  - El 95% de todos los valores medios horarios validados del año no supera el 200% de los valores límite de emisión pertinentes definidos.
- En Estados Unidos, para turbinas que utilizan sistemas de monitoreo continuo de emisiones, se define un exceso de emisiones a cualquier periodo en que el promedio móvil de 4 horas o 30 días de la tasa de emisión de NO<sub>x</sub> excede el límite de emisión aplicable definido en §60.4380.

### **Desafíos de Sustentabilidad en un Contexto de Mayor Penetración ERNC en Chile.**

El estudio identifica Desafíos de Sustentabilidad en un Contexto de Mayor Penetración ERNC en Chile. Al respecto, en un contexto esperable de operación de unidades termoeléctricas en los próximos 10 años estará caracterizado por la necesidad de:

- Operar unidades térmicas a carga parcial, a mínimo técnico, para mantener la operación segura del sistema eléctrico.
- Operar unidades a carga parcial, para regulación de frecuencia, con el propósito de mantener la operación segura del sistema.
- Operar unidades, particularmente a gas, en modo de ciclaje (partidas y paradas frecuentes) frecuente en función de las necesidades de abastecer la demanda neta del sistema eléctrico. El ciclo de encendido tendría una duración entre 2 y 14 horas.

En este contexto, es crítico diferenciar los desafíos que se producen durante la operación en régimen (u operación continua) de las centrales térmicas, de aquellos desafíos que emergen producto de la operación intermitente de las centrales; teniendo como objetivo, por una parte, la necesidad de cumplir con una normativa ambiental que esté alineada con la mejor tecnología disponible y mejores prácticas de gestión; y por otra parte, la consideración de que los beneficios ambientales que se produzcan sean justificados de una manera integral.

Es importante tener presente que las características y desempeño operacional de los sistemas de control de emisiones dependen del diseño del fabricante, el diseño de la planta donde están instalados, y las condiciones de operación de dicha planta. Por lo tanto, se puede indicar que la característica operacional del sistema de control de emisiones es específica de cada planta. La información indicada en las RCA no permite cuantificar condiciones de desempeño para situaciones de operación a mínimo técnico (de acuerdo con la definición estricta de la norma técnica), ni procesos de partida y parada.

La información indicada en las RCA no permite inferir condiciones de desempeño para situaciones de operación a mínimo técnico (de acuerdo a definición estricta de la norma técnica) ni procesos de partida y parada. En una condición donde el parámetro de mínimo técnico considere restricciones de emisiones establecidas en DS N° 13 y RCA se afectará a la flexibilidad percibida del parque de generación termoeléctrico, principalmente a gas natural, aun cuando estas centrales tienen menos emisiones desde el punto de vista absoluto que las centrales a carbón.

Se debe tener presente también que, bajo la definición actual de Hora de Encendido se podrían encontrar alzas de emisiones después del fin del Proceso de Partida o en la condición de Operación en Régimen inmediatamente después de finalizar la partida. Esta alza de emisiones se podría producir sin una condición de Falla en un equipo de control de emisiones o un equipo de proceso que provoque un aumento de las emisiones.

Bajo estas condiciones, se puede dificultar la operación de unidades ciclo combinados a gas como un sistema que permite balancear la oferta de energía el sistema eléctrico en un contexto de mayor penetración de energía renovable variable y mayor costo a emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto aun cuando las centrales a gas, incluso durante los procesos de partida, tienen menos emisiones desde el punto de vista absoluto que las centrales a carbón.

El estudio destaca y recomienda que teniendo en cuenta que el criterio de evaluación de emisiones durante procesos de partida vigente en Chile es más exigente que el enfoque europeo y americano, se sugiere revisar el criterio de cumplimiento de estándar de emisiones durante procesos de partida y parada en Chile, no sólo desde el punto de vista de indicar si los periodos de partida y parada son incluidos dentro del periodo de evaluación, sino también desde el punto de vista del criterio para definir el término de una partida y el criterio estadístico utilizado para evaluar el cumplimiento de límites de emisión (promedio horario sin holguras, promedio horario con holguras, promedio cada 4 horas, promedio diario con holguras, promedio 30 días sin holguras, porcentaje de cumplimiento anual).

### **Sobre la adecuación de las exigencias aplicadas a termoeléctricas existentes**

Considerando que el DS N° 13 plantea el requerimiento de evaluar, en su primer periodo de revisión, la factibilidad de adecuar las exigencias de las centrales termoeléctricas existentes a las centrales termoeléctricas nuevas y que se establecerán valores límites de emisión para Níquel y Vanadio. El estudio, en función de los antecedentes levantados, entrega los siguientes comentarios:

- Para centrales a carbón, se observaron menores brechas de cumplimiento en el caso de emisiones de material particulado, y desafíos mayores en la aplicación del estándar de emisiones SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>. Las implicancias de una posible adaptación deben ser evaluadas caso a caso.
- Para el caso de unidades a gas, la adaptación del DS N° 13 sólo implica cambiar el requerimiento de cumplimiento para emisiones de NO<sub>x</sub> desde un 70% de las horas de funcionamiento a un 95% de las horas de funcionamiento, pudiendo sólo incumplirse un 5% durante las horas. Tomando como referencia las definiciones vigentes del DS N° 13, este requerimiento en un contexto de alta penetración de energía renovable variable podría inviabilizar la operación de ciertas centrales a gas de ciclo combinado.
- Respecto de la revisión de valores de emisión para Níquel y Vanadio. Tras una revisión de la normativa internacional no se observó la definición de límites de emisión directo a las emisiones de Níquel y Vanadio. Tampoco se ha tenido acceso a estadísticas de emisiones de Níquel y Vanadio en Chile como para establecer una línea de base.
- El aplicar el estándar de central nueva a una central existente puede requerir de inversiones adicionales significativas, llegando incluso a en la necesidad de reemplazar un equipo de abatimiento instalado. El levantamiento de desafíos particulares de cada planta debe ser evaluado caso a caso.

### **Recomendaciones de Buenas Prácticas:**

El estudio recomienda una serie de Buenas Prácticas, destacando:

#### **Mediciones en Periodos de Partida:**

La EPA indica que en el proceso de conversión de unidades (ppm a mg/Nm<sup>3</sup>) se puede limitar la concentración de O<sub>2</sub> a 14% en calderas y 19% en turbinas a gas. Lo anterior es particularmente importante para reducir los posibles errores en el cálculo de tasas de emisión durante procesos de partida. Se sugiere aplicar un criterio similar

Considerar las mediciones durante periodos de partida como un dato tendencial y no para fines de cumplimiento regulatorio.

De acuerdo con las mejores técnicas disponibles, desarrolladas por la Comunidad Europea el año 2017, el monitoreo de emisiones durante periodos de partida y parada puede ser desarrollado mediante mediciones directas de emisiones o mediante el monitoreo de otros parámetros relacionados, si es posible demostrar que se puede obtener datos de igual o mejor calidad que los obtenidos mediante medición directa de emisiones. Las emisiones durante partidas y paradas deberían ser evaluadas basado en una medición detallada que se realice una vez al año durante un procedimiento de partida y parada típico. Posteriormente, se pueden utilizar los resultados de esa

medición para estimar las emisiones para cada partida y parada que se realice durante el año (Decisión UE 2017/1442, MTD 11, pg. 21).

### Mínimo Técnico de las Centrales

Una interpretación de la definición de parámetros que se utilizan para caracterizar la flexibilidad de unidades termoeléctricas de acuerdo a los Anexos Técnicos de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio es realizar las pruebas de las unidades independiente del desempeño técnico de la unidad desde el punto de vista de métricas de emisiones de MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.

En este contexto, cuando la unidad es despachada en función de sus parámetros técnicos, validados sólo desde la perspectiva eléctrica – térmica, es decir, sin considerar restricciones por cumplimiento de la norma de emisiones, potencialmente se puede entrar en conflicto con el cumplimiento de normativa ambiental de emisiones atmosféricas (DS N° 13) y/o su RCA.

Es importante notar que, con el fin de unificar procedimientos de certificación, ciertos anexos de la Norma Técnica referencian estándares internacionales que deben considerarse en los aspectos que correspondan. Por ejemplo, se cita el ASME PTC 46: “Performance Test Code on Overall Plant Performance.” El ASME PTC 46, Sección 3.4.2.9, indica: “Durante la prueba, la planta debe ser operada de acuerdo a los límites de emisión definidos en el plan de prueba.” La aplicación del ASME PTC 46 permite:

- Explicitar límites de emisión para plan de pruebas.
- Realizar pruebas con dos objetivos:
  - Definir mínimo técnico sin límite de emisión en plan de pruebas ASME PTC 46, conocido tradicionalmente como Mínimo Técnico.
  - Definir mínimo nivel de operación con cumplimiento de límites de emisión definidas en plan de pruebas ASME PTC 46. Los límites de emisión deben considerar requerimientos definidos en los instrumentos de gestión ambiental que afectan la operación de la unidad.

### **Alternativas para Demostrar Cumplimiento de Emisiones de NO<sub>x</sub> en Centrales a Gas**

Como alternativa para demostrar el cumplimiento de emisiones de NO<sub>x</sub> en los casos en que no se utiliza inyección de agua o vapor en la unidad de generación, la EPA indica, en §60.4340, que se puede instalar, calibrar, mantener y operar uno de los siguientes sistemas de monitoreo continuo:

- Sistema de monitoreo continuo de emisiones, como se describe en §60.4335(b) y §60.4345.
- Sistema de monitoreo continuo de parámetros de operación de la central.

### Operación en Procesos de Partida

El estudio recomienda para operación en procesos de partida:

- Reducir los tiempos de partida tanto como sea posible en función de recomendaciones del proveedor.
- Se debe comenzar a operar los sistemas de control de emisiones tan pronto como sea posible, considerando requerimientos de seguridad y recomendaciones del proveedor.



- Se debe mantener registro durante los procesos de encendido y entregar reportes que incluyan todas las actividades durante proceso de partida.
- Evaluar frecuentemente los procesos de partida comparándolas con las prácticas y curvas recomendadas por el proveedor para determinar las mejores prácticas posibles de partida.
- Evaluar la factibilidad de utilizar combustibles limpios (gas natural, gas natural sintético, propano, destilado de petróleo, entre otros) durante los procesos de partida.

#### Protocolo de Validación de los CEMS

Se sugiere cerrar brechas entre protocolo vigentes con definiciones de 40 CFR Part 75 de la EPA.

Alternativamente, se sugiere levantar y evaluar diferencias con normas utilizadas en Europa:

Contaminante	Normas
SO <sub>2</sub>	Normas EN Genéricas (EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 y EN 14181) y Norma EN 14791.
NO <sub>x</sub>	Normas EN Genéricas (EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 y EN 14181).
MP	Normas EN Genéricas (EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 y EN 14181), Norma EN 13284-1 y EN 13284-2.

### 6.3 Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón

El “Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón” fue desarrollado en el año 2018 por la consultora Inodú para el Ministerio de Energía. Se formuló como un insumo técnico a las discusiones de la Mesa de Descarbonización con el objetivo de levantar información, analizar y entregar recomendaciones respecto a las variables ambientales y sociales que deben abordarse para un potencial cierre o reconversión programada y gradual de centrales de generación eléctrica a carbón. El levantamiento de insumos consideró la revisión de fuentes públicas de datos, encuestas realizadas a las empresas generadoras, entrevistas a profesionales de las Secretarías Regionales Ministeriales, revisión de regulación nacional e internacional, entrevistas a participantes de procesos de reconversión en el extranjero, entre otras metodologías. Los objetivos específicos son:

- Identificar y describir experiencias similares a nivel internacional de cierre programado, desmantelamiento o reconversión de centrales a carbón u otras similares del sector de generación de energía eléctrica.
- Entregar antecedentes sobre cómo se han abordado los impactos ambientales (positivos y negativos) y sociales (por ejemplo, impactos en el empleo, capacitación ante una reconversión energética, etc.) identificados.
- Entregar antecedentes respecto a los instrumentos que se han utilizado para implementar el cierre de centrales (leyes, políticas, estrategias, programas, etc.), en qué plazos se ha llevado a cabo, los responsables, entre otros.
- Realizar entrevistas a las empresas generadoras de energía a carbón, directamente o a través de la Asociación Gremial de Generadoras para identificar iniciativas que están formulando en el contexto de cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón.
- Identificar a nivel de región y localidades, oportunidades y/u opciones tecnológicas, productivas o de desarrollo en reemplazo de las termoeléctricas a carbón.
- Entregar recomendaciones respecto a los impactos ambientales y sociales que se puedan provocar en un escenario al 2050 de 70% de generación con energías renovables y con un cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón.
- Presentar resultados parciales y/o finales en actividades de difusión y/o retroalimentación desarrolladas por la contraparte técnica, destinadas a empresas de generación de energía, servicios públicos y/u organizaciones ciudadanas, entre otras.

El estudio destaca que en Chile existe un conjunto relevante de unidades a carbón construidas hace menos de 10 años que, en parte importante de los casos, están emplazadas junto a centrales más antiguas y comparten cierta infraestructura de soporte. Al año 2030, la mayor parte de la capacidad instalada a carbón en Chile tendrá menos de 20 años desde su fecha de puesta en servicio. Esto contrasta con el contexto de los países europeos que han comprometido el cese del uso de carbón en ciertos años, en cuya mayor parte se retirarán o reconvertirán centrales de más de 30 años al momento del cierre. De manera análoga, en Estados Unidos ha habido un significativo cierre de centrales a carbón en la última década, aunque casi en su totalidad se trata de centrales con más de

40 años de operación. De acuerdo a la Figura 6-2 para los países europeos se observa que Italia y Países Bajos estarían en contextos similares al chileno en cuanto a la antigüedad de una fracción de su capacidad de generación a carbón.

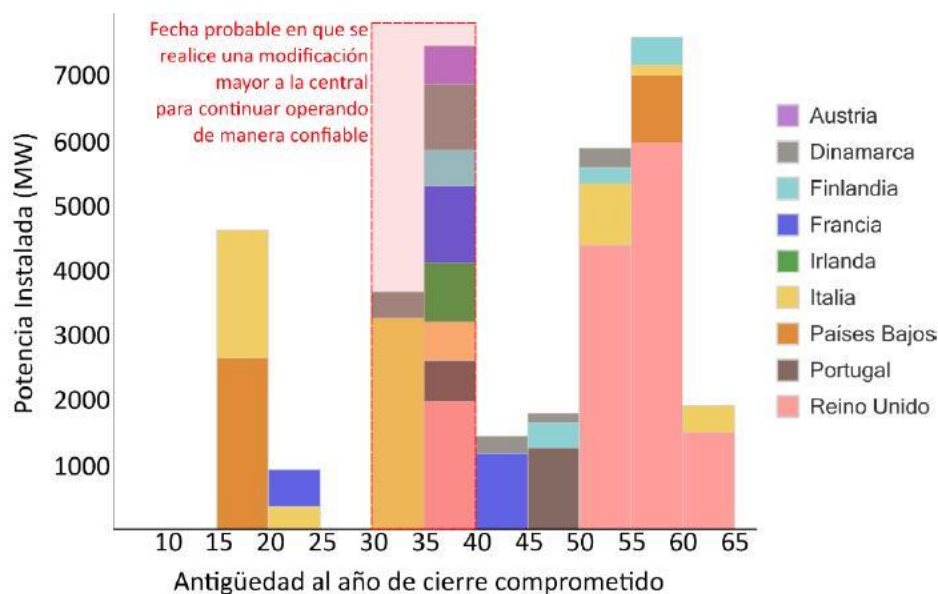


Figura 6-2 Edad de unidades a carbón en el año de cierre comprometido

Fuente: Inodu, 2018

El estudio identifica factores internos y externos que pueden influenciar la forma de reconversión o eventual cierre programado de centrales termoeléctricas a carbón, identificando grupos de interés en ambos lados cuyas necesidades e intereses pueden ser críticas, importantes o deseables de considerar. Definiendo a los grupos de interés a quienes:

- Tienen un efecto directo o indirecto en la producción de energía de una central.
- Reciben un beneficio directo o indirecto de la producción de energía de una central.
- Poseen un interés significativo y legítimo en la producción (o no producción) de energía de una central termoeléctrica a carbón.

El estudio señala que un mapa de análisis de redes de intercambios de valor (SVNA, por sus siglas en inglés) permite entender el ambiente en el que interactúa un proyecto o una empresa considerando los intercambios de valor directos e indirectos con sus grupos de interés. Además, entender las interacciones e intercambios de valor indirectos permite que los tomadores de decisión puedan tener una perspectiva más amplia de la importancia de las dependencias entre los grupos de interés. Se señala que no existe una perspectiva única para analizar las necesidades e intercambios de valor que se producen en la red de grupos de interés. A modo de ejemplo, en la Figura 6-3 se ilustra el mapa de redes de intercambio de valor para una central de generación a carbón genérica en Chile, basado en los impactos sociales, económicos y ambientales que se han identificados.

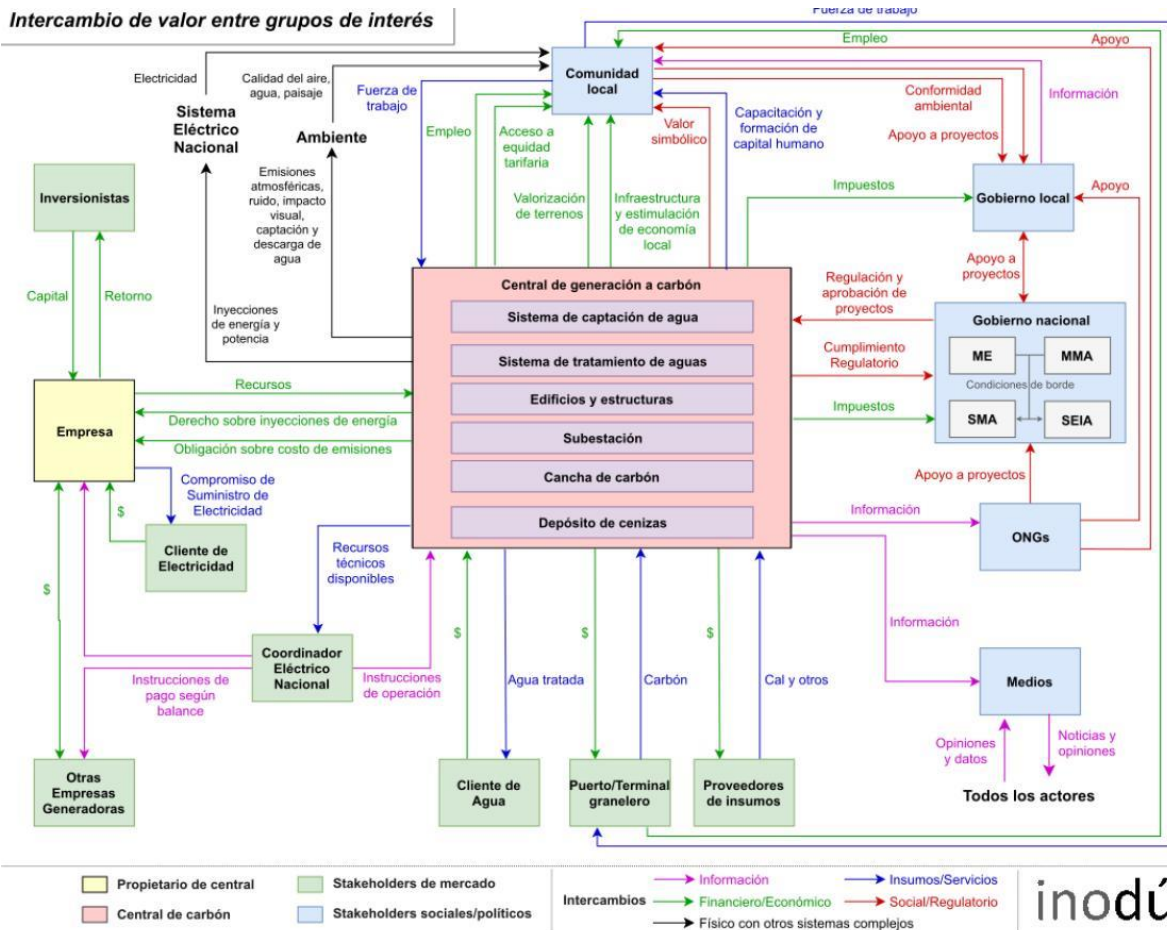


Figura 6-3 Mapa de intercambio de valor entre grupos de interés y una central de generación a carbón

Fuente: Inodú, 2018

El cierre o reconversión de una central a carbón en operación afecta múltiples factores ambientales y sociales. Los principales intercambios de valor e impactos entre grupos de interés y una central a carbón identificados y descritos en el informe son:

- Aporte de recursos técnicos al Sistema Eléctrico Nacional: El 2017, en Chile, el 40% de la generación eléctrica fue provista por centrales a carbón, siendo la principal fuente de generación del país
- Compromisos comerciales respaldados por centrales termoeléctricas a carbón: Desde el punto de vista comercial, las centrales a carbón se utilizan para respaldar el suministro eléctrico de clientes regulados y no regulados.
- Compromisos de financiamiento (deuda): La mayor parte de la deuda utilizada para financiar proyectos termoeléctricos tendría una duración inferior a 15 años, contabilizados desde el 2018

- Emisiones atmosféricas: La operación de las centrales se debe realizar de manera que permita cumplir los requerimientos definidos en los instrumentos de gestión ambiental vigentes, particularmente las Normas de Calidad Ambiental, Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas (DS N° 13/2011 del Ministerio de Medio Ambiente), Planes de Descontaminación Atmosféricos, y Resoluciones de Calificación Ambiental.
- Uso de agua: Todas las centrales a carbón en Chile utilizan agua de mar para el proceso de enfriamiento. Las centrales a carbón en Chile retiran, en promedio, 131 m<sup>3</sup>/MWh de agua de mar si posee un sistema de enfriamiento abierto, y 5,7 m<sup>3</sup>/MWh si el sistema es cerrado
- Residuos sólidos de la combustión y del control de emisiones: Estos residuos se componen de cenizas volantes, cenizas de fondo y productos del sistema de desulfurización de gases de escape. Los residuos de la combustión del carbón son definidos en Estados Unidos y la mayor parte de Europa como residuos no peligrosos. En Chile, las pruebas realizadas a las cenizas de cada central como parte de su proceso de aprobación de RCA muestran que en ninguno de los casos se detectaron características de peligrosidad, según regula el DS N° 148/2003 del Ministerio de Salud.
- Uso de infraestructura portuaria de terceros: Solo el complejo de generación de Engie en Mejillones opera un puerto de forma propietaria y exclusiva. En todos los otros casos, o se utilizan puertos de terceros para la descarga de insumos para la central,
- Empleo: Se estima que a nivel nacional existen aproximadamente 4100 empleos permanentes (directos e indirectos) en centrales termoeléctricas a carbón, además de al menos 1500 indirectos esporádicos. En términos generales, estos empleos entregan mejores sueldos y mayores oportunidades de desarrollo laboral que otros de la zona.
- Impuesto a las emisiones: El año 2017 comenzó a aplicarse el impuesto a emisiones al aire establecido en la Ley 20.780, mediante el cual no sólo se gravan las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sino también las emisiones de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Aproximadamente 135 millones de dólares (~70%) del primer pago de los impuestos asociado a emisiones de termoeléctricas se explican por la operación de centrales termoeléctricas a carbón y petcoke.
- Impuestos locales: Durante el año 2017, considerando el pago de patentes comerciales, contribuciones, concesión marítima y patentes de camionetas, los complejos de generación termoeléctrica de cada empresa contribuyeron en un máximo de 600 millones de pesos a las Municipalidades de las comunas donde se emplazan.
- Contribución a Equidad Tarifaria: Desde la promulgación de la Ley 20.928 que establece mecanismos de equidad tarifaria de servicios eléctricos, la presencia y producción de centrales de generación en una comuna “intensiva en generación eléctrica” reduce los precios de energía a pagar por los clientes sometidos a regulación de precios que residen allí. Las unidades individuales de carbón contribuyeron el 2018 con descuentos de entre un 2% y 11% por Reconocimiento a la Generación Local en cada comuna.

A la fecha de entrega del estudio solamente se identificó el cierre anunciado para las centrales U12 y U13, no se identificó nuevas iniciativas de reconversión o cierre de las centrales.

Respecto a la legislación vigente, el Artículo 18 del DS 40, del Ministerio de Medio Ambiente, que aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, indica que un estudio de

impacto ambiental debe incluir: “La descripción de la fase de cierre, si la hubiere, indicando las partes, obras y acciones asociadas a esta fase. En caso de corresponder, deberá describir las actividades, obras y acciones para:

- Desmantelar o asegurar la estabilidad de la infraestructura utilizada por el proyecto o actividad;
- Restaurar la geoforma o morfología, vegetación y cualquier otro componente ambiental que haya sido afectado durante la ejecución del proyecto o actividad;
- Prevenir futuras emisiones desde la ubicación del proyecto o actividad, para evitar la afectación del ecosistema incluido el aire, suelo y agua; y
- La mantención, conservación y supervisión que sean necesarias.”

El alcance de una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) está limitado al proyecto evaluado, por lo que las medidas de cierre comprometidas para una unidad de generación o para un vertedero de cenizas son las que se especifican en la RCA de dichos proyectos. De lo anterior se desprende que una central o un vertedero de cenizas que, por su antigüedad, no cuenten con RCA no tienen un plan de cierre comprometido.

El estudio incluye un Anexo con un listado de las unidades de generación a carbón junto a la descripción, en caso de ser aplicable, del plan de cierre o abandono indicado en la RCA del proyecto. En síntesis, de este anexo se puede indicar que:

- Siete unidades no tienen RCA asociada al proyecto original.
- A seis de las unidades se les exige en su RCA original presentar un plan de cierre a la COREMA cierto tiempo antes de iniciar el abandono (6 meses o 1 año antes).
- Las RCA relativas a las quince unidades restantes indican que lo más probable es que las unidades se reacondicionen o que se reconviertan a otra tecnología de generación. En caso de que se requiera abandonar el sitio, se indica que se desmantelarán y retirarán las estructuras, equipos superficiales y marinos. El detalle de los planes presentados es variado.

El estudio realiza un análisis de contexto internacional que incluye Canadá, Alemania, Países Bajos, Italia, Sudáfrica, Australia, Reino Unido y Estados Unidos.

El estudio presenta el contexto de las centrales a carbón desarrolladas en Chile. Particularmente, se describen los distintos complejos, se presentan desafíos asociados a los grupos de interés, impactos sociales y ambientales de la operación de las centrales a carbón, intercambio de valor entre distintos actores y se resumen los planes de cierre declarados para cada central en sus Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA).

El estudio sintetiza regulaciones y recomendaciones internacionales utilizadas en el proceso de cierre y/o reconversión de centrales a carbón. Para estos efectos, a modo de recomendación se describe el caso de Canadá y su estudio de variables sociales y ambientales considerado al momento de formular una regulación para forzar el retiro de centrales a carbón mediante estándares de emisiones. Se destaca que se deben tener consideraciones respecto a:

- Respecto del límite de emisiones
- Respecto del concepto de vida útil
- Respecto de la evaluación costo – beneficio de la política

Respecto a los desafíos asociados al cierre de centrales específicas el estudio presenta recomendaciones para definir el nuevo propósito para una instalación o alternativas de redesarrollo que incluyen:

- Mantener la central en stand-by o mothballing
- Vender el sitio a un desarrollador
- Cierre y abandono
- Decomisionamiento: Implica el desmantelamiento parcial o total de las unidades de generación, posible demolición de varias estructuras y ciertas acciones de remediación ambiental con el fin de preparar el sitio para un nuevo propósito

Además, continuando con la experiencia de Canadá se presentan estrategias para llevar a cabo el proceso de desmantelamiento parcial o total de una central que incluye:

- Levantamiento de requerimientos asociados a la regulación ambiental a la que está sujeta el sitio
- Planificación
- Acciones administrativas: La principal actividad de esta etapa es la suscripción de los contratos que sean necesarios y deseados para implementar la estrategia de desmantelamiento adoptada junto a proveedores y contratistas.
- Apagado de planta
- Preparación del sitio
- Desmantelamiento: El desmantelamiento de una central incluye retirar los equipos y demoler estructuras del complejo.
- Remediación y restauración del sitio: Finalmente se deben implementar las medidas de limpieza y remediación ambiental que correspondan para controlar la potencial contaminación detectada en la investigación ambiental del sitio.

El estudio describe la regulación de Estados Unidos asociada al cierre de vertederos de cenizas en consideración a que en Estados Unidos existen alrededor de 300 centrales a carbón que en conjunto tienen 758 depósitos de cenizas, de los cuales 220 corresponden a vertederos secos (como los que hay en Chile) y 538 corresponden a depósitos húmedos (embalses con cenizas mezcladas en agua).

En Estados Unidos, los Desechos de la Combustión del Carbón (DCC) están clasificados como “desechos sólidos no peligrosos” e incluyen todos los desechos sólidos de la combustión del carbón: las cenizas volantes (*fly ash*), las cenizas de fondo (*bottom ash* y *boiler slag*) y los productos de la desulfurización (*flue gas desulfurization materials*). La 40 CFR Parte 257 establece criterios mínimos para vertederos secos y embalses de DCC relacionados, entre otros aspectos, a:

- Restricciones de ubicación.
- Diseño, integridad estructural y operación.

- Monitoreo de aguas subterráneas y acciones correctivas.
- Cierre y monitoreo posterior.

El estudio, recomienda para cierre de los vertederos de DCC el 40 CFR 257.102 que establece procedimientos y requerimientos que se deben cumplir si es que se opta por (i) dejar los DCC en el vertedero e instalar una cubierta de cierre final o (ii) retirar los DCC para depositarlos en otra parte y limpiar del vertedero original.

El estudio sintetiza tres casos específicos de reconversión o desmantelamiento de centrales a carbón:

1. **Central de Salem Harbor**, Estados Unidos: 748 MW de carbón y petróleo, ubicada en el borde costero, reconvertida a una central de gas natural de 674 MW.
2. **Central Pietro Vannucci (“Bastardo”)**, Italia: 150 MW de carbón, Propiedad de Enel, ubicada en zona interior, en proceso de reconversión.
3. **Central de Hazelwood, Australia**: 1600 MW de carbón, Propiedad de Engie, ubicada en zona interior, en proceso de desmantelamiento.

En cada caso se presentan los antecedentes generales de la planta y su contexto, los procesos implementados antes y durante la reconversión o cierre de la planta, y la principales temáticas y preocupaciones que surgieron, con especial énfasis en las tensiones sobre variables ambientales y sociales. Estas temáticas son:

- Comunicar con suficiente anticipación a la comunidad sobre la intención de cierre de la central.
- Definición temprana de metas y propósitos para el sitio.
- Realizar una investigación ambiental temprana en el sitio para determinar si es que existe contaminación que deba ser remediada.
- El uso de grupos multi stakeholder para identificar posibles usos del sitio, levantar insumos para estudios y/o evaluar propuestas.
- Oportunidad de utilizar procesos abiertos para que terceros planteen alternativas de desarrollo junto a su intención de financiamiento.
- El rol activo del municipio en desarrollar una visión para la zona y abogar por un proyecto sea coherente con la visión de desarrollo del territorio.
- Preocupación por fuente de financiamiento de la comuna y disminución de calidad de servicios públicos (salud, educación).
- Necesidad de crear planes de estímulo económico para creación de nuevas capacidades.
- Definición de límites de responsabilidad de la empresa que realiza el cierre – restauración del sitio respecto del desarrollo futuro del emplazamiento y la comunidad.
- Desafíos en capacitación / re-empleabilidad de personas con permanencia de años en la central.
- Manejo realista de expectativas sobre creación de empleos, o llegada de nuevas industrias, que cubran tanto en cantidad como calidad los empleos perdidos.



Respecto a la infraestructura eléctrica a carbón en Chile, el estudio identifica los siguientes aspectos:

- 7 de las 28 unidades fueron construidas antes de 1990. Estas unidades representan 907 MW y están ubicadas en partes prácticamente iguales entre la zona norte (ex – SING) y zona central del país (Quintero y Coronel). Dos de las siete unidades fueron puestas en servicio antes de 1970 y una unidad fue puesta en servicio en los años setenta.
- 7 de las 28 unidades fueron puestas en servicio en los años noventa para abastecer principalmente a clientes libres. Estas unidades representan 1100 MW y están emplazadas en la zona norte del país.
- 14 de las 28 unidades fueron puestas en servicio a partir del año 2009, como respuesta a la crisis de abastecimiento de gas argentino. Estas unidades representan 3550 MW. El 35% de esa capacidad está ubicada en la zona central del país.

Además, se destaca que con excepción de la Central Tarapacá y Santa María, las unidades de generación están emplazadas en complejos que comparten infraestructura y servicios de soporte entre las unidades que forman parte del mismo complejo. Por lo tanto, la reconversión o el cierre programado de algunas unidades más antiguas se desarrollará en un terreno donde continúa estando operativa una unidad más nueva.

El estudio recomienda que, para establecer un cronograma de retiro o reconversión de centrales a carbón, sobre todo de las 21 unidades que iniciaron su operación posterior al año 1990, es crítico dar certeza sobre eventuales nuevos requerimientos de regulación ambiental que influenciarán las expectativas de funcionamiento de las unidades. En el corto plazo se señalan dos aspectos que serán relevantes: El primero tiene relación a los requerimientos que establecerá la anunciada Ley de Cambio Climático. El segundo tiene relación a posibles nuevos requerimientos que pueden surgir por una modificación del DS 13. Estos eventuales requerimientos no solo influenciarán las opciones y objetivos de reducción de emisiones de generadores, sino también de clientes libres.

La clarificación de objetivos de reducción de emisiones en el suministro eléctrico por parte de clientes libres debiera ser un insumo crítico para efectos de definir objetivos y un calendario de descarbonización de la matriz de energía eléctrica.

Hasta la fecha de realización del estudio (2018), la definición de una estrategia de suministro eléctrico para los clientes regulados no ha incorporado objetivos emisiones de gases de efecto invernadero (es decir ha sido neutra desde el punto de vista tecnológico).

En conclusión, este estudio cumple con entregar antecedentes y recomendaciones respecto a las variables ambientales y sociales que deben abordarse para un potencial cierre o reconversión programada y gradual de centrales de generación eléctrica a carbón. Sin embargo, para efectos de la revisión de la NECT el estudio no incluye antecedentes relacionados con los límites de emisión, tampoco respecto a sistemas de medición de las emisiones y de las problemáticas asociadas a la operación de las centrales para el cumplimiento de los niveles de emisiones normados.

## 6.4 Estudio GIZ- Thermal Power Plant Flexibility Improvements in Chile

El estudio “GIZ- Thermal Power Plant Flexibility Improvements in Chile” fue desarrollado por ENGIE Lab Laborelec en año 2016 para la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Agencia Alemana para cooperación internacional, GIZ) y Ministerio de Energía.

El estudio destaca que el mercado eléctrico chileno ha experimentado un aumento acelerado en la penetración de las energías renovables variables y se espera que representen una parte importante del mix energético en los próximos años (~40% para 2030). Las centrales térmicas mantendrán un papel clave en el futuro para dotar de flexibilidad a la red con el fin de integrar este nuevo suministro de energía intermitente

El estudio describe la organización del sistema eléctrico en los países europeos y resume los rendimientos de referencia típicos. A partir de esos ejemplos, se hace una comparación con la situación actual de Chile y finalmente se brinda un conjunto de recomendaciones para alimentar la discusión sobre el nuevo marco regulatorio en Chile.

La integración exitosa de fuentes de energía renovable intermitente en la matriz energética chilena requerirá un mayor grado de flexibilidad del sistema eléctrico que desafiará la operación de la flota térmica convencional. En este escenario, el marco regulatorio es un factor de influencia clave para concretar los objetivos definidos por la autoridad chilena.

La evolución de las centrales térmicas europeas, inicialmente diseñadas para carga base, hacia unidades flexibles estuvo impulsada principalmente por un mercado muy competitivo en un contexto de sobrecapacidad. Demuestra que se pueden realizar mejoras significativas cuando existen suficientes incentivos.

El estudio comienza con una revisión de los mecanismos de mercado implementados por las autoridades de Italia y Bélgica, que fomentaron la mejora de los parámetros operativos, como la reducción, las velocidades de rampa y los tiempos de arranque para lograr una mayor flexibilidad del sistema. Teniendo en cuenta el contexto europeo, la organización de los servicios auxiliares en Italia y Bélgica, que adoptan diferentes enfoques sobre algunos temas, claramente pueden usarse como ejemplos en Chile para desarrollar un nuevo marco regulatorio teniendo en cuenta las especificidades del país y las opciones conceptuales hechas por las autoridades.

La red en Italia es de alguna manera comparable a la chilena, con una estructura de antenas para la distribución de energía, baja capacidad de intercambio con los países vecinos, así como una limitada capacidad de transporte de norte a sur dentro de la red. Alto porcentaje de centrales térmicas convencionales (Gas, Carbón) aportan la energía. La proporción de energías renovables aumenta continuamente.

Bélgica, por otro lado, tiene una red altamente interconectada, tanto dentro del país como con los países vecinos. Una alta proporción de energía nuclear no flexible proporciona la energía, así como una combinación de activos de gas y un gran sistema de almacenamiento de energía (hidráulica por bombeo) de alrededor de 1 GW. En este contexto, se solicita a los CCGT (Centrales de Ciclo Combinado con Turbina a Gas) que paren y arranquen con mucha frecuencia.

Más allá de los atributos específicos de los mercados de Italia y Bélgica, ambos mercados de servicios auxiliares se caracterizan por la clara definición de los productos y los requisitos técnicos que las plantas deben cumplir para prestar los servicios.

El estudio también proporciona las definiciones técnicas de los conceptos relevantes comúnmente utilizados para caracterizar los servicios auxiliares, la operación técnica de las plantas y el mercado eléctrico, que pueden utilizarse como referencia.

Además de la revisión del mercado se incluye el análisis del impacto de los requisitos del sistema eléctrico en los parámetros operativos de las plantas térmicas, las limitaciones técnicas/ambientales para una operación flexible y un punto de referencia internacional de parámetros operativos.

Para participar en el mercado de la flexibilidad, las centrales eléctricas deben cumplir con requisitos técnicos específicos para la prestación de los servicios, que a nivel de planta se cumplen con parámetros operativos exigentes. Se explica este vínculo entre los requisitos del sistema y los parámetros operativos. También se muestra cómo, en un entorno altamente competitivo, las plantas recibieron incentivos financieros para mejorar sus parámetros a lo largo de los años con el fin de aprovechar las oportunidades del mercado y seguir siendo rentables.

Para caracterizar las limitaciones para la mejora de los parámetros operacionales, se definieron tres categorías: Ciclos Rankine, Ciclos Combinados (CCGT) y Ciclos Abiertos (OCGT). Para cada categoría, se explican los obstáculos típicos para mejorar los parámetros operativos que son más importantes para la provisión de servicios auxiliares (enfoque en el control de frecuencia). Por ejemplo, se analizan la velocidad de rampa, el aumento de  $P_{max}$  y la reducción de  $P_{min}$ , entre otros.

El estudio consideró las mismas categorías en un benchmark de rendimiento, que incluye más de 45 activos térmicos europeos de 11 países diferentes. Los valores de los parámetros de flexibilidad relevantes como  $P_{min}$ ,  $P_{max}$ , reducción relativa, velocidad de rampa, tiempos de arranque, tiempo mínimo de subida y bajada se proporcionan en rangos de percentiles, para ilustrar el rendimiento promedio y la distribución para cada categoría de planta de energía. El benchmark concluye la revisión de las mejores prácticas internacionales.

El Capítulo 4 del estudio describe la situación actual de Chile, brindando una visión general de los sistemas eléctricos, la organización del mercado, el marco regulatorio y los límites de emisión. A este capítulo le sigue el análisis de brechas, donde se detectan brechas entre los casos de referencia tomados en la Unión Europea y la situación actual en Chile.

En primer lugar, se detallan las lagunas en la definición de los parámetros operativos definidos en la NTSyCS (Norma Técnica de Seguridad y Calidad del Servicio) con respecto a la definición propuesta en la revisión internacional. Se identificó lo siguiente:

- Definición de potencia mínima de salida: se destaca la incompatibilidad entre el DS N° 13 de 2011 y la NTSyCS.
- Definición del tiempo de arranque: se señala la necesidad de definir más tipos de tiempos de arranque y se presenta como posibilidad el concepto de curva de arranque. Además, se explica la influencia del tiempo de preparación en el tiempo de puesta en marcha.

- La tasa de rampa, el tiempo de actividad mínimo y el tiempo de inactividad no están definidos en la NTSyCS pero son declarados por las centrales.

La segunda sección del análisis describe las brechas relacionadas con la infraestructura de red y los mercados de energía y servicios auxiliares. Las principales diferencias entre Italia, Bélgica y Chile se resumen en tablas comparativas. Existen diferencias significativas en la organización del sistema eléctrico entre Europa y Chile, siendo uno de los principales el despacho central de las plantas en Chile. En cuanto a los servicios complementarios, a continuación, se enumeran los puntos de interés para Chile:

- Sin oferta de mercado para los servicios auxiliares y sin pago específico por capacidad: la selección la realiza la autoridad central en función de una elección técnico-económica
- El enfoque de PFC es diferente en SIC y SING: como Bélgica para SIC (unidades seleccionadas) y como Italia para SING (reducción de potencia en todas las unidades térmicas)
- Sin pruebas en línea del PFC
- Los requisitos se imponen a nivel de plantas individuales (como en Italia)
- La reserva terciaria es parte de la gestión de despacho central (no es un “requisito” específico)

El estudio incluye una comparación más detallada de las brechas en los parámetros operativos. Para cada tecnología, se comparan el tiempo de arranque, la velocidad de rampa, la reducción relativa, el tiempo de actividad mínimo y el tiempo de inactividad mínimo de los activos térmicos en Chile con los activos térmicos europeos. Adicional

El estudio tiene en cuenta los valores de referencia internacional de la literatura señalando varias deficiencias técnicas de la actual flota chilena de centrales que podrían mejorarse. Los principales hallazgos se describen a continuación:

- Ciclos Rankine: en términos de velocidad de rampa y reducción, se encontró que la flota de ciclos Rankine en Chile es tan flexible como las referencias en Europa (excluyendo las unidades USC), pero mucho menos flexible que algunas otras referencias internacionales.
- Ciclos combinados: En Chile, se encontró que la flota de CCGT es menos flexible en comparación con la flota de CCGT tomada en Europa, especialmente en términos de velocidades de rampa y reducción. La misma observación se hace con una comparación con referencias internacionales.
- Ciclos abiertos: En Chile, la flota de OCGT no se muestra flexible en comparación con la flota de OCGT en Europa, en particular en términos de tiempo de arranque.

Finalmente, las brechas encontradas con respecto a los valores límite de emisión señalan que los límites de emisión de CO y NOx juegan un papel clave en la definición de Pmax y Pmin de OCGT y CCGT. Si bien los límites de emisión de NOx en Chile resultan equivalentes al valor de la IE-D (European Directiva de Emisiones Industriales) y al P50 del benchmark, no hay límite de emisiones de CO definido. Además, en Chile los límites de emisión se aplican a cargas parciales, lo que hace que la regulación sea a veces más estricta que en Europa. En Europa, el IE-D establece límites mínimos de emisión para una operación por encima del 70% de la carga. El límite de emisión para

una operación por debajo del 70% lo establecen las autoridades locales, que pueden introducir más flexibilidad en el límite de emisión para la operación con carga parcial.

El estudio concluye con una serie de propuestas que Engie Lab Laborelec ve como oportunidades para apoyar la futura flexibilidad de la red, tales como:

- Medidas para aumentar la transparencia en las necesidades de equilibrio de la red, empaquetando aún más los requisitos para los servicios auxiliares en productos claros
- Medidas para mejorar la verificación de los rendimientos reales de la planta, p. por prueba remota en línea para PFC
- Incentivos para el suministro de servicios auxiliares, con el fin de impulsar a las plantas a mejorar su rendimiento de flexibilidad, p. con mecanismo de oferta específico
- Un marco claro que asegure que las nuevas plantas estén en línea con las mejores prácticas

Todas las sugerencias se resumen en la hoja de ruta al final del informe. Las propuestas se basan en una evaluación de alto nivel que busca alimentar la discusión sobre el nuevo marco regulatorio para las centrales térmicas en Chile. La diferencia entre los siguientes escenarios es:

- Medidas que podrían tomarse con la organización actual de los servicios auxiliares (sin mercado)
- Medidas aplicables si se establece un mercado de servicios complementarios
- Medidas aplicables si se establece un mercado de energía (despacho descentralizado)

## 6.5 Estudio Impact of intermittent renewable energy production on specific CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions from large scale gas-fired combined cycles.

El estudio “Impact of intermittent renewable energy production on specific CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions from large scale gas-fired combined cycles” corresponde a una publicación en Journal of Cleaner Production de febrero de 2019 realizada por J. Blondeau y J. Mertens investigadores de la Universidad de Bruselas.

El estudio destaca que la creciente participación de las fuentes de energía renovables intermitentes en la producción de electricidad permite una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes de las centrales térmicas convencionales. Como efecto secundario, también conduce a un aumento notable del número de partidas y transientes de carga rápidos que encuentran las centrales eléctricas utilizadas como unidades de respaldo. Sin embargo, durante estas fases de transientes, el rendimiento de dichas unidades en términos de emisiones contaminantes y eficiencia térmica se degrada, lo que se traduce en una posible reducción de los beneficios ambientales de las energías renovables que aún no se ha cuantificado. En este estudio, se analizan diez años de datos de proceso de una central de ciclo combinado a gas a gran escala representativa que experimentó dicha transición para evaluar el impacto de las partidas frecuentes y los ciclos de carga en sus emisiones específicas promedio de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> (por MWhe producido).

Si bien las fases de arranque y transitorios rápidos históricamente contribuyeron con menos del 5% de la energía producida, esta participación ahora alcanza entre el 5 y 20%. Como consecuencia de la mayor ocurrencia de estos transitorios, las emisiones medias específicas de NO<sub>x</sub> aumentan entre un 30 y un 80%, pasando de 140 a 250 g/MWhe, y las emisiones medias específicas de CO<sub>2</sub>, menos impactadas, aumentan entre un 2 y un 4%, pasando de 335 kg/MWhe hasta 350 kg/MWhe. Se evalúa el impacto de estos hallazgos en la reducción esperada de emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> atribuibles al despliegue de energías renovables. La reducción de emisiones de NO<sub>x</sub> es significativamente menor de lo esperado, debido a la mayor operación transitoria de las unidades convencionales. Para cuotas de fuentes renovables inferiores al 30%, las emisiones adicionales de NO<sub>x</sub> provocadas por el funcionamiento en demanda punta de las unidades térmicas compensan las emisiones ahorradas al disminuir su número de horas de funcionamiento, lo que se traduce en un statu quo en términos de emisiones globales de NO<sub>x</sub> para los más optimistas. escenario en términos de emisiones de LCA de fuentes renovables.

Para otros escenarios, las emisiones globales de NO<sub>x</sub> aumentan incluso para cuotas de renovables inferiores al 30%, hasta el 110% del valor inicial (no renovables). Como las emisiones de CO<sub>2</sub> son mucho menos sensibles a las fases transitorias, la reducción esperada de emisiones de CO<sub>2</sub> se ve marginalmente afectada por la operación de demanda máxima. Deben investigarse formas de reducir tanto la ocurrencia de fases transitorias (a nivel de la red) como los picos de emisión de NO<sub>x</sub> relacionados (a nivel de las centrales eléctricas), para una mejor integración de las fuentes renovables y los activos térmicos existentes.

Las conclusiones de la publicación son:

- Debido a la creciente participación de las fuentes de energía intermitentes junto con una demanda de energía decreciente, el orden de mérito de las centrales térmicas convencionales en el mercado eléctrico ha cambiado en la última década. Por lo tanto, algunas centrales eléctricas de ciclo combinado alimentadas con gas (CCGT, por sus siglas en inglés) han pasado de la operación de carga base a la operación de demanda máxima.
- Como consecuencia, la ocurrencia de fases transitorias (arranques, paradas y variaciones rápidas de carga) se ha incrementado fuertemente para algunas de esas unidades, lo que lleva a una degradación de sus prestaciones en términos de impacto ambiental y eficiencia térmica, es decir, aumentando sus emisiones específicas de NOx y CO2 (por MWhe producido). En este trabajo, por primera vez, se cuantificó este efecto en base a datos reales, y se evaluó su impacto en la reducción de emisiones globales atribuidas a la creciente penetración de las fuentes renovables.
- Si bien los arranques, las paradas y las fases transitorias rápidas contribuyeron históricamente a menos del 5 % de la energía producida, esta proporción ha aumentado recientemente al 5-20 %. La consecuencia de este aumento del número de fases transitorias es que las emisiones específicas de NOx aumentan entre un 30 y un 80 %, típicamente de 140 a 250 g/MWhe, mientras que las emisiones específicas de CO2, menos impactadas, aumentan entre un 2 y un 4 %, de 335 kg/MWhe hasta 350 kg/MWhe.
- A su vez, este aumento de las emisiones específicas tiene un fuerte impacto en la reducción esperada de las emisiones de NOx atribuibles a las fuentes de energía renovables: para factores de penetración de energías renovables bajos (<30%), las emisiones adicionales provocadas por la operación en carga máxima son del mismo orden de magnitud como las emisiones ahorradas, lo que lleva a un statu quo en términos de emisiones globales de NOx para el escenario más optimista en términos de emisiones de fuentes renovables.
- Para los valores promedio y máximo de emisiones renovables encontrados en la literatura, las emisiones globales de NOx incluso aumentan para factores de penetración de energía renovable bajos, hasta 105 a 110% del valor inicial (sin renovables). En estos casos, sólo se espera un beneficio en términos de emisiones globales de NOx para factores de penetración superiores al 30 al 70%.
- Como las emisiones de CO2 son mucho menos sensibles a la operación transitoria, la disminución esperada de las emisiones globales de CO2 solo se ve afectada marginalmente por los hallazgos de este estudio. Disminuyen casi linealmente con la participación de las energías renovables, hacia 5 a 10% del valor inicial.
- Según la directiva europea pertinente (IED) y la última versión del Documento de referencia de las mejores técnicas disponibles (BREF) (Comisión Europea, 2010; Lecompte et al., 2017), estas conclusiones, sin embargo, tienen un impacto limitado en los informes legales de emisiones de NOx que se llevan a cabo por las centrales eléctricas: aunque se demostró que la contribución de las fases de arranque y parada a las emisiones de NOx ya no se puede despreciar, estas fases no se consideran como funcionamiento normal y, por lo tanto, no están relacionadas con los Valores Límite de Emisión legales (ELV's). Solo las variaciones rápidas de carga, que también contribuyen a las altas emisiones de NOx, forman parte del funcionamiento normal definido en la legislación.

- A medida que su contribución a las emisiones contaminantes generales se vuelve mucho más significativa, se deben investigar formas de reducir los picos de emisión de NOx durante las fases transitorias de las centrales eléctricas CCGT, para una mejor integración de las fuentes renovables y los activos térmicos existentes. Los fabricantes de turbinas de gas podrían aplicar medidas primarias para reducir la importancia relativa de las llamas de difusión durante las fases transitorias. Como medida secundaria, se podría instalar la adición de sistemas de tratamiento de gases de combustión basados en una reducción catalítica selectiva (SCR) de moléculas de NOx por amoníaco para garantizar emisiones bajas y constantes (Heck, 1999; Gao et al., 2019). Sin embargo, esto requeriría inversiones significativas.
- A nivel de la red, y a más largo plazo, también podrían adoptarse medidas para desvincular la creciente penetración de las fuentes renovables intermitentes y la necesidad de un funcionamiento transitorio de las unidades convencionales. El almacenamiento de energía es un candidato obvio (Argyrou et al., 2018), incluido el uso de vehículos eléctricos como sistema de almacenamiento distribuido (Albanese et al., 2015). El almacenamiento a corto plazo, incluso durante una escala de tiempo de minutos, podría suavizar fácilmente las fases transitorias de las plantas térmicas, lo que conduciría a picos de emisión más bajos. Optimizar el equilibrio entre varias fuentes de energía renovable también podría conducir a una demanda máxima reducida. Esto se vería facilitado por una adaptación de la red y una mejor predicción de la producción de energía intermitente (Jacobson et al., 2017; Pierri et al., 2017; Ciriminna et al., 2018). La gestión del lado de la demanda también podría contribuir a una reducción significativa de la flexibilidad de carga requerida para los activos térmicos (Meyabadi y Deihimi, 2017).

#### Referencias citadas en las conclusiones de la publicación:

- Albanese, L., Ciriminna, R., Meneguzzo, F., 2015. The impact of electric vehicles on the power market. *Energy Sci. Eng.* 3 (4), 300-309.
- Argyrou, M., Christodoulides, P., Kalogirou, S.A., 2018. Energy storage for electricity generation and related processes: technologies appraisal and grid scale applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 94, 804-821.
- Ciriminna, R., Albanese, L., Meneguzzo, F., 2018. New energy and weather services in the context of the energy transition. *Energy Technol.* 6 (1), 134-139.
- European Commission, 2010. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on Industrial Emissions.
- Gao, X., Wang, B., Yuan, X., Lei, S., Qu, Q., Ma, C., Sun, L., 2019. Optimal design of selective catalyst reduction denitrification system using numerical simulation. *J. Environ. Manag.* 231, 909-918.
- Heck, R., 1999. Catalytic abatement of nitrogen oxides - stationary applications. *Catal. Today* 53, 519-523.
- Jacobson, M., Delucchi, M., Bauer, Z., Goodman, S., Chapman, W., Cameron, M., Bozonnat, C., Chobadi, L., Clonts, H., Enevoldsen, P., Erwin, J., Fobi, S., Goldstrom, O., Hennessy, E., Liu, J., Lo, J., Meyer, C., Morris, S., Moy, K., O'Neill, P., Perkov, I., Redfern, S., Schucker, R.,



Sontag, M., Wang, J., Weiner, E., Yachanin, A., 2017. 100% clean and renewable wind, water and sunlight all-sector energy roadmaps for 139 countries of the world. *Joule* 1, 108-121.

- Lecompte, T., de la Fuente, J.F., Neuwahl, F., Canova, M., Pinasseau, A., Jankov, I., Brinkmann, T., Roudier, S., Sancho, L.D., 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. Tech. rep.. Institute for Prospective Technological Studies.
- Meyabadi, A.F., Deihimi, M., 2017. A review of demand-side management: reconsidering theoretical framework. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 80, 367-379.
- Pierri, E., Binder, O., Hemdan, N., Kurrat, M., 2017. Challenges and opportunities for a European HVDC grid. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 70, 427-456.

## 7 Identificación y caracterización de centrales en reserva energética y centrales que cogeneran

### 7.1 Definición de Centrales en reserva energética

En primer lugar, en consideración al Decreto Exento N°50 del 13 de marzo del 2020 del Ministerio de Energía que Aprueba los acuerdos de retiro de centrales termoeléctricas a carbón entre el Ministerio de Energía y las empresas Enel, Gas Atacama, Engie Energía Chile Colbún y AES Gener que forman parte de los acuerdos de la Mesa de Descarbonización el término correcto, en vez de Central en reserva energética debe ser Central en Estado Operativo de Reserva Estratégica (ERE).

El D.E N°50/2020 incluye el anexo Estado Operativo de Reserva Estratégica (ERE) donde se establece las condiciones generales de paso de Centrales a Estado ERE, a modo de resumen:

- El Coordinador Eléctrico debe registrar el paso a ERE, el cual debe comunicar en forma oficial desde el SEN. La comunicación deberá considerar preliminarmente el retiro final de la unidad en un plazo de 2 a 5 años contados desde la fecha de inicio de ERE. Al término del plazo, el titular podrá solicitar la pertinencia de mantener la instalación conectada al sistema en ERE:
- Con un plazo de al menos 6 meses de antelación se podrá solicitar el retiro de operaciones y cambio a ERE.
- El Coordinador a través de un informe técnico fundado verificará que el cambio a ERE no produzca una alteración significativa en la seguridad del servicio global y local en el SEN, ni produzca un aumento significativo en los costos de operación y falla, y costos marginales del sistema.
- En la condición de ERE las UGE no podrán ser convocadas al despacho diario, pero deberán estar disponibles para inyectar energía con un aviso previo de al menos 60 días corridos. Sin perjuicio de lo anterior, si el coordinado declare que la UGE puede responder en un plazo menor a 60 días el coordinador podrá convocarla antes al despacho. Se elaborará un reglamento donde se establecerán las disponibilidades de combustible para cálculo de potencia inicial.
- Una vez convocada a despacho y habiendo iniciado las inyecciones de energía al sistema la UGE deberá permanecer conectada al sistema el tiempo necesario, no inferior a 3 meses.

### 7.2 Caracterización de centrales en reserva energética

Como se mencionó en párrafo anterior, en adelante se hará referencia a centrales en Estado Operativo de Reserva Estratégica (ERE).

En el D.E. N°50/2020 se establece la posibilidad de paso a ERE de las centrales Tarapacá, Bocamina 1, Tocopilla U12 y U13, Tocopilla U14 y U15, Santa María, Ventanas 1 y Ventanas 2 previo al retiro y desconexión de las unidades.

En el Oficio Ordinario N° 1356/2020 de diciembre de 2020 el Ministerio de Energía entregó una actualización de las unidades de las centrales que salen de la matriz energética, presentada a continuación:

*Tabla 7-1 Unidades de generación eléctrica que salen de la matriz energética*

<b>N</b>	<b>UGE</b>	<b>Empresa</b>	<b>Fecha</b>
1	Ventanas U1	Aes Gener	Diciembre 2020
2	Bocamina U1	Enel	Diciembre 2020
3	Tocopilla U14	Engie	Enero 2022
4	Tocopilla U15	Engie	Enero 2022
5	Bocamina U2	Enel	Mayo 2022
6	Ventanas U2	Aes Gener	Diciembre 2022
7	CT Mejillones CTM1	Engie	Diciembre 2024
8	CT Mejillones CTM2	Engie	Diciembre 2024

Fuente: Elaboración propia con Oficio Ordinario N° 1356/2020 del Ministerio de Energía

Sin embargo, a la fecha solamente la central Ventanas 1 está en estado operativo ERE desde el año 2021.

A continuación se realiza una caracterización de la Central Ventanas en cuanto a tipo, sistema de monitoreo de emisiones, sistemas de abatimiento de emisiones y horas de funcionamiento/incumplimiento:

a) Tipo de central:

La Central Ventanas 1 es de ciclo simple, con combustible principal carbón y una Potencia Térmica de 387,3MWt, ubicada en la Comuna de Puchuncaví Región de Valparaíso (coordenadas UTM Norte 6373555 m y E 267414 m).

b) Monitoreo de emisiones:

De acuerdo a los informes de fiscalización de la SMA cuenta con los siguientes métodos de Cuantificación de Emisiones: MP(CEMS), SO<sub>2</sub>(CEMS), NO<sub>x</sub>(CEMS), O<sub>2</sub>(CEMS), CO<sub>2</sub>(CEMS) y Flujo(CEMS).

c) Sistemas de abatimiento de emisiones

Se instalaron precipitadores electroestáticos para control del MP en la década del 90 dentro del marco del Plan de Descontaminación de complejo industrial Ventanas (D.S. N°252/1992).

De acuerdo al estudio de Inodú 2018, los sistemas de abatimiento de emisiones para la Central Ventanas 1 son los señalados en la Tabla 7-2.

*Tabla 7-2 Sistema de abatimiento de emisiones*

	Sistema	Flujo de diseño	Eficiencia
NOx	Low-NOx	Aprox 1000 km <sup>3</sup> /h	Aprox 50%
SO2	FGD-CDS	500 km <sup>3</sup> /h	80%
MP	Filtro de mangas	500 km <sup>3</sup> /h	99,9%

Donde: FGD: Flue Gas Desulphurization - CDS: Circulating Dry Scrubber

Fuente: Elaboración propia en base a Inodú 2018.

d) Funcionamiento e Incumplimiento

Según los reportes de datos en la plataforma de la SMA, la Unidad Ventanas 1, se encontró disponible sin Despacho (DSD) durante todo el año 2021, por lo que no utilizó combustible al encontrarse sin operación.

En la Tabla 7-3 se presenta un resumen de la cantidad de horas en la Central Ventanas 1, tanto en régimen como funcionamiento que superaron los valores límites de emisión establecidos en la NECT.

*Tabla 7-3 Resumen de horas de régimen, horas de funcionamiento y número de horas de incumplimientos de la Central Ventanas 1*

	Años							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Hora Funcionamiento	8195	6875	7847	7130	6434	2729	1594	0
Horas de funcionamiento (HE+HA+FA+RE) que superan límites de emisión de NECT								
NOx	7498	889	68	84	81	31	19	0
SO2	7805	1103	94	109	50	35	19	0
MP	16	25	20	30	15	13	14	0
RE	8026	6313	7638	6946	6290	2551	1437	0
Horas de regimen (RE) que superan límites de emisión de NECT								
NOx	7473	814	33	43	49	14	3	0
SO2	7771	663	1	0	0	0	0	0
MP	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos de SMA

Las empresas operadoras han mostrado su preocupación ya que el estado ERE, al no estar reconocido aún por la SMA, se abren dudas respecto a la verificación del cumplimiento normativo de estas unidades. Lo anterior, considerando que la UGE tendrá eventualmente muy pocas horas de funcionamiento anual por su nueva condición "ERE" en caso de ser llamadas a generar o inyectar energía al sistema incluyendo los controles de calidad de los equipos de monitoreo de emisiones.

### 7.3 Centrales que cogeneran

La Circular N°1/2015 del MMA define Cogeneración como aquel proceso de producción simultánea y eficiente de energía térmica útil y energía eléctrica, cuyo objetivo es satisfacer principalmente las necesidades térmicas del proceso. La cogeneración implica aprovechar la energía térmica del vapor en un proceso productivo aumentando significativamente su eficiencia y utilizando el excedente para la generación eléctrica. Ese proceso productivo debe ser distinto al de la generación eléctrica.

Por otro lado, el D.S N°6/2015 del Ministerio de Energía que “Aprueba reglamento que establece los requisitos que deben cumplir las instalaciones de cogeneración eficiente” en su Artículo 7 define Instalación de Cogeneración Eficiente a “aquellas en que se genera energía eléctrica y calor en un solo proceso de elevado rendimiento energético, cuya potencia máxima suministrada a un sistema eléctrico sea inferior a 20.000 kilowatts”. Además, en Artículo 16 establece que “Las instalaciones de cogeneración cuyos excedentes de inyección al sistema de transmisión o distribución sean inferiores a 20.000 kilowatts, serán consideradas como instalaciones de cogeneración eficiente si utilizan el calor residual procedente de cualquier instalación, máquina o proceso industrial, cuya actividad principal no sea la producción de energía eléctrica.”

De acuerdo a Poque Gonzalez<sup>12</sup> *et al*, 2018 el proyecto de cogeneración más antiguo en Chile data de 1930, una turbina de vapor de 6 MWe con caldera a carbón; operó hasta el año 1997. Hoy, el proyecto de Cogeneración o CHP (Combined Heat and Power) más antiguo en funcionamiento es del año 1953, y su potencia instalada es de 2,8 MWe y 16,8 MWt. Debido a la dependencia de la economía chilena a los combustibles fósiles, en los últimos años se han dado diversos avances en políticas públicas y el marco regulatorio del país. Como consecuencia de estos esfuerzos, el año 2017 el 16% de la generación eléctrica correspondía a Energías Renovables No Convencionales (ERNC). El empeño de Chile por utilizar mejor sus recursos naturales como, el sol, el viento, la energía hidroeléctrica y la biomasa tiene como principal objetivo diversificar la matriz energética y proveer a la economía con un suministro energético sostenible de electricidad y calor. Para ello, junto a las ERNC, la Cogeneración ha sido uno de los pilares de la revolución energética del país, basada en la búsqueda de una mayor eficiencia energética, la descarbonización y flexibilidad del sistema eléctrico.

Según un análisis de potencial inicial realizado por AgenciaSE en 2010, el potencial para las plantas de cogeneración en el sector industrial de Chile (excluyendo la minería y el comercio) es de alrededor de 875 MW. Se supone que el potencial total para la industria, incluida la minería y el comercio, es de alrededor de 2 GW. Esto correspondería a una producción anual de energía de aprox. 18 TWh (electricidad y calor), lo que equivaldría a un suministro de aprox. 3,5 millones de hogares de 4 personas. Esto ahorraría alrededor de 4,2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año.

La página web del Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética (<https://4echile.cl/>) implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) señala que el año 2021 se realizó un “Estudio de potencial de Cogeneración<sup>13</sup>” que incluyó una revisión de las

---

<sup>12</sup> “Cogeneración en Chile: capacidades, desarrollo y perspectivas” estudio disponible en [https://www.researchgate.net/publication/330244658\\_COGENERACION\\_EN\\_CHILE\\_CAPACIDADES\\_DESARROLLO\\_Y\\_PERSPECTIVAS](https://www.researchgate.net/publication/330244658_COGENERACION_EN_CHILE_CAPACIDADES_DESARROLLO_Y_PERSPECTIVAS)

<sup>13</sup> Estudio disponible en <https://4echile.cl/publicaciones/estudio-de-potencial-de-cogeneracion/>

instalaciones de cogeneración existentes en Chile, donde se verifica que hay 56 instalaciones de cogeneración en operación que tienen una capacidad instalada de 1418 MWe y 7750 MWt. Además, se presentan los resultados del potencial de cogeneración técnico económico para Chile que se estimó en 669 MWe y 690 MWt, correspondiente a 372 instalaciones de cogeneración. Además, se mencionan otros estudios y documentos que no están disponibles en estos momentos por problemas de acceso a sus links respectivos.

De acuerdo a la recopilación de información, ninguna de las centrales sujetas a cumplimiento normativo tiene asociados procesos de cogeneración. Es decir, las centrales que cogeneran tienen potencias térmicas inferiores a 50 MWt, con una gran mayoría asociada a centrales de energías renovables que incluye incluso Geotermia.

## 8 Análisis e identificación de brechas de mejoras y actualización de los artículos 12, 13, 14 y 15 de la NECT

Los artículos 12, 13 y 14 de la NECT son parte del Título III “Fiscalización y metodología de medición” y el artículo 15 es parte del Título IV “Exención y periodo de racionamiento”. A continuación, se incluye el texto de los capítulos a ser revisados. Incluyendo además, para un mejor entendimiento los artículos 7 al 11 que forman parte del Título III:

*Tabla -8-1 Artículos 7 al 16 de la NECT (D.S. N°13/2011)*

Artículo	Texto de la Nect
Art. 7	<i>Corresponderá el control y fiscalización del cumplimiento del presente decreto a la Superintendencia del Medio Ambiente, en adelante la Superintendencia, en conformidad a lo dispuesto en el artículo segundo de la ley N°20.417.</i>
Art. 8	<i>Las fuentes emisoras existentes y nuevas deberán instalar y certificar un sistema de monitoreo continuo de emisiones para: Material particulado (MP), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y de otros parámetros de interés, de acuerdo a lo indicado en la Parte 75, volumen 40 del Código de Regulaciones Federales (CFR) de la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA). El sistema de monitoreo continuo de emisiones será aprobado mediante resolución fundada de la Superintendencia</i>
Art.9	<i>Las fuentes emisoras existentes tendrán un plazo de dos años para instalar y certificar el sistema de monitoreo continuo de emisiones, contado desde la fecha de entrada en vigencia del presente decreto. Mientras que las fuentes emisoras nuevas deberán incorporar el sistema de medición continuo desde su puesta en servicio.</i>
Art. 10	<i>Aquellas fuentes emisoras existentes y nuevas que utilicen como combustible sólido únicamente biomasa, se eximen de medir en forma continua dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Sin perjuicio de lo anterior, la Superintendencia podrá requerir que se informe sobre el contenido de azufre en el combustible.</i>
Art. 11	<i>Las fuentes emisoras existentes y nuevas que usen carbón y/o petcoke, deberán implementar un monitoreo discreto de acuerdo al método CH-29, denominado: "Determinación de emisión de metales desde fuentes fijas", con el fin de dar cumplimiento al límite que establece la Tabla 3. Las mediciones deben ser realizadas por laboratorios autorizados de acuerdo a la normativa vigente, sin perjuicio a lo que establezca la Superintendencia.</i>
Art. 12	<i>Los titulares de las fuentes emisoras presentarán a la Superintendencia un reporte del monitoreo continuo de emisiones, trimestralmente, durante un año calendario, el que considerará a lo menos la siguiente información:</i> <i>a) Parámetros:</i> <i>- Gases: Concentración de promedios horarios para cada contaminante expresado en unidades: ppm, mg/Nm<sup>3</sup> corregido por oxígeno y normalizado, y en mg/MWh.</i> <i>- Partículas: Concentración de promedios horarios expresado en unidades: mg/Nm<sup>3</sup> corregido por oxígeno y normalizado; y en mg/MWh.</i> <i>- Oxígeno en % y humedad en % H<sub>2</sub>O.</i> <i>- Flujo de gases de salida en Nm<sup>3</sup>/h.</i> <i>- Temperatura de combustión mínima y máxima en °C.</i> <i>- Concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en % y ton/MWh.</i>

	<p>b) Horas de encendido, en régimen y detenciones programadas y no programadas, identificando el tipo de falla.</p> <p>c) Tipo y consumo de combustible(s) utilizado(s) para cada unidad.</p> <p>d) Listado de las chimeneas y su localización en coordenadas UTM, datum WGS-84, huso 19 o 18, según corresponda, la altura y diámetro interno, velocidad y temperatura a la salida de los gases.</p> <p>e) Reportar la composición química del carbón y/o petcoke utilizados, en cuanto al contenido de: azufre, cenizas, mercurio, vanadio, níquel, poder calorífico y densidad del combustible.</p> <p>En el caso de monitoreo discreto para Mercurio (Hg), se deberá considerar a lo menos la siguiente información:</p> <p>a) Informe del laboratorio con la medición y sus resultados.</p> <p>b) Reportar sobre la composición química del carbón y/o petcoke utilizados, en cuanto a: Contenido de azufre, cenizas, mercurio, vanadio, níquel, poder calorífico y densidad del combustible.</p>
Art. 13	<p>La Superintendencia podrá definir los requerimientos mínimos de operación, control de calidad y aseguramiento de los datos del sistema de monitoreo continuo de emisiones, la información adicional, los formatos y medios correspondientes para la entrega de información.</p> <p>Tanto el reporte como la información que sirvió para su sustento deberán estar disponibles en las fuentes emisoras reguladas por esta norma a lo menos por 3 años.</p>
Art. 14	<p>La Superintendencia deberá enviar al Ministerio del Medio Ambiente un reporte sobre lo indicado en el artículo precedente. Dicha información será utilizada por el Ministerio de Medio Ambiente como antecedente para futuras revisiones de la norma.</p>
Art. 15	<p>Aquellas fuentes emisoras existentes correspondientes a turbinas, con potencia entre 50 MWt y 150 MWt, que utilizan diesel o gas y que operen menos de 876 horas en un año calendario, es decir, menos de un 10% del tiempo en base anual, se eximen de dar cumplimiento al valor límite de emisión de óxidos de nitrógeno. Esta condición deberá ser puesta en conocimiento de los Centros de Despachos Económico de Carga respectivos por los propietarios de las instalaciones a más tardar un año antes de la fecha en la cual deberán cumplir los valores límites de emisión establecidos en la presente norma.</p> <p>Asimismo, encontrándose el Sistema Interconectado del Norte Grande y/o el Sistema Interconectado Central con riesgo de desabastecimiento eléctrico, y habiéndose dictado decreto de racionamiento eléctrico conforme a lo dispuesto en el artículo 163º del DFL N° 4/20.018, de 2006, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del DFL N° 1, de Minería, de 1982, Ley General de Servicios Eléctricos, el plazo de 2 años y 6 meses establecido en el artículo 5º del presente decreto se entenderá prorrogado por una sola vez, para aquellas centrales termoeléctricas que el respectivo decreto de racionamiento eléctrico declare como indispensables para la operación del correspondiente Sistema Interconectado, por el tiempo que dure dicho decreto, plazo que en todo caso no podrá ser superior a 1 año. El plazo prorrogado se comenzará a contar una vez cumplidos los 2 años y 6 meses mencionados.</p> <p>En todo caso, no procederá la prórroga del plazo señalada en el inciso anterior en zonas declaradas saturadas o latentes</p>



La Tabla 8-2 identifica algunas resoluciones e instrucciones de carácter general que la Superintendencia del Medio Ambiente ha dictado en el marco de su potestad normativa, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de su Ley Orgánica para realizar las actividades de Fiscalización, las cuales incluyen los instructivos para Validación de los CEMS, Monitoreo, Validación y Reporte de datos, entre otros:

Tabla 8-2: Resoluciones de la SMA de apoyo a Fiscalización de la NECT

Fecha	Resolución	Nombre/Título
25-01-2013	RE 57	Aprueba "Protocolo para Validación de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones [CEMS] en Centrales Termoeléctricas"
18-05-2013	RE 438	Aprueba Anexo II al ""Protocolo para Validación de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones [CEMS] en Centrales Termoeléctricas
03-10-2013	RE 583	Aprueba Anexo III "Aseguramiento de calidad, reporte de datos, sustitución de datos perdidos y anómalos, auditorías y revalidaciones" del Protocolo para Validación de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones [CEMS] en Centrales Termoeléctricas
07-04-2014	RE 163	Dicta instrucciones de carácter general sobre reportes trimestrales establecidos en Norma de Emisión de Centrales Termoeléctricas.
18-07-2014	RE 339	Homologa metodologías de validación de CEMS establecida en el "Protocolo para la validación de sistemas de monitoreo continuo de emisiones [CEMS] en Centrales Termoeléctricas" para su aplicación a la validación de CEMS instalados en plantas de ácido del proceso de fundiciones
23-01-2015	RE 33	Instrucción de carácter general sobre remisión de información para norma de emisión de centrales termoeléctricas y criterio de sustitución de datos
12-07-2016	RE 627	Aprueba protocolo técnico para validación de sistemas de monitoreo continuo de emisiones "CEMS" requeridos por resoluciones de calificación ambiental (RCA) y Planes de Prevención y/o Descontaminación (PPDA)
07-10-2016	RE 955	Dicta instrucción de carácter general sobre corrección por oxígeno en CEMS de centrales termoeléctricas y deja sin efecto la Resolución Exenta N° 542 de 6 de julio de 2015.
25-11-2016	RE 1093	Aprueba guía sobre el sistema de información para centrales termoeléctricas
08-05-2017	RE 404	Aprueba actualización de guía sobre el sistema de información para centrales termoeléctricas
01-03-2018	RE 253	Aprueba Protocolo Técnico para la evaluación de Cumplimiento Normativo del D.S.13/2011
06-01-2019	RE 1743	Aprueba Protocolo para la Validación, Aseguramiento Control de Calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS).
19-08-2019	RE 1209	Aprueba procedimiento de sustitución y/o reemplazo de datos para sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS) y revoca Resolución Exenta N° 33, de 19 de enero de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Fecha	Resolución	Nombre/Título
23-12-2019	RE 1909	Aprueba Protocolo para la Aplicación de Monitoreo de Emisiones con métodos Alternativos en Unidades generadoras Afectas al D.S.13/2011 MMA y Otros Instrumentos de Carácter Ambiental específicos para estas fuentes
26-05-2020	RE 862	instruye forma de Remitir las Pruebas Qa-Qc, en el marco del Cumplimiento del Protocolo para Validación, Aseguramiento y Control de Calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones.
23-03-2021	RE 680	Aprueba "instrucción general que complementa obligación de conexión en línea de los sistemas de monitoreo continuo de Emisiones (CEMS)".

Fuente: Elaboración propia con Resoluciones de la Superintendencia del Medio Ambiente<sup>14</sup>

Respecto al Artículo N°12, la RE 33 del año 2015 de la SMA estableció las instrucciones de carácter general para remisión de información (reporte trimestral durante año calendario) para norma de emisión de centrales termoeléctricas y criterio de sustitución de datos. Instructivo que fue actualizado con la RE 404 de la SMA en el año 2017 incluyendo una "Guía sobre el sistema de información para centrales termoeléctricas" en la cual se especificaron los formatos para reportes de datos horarios y minutales a la autoridad (SMA) que se están utilizando actualmente. Esta actualización incluye criterios de interpretación de la NECT establecidos en la circular N°1/2015 del MMA, entre ellos:

- Criterios de aplicación de promedios horarios cuando dos unidades comparten una chimenea común
- Criterio para unidades que presentan varios estados de operación en una hora de funcionamiento.
- Criterios de evaluación de cumplimiento de la norma.

Uno de los temas a revisar está relacionado con la NO aplicación de la norma de emisión para SO<sub>2</sub> y MP en las entrales con combustible gaseoso, lo cual genera complicaciones en el momento de cálculo de emisiones para efectos de impuestos Verde, ya que las empresas podrían no realizar monitoreo e incluso no hacer las inversiones necesarias para mantención de los sistemas de abatimiento de emisiones de SO<sub>2</sub> y MP.

Un tema relevante, especialmente durante los primeros años de la NECT tuvo relación con los estados de Fallas de las UGE asociadas a fallas en los sistemas de monitoreo, lo cual no correspondía ya que en caso de falla de CEMs se debe realizar una sustitución de datos mediante cálculo de valores estimados. Incluso, en algunos casos, el dato estimado puede estar sobre estimando las emisiones.

De acuerdo a lo expresado por las empresas operadores, existe la necesidad de armonizar los diferentes instrumentos de gestión de carácter ambiental que puedan ser aplicables a la industria, requiriéndose que las regulaciones den coherencia al grueso entramado normativo en materia

<sup>14</sup> Resoluciones de la SMA disponibles en <https://snifa.sma.gob.cl/Resolucion/Instruccion>

ambiental, junto con cumplir los fines que las distintas regulaciones se propongan alcanzar. Al respecto, los diferentes instrumentos de gestión ambiental pueden establecer la exigencia de requerimientos o estándares que resultan contrapuestos, así ocurre por ejemplo en materia de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS, por sus siglas en inglés). La Resolución Exenta N° 1909/2019 de la SMA, que aprueba Protocolo para la aplicación de monitoreo de emisiones con métodos alternativos en unidades generadoras afectas al D.S. N° 13/2011, establece los requerimientos que debe cumplir una UGE para calificar como “Unidad peak petróleo gas”, “Unidad de baja masa de emisiones (LME)” y “Unidad a combustible de muy bajo contenido de SO<sub>2</sub>”, de forma de poder optar a Sistemas de monitoreos alternativos de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, flujo de gases y CO<sub>2</sub>. Ha ocurrido que las empresas generadoras no pueden acceder a sistema de monitoreo alternativo porque lo dispuesto en sus RCA u otros instrumentos de gestión ambiental aplicables los obliga a medición con CEMS.

Considerando la obligación establecida por la SMA hacia los titulares que cuenten con Sistemas de CEMS para transmitir en tiempo real las emisiones de MP, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y demás parámetros se debe revisar en la nueva NECT si es necesario continuar con los reportes trimestrales o cambiarlos a frecuencia semestral u anual. La revisión de la experiencia en la Comunidad Europea y USA principalmente orientará a establecer el mejor período de reporte.

La flexibilidad se ha traducido hoy en día en mecanismos tales como las operaciones a mínimo técnico y los ciclos de encendidos-apagados. Es decir, las operaciones de centrales termoeléctricas requieren efectuar diariamente partidas y detenciones, mientras otras ciclan entre plena carga durante la noche y mínimos técnicos durante el día generando la posibilidad de e mayores emisiones y junto con ello, riesgos de brechas en el cumplimiento de los umbrales fijados por la norma de emisión. A mayor inyección de energía del tipo renovable en el sistema eléctrico nacional algunas Unidades Generadoras de Electricidad (UGE) despachan energía por debajo del mínimo técnico con emisiones más altas por unidad de energía generada, lo que, sumado a la disminución de horas de funcionamiento, da como resultado la dificultad de cumplir con los umbrales impuestos por la norma en término de la relación emisiones sobre horas de funcionamiento. En este sentido, las empresas solicitan que el mínimo técnico sea a lo menos igual al “mínimo técnico ambiental”, en el cual todos los sistemas de abatimiento logren operar en cumplimiento con la normativa de emisiones.

En resumen, la operación más flexible de centrales termoeléctricas tiene repercusiones en el control de emisiones y el sistema de medición, reporte y verificación de estas para el cumplimiento de la normativa ambiental. Al mismo tiempo emergen desafíos de compatibilización entre requerimientos asociados a normativa ambiental y procedimientos de operación derivados de la normativa eléctrica.

En el estudio “Flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas con los instrumentos de gestión ambiental vigentes” realizado por Inodú en el año 2018, analizado en Capítulo IV, se destaca la Revisión de normativa de emisiones de centrales termoeléctricas para Europa y Estados Unidos, que incluye:

	Normativa de emisiones
Para Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Federal Register Volume 79, N° 223, November 19, 2014: 40 CFR Parts 60 and 63, Reconsideration of Certain Startup/Shutdown Issues.</li> <li>• 40 CFR Part 60, Subpart KKKK (2006) – Standards of Performance for Stationary Combustion Turbines.</li> <li>• Federal Register Volume 77, N° 168, August 29, 2012: 40 CFR Parts 60, (Proposed Rule) Standards of Performance for Stationary Gas Turbines.</li> <li>• 40 CFR Part 75 – Continuous Emission Monitoring</li> </ul>
Para Europa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Directiva 2010/75/UE sobre emisiones industriales.</li> <li>• Decisión 2012/249/UE relativa a la determinación de los períodos de arranque y parada a efectos de la Directiva 2010/75/UE.</li> <li>• Decisión (UE) 2017/1442 sobre las mejores técnicas disponibles conforme a la Directiva 2010/75/UE.</li> </ul>

Al respecto, el Estudio identifica los siguientes aspectos:

- En la Comunidad Europea se establecen límites de emisión para unidades a gas operando con carga superior a 70%. Por su parte, en Estados Unidos se define un estándar de emisiones para turbinas operando a carga superior a 75% de la potencia máxima y otro estándar para carga parcial (a una potencia menor al 75% de su potencia máxima). La definición de este nivel de nivel particular de emisión se justifica por emisiones en condiciones de operación en que la turbina opera con llama de difusión, no con el sistema de Dry Low NOx.
- Tanto la normativa de la Comunidad Europea como la normativa americana excluye del periodo de cumplimiento a los periodos de partida y parada de centrales termoeléctricas. No obstante, las emisiones y/o el estado de la central (en algunos casos) debe ser monitoreado.
- Se observan distintos criterios para definir el término de una partida. En el caso de centrales a carbón en Estados Unidos, el proceso de partida finaliza cuatro (4) horas después que la unidad de generación produce electricidad que es vendida o utilizada para cualquier fin (incluyendo uso interno), o cuatro (4) horas después que la central produce energía térmica utilizable en procesos industriales de cualquier naturaleza, lo que ocurra primero.
- La definición realizada en Estados Unidos se debe a que:
  - La forma general de definir el proceso de partida de una central termoeléctrica a carbón, particularmente el fin de una partida, no permitía suficiente tiempo para que los equipos de control de emisiones fueran efectivos. Los comentarios que recibió la EPA el 2012 indicaron que el proceso de partida no finalizaba en el instante en que la central es capaz de generar electricidad o producir vapor útil, como propuso la EPA inicialmente (Federal Register, Vol. 79, N° 223, 2014, pg. 68781).
  - En Estados Unidos, las pruebas y procedimientos de medición continua de emisiones, definidas en 40 CFR Part 75, han sido validados basados en operación en régimen cuando el equipamiento y los sistemas de control de emisiones alcanzan sus condiciones nominales (o normales) de operación (US EPA, 2013), (US EPA, 2013b), (US EPA, 2013c, pág. 174), (US EPA, 2013d, págs. 91, 107, 118), (US EPA, 2014, págs.

39, 48, 69, 73, 78, 88, 127 y 161), (US EPA, 2014b), (GTA, 2012) y (SSM Coalition, 2012).

- La EPA indicó que las metodologías de medición de contaminantes al aire no son capaces de medir de manera precisa las emisiones de contaminantes durante los procesos de partida (Federal Register, Vol. 79, N° 223, 2014, pg. 68781).
- La EPA indica que en el proceso de conversión de unidades de las emisiones medidas durante la partida de centrales termoeléctricas, se puede limitar la concentración de O<sub>2</sub> a 14% en calderas y 19% en turbinas a gas. Lo anterior es particularmente importante para reducir los posibles errores en el cálculo de tasas de emisión durante procesos de partida.

## **A continuación se resumen las consideraciones establecidas por la CEE y en Estados Unidos:**

### **I. La comunidad económica europea establece los siguientes criterios:**

a) Las concentraciones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y MP se miden en continuo, en los gases residuales procedentes de cada instalación de combustión con una potencia térmica nominal total igual o mayor a 100 MW.

b) La autoridad competente puede decidir no exigir la medición en continuo, en los siguientes casos:

- Para las instalaciones de combustión con un período de vida útil inferior a 10.000 horas de actividad;
- Para el SO<sub>2</sub> y el MP procedentes de instalaciones de combustión alimentadas con gas natural;
- Para el SO<sub>2</sub> procedente de instalaciones de combustión alimentadas con gasóleo con un contenido de azufre conocido en los casos en que no se disponga de equipo de desulfuración de gases residuales;

c) Cuando no se requieren mediciones en continuo, se exigen mediciones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, MP y, en el caso de las instalaciones alimentadas con gas, también de CO al menos una vez cada seis meses.

d) En el caso de las instalaciones de combustión alimentadas con hulla o lignito, se miden las emisiones de mercurio total, al menos una vez al año.

e) Las mediciones en continuo efectuadas con arreglo al literal a) incluirán la medición del contenido de oxígeno, la temperatura, la presión y el contenido de vapor de agua de los gases residuales. La medición en continuo del contenido de vapor de agua de los gases residuales no es necesaria, siempre que la muestra de gas residual se haya secado antes de que se analicen las emisiones.

f) El muestreo y análisis de las sustancias contaminantes y las medidas de los parámetros del proceso así como el aseguramiento de la calidad de los sistemas de medición automáticos y los métodos de medición de referencia para calibrar dichos sistemas se llevarán a cabo con arreglo a las normas CEN. Si todavía no estuvieran disponibles las normas CEN, se aplicarán las normas ISO o las normas nacionales o internacionales que garanticen la obtención de datos de calidad científica equivalente.

g) 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.

h) El titular informará a la autoridad competente de los resultados del control de los sistemas de medición automáticos.

i) Los valores de los intervalos de confianza del 95 % de cualquier medición, determinados para los valores límite de emisión diarios, no superarán los siguientes porcentajes de los valores límite de emisión:

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

j) Los valores medios validados horarios y diarios se determinarán a partir de los valores medios horarios válidos medidos una vez sustraído el valor del intervalo de confianza especificado en el literal i).

k) Se invalidarán los días en que más de tres valores medios horarios sean inválidos debido al mal funcionamiento o mantenimiento del sistema de medición automático. Si por estos motivos se invalidan más de diez días al año, la autoridad competente exigirá al titular que adopte las medidas para mejorar la fiabilidad del sistema de medición automática.

l) Se considera el cumplimiento de los valores límites de emisión si la evaluación de los resultados de las medidas en continuo indica, para las horas de funcionamiento de un año, que se han cumplido las siguientes condiciones (Anexo V, Parte 4 de la Directiva 2010/75/UE):

- Ningún valor medio mensual validado supera los valores límites de emisión definidos.
- Ningún valor medio diario validado supera el 110% de los valores límite de emisión definidos.
- Para calderas que quemen carbón con una potencia térmica nominal total inferior a 50 MW, ningún valor medio diario validado rebasa el 150 % de los valores límite de emisión
- El 95% de todos los valores medios horarios validados del año no supera el 200% de los valores límite de emisión pertinentes definidos.

## **II. En Estados Unidos se establecen los siguientes criterios para monitoreo:**

- a) Se debe monitorear la opacidad de las emisiones, para lo cual se debe instalar, calibrar, mantener y operar un equipo de monitoreo continuo de opacidad (COMS).
- b) Para medir las emisiones de SO<sub>2</sub> se debe instalar, calibrar, mantener y operar un CEMS y registrar la salida del sistema, excepto cuando sólo se utilicen combustibles gaseosos y/o líquidos.
- c) Para la medición de NO<sub>x</sub> deberá instalar, calibrar, mantener y operar un CEMS y registrar la salida del sistema para medir las emisiones a la atmósfera.
- d) La instalación que no cumpla con un límite basado en la salida deberá instalar, calibrar, mantener y operar un CEMS, y registrar la salida del sistema para medir el O<sub>2</sub> o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). contenido de los gases de combustión en cada lugar donde se controlan las emisiones de SO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>.
- e) Los CEMS se operan y los datos se registran durante todos los períodos de operación de la instalación afectada, incluidos los períodos de puesta en marcha, cierre y mal funcionamiento,

excepto para las averías del CEMS, reparaciones, comprobaciones de calibración y ajustes de cero y span.

- f) Para centrales a carbón, el proceso de partida finaliza cuatro (4) horas después que la unidad de generación produce electricidad que es vendida o utilizada para cualquier fin (incluyendo uso interno), o cuatro (4) horas después que la central produce energía térmica utilizable en procesos industriales de cualquier naturaleza, lo que ocurra primero.
- g) Las pruebas y procedimientos de medición continua de emisiones, definidas en 40 CFR Part 75, han sido validados basados en operación en régimen cuando el equipamiento y los sistemas de control de emisiones alcanzan sus condiciones nominales (o normales) de operación. Al respecto, US EPA indicó que las metodologías de medición de contaminantes al aire no son capaces de medir de manera precisa las emisiones de contaminantes durante los procesos de partida (Federal Register, Vol. 79, N° 223, 2014, pg. 68781).
- h) La EPA indica que en el proceso de conversión de unidades de las emisiones medidas durante la partida de centrales termoeléctricas, se puede limitar la concentración de O<sub>2</sub> a 14% en calderas y 19% en turbinas a gas. Lo anterior es particularmente importante para reducir los posibles errores en el cálculo de tasas de emisión durante procesos de partida.
- i) De acuerdo a 40 CFR Part 60, Subpart A General Provisions , §60.8(c), se excluye las emisiones durante periodos de partida, parada y malfuncionamiento de ser consideradas como un no cumplimiento de los estándares definidos en 40 CFR Part 60, Subpart KKKK. Recomendando, además, la utilización de combustibles más limpios en los procesos de partida cuando esta opción pueda ser implementada.

Otro punto a considerar está relacionado directamente con la flexibilidad del sistema eléctrico que se ha traducido en mayores partidas y detenciones, con lo cual se afecta los sistemas de abatimiento, incluso algunas centrales están realizando un by-pass de las emisiones durante el comienzo de las partidas hacia la chimenea sin pasar por los sistemas de abatimiento para evitar dañarlos por las altas emisiones y el tiempo que necesita el sistema de abatimiento para operar adecuadamente.

La Figura 8-1 y la Figura 8-2 ilustran los procesos de encendidos y apagados, de acuerdo a los protocolos y reglamentos técnicos establecidos por el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN).

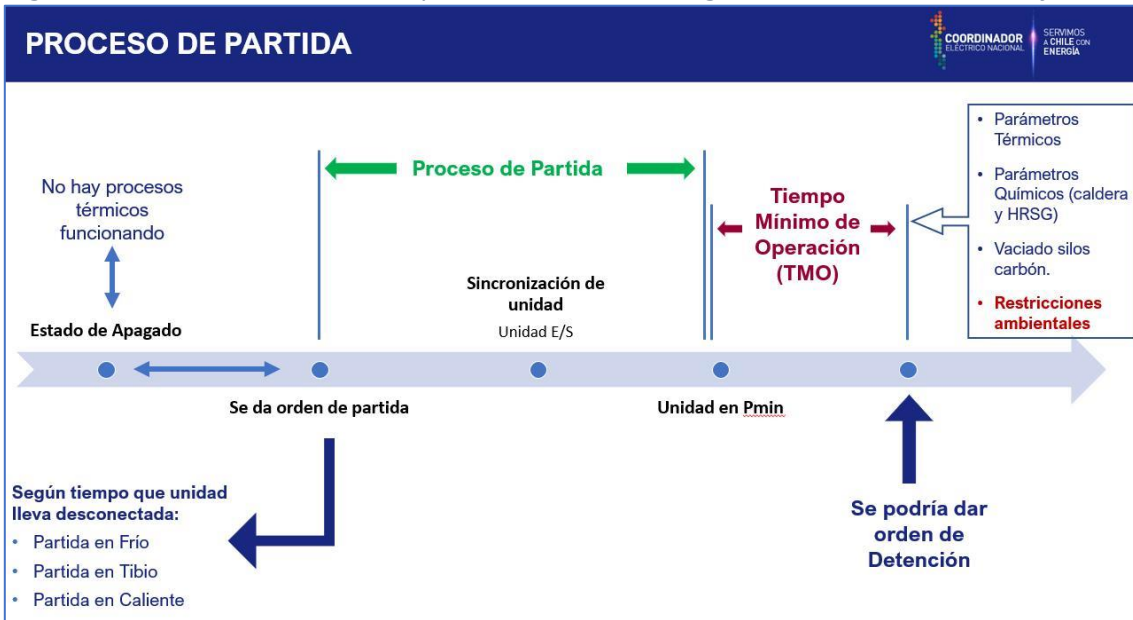
Los tiempos (desde minutos a varias horas) del encendido dependerán del tipo de partida (Frío, Tibio o Caliente). Además, se debe considerar lo siguiente:

- Proceso desde que unidad está en Estado de Apagado hasta Potencia mínima (P<sub>min</sub>).
- En unidades con turbina a vapor se definen al menos estado en frío y caliente. Usualmente existe un estado intermedio denominado tibio. Estas denominaciones dependen del tiempo en que la UGE ha estado desconectada.
- Se determina Combustible / Energía Eléctrica consumida en proceso (SS/AA de la unidad).

Para el tiempo de detención se considera:

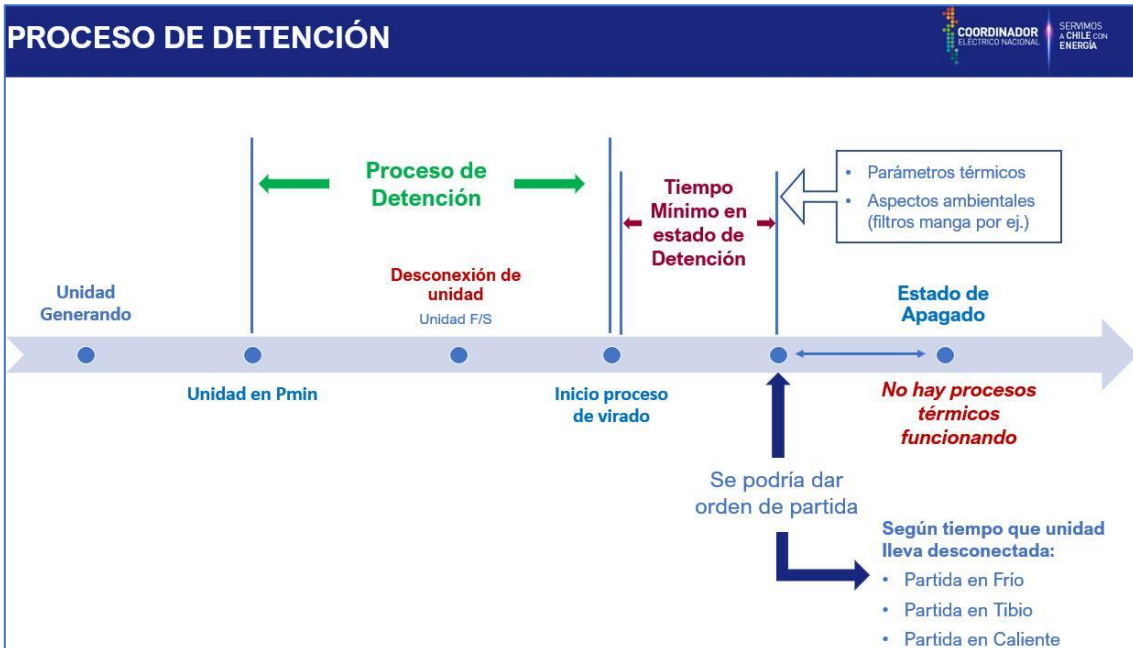
- Proceso desde que unidad está a P<sub>min</sub> hasta el Estado de Apagado.
- Se determina Combustible / Energía Eléctrica consumida en proceso (SS/AA de la unidad).

Figura 8-1 Proceso de encendido o partida de la unidad de generación, en escenario de flexibilidad



Fuente: Presentación realizada por Coordinador eléctrico en reunión Comité Operativo Ampliado

Figura 8-2 Proceso de detención de la unidad de generación, en escenario de flexibilidad



Fuente: Presentación realizada por Coordinador eléctrico en reunión Comité Operativo Ampliado



Por otro lado, el Estado Apagado es cuando la Unidad está completamente detenida.

- En centrales térmicas, se requiere además que no hayan procesos térmicos funcionando.
- Estado de Apagado es  $\neq$  Condición Fuera de Servicio.
- Condición Fuera de Servicio: unidad desconectada de Sistema interconectado no inyecta energía.

Otro parámetro importante es el Tiempo mínimo de operación (TMO) que corresponde al mínimo tiempo E/ antes de poder iniciar un proceso de detención, luego de concluido el Proceso Partida.

De acuerdo a las recomendaciones del CEN las restricciones de Tiempo mínimo de operación (TMO), pueden ser controladas con aplicación de metodologías específicas, entre ellas:

- a) Tiempo de vaciado de silos de carbón: modificar gestión de control de nivel de silos.
  - Instalación o aplicación de equipos de monitoreo en silos para control de temperatura del carbón.
  - Medición de formación de CO, control de temperatura, supresores de fuego en silos como ambiente de nitrógeno.
  - Vaciado de silos por by-pass de alimentadores.
- b) Parámetros químicos de Caldera para carboneras (sílice, PH, etc.) y de HRSG para ciclos combinados:
  - Equipos de control automático de inyección de productos para control de parámetros químicos.
  - Mejores políticas de control de químicos durante la detención y el arranque.
- c) Estabilización de parámetros térmicos de Caldera y Turbinas asociados a Stress Térmico
  - Políticas de control de proceso durante el arranque, y estudios de temperaturas de estabilizaciones inferiores a las nominales (dilataciones).

Considerando las nuevas problemáticas asociadas a la flexibilidad eléctrica, la mayor frecuencia de encendidos y apagados como también aquellas unidades que operan pocas horas al año en régimen se recomienda realizar una mesa técnica para revisar y actualizar Protocolo para la Validación, Aseguramiento Control de Calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS). (RE N° 1743/2019 de la SMA) destacando que este protocolo incluye:

- La programación general de ensayos de validación,
- Los ensayos de validación a ejecutar,
- Los requerimientos generales y específicos para su validación,
- Las fórmulas aplicables para cada ensayo, y
- términos generales, todos los requisitos necesarios para la aprobación de los CEMS

## 9 Actualización de la caracterización de la calidad de aire en los territorios de emplazamiento de las centrales

La caracterización de calidad de aire que se presenta corresponde a un análisis de los contaminantes normados por el D.S. N°13/2011 del MMA respecto a las normas primarias de calidad de aire vigentes en Chile con la información disponible en las estaciones de monitoreo ubicadas en territorios de emplazamiento o las zonas afectadas por las emisiones atmosféricas de las centrales termoeléctricas. Este capítulo está en elaboración, se está recopilando información para actualizar los gráficos que fueron presentados en el estudio de O2b.

La Tabla 9-1 presenta un resumen para los territorios de emplazamiento de las centrales termoeléctricas seleccionadas para casos de estudio, en cuanto a si corresponde a una zona declarada saturada o latente, los contaminantes que dieron origen a la declaración de saturación y el Decreto respectivo cuando corresponda. Además. Se incluye una columna con el número de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) asociada a la aprobación de la central y las estaciones de monitoreo que aparecen mencionadas para el seguimiento de la calidad del aire.

*Tabla 9-1 Resumen de territorios de emplazamiento de centrales termoeléctricas*

Central	Territorio de Emplazamiento central	Zona S/L	Variables y Decreto declaración de Zona Latente (ZL) o Saturada (ZS)	RCA y Estaciones para seguimiento de concentraciones
Termoeléctrica Norgener	Tocopilla	Si	ZS por conc. anual de MP10 D.S. N°81/2007 de MINSEGPRES	RE45/1997, RE485/1994 Gobernación, Gendarmería, Bomberos
Tocopilla	Tocopilla	Si		RE075/1998 Escuela E10
Termoeléctrica Angamos	Mejillones	No		RE290/2007 1 est mp10, so2, no2
Termoeléctrica Cochrane	Mejillones	No		RE305/2009 1 est mp10, so2, no2 SO2 cactus gaviotín
KELAR	Mejillones	No		RE341/2007 RE155/2013 Punta Itata o caleta hornitos
Salar	Calama Chuquicamata	Si	ZS por MP10 D.S. N°57/2009 de MINSEGPRES	RE 0339/2008, no especifica estaciones de seguimiento, se puede considerar red Calama
Guacolda	Huasco	Si	ZL por conc. anual de MP10 D.S. N°25/2011 de MMA	RE004/1195 EME F, EME M, SM1, SM2, SM3, SM4, SM5, SM6, SM7, SM8
San Isidro II	Quillota	Si	ZS por conc. anual de MP10 y ZL por conc. diaria de MP10 D.S. N°107/2018 de MMA	RE164/2004 Bomberos, La Palma, San Pedro
Nehuenco I	Quillota	Si		RE003/1997 Bomberos, La Palma, San Pedro
Los Vientos	Llayllay	Si		RE293/2005 Los Vientos

Central	Territorio de Emplazamiento central	Zona S/L	Variables y Decreto declaración de Zona Latente (ZL) o Saturada (ZS)	RCA y Estaciones para seguimiento de concentraciones
Campiche	Puchuncaví-Quintero	Si	ZS por SO <sub>2</sub> y MP10 D.S. N° 346/1994 MinAgricultura ZS por conc. anual de MP2,5 ZL por conc. diaria de MP2,5 y conc. anual de MP10 D.S. N°10/2015 del MMA	RE275/2010 Al Greda, Puchuncaví, Valle Alegre, Los Maitenes, Sur, Quintero.
Nueva Renca	Renca, Santiago	Si	ZS por MP10, PTS, CO y O <sub>3</sub> y ZL para NO <sub>2</sub> . D.S. N°131/1996 MINSEGPRES ZS por conc. diaria de MP2,5 D.S. N°67/2014 del MMA	RE007/1996 RE123/2003 Estación Max impacto
Bocamina 2	Lota-Coronel	Si	ZS por conc. diaria de MP2,5 D.S. N°15/2015 de MMA	RE206/2007. Lagunillas, Lota Rural, Lota urbana
Los Pinos	Cabrero	No		RE120/2004 Charrua, progreso
Lautaro	Lautaro	No		RE034/2010 RE117/2013
Antihue TG	Valdivia	Si	ZS por conc. diaria y anual de MP10 y MP2,5 D.S. N°17/2014 de MMA	RE091/1999 Colico

Fuente: Elaboración propia en base a información en [mma.gob.cl](http://mma.gob.cl) y [sea.gob.cl](http://sea.gob.cl)

El estudio de O2b, 2019 realizó una caracterización de la calidad de aire para Tocopilla, Mejillones, Huasco, Quillota, Quintero-Puchuncaví, Santiago, Lota-Coronel y Valdivia con datos disponibles hasta el año 2018. La definición de esas zonas se realizó en función de las centrales instaladas y el nivel de calidad de aire (zona saturada o latente), priorizando por aquellas donde se podría establecer una relación entre las emisiones de las centrales y los cambios en la calidad de aire, caso Tocopilla y Huasco. Los contaminantes y valores límites a considerar se detallan en la Tabla 9-2.

*Tabla 9-2 Contaminantes y Valores establecidos en las normas primarias de calidad de aire en Chile considerados para caracterizar calidad de aire*

Contaminante (unidad)	Norma horaria	Norma Diaria	Norma Anual	Cuerpo legal
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)	400	-	100	D.S. N°114/2002
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)	350	150	60	D.S. N°104/2018
MP10 (µg/m <sup>3</sup> N)	-	130	50	D.S. N°12/2021
MP2,5 (µg/m <sup>3</sup> )	-	50	20	D.S. N°12/2011

Fuente: Elaboración propia en base a MMA.

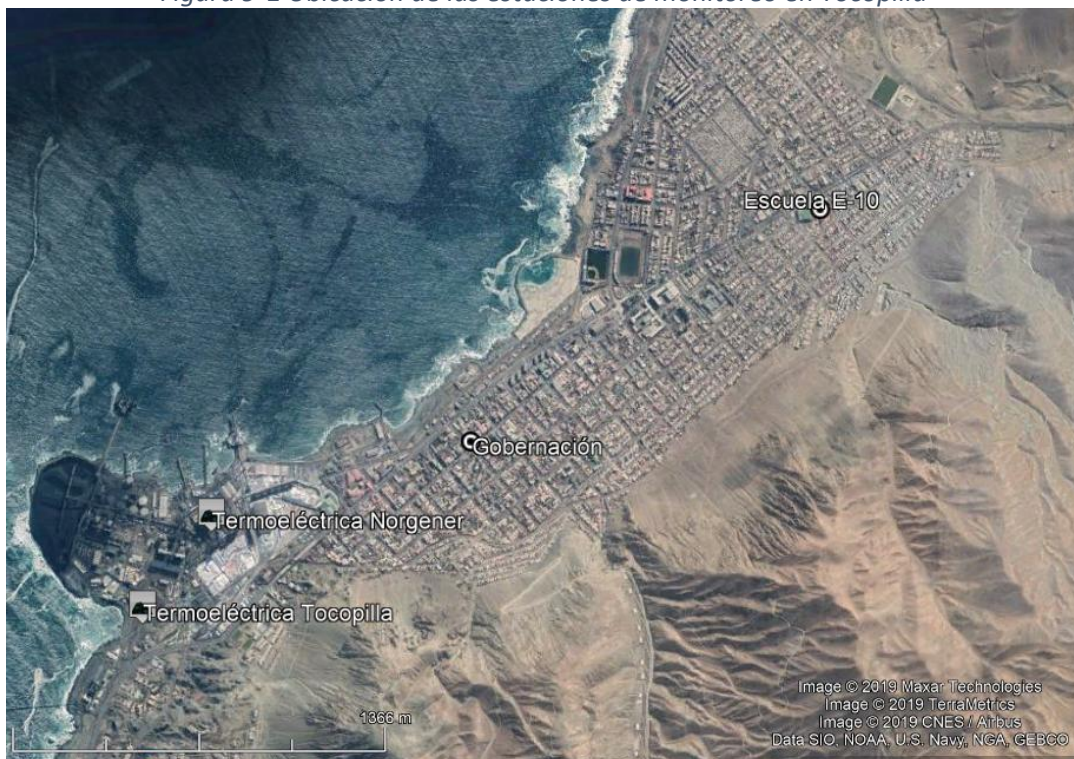
### 1.1.1. Tocopilla

La ciudad de Tocopilla registra medición de la calidad de aire desde fines de los 90s, realizada en dos estaciones: MP10, SO2 y NO2 en Escuela E10 y medición de MP10 y SO2 en Gobernación, cuyas ubicaciones se muestran en la Figura 9-1. Las concentraciones de MP10 excedieron la norma anual por lo cual en octubre de 2007 mediante el D.S. N° 50 de MINSEGPRES se declaró a Tocopilla como Zona Saturada por concentración anual de MP10. Posteriormente, en el año 2010 mediante el D.S. N°79 de MINSEGPRES se estableció un Plan de Descontaminación (PDA) por MP10.

Una de las medidas del plan de descontaminación fue el rediseño de la red de monitoreo y de las variables a monitorear, optimizando el equipamiento de las estaciones E10 y Gobernación, e incorporando las estaciones Lipesed y Gendarmería.

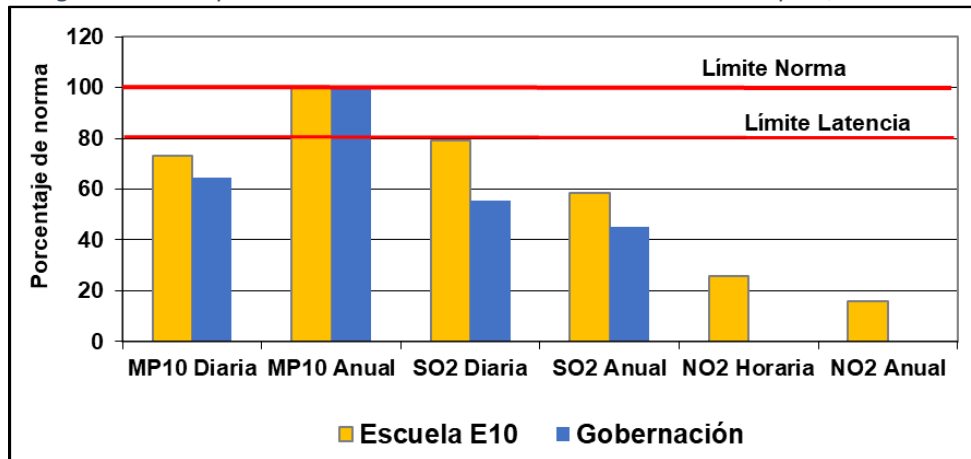
La Figura 9-1 muestra la ubicación de las estaciones Gobernación y Escuela E10 como también las centrales Norgener y Tocopilla consideradas para casos de estudio.

*Figura 9-1 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Tocopilla*



De acuerdo a las concentraciones presentadas en la Figura 9-2 para el año 2011, previo a la implementación de la NECT tanto en la estación E10 como en Gobernación se mantiene un promedio trianual de MP10 en el límite de la norma anual, es decir se mantiene condición de Zona Saturada. En cambio, para norma diaria por MP10 en ambas estaciones los valores son menores a 75% de la norma. Para SO2 las concentraciones en Escuela E10 son cercanos al valor de latencia por norma diaria, pero menores al 60% de la norma anual. Para NO2 las concentraciones son menores al 3% de los valores establecidos en las normas horaria y anual.

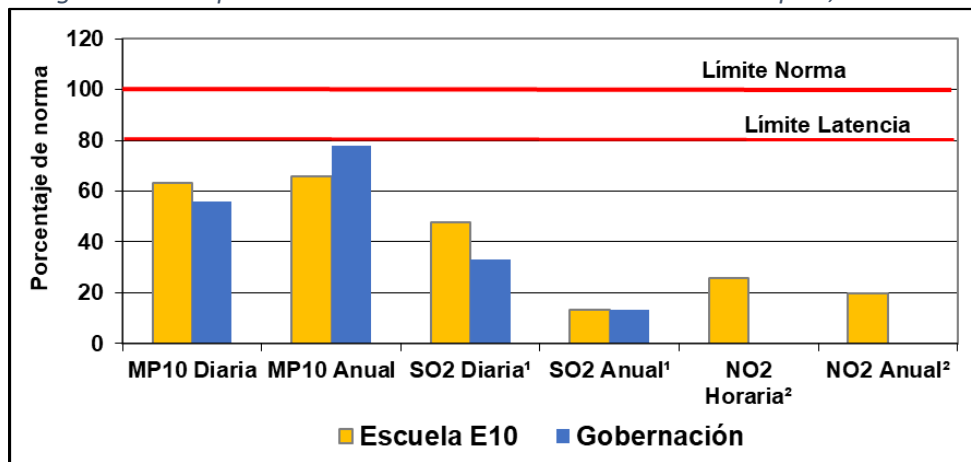
Figura 9-2 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Tocopilla, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos SINCA y SMA

La evaluación de normas para el año 2021, ver Figura 9-3, muestra un leve descenso para la norma diaria de MP10, pero por norma anual las concentraciones disminuyen respecto a 2011, incluso por debajo del límite de latencia en E10 (actualmente SuperSite) y Gobernación. Las concentraciones de SO2 muestran un fuerte descenso, por debajo del 50% de las normas diaria y anual. Para NO2 en cambio los valores del año 2021 son similares a los registrados en 2011.

Figura 9-3 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Tocopilla, año 2021



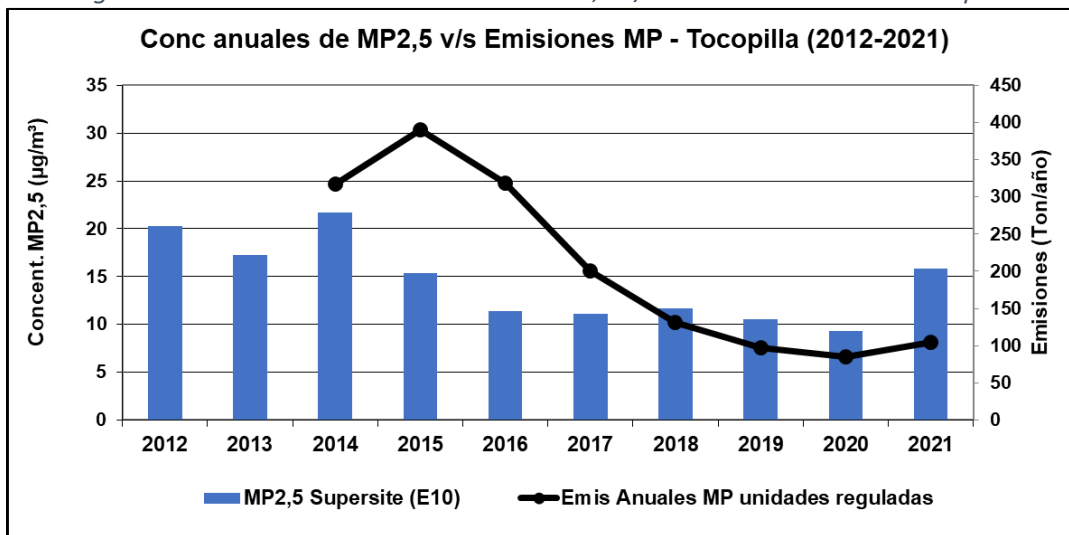
<sup>1</sup> Evaluación norma SO2 año 2019      <sup>2</sup> Valor referencial con datos sin validar 2021 desde SINCA

Fuente: Elaboración propia con datos SINCA y SMA

En la Figura 9-4 se presenta una comparación de los promedios anuales de concentración de MP2,5 obtenidos desde la estación Escuela E10 con las emisiones anuales de MP en Tocopilla. Se aprecia en el gráfico que a pesar del aumento de emisiones de MP en el año el año 2015 las concentraciones de MP2,5 disminuyen. Posteriormente, desde el año 2016 en adelante hay un fuerte descenso de las emisiones de MP. Sin embargo, las concentraciones de MP2,5 se mantienen en promedios anuales cercanos a  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el año 2021 hay un aumento de MP2,5 hasta un promedio anual de  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el cual puede estar asociado a un aumento de las emisiones de MP en el año 2021 respecto al año 2020.

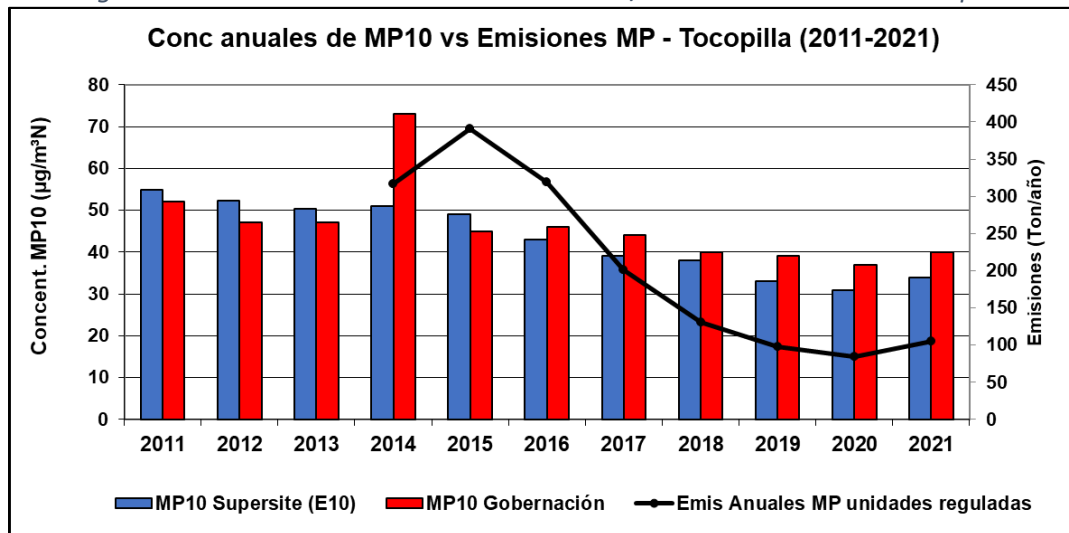
Una situación similar al MP2,5 se aprecia para MP10 en las estaciones Escuela E10 y Gobernación de acuerdo a lo presentado en la Figura 9-5 que muestra que las concentraciones de MP10 disminuyen hasta promedios anuales en el rango entre 35 y 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ . En el año 2021 también hay un aumento de MP10, pero es menor respecto al que se produce para MP2,5, lo cual puede estar asociado que el aumento de MP10 corresponde principalmente a aumento de fracción fina producto del aumento en el año 2021 de las emisiones de MP en las centrales Norgener y Tocopilla.

Figura 9-4 Concentraciones anuales de MP2,5 v/s emisiones de MP en Tocopilla



Fuente: Elaboración propia con datos de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

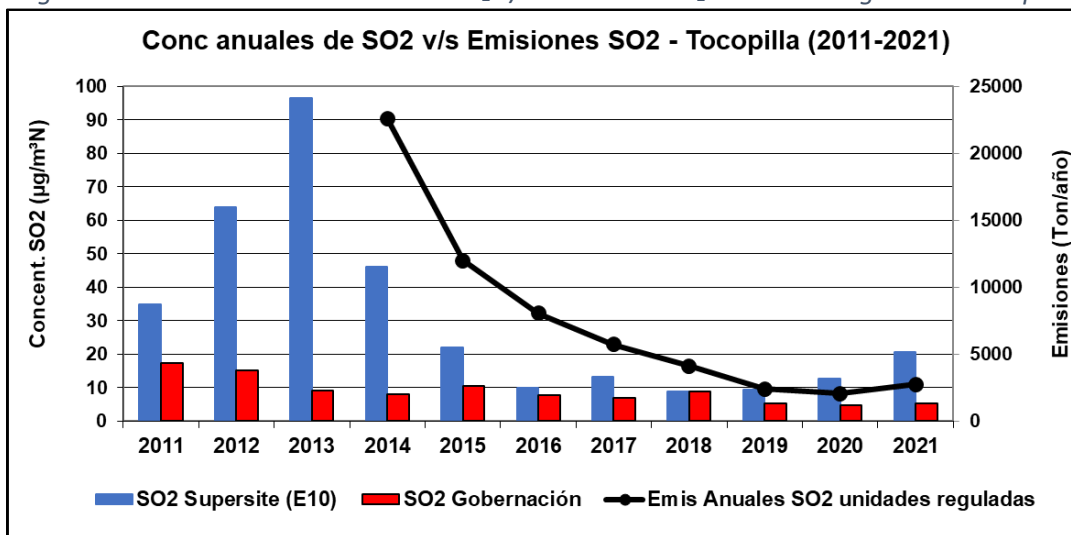
Figura 9-5 Concentraciones anuales de MP10 v/s emisiones de MP en Tocopilla



Fuente: Elaboración propia con datos de SMA (SNIFA)

La Figura 9-6 presenta una comparación de los promedios anuales de SO<sub>2</sub> en las estaciones Supersite (estación Escuela E10 hasta 2019) y Gobernación (desde mediados de 2019) con las emisiones anuales de SO<sub>2</sub> de Tocopilla (Norgener +Tocopilla). Se aprecia una fuerte disminución de las emisiones desde 2014 a 2016, especialmente en la estación E10 año en el cual se debe cumplir el límite de emisión de SO<sub>2</sub> ya que Tocopilla no es latente por SO<sub>2</sub>. En el año 2021 hay un aumento de las concentraciones de SO<sub>2</sub> que coincide con aumento de las emisiones anuales de SO<sub>2</sub> respecto al año anterior.

Figura 9-6 Concentraciones Anuales SO<sub>2</sub> v/s emisiones SO<sub>2</sub>—unidades reguladas. Tocopilla

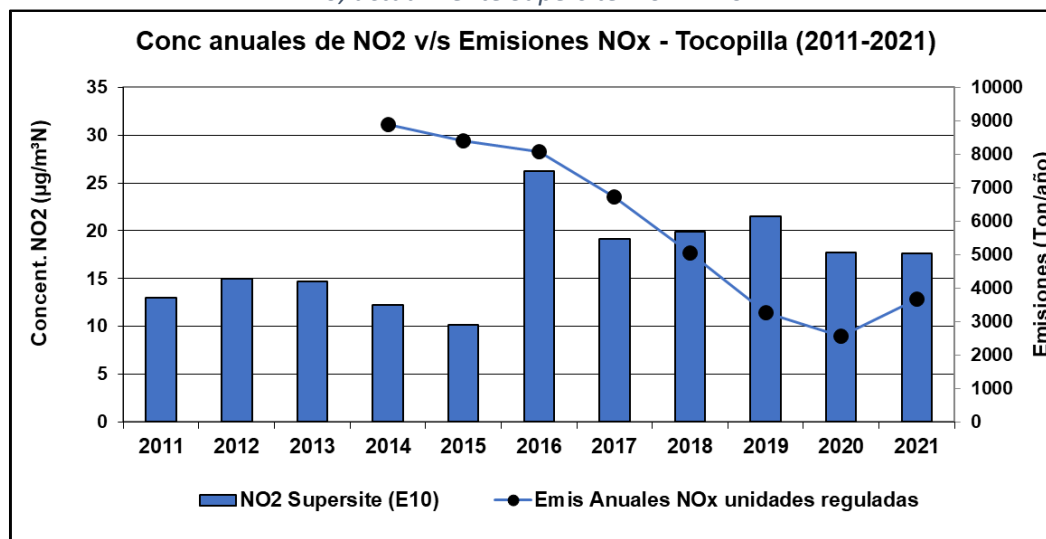


Fuente: Elaboración propia con información de SINCA (calidad de aire) y SMA (emisiones)

La Figura 9-7 presenta una comparación de los promedios anuales de NO<sub>2</sub> en la estación Escuela E10 de Tocopilla y las emisiones anuales de NO<sub>x</sub> de Tocopilla (Norgener +Tocopilla). Se aprecia una disminución de las emisiones desde 2015 a 2016, año en el cual se debe cumplir el límite de emisión de NO<sub>x</sub>, pero en el año 2016 hay un aumento del promedio anual de NO<sub>2</sub> en la Escuela E10, situación inversa ocurre en el año 2018 con un aumento de emisión y disminución de la concentración anual. Luego, los promedios anuales de NO<sub>2</sub> no tienen correspondencia con las emisiones anuales de NO<sub>x</sub>. Al igual que las emisiones de MP y SO<sub>2</sub>, durante el año 2021 también hay un aumento de las emisiones de NO<sub>x</sub> para Tocopilla hasta un valor similar al año 2019.



Figura 9-7 Concentraciones anuales NO<sub>2</sub> v/s emisiones NO<sub>x</sub> unidades reguladas. Tocopilla Escuela E10, actualmente Supersite. 2011 - 2021



Fuente: Elaboración propia con información de SINCA (calidad de aire) y SMA (emisiones)

### 1.1.2. Mejillones

En la comuna de Mejillones existe un sector industrial en el cual se han instalado centrales termoeléctricas (a gas natural, petróleo y carbón), una planta de amoníaco de ENAEX, plantas de procesamiento de pescado y un Terminal portuario. La instalación de fuentes emisoras en el sector industrial está favorecida por el régimen de vientos que dirige las emisiones desde el sector industrial hacia el mar, alejándolas de la zona poblada. Las estaciones Bomberos y Ferrocarril reportan datos desde el año 1999, MP10 y NO<sub>2</sub> en Bomberos y MP10 y SO<sub>2</sub> en Ferrocarril. El aumento de fuentes emisoras en la zona industrial ha implicado un incremento del número de estaciones de monitoreo. Actualmente, hay 14 estaciones de monitoreo de calidad de aire en Mejillones, 6 de ellas en la zona urbana, pero los informes oficiales de la SMA no incluyen estas estaciones en la evaluación de normas porque varias de ellas no tienen declaración de representatividad poblacional (EMRP).

La Figura 9-8 muestra la ubicación de las estaciones Ferrocarril, Bomberos y Puerto Mejillones (conocida como Club Social y Deportivo Unión Marítimo) en la zona poblada ubicada en la zona SurOeste. La estación Molynor está al SurOeste de las centrales Angamos y Cochrane. Además, en la imagen se incluye la Central térmica Kelar ubicada al NorEste de la zona industrial de Mejillones.

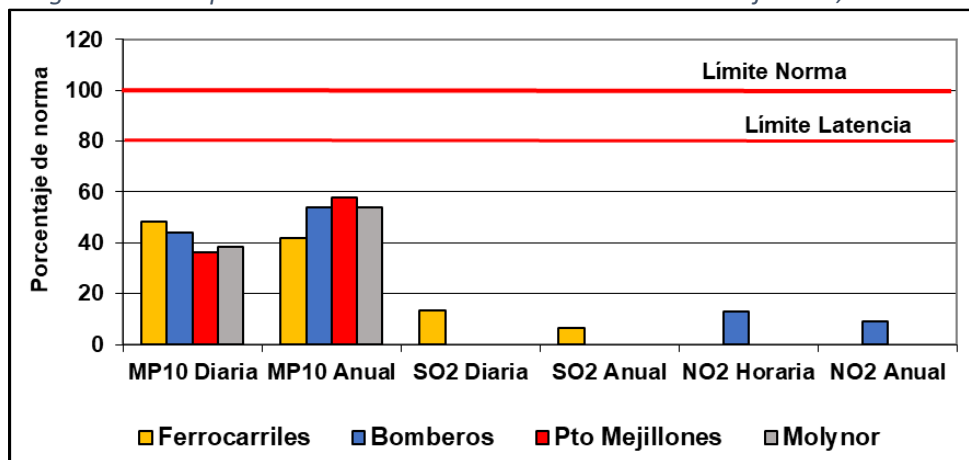
De acuerdo a las concentraciones presentadas en la Figura 9-9 para el año 2011, las concentraciones de MP10 en las estaciones ubicadas en la zona urbana, es decir en Bomberos, Ferrocarril y Puerto Mejillones son inferiores al 45% de la norma diaria y al 55% de la norma anual. En cambio, para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> las concentraciones son inferiores al 15% de las normas. Por otro lado, en la estación Molynor ubicada en la zona industrial las concentraciones de MP10 son cercanas al 40% de la norma diaria y cercanas al 50% de la norma anual.



Figura 9-8 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Mejillones



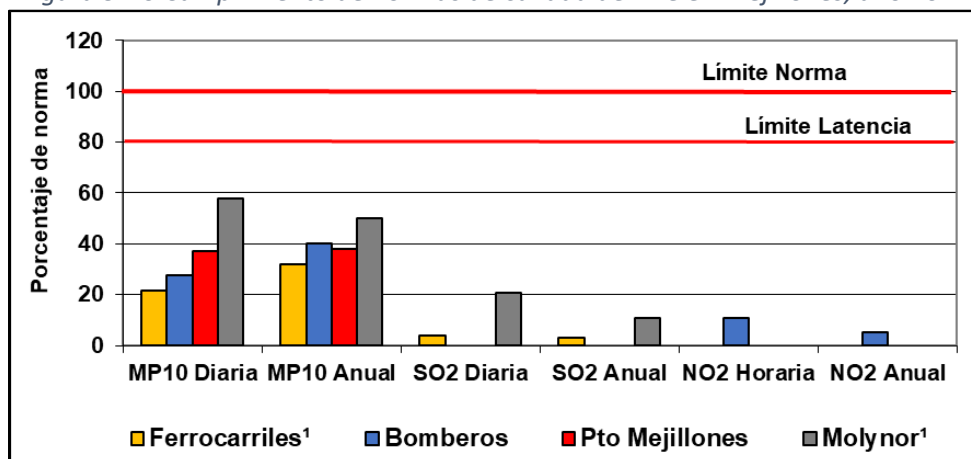
Figura 9-9 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Mejillones, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA y SINCA

Al evaluar las normas en el año 2021, ver Figura 9-10, se aprecia un aumento de las concentraciones de MP10 desde Este (Ferrocarriiles) a Oeste (Molynor), registrándose en Molynor aumento cercano al 50% en la norma diaria respecto al año 2011 y una fuerte disminución casi a la mitad de la norma diaria en las estaciones Ferrocarriles y Bomberos. La Norma anual para MP10 es similar al año 2011, y hay una leve disminución de las concentraciones de SO2 y NO2.

Figura 9-10 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Mejillones, año 2021



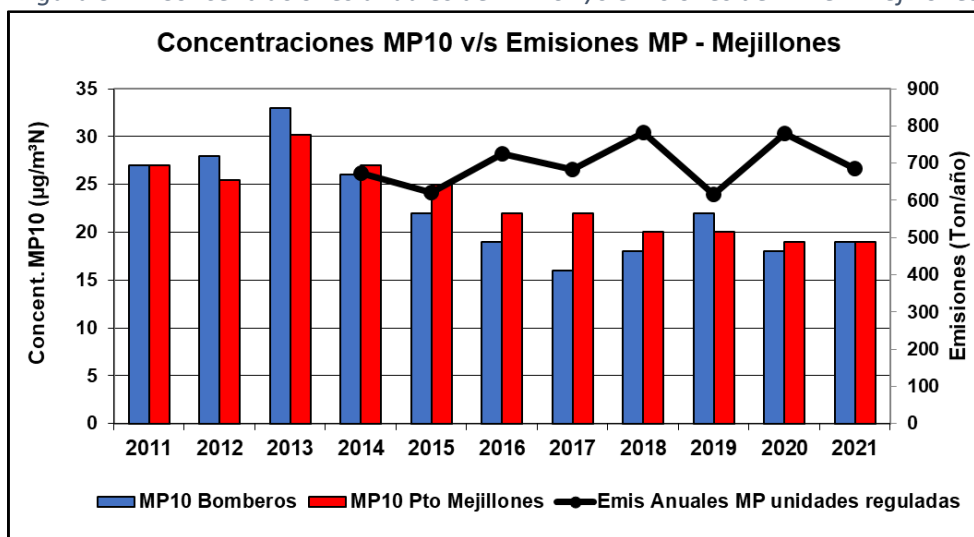
<sup>1</sup> Valores de evaluación de norma para año 2019

Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA, SINCA y MMA

Las emisiones anuales de MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> consideradas en el análisis corresponden a la suma de las emisiones de las centrales Angamos, Cochrane, Mejillones, Andina, Gas Atacama y Kelar.

La Figura 9-11 presenta la comparación entre las concentraciones anuales de MP10 de las estaciones Bomberos y Puerto Mejillones y las emisiones de MP en Mejillones. No se aprecia una correspondencia entre los valores, incluso desde el año 2015 se aprecia un aumento de emisiones de MP, pero hay un descenso en los promedios anuales de MP10 de Bomberos y Puerto Mejillones.

Figura 9-11 Concentraciones anuales de MP10 v/s emisiones de MP en Mejillones

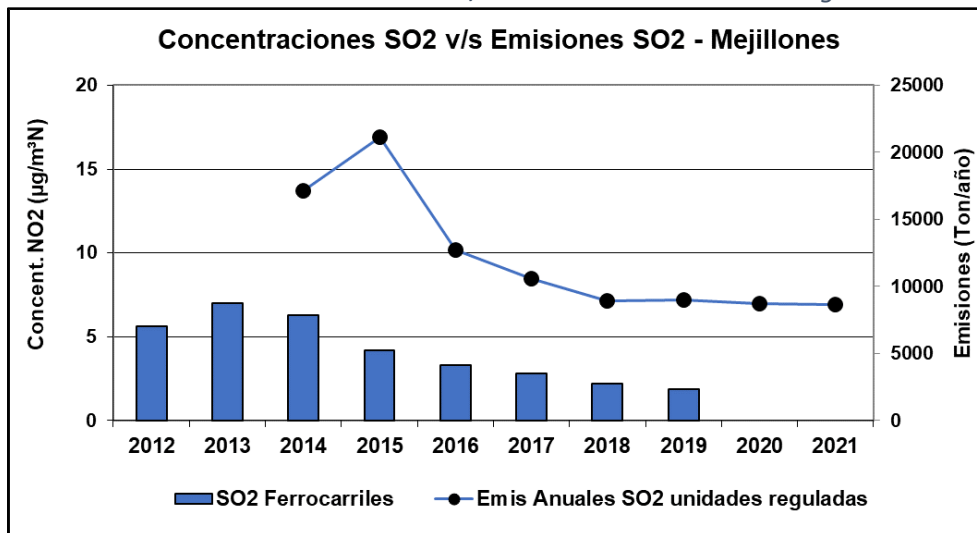


Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA, SINCA

La Figura 9-12 presenta una comparación de los promedios anuales de SO<sub>2</sub> en la estación Ferrocarriles con las emisiones anuales de SO<sub>2</sub> de Mejillones. Se aprecia una fuerte disminución de

las emisiones de SO<sub>2</sub> desde 2015 a 2018 manteniendo emisiones anuales cercanas a 9000 Ton/año desde 2019. No se recopilieron datos de concentraciones de SO<sub>2</sub> para los años 2019 a 2021.

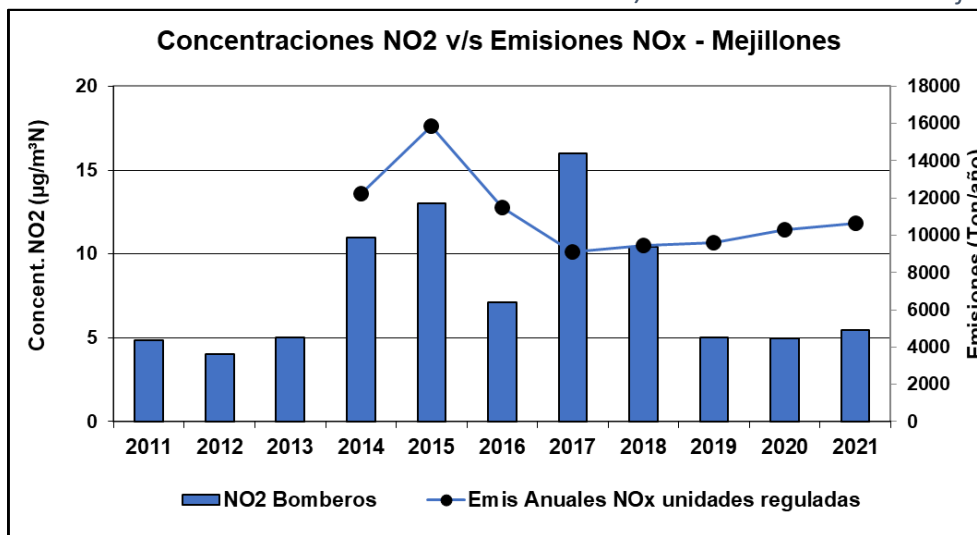
Figura 9-12 Concentraciones Anuales SO<sub>2</sub> v/s emisiones SO<sub>2</sub>—unidades reguladas. Tocopilla



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA, SINCA

La Figura 9-13 presenta la comparación entre las concentraciones anuales de NO<sub>2</sub> de la estación Bomberos y las emisiones de NO<sub>x</sub> en Mejillones. Se aprecia un grado de correspondencia en el comportamiento, pero no en la magnitud entre los valores anuales de concentraciones y emisiones, a excepción de años 2017 y 2018. Desde 2017 hay un aumento de emisiones de NO<sub>x</sub>.

Figura 9-13 Concentraciones anuales de NO<sub>2</sub> Bomberos v/s emisiones de NO<sub>x</sub> en Mejillones



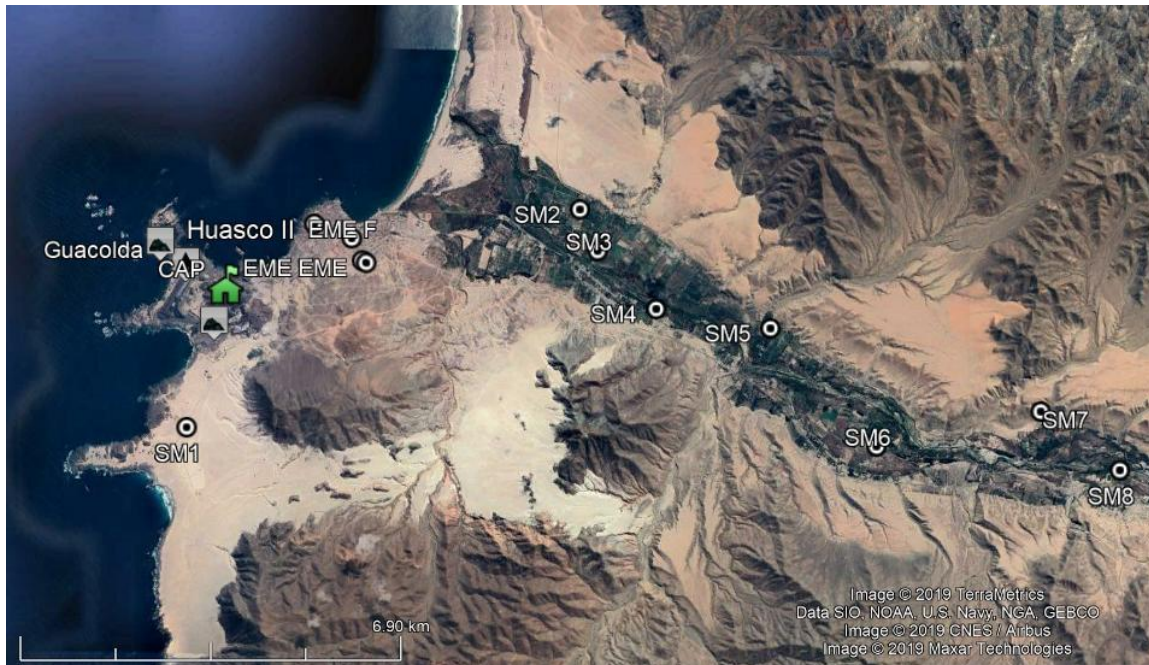
Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA, SINCA

### 1.1.3. Huasco

El monitoreo de calidad del aire en Huasco comienza en el año 1995 con seis estaciones, posteriormente como exigencia a la aprobación del Proyecto “Uso de mezclas de carbón y petcoke en la Central Térmica Guacolda” (Res.Exenta N° 38/00), se agregan 8 estaciones para monitoreo permanente de SO<sub>2</sub> a lo largo del Valle del Huasco, denominadas desde SM1 hasta SM8, para el año 2011 se mantenía medición en las 8 estaciones más las estaciones EME F, EME M, 21 de Mayo y Huasco II cuya ubicación se muestra en la Figura 9-20, en la cual se incluyen las principales fuentes emisoras que corresponden a Central Guacolda, Central Huasco y la planta de pellet de la compañía de aceros del Pacífico (CAP)

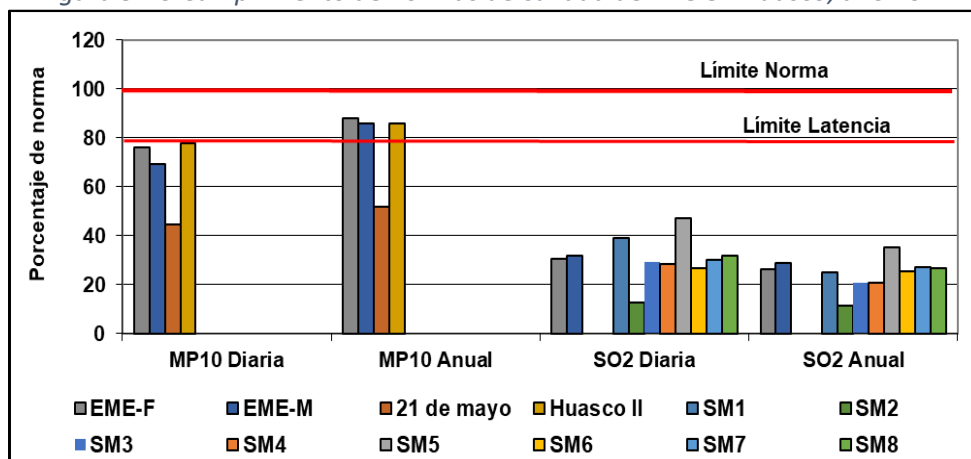
Durante los primeros años de mediciones de MP<sub>10</sub> en las estaciones EME F y EME M se superó el nivel de la norma anual de MP<sub>10</sub> por lo cual se implementaron medidas de gestión de la calidad del aire. Posteriormente, en mayo de 2012 mediante el D.S. N°40 del MMA se declaró Zona Latente por norma anual de MP<sub>10</sub> a la localidad de Huasco y su zona circundante y en noviembre de 2016 se promulga el Plan de Prevención Atmosférica (PDA) para la localidad de Huasco y su zona circundante (D.S. N°38/2016 del MMA). Las concentraciones de MP<sub>10</sub> han disminuido durante los últimos años gracias a las medidas del PDA.

Figura 9-14 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Valle del Huasco



De acuerdo a la Figura 9-15, las concentraciones de MP<sub>10</sub> en las estaciones EEME F, EME M, 21 de Mayo y Huasco están entre 40% y 78% de la norma diaria y alrededor de un 90% de la norma anual en EME M, EME F y Huasco, es decir en zona de latencia por norma anual a diferencia de 21 de mayo con un promedio anual cercano al 50% de la norma anual de MP<sub>10</sub>. En cambio, las concentraciones de SO<sub>2</sub> son inferiores al 30% de la norma diaria y anual de SO<sub>2</sub>, con concentraciones que disminuyen en la medida que se alejan de las fuentes emisoras (ver Figura 9-14).

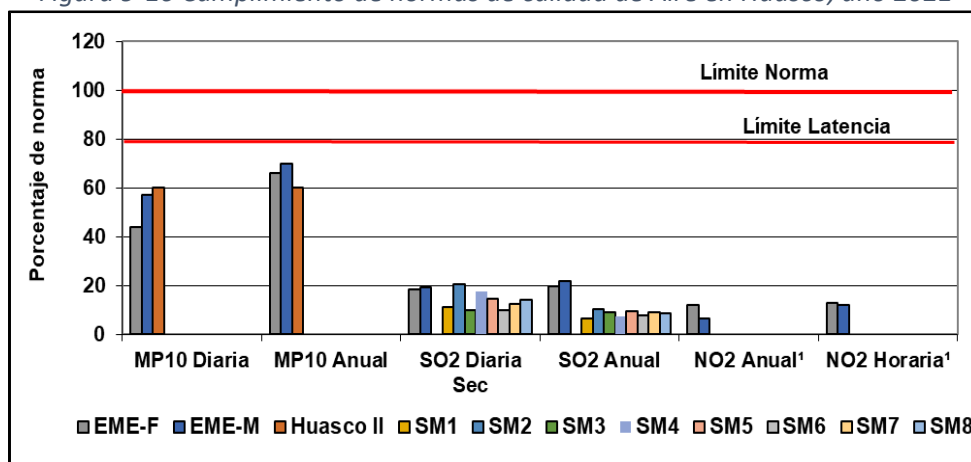
Figura 9-15 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Huasco, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La evaluación de normas para el año 2021, de acuerdo a la Figura 9-16, muestra una disminución de las concentraciones de MP10 respecto a los niveles del año 2011 principalmente asociado al PDA de Huasco, destacando las concentraciones anuales inferiores al nivel de latencia por MP10. Para SO2 también hay una disminución de las concentraciones diarias y anuales respecto a 2011 registrando valores bajo el 20% de las normas. Para NO2, el valor referencial del año 2021 es inferior al 15% de las normas horaria y anual.

Figura 9-16 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Huasco, año 2021

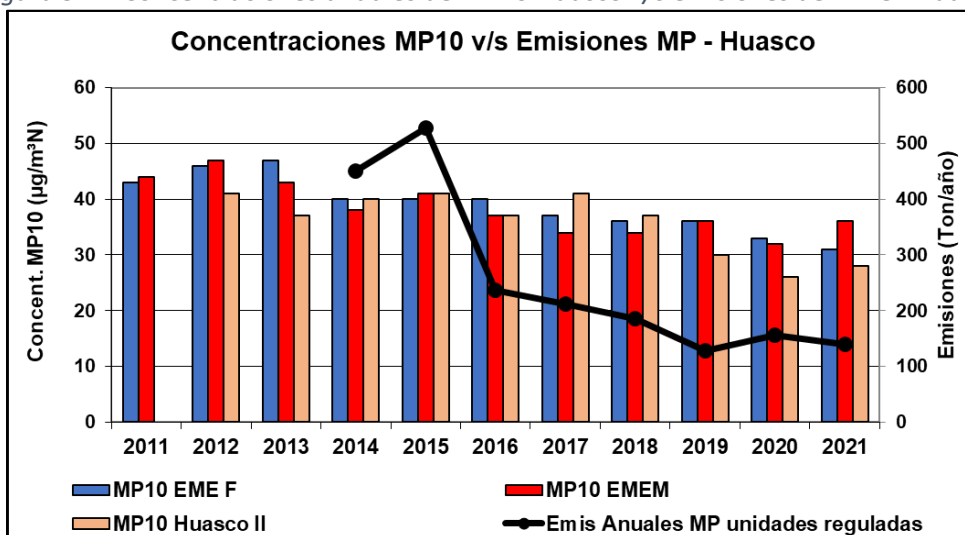


¹Valores referenciales para NO2 por tener menos de 3 años válidos (año con más de 75% de datos)

Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La Figura 9-17 presenta la comparación de los promedios anuales de MP10 en las estaciones EME F y EME M y las emisiones de MP de Guacolda. Se aprecia que las concentraciones de MP10 han ido disminuyendo paulatinamente entre los años 2012 y 2021 al igual que las emisiones anuales de MP10, especialmente entre los años 2015 y 2016. La disminución de las concentraciones de MP10 es menor en magnitud a la disminución de las emisiones entre los años 2015 y 2021.

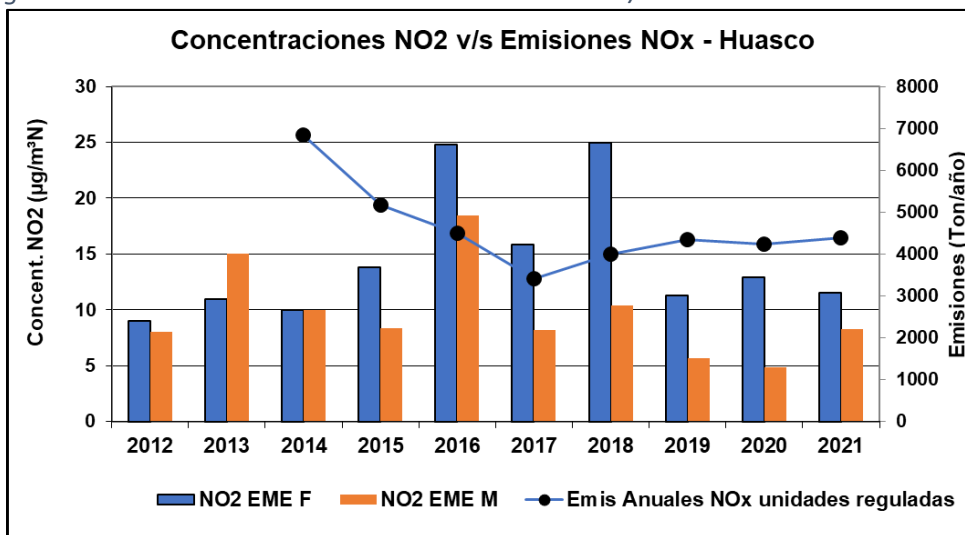
Figura 9-17 Concentraciones anuales de MP10 Huasco v/s emisiones de MP en Huasco



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

Huasco es una zona con concentraciones bajas de NO<sub>2</sub>, inferiores al 10% de la norma anual de 100µg/m<sup>3</sup>N para la mayoría de los años, las cuales no tienen un comportamiento anual que se pueda asociar a las emisiones de NO<sub>x</sub> de acuerdo a lo presentado en la Figura 9-18.

Figura 9-18 Concentraciones anuales de NO2 Huasco v/s emisiones de NOx en Huasco

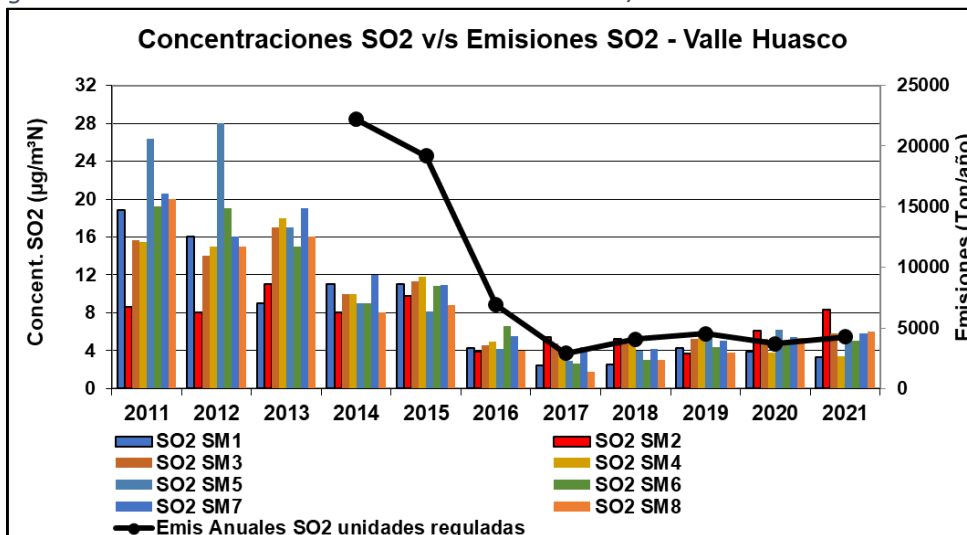


Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La Figura 9-19 muestra la comparación de los promedios anuales de SO<sub>2</sub> en las estaciones y las emisiones anuales de SO<sub>2</sub>. Se aprecia una fuerte caída de las emisiones anuales de SO<sub>2</sub> entre los años 2014 y 2017 coincidiendo con la disminución de las concentraciones de SO<sub>2</sub> en el Valle. Desde 2018 en adelante las emisiones se han mantenido en torno a 4000 ton/año y las concentraciones anuales de SO<sub>2</sub> cercanas a 5µg/m<sup>3</sup>N, muy por debajo del valor de la norma anual de 60 µg/m<sup>3</sup>N.



Figura 9-19 Concentraciones anuales de SO2 Huasco v/s emisiones de SO2 en Huasco



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

#### 1.1.4. Quillota

En la zona de Quillota se realiza monitoreo de calidad de aire asociado a las RCA de las centrales Nehuenco (RE003/1997) y San Isidro (RE164/2004) las cuales establecen seguimiento del impacto de las emisiones en las estaciones San Pedro, La Palma y Bomberos. Hay datos disponibles desde el año 2006, a los cuales se suman los datos de las estaciones La Cruz y Manzanar. La ubicación de las estaciones de monitoreo y las centrales San Isidro y Nehuenco se muestran en la Figura 9-20, además se incluye la ubicación de la planta de Cemento Melón al NorEste de Quillota

Producto de los niveles de MP10 mediante el D.S. N°107/2018 de MMA se declaró a la comuna de Quillota Zona saturada por concentración anual de MP10 y zona Latente por concentración diaria de MP10.

La Figura 9-21 muestra el cumplimiento de las normas de calidad de aire para MP10, SO2 y NO2 en las estaciones de Quillota para el año 2011. Se puede apreciar bajos niveles de SO2 y NO2 inferiores al 20% de las normas. En cambio, para MP10 se alcanzan concentraciones entre 43% y 73% de la norma diaria y entre 58% y 106% de la norma anual, con la estación Bomberos en rango de latencia por norma anual y la estación La Cruz sobre el límite de superación de la norma. Es necesario destacar que los niveles más altos de MP10 en La Cruz pueden estar impactados por las emisiones de la Planta Cemento Melón.

Figura 9-20 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Quillota

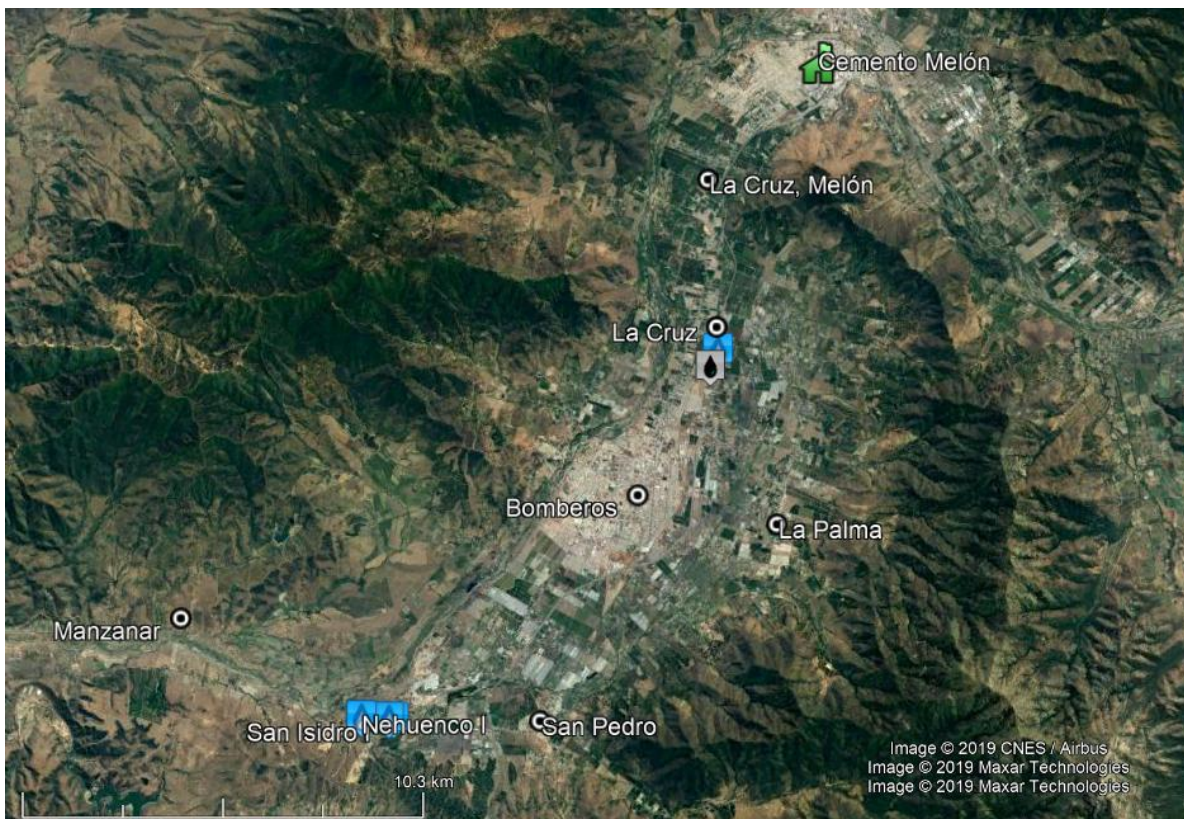
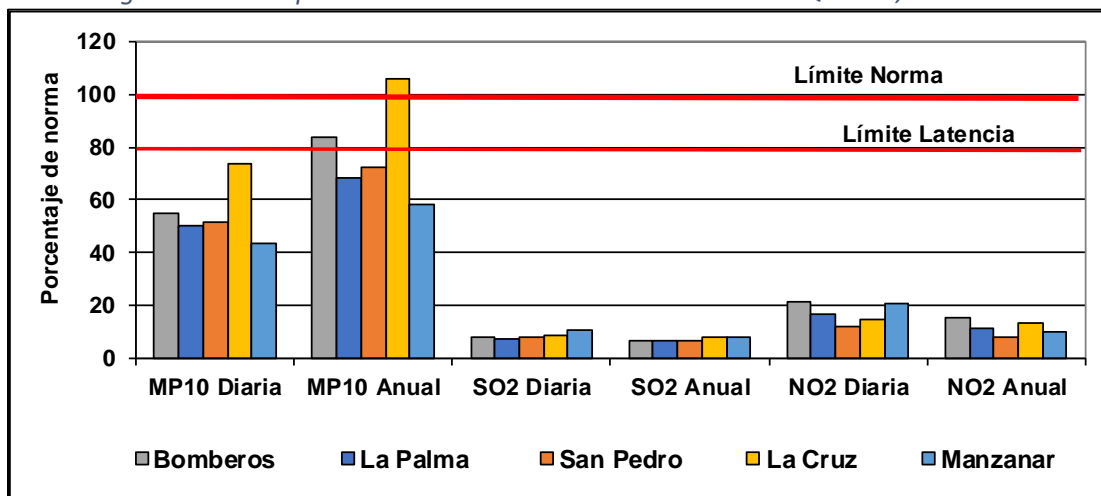


Figura 9-21 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Quillota, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

No se logró recopilar información de concentraciones de SO<sub>2</sub>, MP y NO<sub>2</sub> validadas para la zona de Quillota que permita establecer una comparación de emisiones y concentraciones para los últimos años.

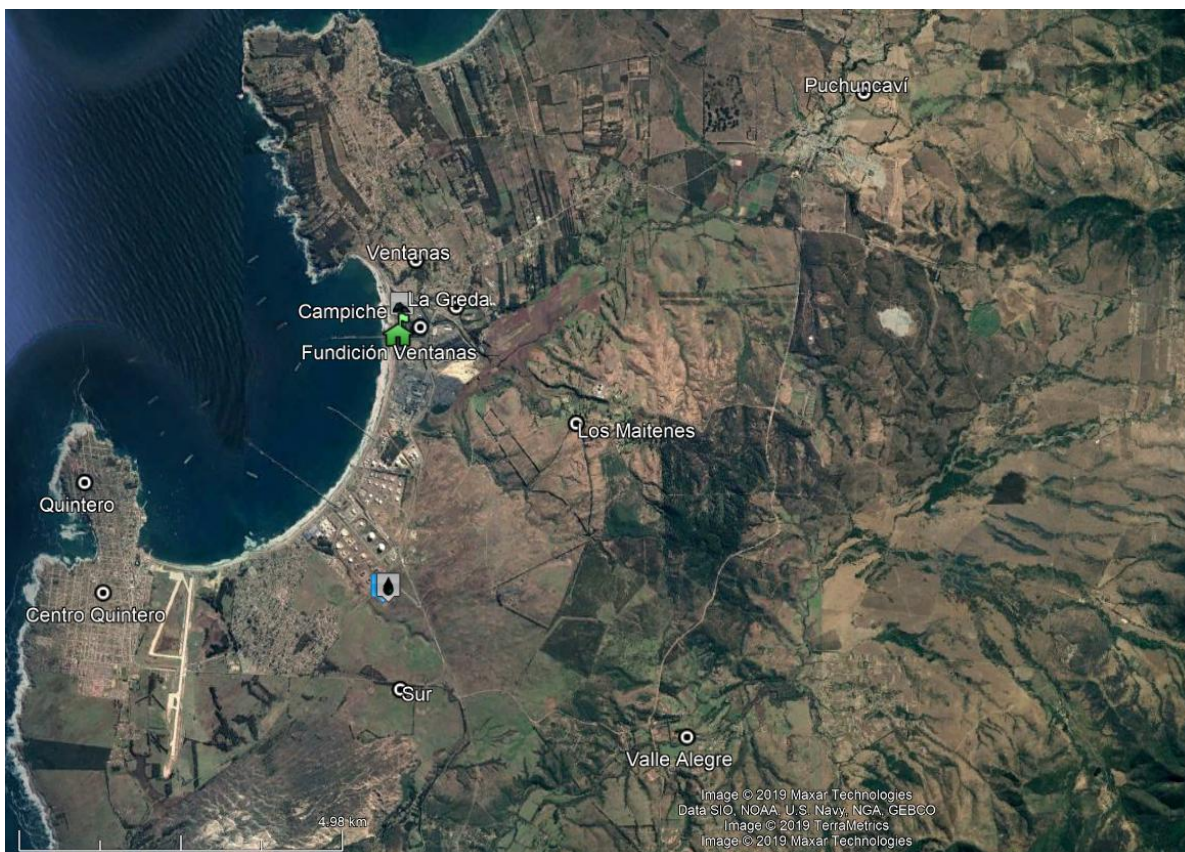


### 1.1.5. Quintero-Puchuncaví

Hace más de 50 años, se instalaron en el Complejo Industrial Ventanas dos grandes megafuentes: una planta termoeléctrica y una fundición-refinería de Cobre de ENAMI. Producto de las emisiones de SO<sub>2</sub> y MP<sub>10</sub> de estas empresas fue necesario implementar un Plan de Descontaminación (PDA) oficial desde 1992 (D.S N° 252 del Ministerio de Minería), y gran parte de las comunas de Quintero y Puchuncaví están declaradas zonas saturadas por SO<sub>2</sub> y MP<sub>10</sub> desde 1994 (D.S. N° 346 del Ministerio de Agricultura). Las mediciones de SO<sub>2</sub> y MP<sub>10</sub> se inician a mediados de los 90s en las estaciones La Greda, Puchuncaví, Sur, Valle Alegre y Los Maitenes (ver Figura 9-22) en las cuales se constató la disminución de los niveles de SO<sub>2</sub> producto de la implementación del PDA.

En los últimos 20 años se ha producido un significativo aumento del número de industrias en la zona, aparentemente sin una adecuada regulación y planificación con lo cual hay un nuevo crecimiento de emisiones por las cuales se declaró zona saturada por norma anual de MP<sub>2,5</sub>, zona latente por norma diaria de MP<sub>2,5</sub> y zona latente por norma anual de MP<sub>10</sub> a las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví en marzo de 2015 mediante el D.S. N°10 del MMA y un nuevo Plan de prevención y descontaminación mediante D.S. N°105/2018 del MMA.

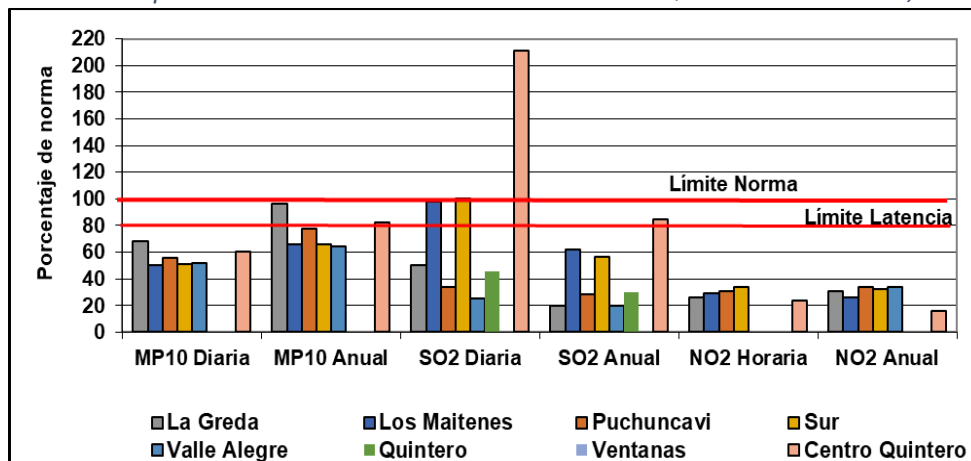
Figura 9-22 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Quintero-Puchuncaví



De acuerdo a lo presentado en la Figura 9-23 para el año 2011 las concentraciones de MP<sub>10</sub> son inferiores al 60% de la Norma diaria y en el rango entre 60% y 95% por norma anual de MP<sub>10</sub> siendo más alto en la estación La Greda la más cercana al complejo industrial. En cambio las

concentraciones de SO2 se encuentran bajo el 60% de las normas, excepto la estación Centro Quintero donde se excede en 25% la norma diaria de SO2. Las concentraciones de NO2 son inferiores al 40% de los valores de las normas diaria y anual de NO2.

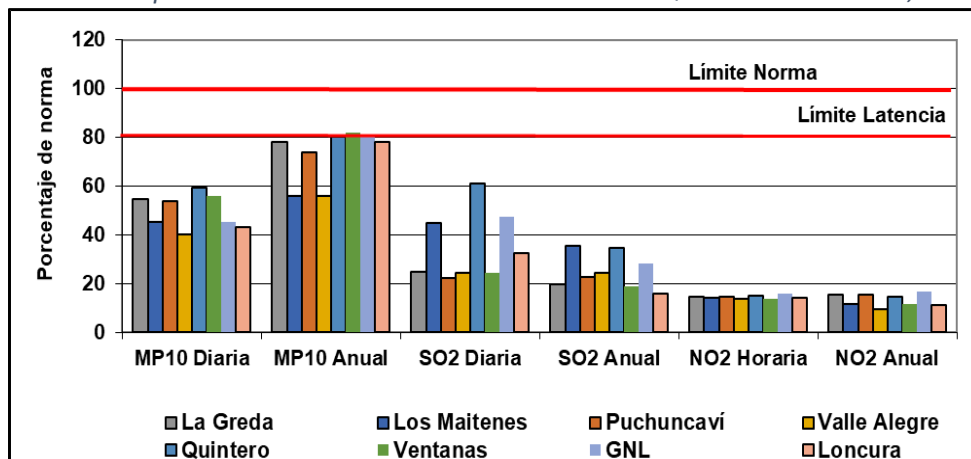
Figura 9-23 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Quintero-Puchuncaví, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La evaluación de las normas de MP10, SO2 y NO2 en el año 2021 presentada en la Figura 9-24 muestra una leve disminución para MP10, aunque se mantienen las estaciones Quintero, Ventanas y GNL Quinteros en rango de latencia por norma anual de MP10. Para SO2 y NO2 hay disminución de las concentraciones respecto a 2011 siendo las estaciones en Quintero y Los Maitenes las que presentan niveles más altos de SO2, que no superan el 60% de las normas, el resto tienen concentraciones menores a 20% de las normas tanto de SO2 como de NO2.

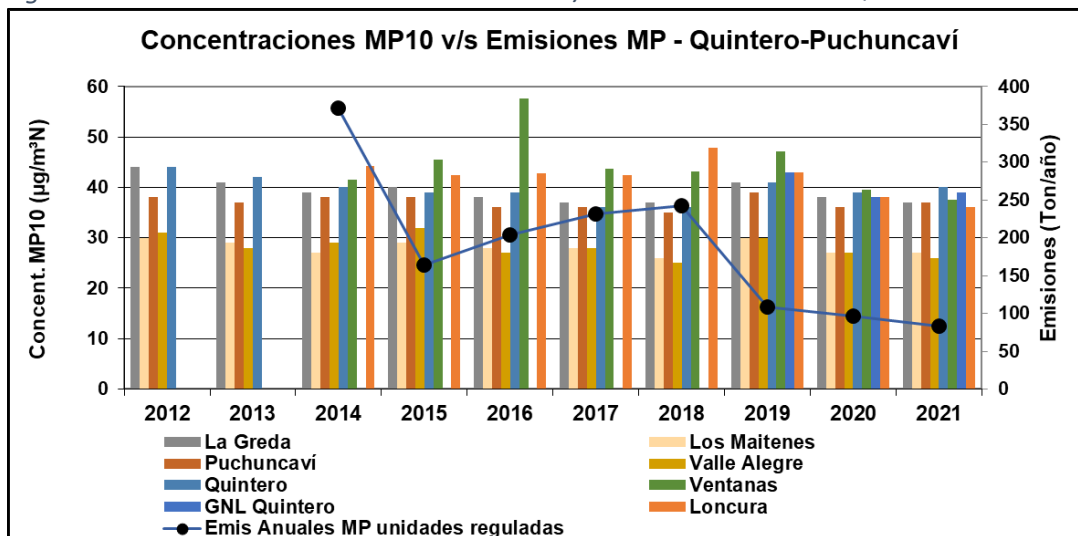
Figura 9-24 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Quintero-Puchuncaví, año 2021



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La Figura 9-25 muestra que no hay relación entre las emisiones anuales de MP y las concentraciones de MP10 lo cual es esperable por las diversas fuentes emisoras de material particulado en las comunas de Quintero y Puchuncaví.

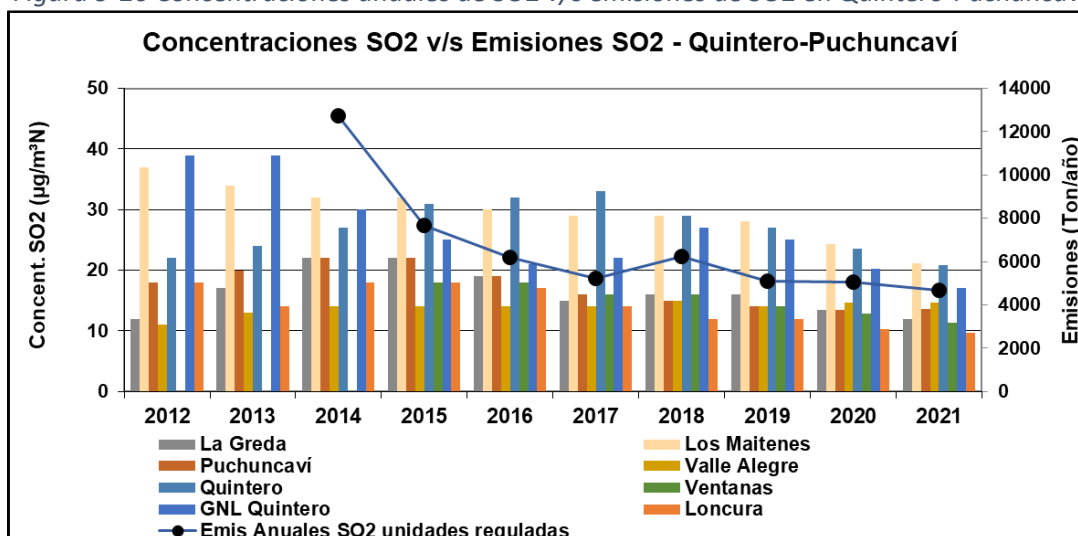
Figura 9-25 Concentraciones anuales de MP10 v/s emisiones de MP en Quintero-Puchuncaví



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La Figura 9-26 muestra un grado de correspondencia entre la disminución de emisiones de SO<sub>2</sub> y la disminución de las concentraciones de SO<sub>2</sub>. Entre 2014 y 2021 las emisiones de SO<sub>2</sub> desde las centrales disminuyen casi a la mitad. Sin embargo, esta disminución de emisiones comenzó anteriormente con el PDA para el Complejo Industrial Ventanas, por lo cual no se puede asociar totalmente a la NECT la disminución de emisiones y de concentraciones de SO<sub>2</sub>.

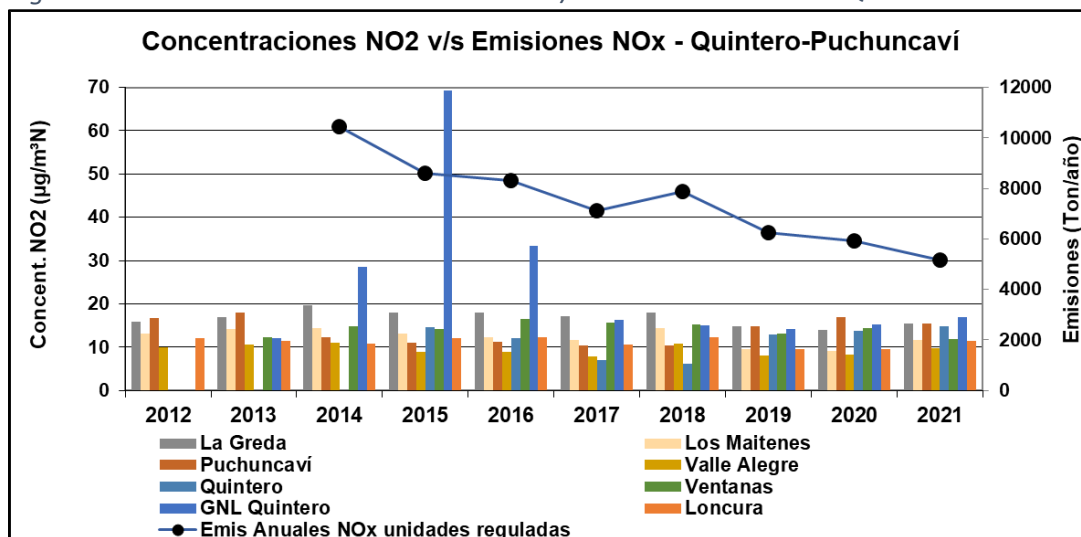
Figura 9-26 Concentraciones anuales de SO2 v/s emisiones de SO2 en Quintero-Puchuncaví



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La Figura 9-27 muestra disminución de las emisiones anuales de NOx casi a la mitad entre 2014 y 2021, pero una leve disminución de las concentraciones anuales de NO2 en el mismo período. Por lo tanto, no hay una relación directa que explique el comportamiento de las concentraciones de NO2, siendo muy probable otras fuentes de NOx en la zona que han compensado la disminución de emisiones desde las centrales

Figura 9-27 Concentraciones anuales de NO2 v/s emisiones de NOx en Quintero-Puchuncaví



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

### 1.1.6. Santiago

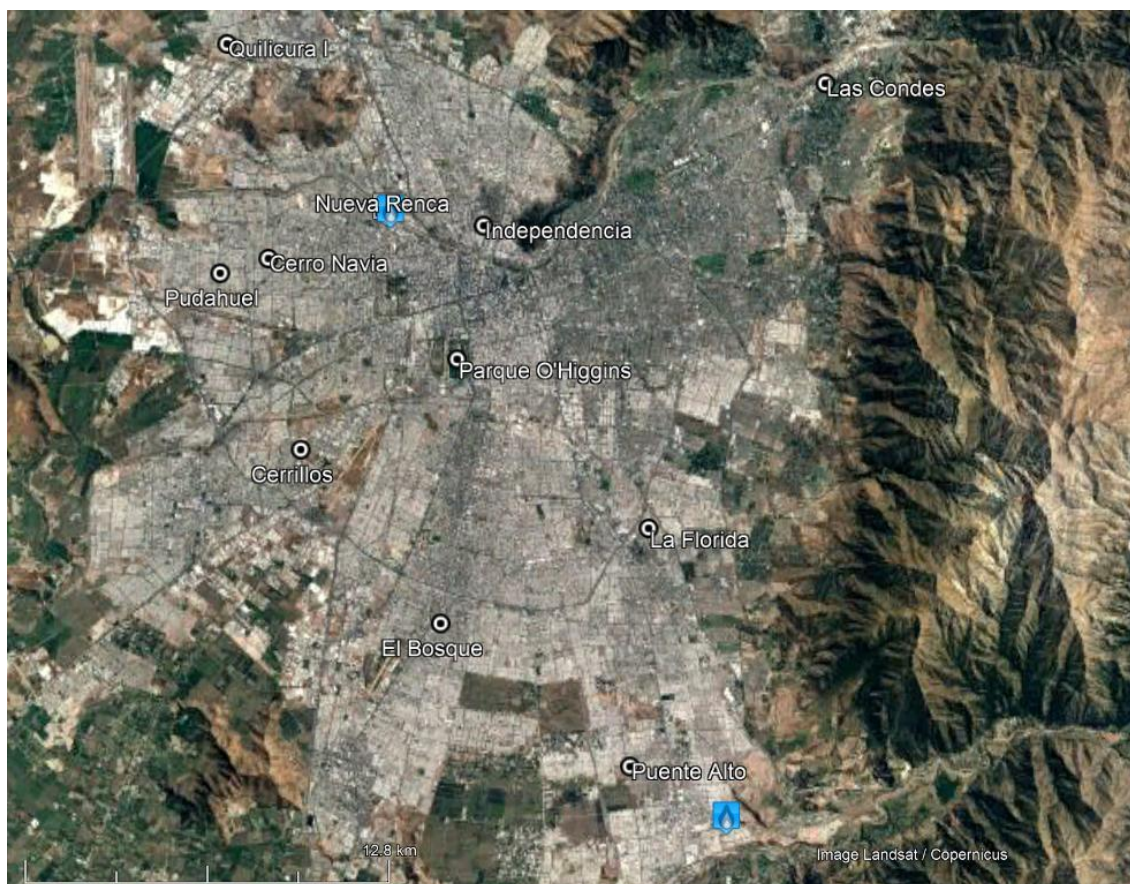
La red de monitoreo de Santiago, con 5 estaciones y mediciones de MP10, CO, SO<sub>2</sub>, NOx y O<sub>3</sub>, inicia su funcionamiento en 1988, creciendo hasta contar con 11 estaciones en el año 2008 ubicadas en las comunas de Las Condes, Independencia, La Florida, Pudahuel, El Bosque, Cerrillos, Parque O'Higgins, Cerro Navia, Talagante, Puente Alto y Huechuraba cuya ubicación se presenta en la Figura 9-28.

En 1996, mediante el D.S. N°131 del MINSEGPRES se declaró a la Región Metropolitana zona saturada para MP10, PTS, CO y Ozono y zona latente para NO2. En 1998 el D.S. N°16 de MINSEGPRES aprueba el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA), el cual es actualizado en los años 2004 y 2010. Mediante el D.S. N°67/2014 del MMA se declaró a la RM saturada por concentración diaria de MP2,5. En noviembre de 2017 se aprobó un nuevo PPDA mediante el D.S. N°31 del MMA.

Respecto para la Central Nueva Renca la RCA, estableció monitoreo continuo de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e hidrocarburos y medición cada 3 días de MP10 de en una estación ubicada en el punto de máximo impacto, el cual se estableció al interior del recinto industrial de acuerdo a la RE123/2003.



Figura 9-28 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Santiago



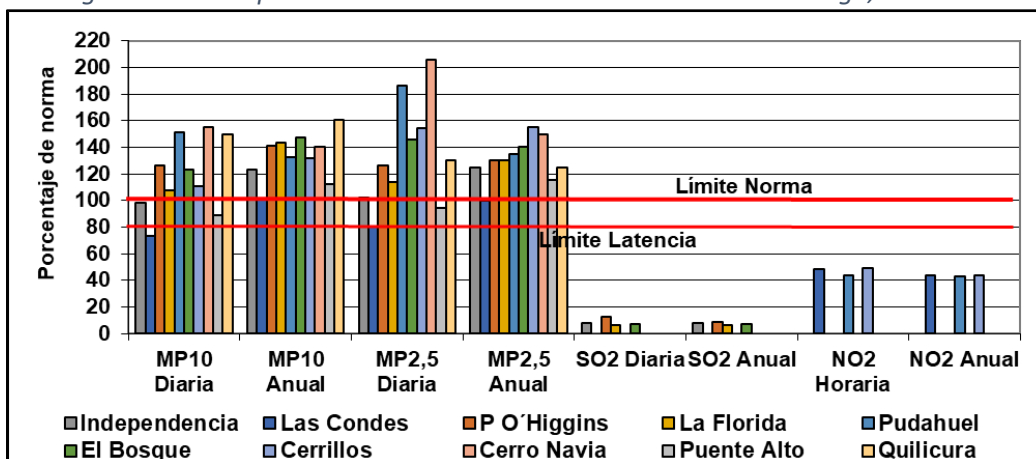
El estudio de O2b concluyó que Santiago no es una buena zona para estudiar la relación entre la disminución de emisiones desde las Centrales y los cambios en las concentraciones ambientales por la gran cantidad de otras fuentes existentes en la región, principalmente que aporten Material particulado y NOx. Por lo cual solamente se presenta una comparación entre la evaluación de las normas de NO2, SO2, MP10 y MP2,5 en los años 2011 y 2021.

De acuerdo a la Figura 9-29, para el año 2011 a excepción de Las Condes se excede la norma anual de MP10 y MP2,5 y en la mayoría de las estaciones se excede la norma diaria de MP10 y MP2,5. En cambio, las concentraciones de SO2 son inferiores al 10% de las normas diaria y anual de SO2. Las concentraciones de NO2 son inferiores al 50% de las normas, es decir bajo el límite de latencia que superaba por NO2 en el año 1996.

La evaluación de normas para el año 2021 presentada en la Figura 9-30 muestra un comportamiento similar al 2011 manteniendo la condición de saturación para MP2,5 y MP10, excepto La Estación Las Condes que está en Latencia con leve disminución de los promedios anuales de MP10 y MP2,5 y leves aumentos en las concentraciones diarias más altas, especialmente en Cerro Navia, Pudahuel y El Bosque. Para SO2 y NO2 las pocas estaciones que monitorean estas variables muestran un leve

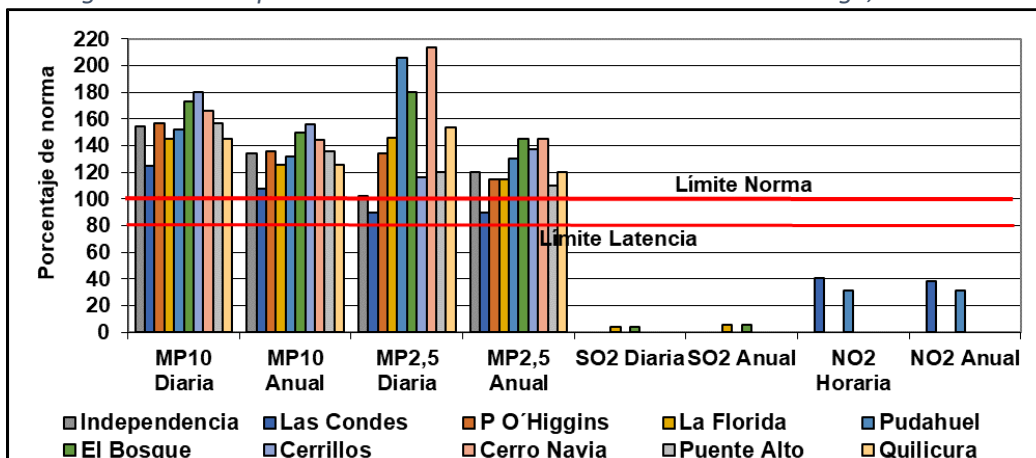
descenso respecto al 2011 con niveles de SO2 inferiores al 10% de las Normas y niveles de NO2 inferiores al 40% de las normas de NO2.

Figura 9-29 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Santiago, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA y SINCA

Figura 9-30 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Santiago, año 2021



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA y SINCA

### 1.1.7. Lota-Coronel

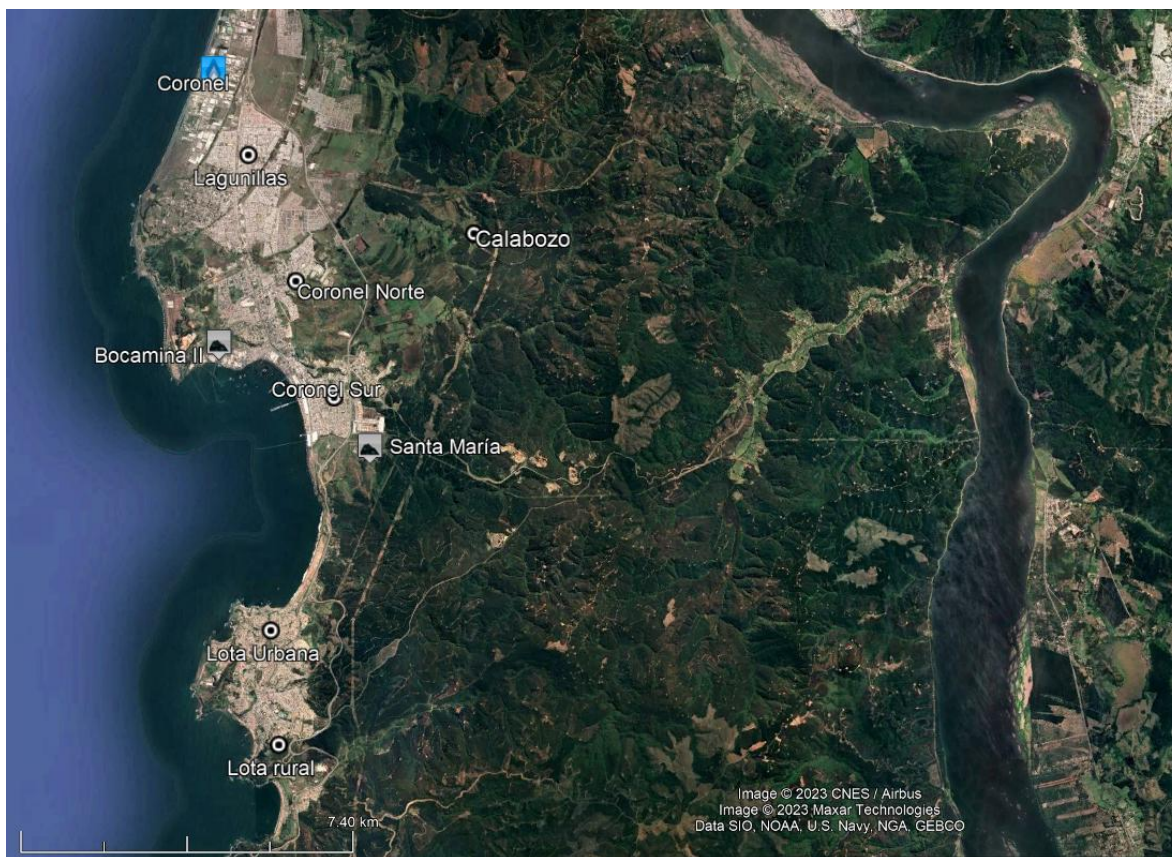
En las comunas de Lota y Coronel se instalaron estaciones de monitoreo de la calidad de aire para seguimiento del impacto de las emisiones de las centrales termoeléctricas a carbón Bocamina y Santa María. Además, en la zona está instalada la CT Coronel que funciona con gas.

La RCA para la CT Bocamina (RE206/2007) estableció monitoreo de MP10, SO2, NO2, O3 y CO en las estaciones Lagunillas, Lota Rural, Lota urbana, las cuales inician sus mediciones en septiembre de 2009. Por otro lado, la RCA para la CT Santa María (RE176/2007) establece monitoreo en las



estaciones Coronel Norte, Coronel Sur y Calabozo esta última ubicada en una zona más rural al NorEste de Coronel. La Figura 9-31 muestra la ubicación de las estaciones, destacando además la ubicación de la CT Bocamina.

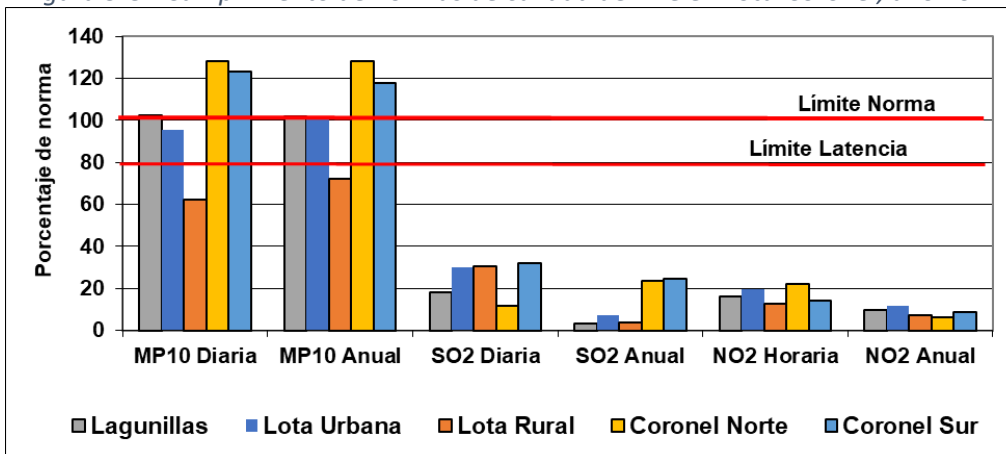
Figura 9-31 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Lota-Coronel



En el año 2015, las comunas de Lota y Coronel fueron incluidas en la declaración de zonas saturadas por material particulado fino respirable MP2.5 por exceder la norma diaria mediante el D.S. N°15/2015 del MMA.

De acuerdo a la evaluación de normas para el año 2011 presentada en la Figura 9-32, las concentraciones de MP10 en Lagunillas, Coronel Norte y Coronel Sur ubicadas más cercanas a las Centrales exceden las normas diarias y anual de MP10, es necesario señalar que en esta evaluación se está considerando la nueva norma diaria de MP10 que corresponde a  $130\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , a diferencia de la vigente en el año 2011 que correspondía a  $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ . En cambio, las estaciones ubicadas al Sur, en Lota están en rango de latencia (Lota Urbana) y con concentraciones entre 60 y 70% de las normas en la estación Lota Rural. Las concentraciones de  $\text{SO}_2$  son inferiores al 30% de las normas y las concentraciones de  $\text{NO}_2$  son inferiores al 20% de los valores establecidos en las normas.

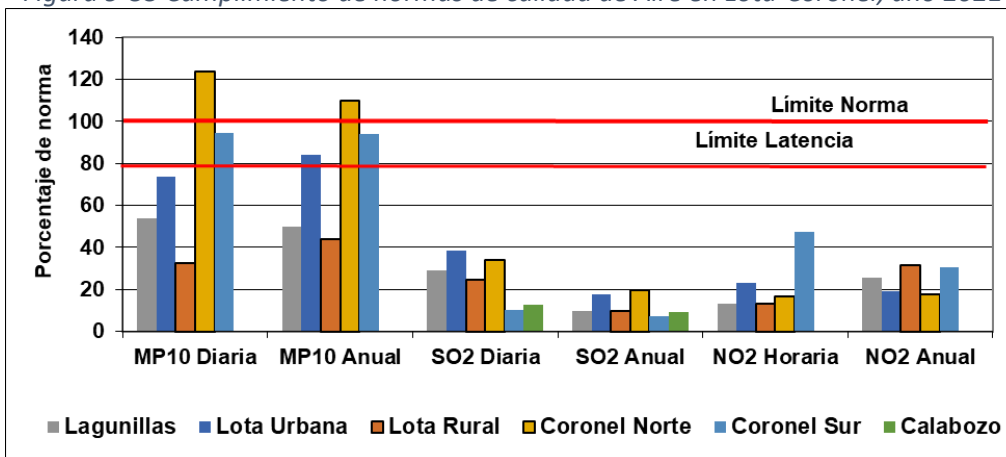
Figura 9-32 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Lota-Coronel, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La evaluación de normas para el año 2021, presentada en la Figura 9-33, muestra una reducción en las concentraciones de MP10 de Lagunillas desde saturación en el año 2011 hasta un nivel menor al límite de latencia, probablemente podría estar asociado al PDA para el Gran Concepción. Las estaciones Coronel Norte y Sur también presentan disminuciones, pero muy leves manteniéndose por sobre los límites de las normas diaria y anual. Para SO2 y NO2 las concentraciones se mantienen bajos las normas, pero con una leve disminución de los promedios anuales de SO2 y un leve aumento de las concentraciones anuales de NO2.

Figura 9-33 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Lota-Coronel, año 2021



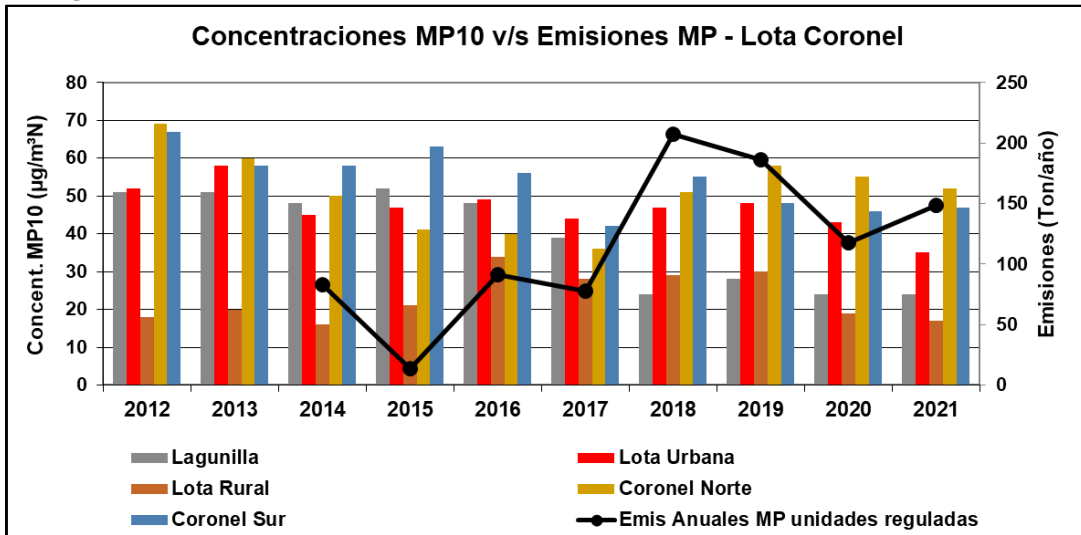
Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

Al comparar las concentraciones anuales de MP10, SO2 y NO2 no se aprecia una relación o comportamiento similar con las emisiones anuales de MP, SO2 o NOx de las Centrales, las cuales registran un aumento de emisiones entre los años 2014 y 2018 que alcanza el monto anual máximo, luego hay una disminución de emisiones hasta el año 2020 y un leve aumento en el año 2021.

La relación entre emisiones y concentraciones, a nivel anual se presenta en las figuras siguientes:

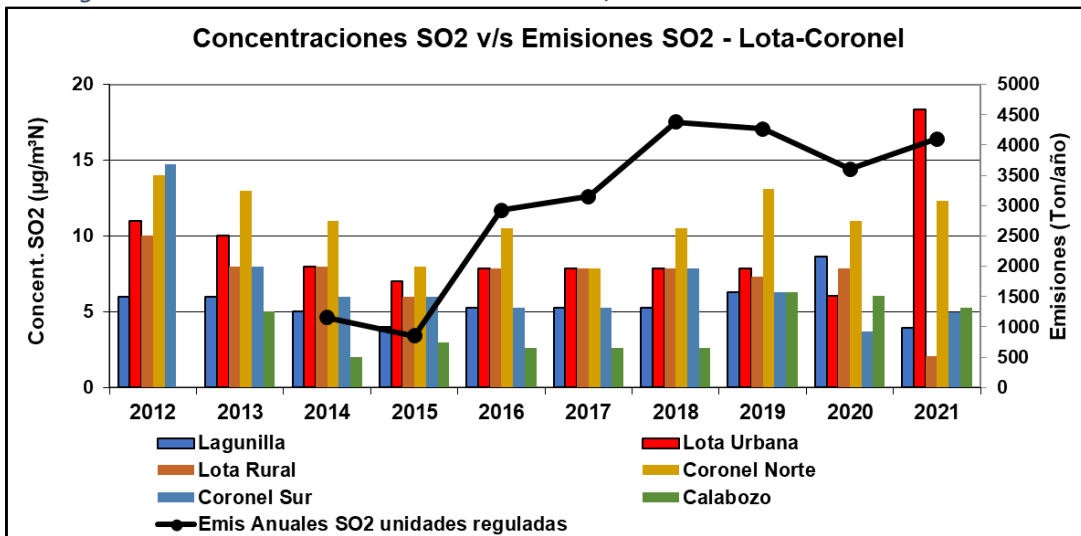


Figura 9-34 Concentraciones anuales de MP10 v/s emisiones de MP en Lota-Coronel



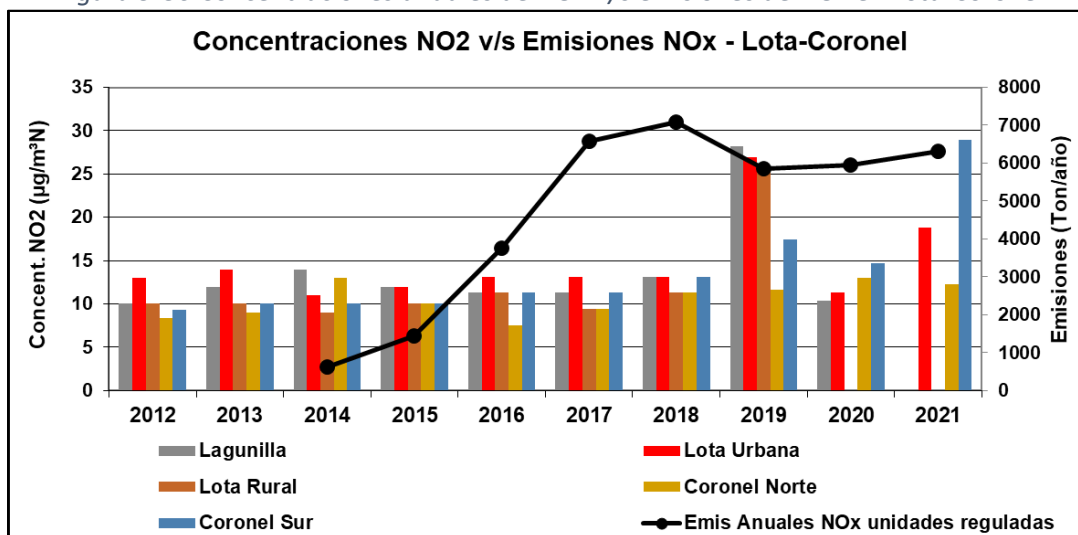
Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

Figura 9-35 Concentraciones anuales de SO2 v/s emisiones de SO2 en Lota-Coronel



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

Figura 9-36 Concentraciones anuales de NO2 v/s emisiones de NOx en Lota-Coronel



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

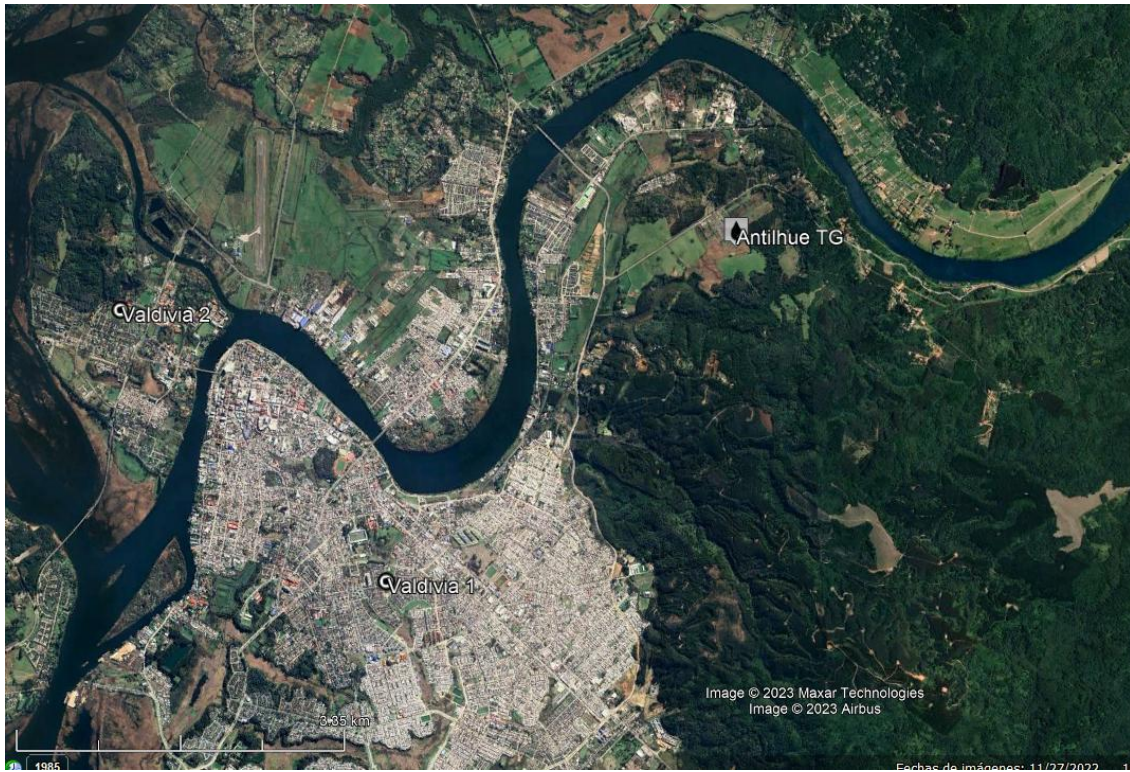
#### 1.1.8. Valdivia

La RCA para la Central Antihue RE091/1999 estableció medición continua de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> y la medición cada 3 días en una estación ubicada en la zona de máximo impacto. Sin embargo, la información disponible en la zona urbana más cercana corresponde a la medición de MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub> en la estación Valdivia del MMA instalada en enero de 2008.

En junio de 2014, mediante el D.S. N°17 de MMA se declaró a la comuna de Valdivia zona saturada por superación de norma diaria y anual de MP<sub>10</sub>, y por superación de norma diaria de MP<sub>2,5</sub>. En junio de 2017, mediante el D.S. N°25 de MMA se estableció un Plan de descontaminación para la Comuna. En Septiembre de 2018 se instaló una segunda estación de monitoreo en el sector NorOeste de Valdivia para medición de MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub>, registrando concentraciones menores a la ubicada en zona residencial.

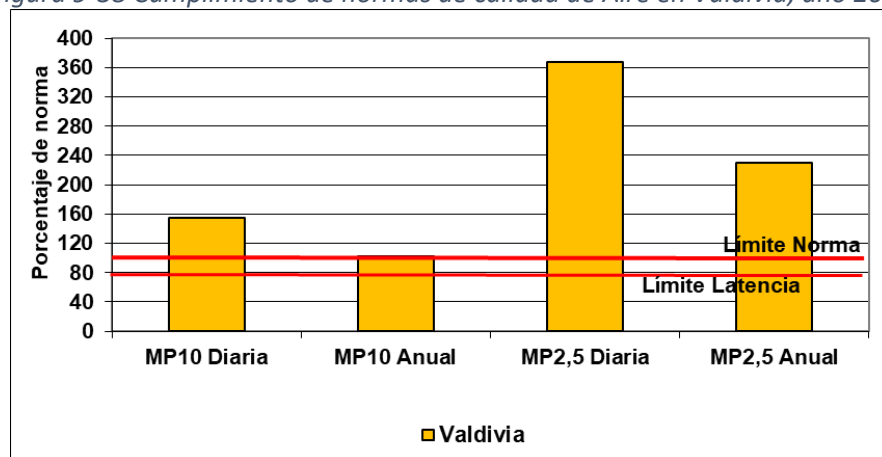
La Figura 9-37 muestra la ubicación de las estaciones de monitoreo en Valdivia (Valdivia 1 y Valdivia 2) y la Central Antihue al NorEste de la ciudad.

Figura 9-37 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Valdivia



De acuerdo a los valores de las concentraciones de MP10 y MP2,5 presentados en la Figura 9-38 se aprecia superación tanto de la norma anual y diaria de MP10 y MP2,5 llegando hasta una superación cercana a 3,5 veces el valor de la norma diaria de MP2,5 lo cual justificó posteriormente la declaración de Zona Saturada.

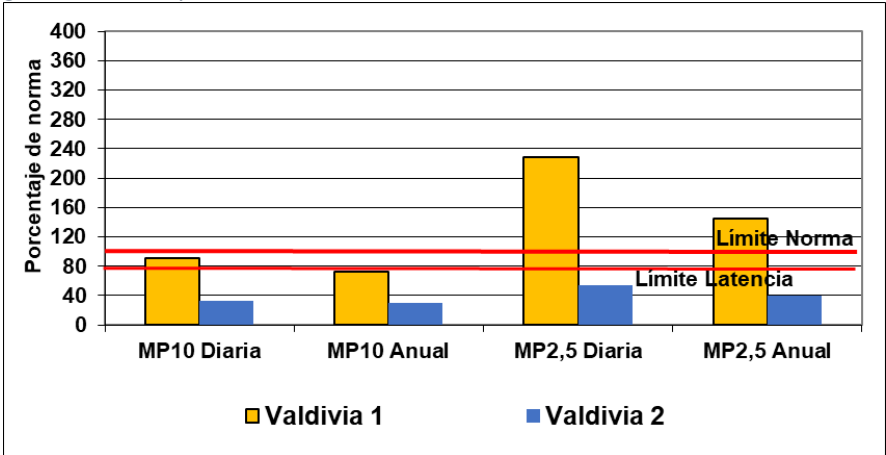
Figura 9-38 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Valdivia, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SINCA

La actualización de la evaluación de normas para el año 2021 se presenta en la Figura 9-39, en ella se aprecia una disminución de las concentraciones de MP10 en Valdivia 1 hasta niveles de latencia por norma diaria y bajo latencia por norma anual. Para MP2,5 a pesar de la disminución de las concentraciones en Valdivia 1 se mantienen niveles de saturación por norma diaria y anual de MP10. La estación Valdivia 2 fue instalada en el año 2018 en una zona menos poblada al noroeste del Río Calle Calle en la cual se han registrado concentraciones bajo las normas diaria y anual e incluso de los límites de latencia para MP2,5 y MP10.

Figura 9-39 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Valdivia, año 2021

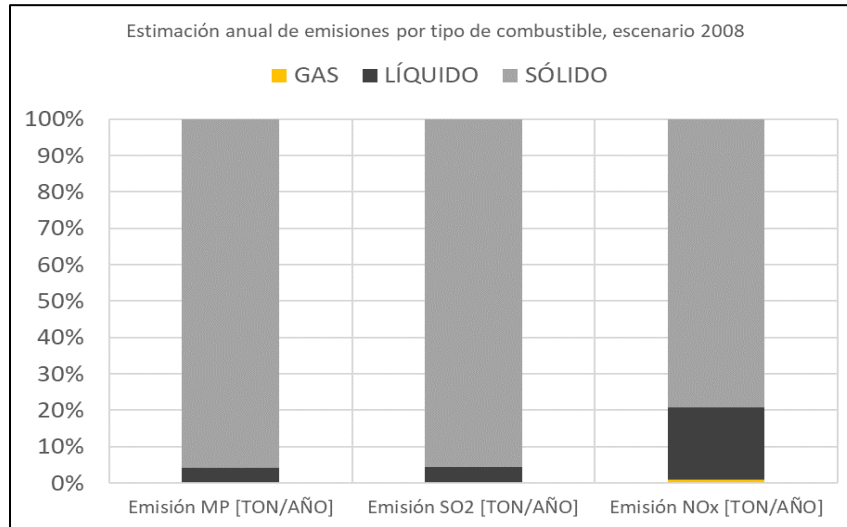


Fuente: Elaboración propia con datos de SINCA

## 10 Elaboración de una proyección de línea base de emisiones

En estudio de O2b, 2019 se resume la distribución de emisiones según tipo de unidad para el año 2008, la cual se presenta en la Figura 10-1. Es evidente que más del 90% del total de emisiones anuales están asociadas a combustible sólido, es decir centrales a carbón.

Figura 10-1: Distribución de las emisiones según tipo de unidad, escenario 2008



Valores	Emisión MP [TON/AÑO]	Emisión de SO <sub>2</sub> [TON/AÑO]	Emisión de NO <sub>x</sub> [TON/AÑO]
GAS			402(1%)
LÍQUIDO	609 (4%)	4461(4%)	9211(20%)
SÓLIDO	14408(96%)	100269(96%)	36543(79%)
Total general	15017	104731	46157

Fuente: Informe O2b 2019 con datos AGIES 2009.

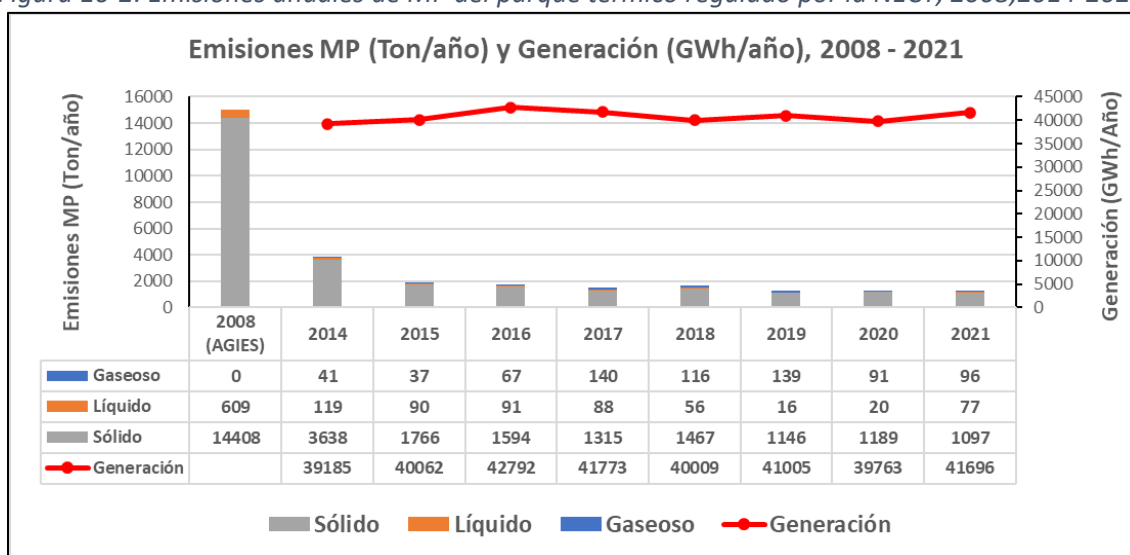
El estudio de O2b, 2019 realizó una estimación de las emisiones anuales concluyendo que para MP (ver Figura 10-2 actualizada hasta 2021) se observa una reducción global de emisiones muy significativa, asociada al cumplimiento del primer hito de cumplimiento de límite de emisiones en enero de 2014, por lo que el parque generador en su conjunto disminuyó las emisiones aproximadamente a un tercio de las emisiones respecto del escenario pre-norma del 2008 estimadas a partir del AGIES 2009. En los años siguientes, entre 2015 y 2018, las emisiones de MP son del mismo orden y correlacionadas con el nivel de despacho, es decir, una vez que las generadoras lograron las reducciones impuestas por la norma entraron en una situación de régimen. Para SO<sub>2</sub>, de acuerdo a la Figura 10-3 actualizada hasta 2021 se observó una reducción notoria de las emisiones globales entre el 2008 y el 2015, año en que se cumple el segundo hito de la norma asociado al cumplimiento de los límites de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> en la zonas saturadas o latentes. La tasa de reducción se mantiene al año 2016, en que se cumplen los plazos para el tercer hito de cumplimiento de límites de emisión en SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> para las unidades de todo el territorio del país. Es interesante notar que la generación térmica total aumentó hasta el año 2016, por lo que las reducciones en emisiones sólo se explican en el esfuerzo de los generadores por cumplir con la

NECT. En el año 2017 las emisiones se reducen aun más y luego se mantienen al 2018, lo que podría ser explicado en parte por la reducción de la generación térmica.

Para NO<sub>x</sub>, de acuerdo a la Figura 10-4 actualizada hasta 2021, no se apreció reducciones al año 2015, pero si es notoria al año 2016, que podrían asociarse al plazo señalado en la NECT. Las reducciones siguientes en los años 2017 y 2018, más bien se asocian a la reducción en la actividad por el menor volumen de generación térmica.

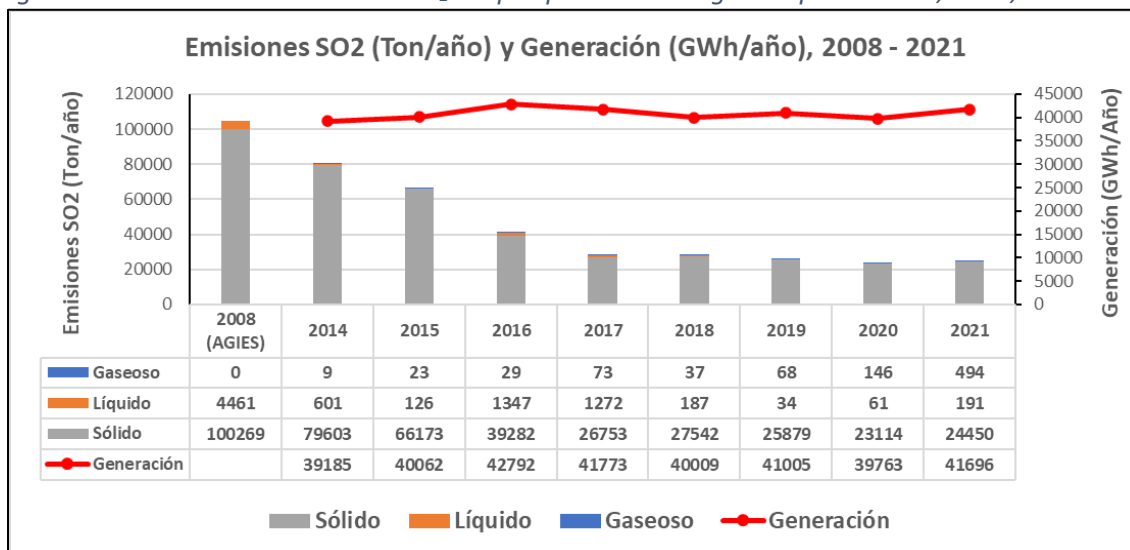
Las Figuras del estudio de O2b 2019 fueron actualizadas hasta 2021, constatando en el año 2021 un leve aumento de emisiones e NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP, como también de la generación.

Figura 10-2: Emisiones anuales de MP del parque térmico regulado por la NECT, 2008,2014-2021.



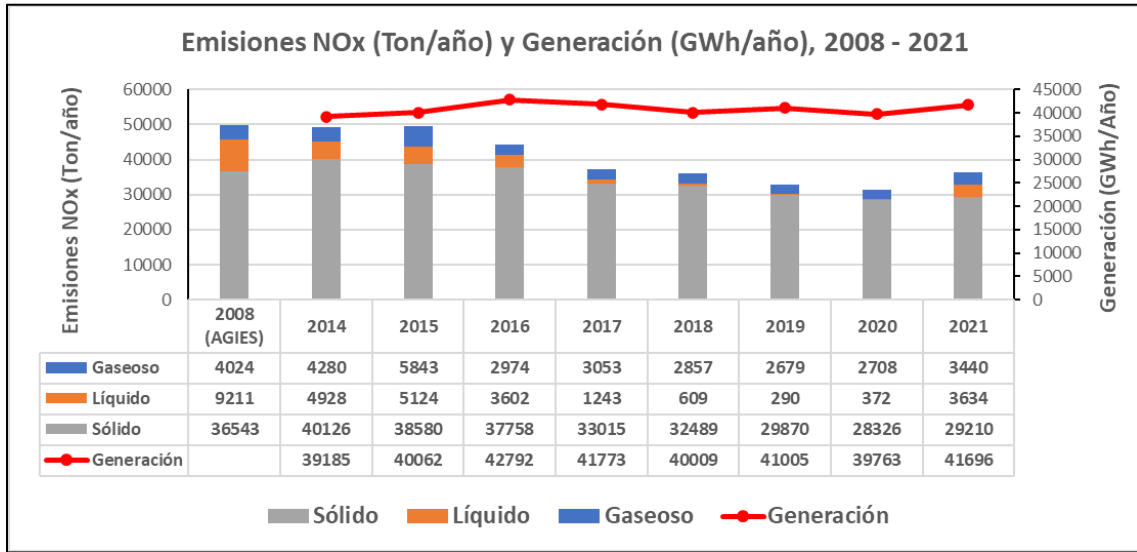
Fuente: Elaboración propia en base a Informe O2b 2019 y datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

Figura 10-3: Emisiones anuales de SO<sub>2</sub> del parque térmico regulado por la NECT, 2008, 2014-2021



Fuente: Elaboración propia en base a Informe O2b 2019 y datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

Figura 10-4: Emisiones anuales de NO<sub>x</sub> del parque térmico regulado por la NECT, 2008, 2014-2021

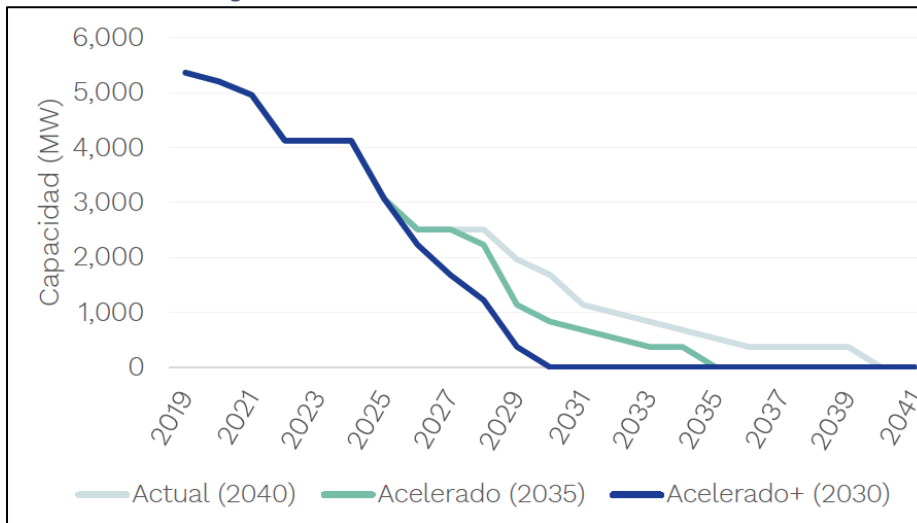


Fuente: Elaboración propia en base a Informe O2b 2019 y datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

Antecedentes para la proyección de emisiones:

Las figuras siguientes corresponden a un escenario de descarbonización apuntando a la carbono neutralidad:

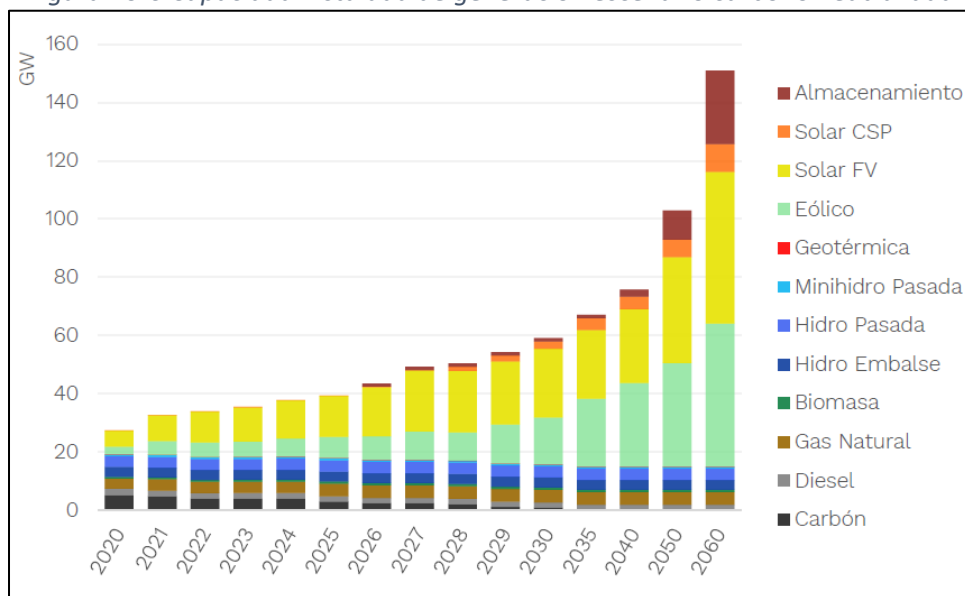
Figura 10-5 Escenarios de descarbonización



Fuente: Informe preliminar Planificación energética de largo plazo

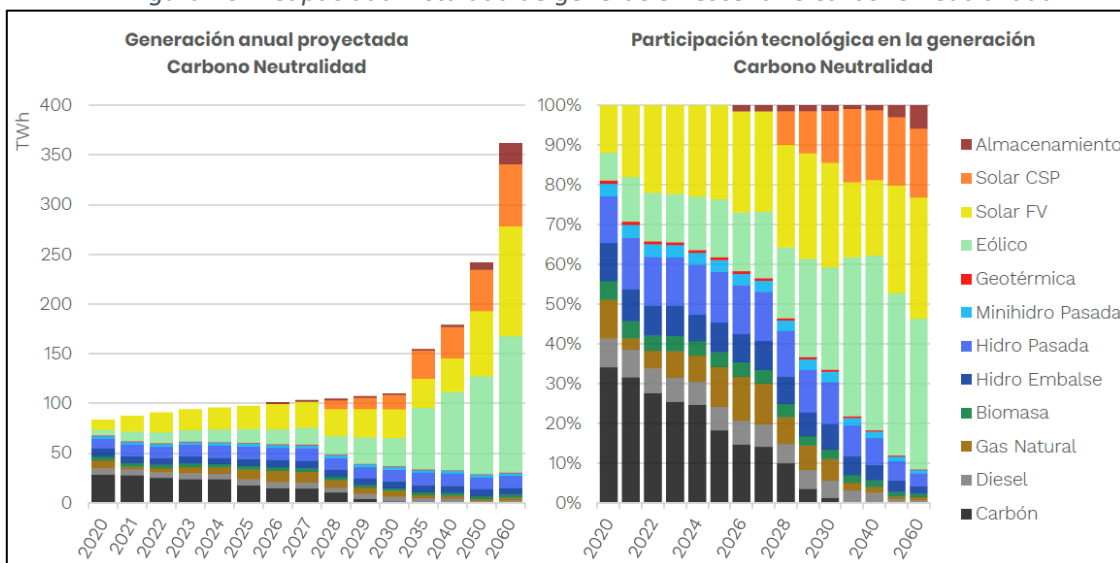


Figura 10-6 Capacidad instalada de generación escenario carbono neutralidad



Fuente: Informe preliminar Planificación energética de largo plazo

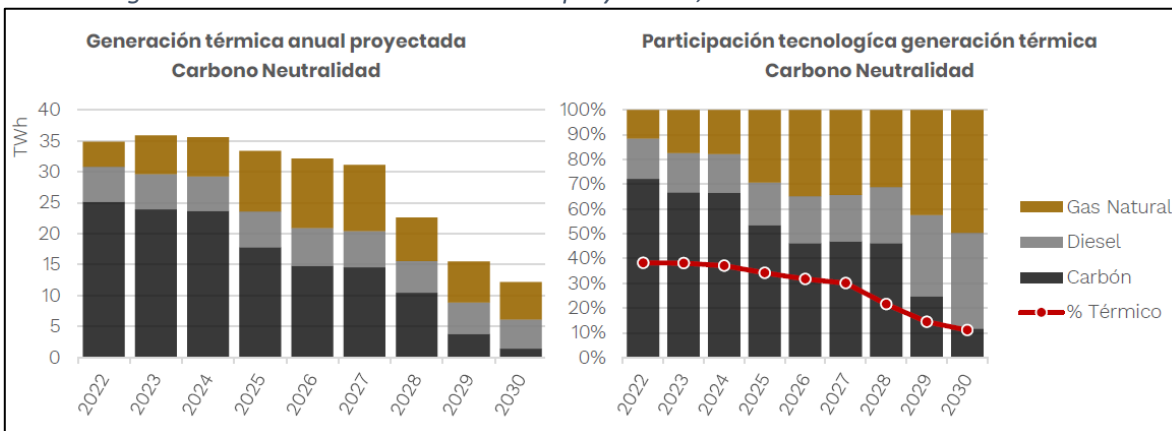
Figura 10-7 Capacidad instalada de generación escenario carbono neutralidad



Fuente: Informe preliminar Planificación energética de largo plazo



Figura 10-8 Generación térmica anual proyectada, escenario carbono neutralidad



Fuente: Informe preliminar Planificación energética de largo plazo

En la versión revisada del informe final se incluirá la proyección de emisiones y una propuesta metodológica para elaborar inventarios de emisiones de centrales termoeléctricas.

## 11 Inventario de emisiones a nivel nacional para NECT de los años 2019 a 2021.

Las emisiones anuales fueron calculadas usando como información base las planillas trimestrales con datos horarios disponibles en el sitio de la SMA (Datos abiertos en SNIFA)<sup>15</sup>.

Se utilizó el mismo criterio de cálculo considerado en informe de O2b 2019, a modo de ejemplo para las emisiones de NOx usando los nombres de las columnas en las planillas trimestrales:

$$\text{Emisión NOx(Ton/año)} = \text{CONCENTRACION\_NOX\_MG\_MWH} \times \text{POTENCIA\_BRUTA\_MWH} / 10^9$$

Donde:

- CONCENTRACION\_NOX\_MG\_MWH: Concentración de NOx en mg/MWh
- POTENCIA\_BRUTA\_MWH: Potencia bruta a la cual operó la fuente durante promedio horario en MWh
- Cálculos para horas de funcionamiento: Régimen, encendidos, apagados y fallas.

Las tablas siguientes resumen el inventario de emisiones anuales de NOx, SO2 y MP para los años 2019 a 2021, incluyendo además el año 2018 para comparar con resultados de estudio O2b 2019.

*Tabla 11-1 Emisiones anuales de NOx (Ton/año), 2018-2021*

Central	Chimenea	2018	2019	2020	2021
ANDINA	CTA	1527	992	1010	1541
	CTH	1490	1316	1513	1472
ANGAMOS	ANGAMOS	3384	4039	4095	2684
ANTILHUE TG	CH_TG1	8	25	12	35
	CH_TG2	8	27	12	46
BOCAMINA	Unidad 1	683	729	472	
	Unidad 2	2890	2721	2417	2915
CANDELARIA	TG1	5	20	44	205
	TG2	5	17	52	217
CARDONES	Turbina N°1	2	0	1	5
CENTRAL ATACAMA	TG 1A	7	7	4	9
	TG 2A	5	4	5	11
	HRSO-Chim.1A	39	51	31	106
	HRSO-Chim.1B	34	16	49	91
	HRSO-Chim.2A	22	10	61	84
	HRSO-Chim.2B	22	23	67	144
CENTRAL ESPERANZA	TG-CH1		1		3
CENTRAL KELAR	Bypass TG1	39	4	43	9
	Bypass TG2	23	6	46	28
	Principal TG1	255	217	268	275
	Principal TG2	269	196	262	180

<sup>15</sup> Planillas trimestrales disponibles en [https://drive.google.com/drive/folders/1CfvVC3l4tDvRFyLWv2a\\_4H6Q8DV58cr6](https://drive.google.com/drive/folders/1CfvVC3l4tDvRFyLWv2a_4H6Q8DV58cr6)

Central	Chimenea	2018	2019	2020	2021
CENTRAL LOS GUINDOS	Los Guindos TG	8	0	5	11
	Los Guindos TG2		1	5	15
CT COCHRANE	COCHRANE	1195	1390	1522	1780
COLMITO	Colmito	2	11	1	29
CORONEL	Chim.Turbina	4	7	7	39
DIEGO DE ALMAGRO	TG1	2	2	2	7
EL SALVADOR	CHTG1	7	2	2	8
EMELDA	Chim.1	3	2	1	2
	Chim.2	9	4	0	1
GUACOLDA	Chim.Unidad N°1&2	2527	2958	2820	3105
	Chim.Unidad N°3	1107	976	950	871
	Chim.Unidad N°4	182	215	230	188
	Chim.Unidad N°5	177	203	239	216
HORCONES	CH-AG-01	2	1	2	1
HUASCO	TG3	1	0	1	1
	TG4	1	0	0	1
	TG5	1	0	1	1
LAUTARO-COMASA	Lautaro 1	490	378	345	367
	Lautaro 2	52	86	116	42
LOS PINOS	CH-TG	21	14	32	100
LOS VIENTOS	Los Vientos	42	78	56	141
MEJILLONES	CTM1_2	1018	491	311	1012
	CTM3	163	129	197	287
	CTM-7		717	828	955
NEHUENCO	Chim.Nehuenco I	219	255	269	318
	Chim.Nehuenco I Bypass	2	7	3	12
	Chim.Nehuenco II	295	325	230	202
	Chim.Nehuenco III	4	1	2	33
NORGENER	NT 01	1255	1279	1131	1152
	NT 02	1491	1562	1158	1404
QUINTERO	Chim.TG1A	18	26	71	138
	Chim.TG1B	15	26	78	97
NUEVA RENCA	Nueva Renca	180	300	183	324
SALAR	Chim.1A	1	1	1	
	Chim.1B	1	1	1	
	Chim.2a	1	1	2	
SAN ISIDRO I	Chim.bypass TG1	15	24	25	42
	Chim.TG1	328	396	359	510
SAN ISIDRO II	Chim.bypass TG2	11	11	6	8
	Chim.TG2	609	627	554	605
SL DE DIEGO DE ALMAGRO	TG1	5	0	0	1239
	TG2	14	0	0	1478

Central	Chimenea	2018	2019	2020	2021
SANTA LIDIA	Santa Lidia	1	3	11	22
SANTA MARÍA I	Unidad I	3498	2388	3048	3362
TALTAL	Chim.TG1	24	4	67	10
	Chim.TG2	30	11	16	17
TARAPACA	CTTAR		870		
TOCOPILLA	TG1	15			1
	TG2	13			1
	TG3	19	33	23	21
	U12_13	379	18		
	U14_15	1519	209	145	922
	U16	360	170	101	168
TRES PUENTES	CH018430-k	0	0	0	0
VENTANA II	VENTANAS II	2502	1630	1750	1914
VENTANA IV	Central Campiche	1916	2098	1940	1375
VENTANAS I	Ventanas 1	1125	384	209	
VENTANAS III	Nueva Ventanas	2284	2091	1883	1647
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	CH1A	0	0	2	2
	CH1B	0	0	2	2
	CH2A	0	0	1	6
	CH2B	0	0	1	6
	CH3A	0	1	1	2
	CH3B	0	0	0	2
	CH4	0	0	0	1
Total general		39455	36288	34295	39198

Fuente: Elaboración propia con datos de SMA

*Tabla 11-2 Emisiones anuales de SO<sub>2</sub> (Ton/año), 2018-2021*

Central	Chimenea	2018	2019	2020	2021
ANDINA	CTA	1412	945	929	1057
	CTH	1360	1241	1345	1104
ANGAMOS	ANGAMOS	3961	4473	3956	3250
ANTILHUE TG	CH_TG1	0	11	12	35
	CH_TG2	0	9	12	46
BOCAMINA	Unidad 1	606	721	433	
	Unidad 2	1953	2089	1822	2345
CANDELARIA	TG1	3	20	44	205
	TG2	5	17	52	217
CARDONES	Turbina N°1	0	0	0	0
CENTRAL ATACAMA	TG 1A	0	0	0	0
	TG 2A	0	0	0	0
	HRS-G-Chim.1A	0	0	0	1

Central	Chimenea	2018	2019	2020	2021
	HRSG-Chim.1B	0	0	0	1
	HRSG-Chim.2A	0	0	1	1
	HRSG-Chim.2B	1	0	0	0
CENTRAL ESPERANZA	TG-CH1		0		0
CENTRAL KELAR	Bypass TG1	4	0	0	0
	Bypass TG2	2	0	0	0
	Principal TG1	15	1	1	2
	Principal TG2	13	1	1	1
CENTRAL LOS GUINDOS	Los Guindos TG	0	0	0	0
	Los Guindos TG2		0	0	0
CT COCHRANE	COCHRANE	1117	1478	1872	2003
COLMITO	Colmito	0	0	0	0
CORONEL	Chim.Turbina	0	0	0	0
DIEGO DE ALMAGRO	TG1	0	0	0	0
EL SALVADOR	CHTG1	0	0	0	0
EMELDA	Chim.1	1	0	0	0
	Chim.2	4	0	0	0
GUACOLDA	Chim.Unidad N°1&2	2286	2496	2273	2409
	Chim.Unidad N°3	492	717	491	754
	Chim.Unidad N°4	1078	953	712	843
	Chim.Unidad N°5	207	370	218	274
HORCONES	CH-AG-01	0	0	0	0
HUASCO	TG3	0	0	0	0
	TG4	0	0	0	0
	TG5	0	0	0	0
LAUTARO-COMASA	Lautaro 1	0	0	0	0
	Lautaro 2	0	0	0	0
LOS PINOS	CH-TG	4	10	32	100
LOS VIENTOS	Los Vientos	0	0	0	0
MEJILLONES	CTM1_2	1059	410	264	725
	CTM3	0	0	0	1
	CTM-7		478	320	502
NEHUENCO	Chim.Nehuenco I	2	2	3	3
	Chim.Nehuenco I Bypass	0	0	0	0
	Chim.Nehuenco II	3	3	2	2
	Chim.Nehuenco III	1	0	0	2
NORGENER	NT 01	860	961	852	723
	NT 02	1049	1185	1051	848
QUINTERO	Chim.TG1A	0	0	0	0
	Chim.TG1B	0	0	0	0
RENCA - NUEVA RENCA	Nueva Renca	1	3	2	3
SALAR	Chim.1A	0	0	0	

Central	Chimenea	2018	2019	2020	2021
	Chim.1B	0	0	0	
	Chim.2a	0	0	1	
SAN ISIDRO I	Chim.bypass TG1	0	1	2	4
	Chim.TG1	7	11	22	46
SAN ISIDRO II	Chim.bypass TG2	0	0	0	0
	Chim.TG2	5	7	16	7
SL DE DIEGO DE ALMAGRO	TG1	0	0	0	2
	TG2	0	0	0	3
SANTA LIDIA	Santa Lidia	2057	8018	22686	0
SANTA MARÍA I	Unidad I	1818	1454	1350	1754
TALTAL	Chim.TG1	1	0	1	0
	Chim.TG2	0	0	0	1
TARAPACA	CTTAR		568		
TOCOPILLA	TG1	0			0
	TG2	0			0
	TG3	0	0	0	0
	U12_13	530	21		
	U14_15	1681	240	182	1185
	U16	0	0	0	0
TRES PUENTES	CH018430-k	0	0	0	0
VENTANA II	VENTANAS II	1589	1100	1298	1371
VENTANA IV	Central Campiche	1927	1923	1835	1542
VENTANAS I	Ventanas 1	467	147	51	
VENTANAS III	Nueva Ventanas	2257	1910	1861	1762
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	CH1A	0	0	0	0
	CH1B	0	0	0	0
	CH2A	0	0	0	0
	CH2B	0	0	0	0
	CH3A	0	0	0	0
	CH3B	0	0	0	0
	CH4	0	0	0	0
Total general		32401	36809	48262	27479

Fuente: Elaboración propia con datos de SMA

Tabla 11-3 Emisiones anuales de MP (Ton/año), 2018-2021

Central	Chimenea	2018	2019	2020	2021
ANDINA	CTA	22	12	12	22
	CTH	18	16	17	20
ANGAMOS	ANGAMOS	399	322	404	293
ANTILHUE TG	CH_TG1	3	2	0	1
	CH_TG2	0	1	0	1
	BOCAMINA	116	122	45	54
BOCAMINA	Unidad 1	12	12	6	
	Unidad 2	104	110	39	54
CANDELARIA	TG1	0	1	1	4
	TG2	0	0	1	4
CARDONES	Turbina N°1	0	0	0	0
CENTRAL ATACAMA	TG 1A	0	0	0	0
	TG 2A	0	0	0	0
	HRSG-Chim.1A	1	6	3	5
	HRSG-Chim.1B	4	2	8	22
	HRSG-Chim.2A	0	0	1	1
	HRSG-Chim.2B	1	1	4	8
CENTRAL ESPERANZA	TG-CH1		0		0
CENTRAL KELAR	Bypass TG1	6	1	5	2
	Bypass TG2	5	1	5	3
	Principal TG1	30	24	27	33
	Principal TG2	26	14	18	12
CENTRAL LOS GUINDOS	Los Guindos TG	1	0	1	3
	Los Guindos TG2		0	0	3
CT COCHRANE	COCHRANE	191	185	242	159
COLMITO	Colmito	0	1	0	1
CORONEL	Chim.Turbina	1	1	0	1
DIEGO DE ALMAGRO	TG1	0	0	0	0
EL SALVADOR	CHTG1	0	0	0	0
EMELDA	Chim.1	0	0	0	0
	Chim.2	0	0	0	0
GUACOLDA	Chim.Unidad N°1&2	68	24	32	21
	Chim.Unidad N°3	46	36	49	45
	Chim.Unidad N°4	47	35	47	46
	Chim.Unidad N°5	26	33	28	28
HORCONES	CH-AG-01	0	0	0	0
HUASCO	TG3	0	0	0	0
	TG4	0	0	0	0
	TG5	0	0	0	0
LAUTARO-COMASA	Lautaro 1	24	17	7	23
	Lautaro 2	5	23	17	3

Central	Chimenea	2018	2019	2020	2021
LOS PINOS	CH-TG	3	1	1	2
LOS VIENTOS	Los Vientos	1	2	1	2
MEJILLONES	CTM1_2	80	12	10	44
	CTM3	1	0	0	6
	CTM-7		21	25	53
NEHUENCO	Chim.Nehuenco I	2	2	2	2
	Chim.Nehuenco I Bypass	0	0	0	0
	Chim.Nehuenco II	22	45	2	1
	Chim.Nehuenco III	0	0	0	1
NORGENER	NT 01	36	50	41	35
	NT 02	26	42	38	29
QUINTERO	Chim.TG1A	0	0	0	0
	Chim.TG1B	0	0	0	0
RENCA - NUEVA RENCA	Nueva Renca	19	39	27	27
SALAR	Chim.1A	0	0	0	
	Chim.1B	0	0	0	
	Chim.2a	0	0	0	
SAN ISIDRO I	Chim.bypass TG1	3	1	1	1
	Chim.TG1	23	2	2	2
SAN ISIDRO II	Chim.bypass TG2	1	0	0	0
	Chim.TG2	15	9	1	1
SL DE DIEGO DE ALMAGRO	TG1	0	0	0	11
	TG2	0	0	0	14
SANTA LIDIA	Santa Lidia	0	0	0	0
SANTA MARÍA I	Unidad I	90	63	72	94
TALTAL	Chim.TG1	1	0	0	0
	Chim.TG2	1	0	0	0
TARAPACA	CTTAR		19		
TOCOPILLA	TG1	0			0
	TG2	0			0
	TG3	0	0	0	0
	U12_13	28	1		
	U14_15	41	4	6	41
	U16	0	0	0	0
TRES PUENTES	CH018430-k	0	0	0	0
VENTANA II	VENTANAS II	68	41	43	37
VENTANA IV	Central Campiche	53	45	42	37
VENTANAS I	Ventanas 1	14	7	1	
VENTANAS III	Nueva Ventanas	108	16	10	9
YUNGAY (EX CAMPANARIO)	CH1A	0	0	0	0
	CH1B	0	0	0	0
	CH2A	0	0	0	0



Central	Chimenea	2018	2019	2020	2021
	CH2B	0	0	0	0
	CH3A	0	0	0	0
	CH3B	0	0	0	0
	CH4	0	0	0	0
Total general		1789	1423	1345	1323

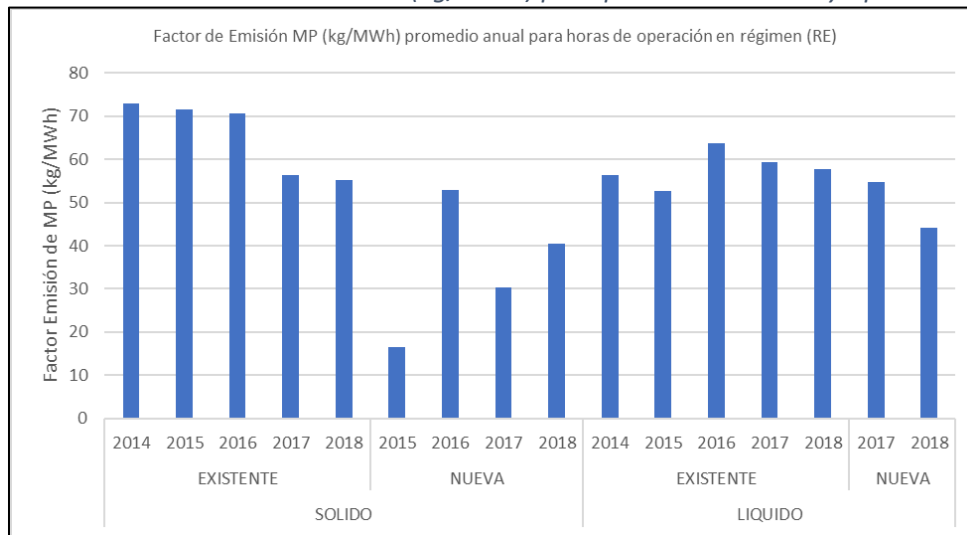
Fuente: Elaboración propia con datos de SMA

## 12 Propuestas de medidas de reducción de emisiones

Para planificar reducción de emisiones, un indicador interesante para discutir es el factor de emisión de contaminantes por unidad de energía generada, pues da cuenta de la eficiencia ambiental de las unidades y permite comparar las unidades del parque térmico regulado por la NECT, entre unidades de distinto tamaño y tecnología.

La Figura 12-1 muestra el factor de emisión promedio de MP (calculado en estudio O2b, 2019) totalizado para las unidades a combustible sólido y líquido, diferenciando entre unidades existentes y nuevas. En términos generales se observa que los valores de la intensidad de emisión por energía generada es menor en las unidades nuevas respecto de las existentes y con valores similares entre combustible sólido y líquido. Lo primero se explica en límites mas exigentes para MP en unidades nuevas que en las existentes. El promedio en el caso de las unidades existentes muestra un descenso consistente, desde aproximadamente 73 (kg/MWh) el año 2014 a aproximadamente 55 (kg/MWh) el año 2018, y en unidades nuevas el promedio ha fluctuado entre 46 y 30 (kg/MWh). En el caso de las unidades de combustible líquido no es apreciable una tendencia a lo largo de los años, y fluctúa entre 53 y 64 (kg/MWh).

Figura 12-1 Factor de Emisión de MP (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad



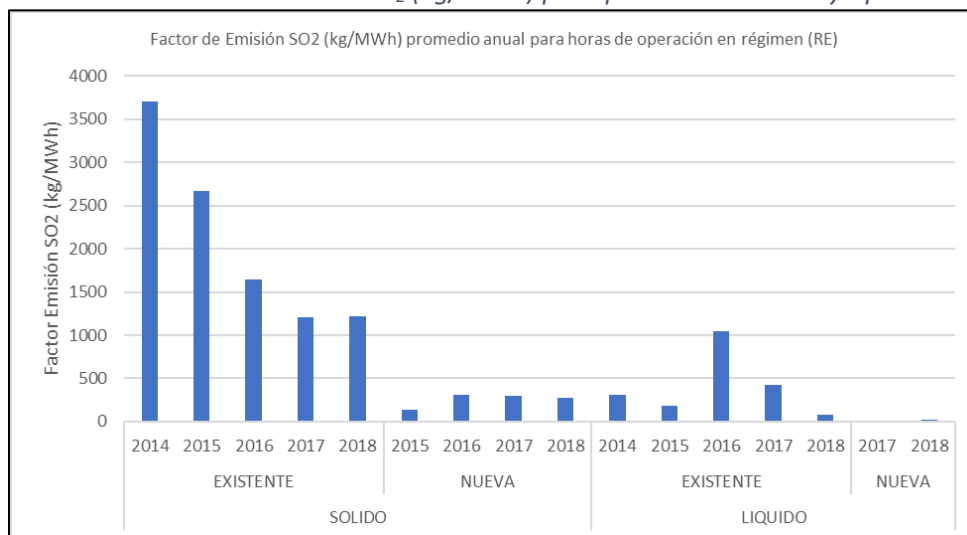
Fuente: Estudio O2b 2019 con datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

La Figura 12-2 muestra el factor de emisión promedio de SO<sub>2</sub> totalizado para las unidades a combustible sólido y líquido, diferenciando entre unidades existentes y nuevas.

En el caso de las unidades de combustible sólido existentes se aprecia un descenso muy claro entre 2014 y 2017, con valores de 3700 a 1100 (kg/MWh) respectivamente. En las unidades nuevas fluctúa entre 8 y 46 (kg/MWh). Esto se explica en los hitos que marcan la entrada en vigencia de los límites para SO<sub>2</sub> fijados en la NECT, y en límites menores para unidades nuevas.

En las unidades a combustible líquido no es posible identificar una tendencia asociada a las metas de la NECT, con valores que son muy disímiles, entre 80 y 1050 (kg/MWh).

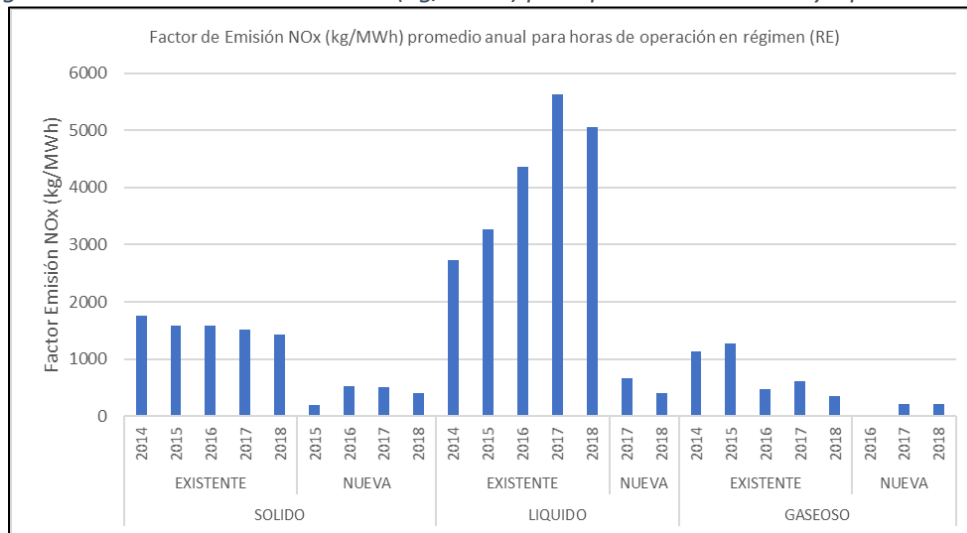
Figura 12-2 Factor de Emisión de SO<sub>2</sub> (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad



Fuente: Estudio O2b 2019 con datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

La Figura 12-3 muestra el factor de emisión promedio de NO<sub>x</sub> totalizado para las unidades a combustible sólido, líquido y gaseoso, con el total de energía bruta generado anualmente, diferenciando entre unidades existentes y nuevas.

Figura 12-3 Factor de Emisión NO<sub>x</sub> (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad



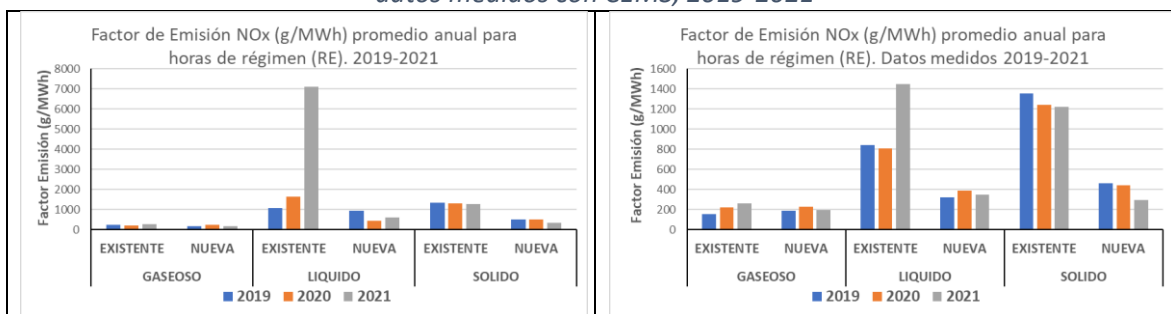
Fuente: Estudio O2b 2019 con datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

Tanto en combustible líquido como en gaseoso, se observa entre los años 2014 y 2018 una tendencia a la disminución del factor de emisión de NO<sub>x</sub> en las unidades existentes, desde 1730 a 1460 (kg/MWh), respectivamente en unidades a combustible sólido, y en unidades existentes a combustible gaseoso de 1135 a 350 (kg/MWh) entre los años 2014 y 2018. En las unidades a combustible líquido los valores son muy superiores y aumentan en los últimos años.

En general, las unidades que utilizan combustible líquido, que se asocian a unidades de respaldo, con baja generación, presentan valores de emisión muy irregulares, por lo que una hipótesis para explicar ese fenómeno es asociar esta data irregular a las dificultades de cumplimiento de límites de emisión y desempeño de CEMs en casos con alto nivel de ciclaje y bajas cargas, como han declarado algunos generadores en las entrevistas.

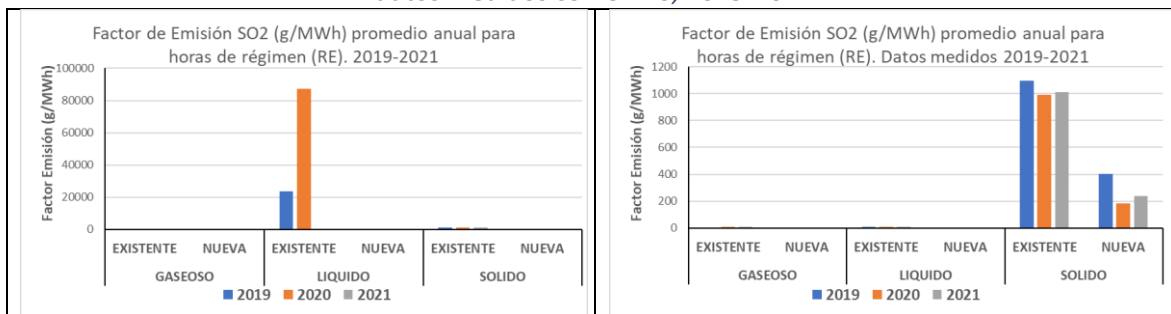
Las Figuras siguientes presentan una actualización de los factores promedios estimados por O2b, 2019 para los años 2019 a 2021. Se distingue entre el cálculo de FE considerando todas las unidades (figuras de la derecha) y el cálculo de FE considerando solamente las centrales y sus unidades con datos medidos, es decir que tienen equipos CEMS para medición de emisiones, lo cual permite concluir que la estimación de emisiones produce una sobrestimación de emisiones que incorpora mayor ineficiencias. En Anexo “16.7 Número de horas con datos medidos con equipos CEMS” se incluye tabla que detalla el total de horas medidas, lo cual permite identificar además a las chimeneas que tienen CEMS instalados.

Figura 12-4 Factor de Emisión NO<sub>x</sub> (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad, total y solo datos medidos con CEMS, 2019-2021



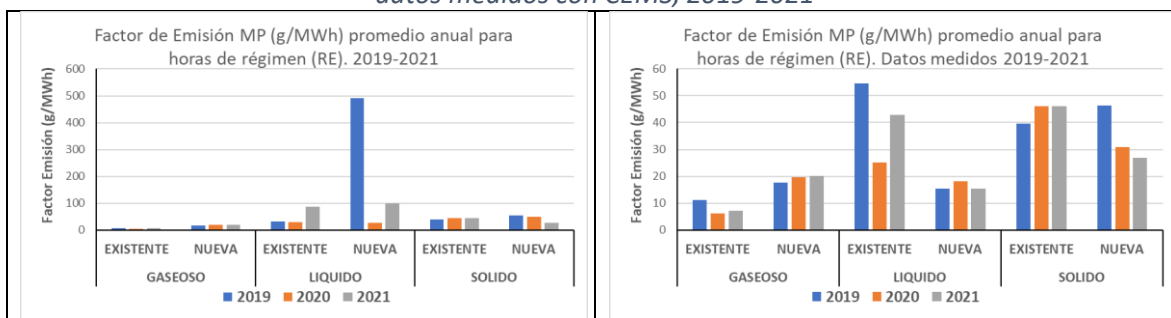
Fuente: Elaboración propia en base a Estudio O2b 2019 con datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

Figura 12-5 Factor de Emisión SO<sub>2</sub> (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad, total y solo datos medidos con CEMS, 2019-2021



Fuente: Elaboración propia en base a Estudio O2b 2019 con datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

Figura 12-6 Factor de Emisión MP (kg/MWh) por tipo de combustible y tipo de unidad, total y solo datos medidos con CEMS, 2019-2021

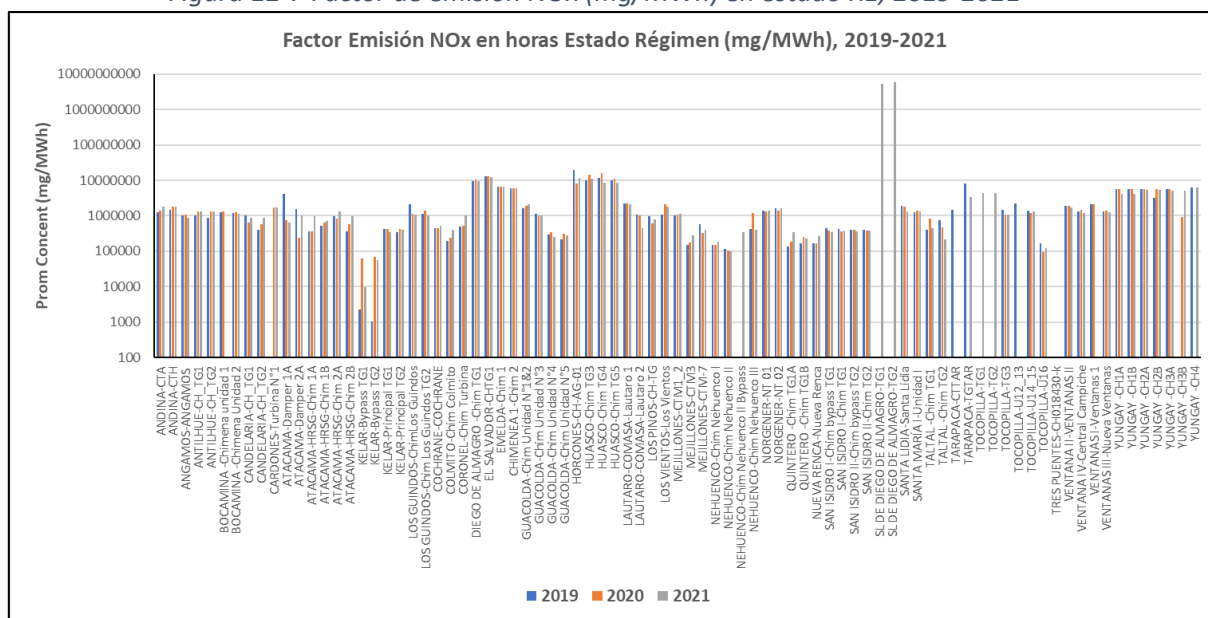


Fuente: Elaboración propia en base a Estudio O2b 2019 con datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

En Anexo “16.6 Factores de emisión para NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP” se presentan tablas con el resumen de los factores de emisión de contaminantes por energía generada en estado operacional en régimen (RE) en el periodo 2019-2021 para el conjunto de unidades. La Figura 12-7, Figura 12-8 y Figura 12-9, presentan gráficamente los factores correspondientes a MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> (mg/MWh) considerando una escala logarítmica para incluir e identificar a aquellas estaciones con FE demasiado elevados.

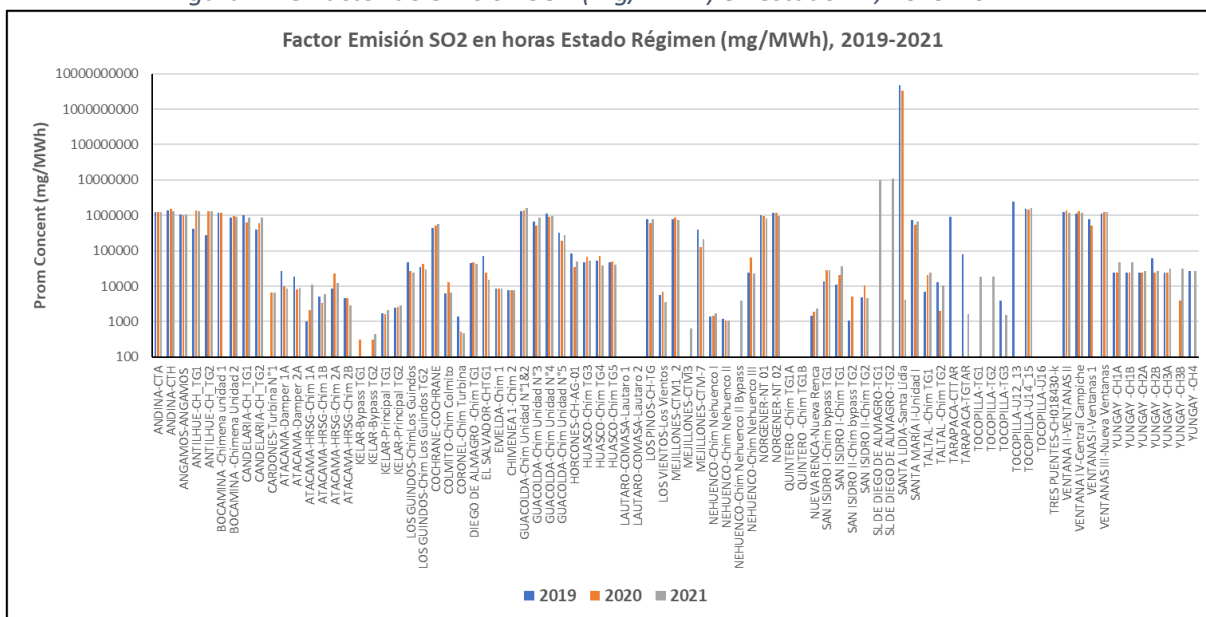
Las mejoras en la “eficiencia ambiental”, es decir menores emisiones por unidad de energía generada, se identifican particularmente en las unidades carboneras a partir de los hitos de cumplimiento de la NECT, reflejo de los cambios en equipamiento que realizaron las unidades existentes. Sin embargo, en el caso de las unidades que queman gas y/o combustible líquido, no es posible afirmar cambios sistemáticos evidentes en el factor asociado a cumplimiento de la NECT, lo que se explica en que este tipo de unidades no realizó cambios en su equipamiento de control, más bien en algunos casos se observa un deterioro en el factor para aquellas que queman combustible líquido, explicado en una operación menos continua de este tipo de unidades.

Figura 12-7 Factor de emisión NO<sub>x</sub> (mg/MWh) en estado RE, 2019-2021



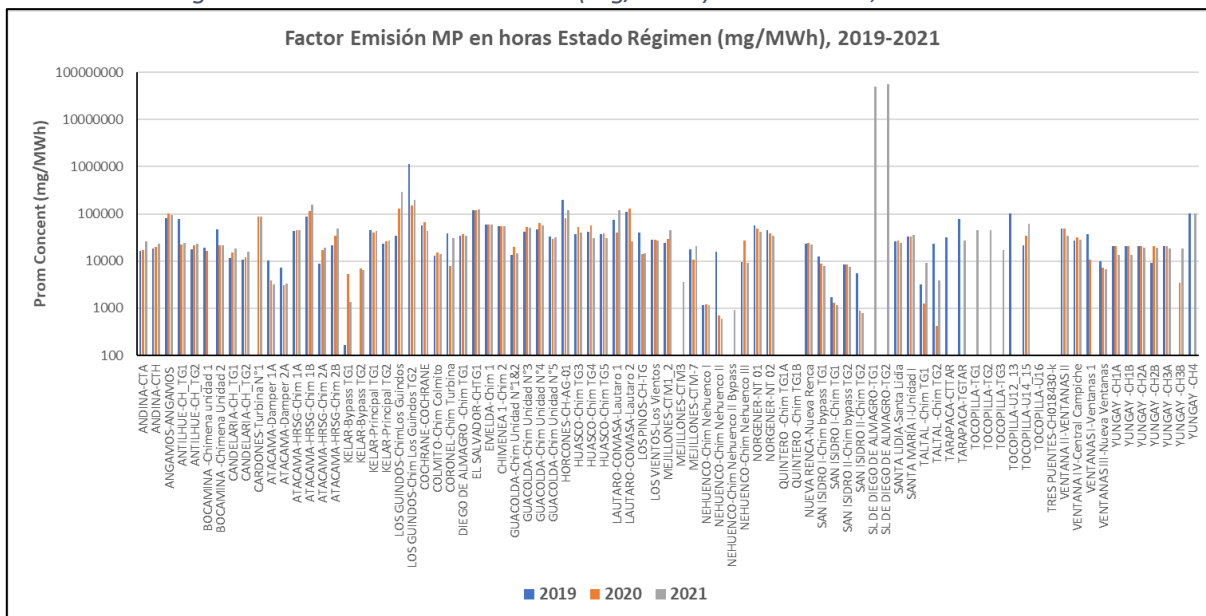
Fuente: Elaboración propia en base a Estudio O2b 2019 con datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

Figura 12-8 Factor de emisión SO2 (mg/MWh) en estado RE, 2019-2021



Fuente: Elaboración propia en base a estudio O2b 2019 con datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

Figura 12-9 Factor de emisión MP (mg/MWh) en estado RE, 2019-2021



Fuente: Elaboración propia en base a Estudio O2b 2019 con datos disponibles en plataforma SNIFA de SMA

Las Centrales y sus chimeneas con FE más elevados son las que tienen procesos menos eficientes que deberían priorizar sus mejoras en sistemas de abatimiento o definir la instalación de equipos CEMS ya que el cálculo estimado de las emisiones puede estar realizando fuertes sobre estimaciones de las emisiones de NOx, SO2 o MP.

## 13 Capítulo XI Apoyo y soporte en reuniones

A la fecha de entrega de este informe de avance se han realizado 4 reuniones bilaterales entre profesionales del Departamento de Planes y Normas del MMA y profesionales de la SMA, SEA y Ministerio de Energía de acuerdo a lo resumido en la Tabla 13-1. Las minutas de las reuniones se incluyen en el anexo.

*Tabla 13-1 Resumen de reuniones bilaterales*

Fecha	Lugar	Instituciones participantes/Objetivo
08-11-2022	Video Conferencia	MMA – SMA Presentación de estado de cumplimiento de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas.
10-11-2022	Video Conferencia	MMA y Ministerio de Energía Presentación de equipo de trabajo del MMA en la revisión de la NECT, actualización del programa de descarbonización y coordinar acciones futuras
11-11-2022	Video Conferencia	MMA - SEA Presentación de equipo de trabajo del MMA en la revisión de la NECT y coordinar acciones futuras
18-11-2022	Video Conferencia	MMA – SMA Aclarar consultas del consultor del MMA respecto a la implementación del D.S.13/2011MMA

## 14 Conclusiones y recomendaciones

La revisión de las planillas reportadas a la SMA por las empresas generadoras muestra que las horas de funcionamiento en régimen, considerando todas las CT que han utilizado combustible gaseoso han aumentado desde el año 2017 a la fecha, correspondiendo durante el año 2021 al 35% del total de horas. Por otro lado, las CT que utilizan combustible líquido presentaron un fuerte aumento de las horas disponibles sin despacho (DSP) desde 44% el 2014 a 83% el 2015, valor que ha aumentado levemente hasta 86% el año 2021 mientras que las horas de régimen (RE) se han mantenido inferiores a 5% del total desde el año 2014. En cambio, las CT que funcionan con combustible sólido han permanecido la mayor parte del tiempo en estado de UGE en Régimen (RE), alcanzando un 80% de las horas en el año 2021. Por lo tanto, desde el año 2014 a 2021 la mayor cantidad de horas de generación en régimen (RE) se ha realizado con combustibles sólidos.

La revisión de los datos también muestra las horas fuera de períodos de funcionamiento, es decir las que corresponden a Detenciones (programadas y no programadas), disponibles para despacho o disponibles sin servicio durante las cuales hay emisiones que superan los límites establecidos en la NECT tanto para fuentes existentes como nuevas.

En el caso de CT con combustible gaseoso, a las cuales no se les aplica NECT para MP y SO<sub>2</sub> se aprecia que hay datos que superan los límites de SO<sub>2</sub> y MP considerados para combustible líquido tanto para CT con uso de CEMS como con métodos alternativos. Sin embargo, al revisar los datos se aprecia que estos en su gran mayoría corresponden a estados de UGE de horas de apagado, encendido o fallas, incluso hay casos donde la potencia es 0 donde no debería haber emisión. De acuerdo a lo comentado por profesionales de la SMA que realizan evaluaciones de norma en sus controles de calidad no son considerados en las evaluaciones las horas con potencia 0 como indicador que la CT no está en funcionamiento. Los datos evidencian que la cantidad de horas con valores reportados sobre límites de emisión para CT con combustible gaseoso ha disminuido desde el año 2014, en mayor medida para SO<sub>2</sub>.

Al considerar el criterio de evaluación según lo indicado en la NECT se detecta que la mayoría de las CT contabilizan horas de funcionamiento (horas de encendido, régimen, apagado y fallas) por sobre los límites de emisiones NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP, lo cual difiere de los resultados que se obtienen al considerar solamente las horas de régimen de acuerdo al criterio de la SMA apegado a las indicaciones de la Circular N°1 de 2015 del MMA, incluso los reportes de cumplimiento de NECT de los años 2020 y 2021 entregados por la SMA muestran cumplimiento para todas las CT. Este punto debe ser revisado con especialistas que conozcan el comportamiento de las CT en condiciones de encendido y apagado, tema que ha aumentado su importancia por la mayor flexibilidad del sistema eléctrico y los problemas del ciclaje tanto en el funcionamiento de los sistemas de abatimiento, como también en la respuesta de los equipos de mediciones (CEMS) que pueden operar en rangos fuera del alcance de las validaciones.

A la fecha, las emisiones de Mercurio han sido determinadas mediante monitoreo discreto con muestreos trimestrales que se iniciaron en algunas CT que utilizan combustible sólido el segundo trimestre del año 2015. De acuerdo a los reportes entregados a la SMA el límite para emisiones de



Hg establecido en 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> ha sido superado solamente una vez, en el año 2015 por la CT Andina, UGE CTH. Desde el año 2016 en adelante la mayoría de las concentraciones de Hg, que corresponde a un 97% de los valores, son inferiores a 0,01 mg/Nm<sup>3</sup>, es decir menores al 10% del valor límite establecido en la NECT, incluso el 92% de los valores es inferior a 0,005 mg/Nm<sup>3</sup>.

Para Ni hay un par de concentraciones escapadas reportadas en las Chimeneas de Bocamina en el año 2016 que alcanzan 2928 ppm y 976 ppm respectivamente, pero el 97% de los valores reportados es menor a 100 ppm, incluso un 91% menor a 50 ppm de Ni.

Para Vanadio la mayor concentración reportada corresponde a 450,3 ppm registrada en el año 2016 en la Chimenea de la Unidad 3 de la CT Guacolda. El resto de los valores es inferior a 94 ppm con un 92% de los valores con concentración inferior a 50ppm.

El ciclaje no considerado inicialmente en los términos (frecuencia) que se ha dado en el tiempo se traduce en mayores emisiones principalmente de NOx en las horas de encendido y apagado de las unidades de generación eléctrica (UGE) porque los sistemas de abatimiento de tipo Low-NOx no tienen el tiempo suficiente para ser efectivos. Por esta razón, podría ser necesario implementar sistemas con respuestas más rápidas de tipo SCR (Selective Catalytic Reduction) lo que representa una inversión más elevada por su mayor precio. Al respecto, de acuerdo a la información presentada en las Tablas anteriores algunas centrales en sus unidades más nuevas han instalado SCR entre ellas Cochrane, IEM y Guacolda.

En el caso del abatimiento de MP las CT han instalado en sus unidades más nuevas precipitadores electrostáticos, entre ellas Andina, Guacolda y Santa María.

Respecto a la revisión de los estudios los principales comentarios en relación directa con la revisión de la NECT son:

- El proceso de revisión de la NECT debe recoger en su definición nuevos modos de operación del sistema eléctrico derivados de la introducción de energías renovables no convencionales, particularmente proyectos eólicos y solares y la relevante participación que tendrán en un escenario al 2040.
- La definición de cogeneración no se encuentra en la NECT, y es un concepto que debe ser definido y evaluado en función del marco regulatorio eléctrico y su impacto en emisiones al medio ambiente.
- Resulta muy relevante en la aplicación actual y futura de la NECT, analizar cuáles deben ser los mecanismos de coordinación entre las Superintendencias Sectoriales (SMA y SEC), los Reguladores y el Coordinador Eléctrico Nacional. De acuerdo a lo que informan los generadores, resulta imprescindible el desarrollo de mecanismos formales de coordinación que permitan considerar en la aplicación de la NECT, la operación del sistema eléctrico como asimismo reconocer en la regulación eléctrica las restricciones que establece la norma
- Se hace notar la importancia que el proceso de encendido y apagado de centrales termoeléctricas involucra Desafíos no sólo en el control de emisiones atmosféricas en un estado de operación dinámico y transitorio, sino también desafíos desde el punto de vista de medición, reporte y verificación de dichas emisiones en periodos de encendido y periodos inmediatamente posteriores al encendido de una central térmica para el

cumplimiento de la normativa ambiental. Al mismo tiempo emergen desafíos de compatibilización entre requerimientos asociados a normativa ambiental y procedimientos de operación derivados de la normativa eléctrica.

La actualización de la calidad de aire en los territorios con Centrales termoeléctricas considerados en el estudio de O2b, 2019 (Tocopilla, Mejillones, Huasco, Quillota, Quintero-Puchuncaví, Santiago, Lota-Coronel y Valdivia) fue una actividad que se extendió por la falta de información pública validada con evaluación de las normas de calidad de aire. Por este motivo se recomienda elaborar anuarios de calidad de aire como también informes de actualización de los Planes de Descontaminación vigentes que presenten la evolución de la calidad de aire, que se incluya además a las estaciones de las redes privadas. Para obtener información de la información de las redes de calidad de aire se consultó los informes mensuales que suben las empresas, de acuerdo a los compromisos de las RCA respectivas, los cuales van quedando disponibles en el sitio SNIFA de la SMA.

La actualización de la calidad de aire corrobora las conclusiones del estudio de O2b, 2019 es decir:

- **Para MP:** Para las localizaciones analizadas hay un efecto directo entre inicio de vigencia de la NECT y reducción de las emisiones. Estas reducciones, en los casos de Tocopilla y Huasco tienen directa relación con las acciones implementadas por lo regulados con la instalación de equipos de abatimiento (NT01 y NTO2 en Tocopilla y Guacolda 1 y 2 en Huasco). Sin embargo, no es posible confirmar correlación entre la reducción de emisiones asociadas a la implementación de la NECT y bajas en los niveles de concentración, lo cual se explica por la presencia de otras fuentes locales o cercanas a las estaciones de monitoreo o en las medidas de reducción de emisiones implementadas en el marco de los Planes de descontaminación o prevención.
- **Para SO<sub>2</sub>:** Se aprecia un alto nivel de correlación entre la reducción de emisiones y los niveles de concentración en las zonas donde las CT son las fuentes principales de SO<sub>2</sub> (Tocopilla, Mejillones, Huasco). Así mismo las variaciones en emisiones son consistentes con la vigencia del límite para SO<sub>2</sub> de la NECT y los cambios en los niveles de generación. Siendo las unidades carboneras las fuentes más significativas de emisión, las acciones implementadas por el regulado en estos casos, en particular Tocopilla y Huasco, han tenido una incidencia directa en la calidad ambiental.
- **Para NO<sub>x</sub>:** los análisis permiten concluir que la NECT tuvo impacto positivo en la reducción de emisiones. Sin embargo, la disminución tiene una baja o nula correlación con las concentraciones ambientales de NO<sub>2</sub> en todas las localizaciones analizadas. La existencia de otras otras fuentes fijas como móviles de NO<sub>x</sub> dispersas en zonas urbanas, interfiere en el efecto que la disminución de las emisiones de NO<sub>x</sub> de las fuentes reguladas en el ambiente.

Respecto a las Centrales en reserva energética, de acuerdo al D.E. N°50/2020 del Ministerio de Energía se deberían llamar Centrales en estado de reserva estratégica (ERE). Además, el decreto corresponde a la aprobación de acuerdos con las empresas (Enel, Engie, Colbún, GasAtcamá, AES Gener) donde se establece la posibilidad de paso a ERE de las centrales Tarapacá, Bocamina 1, Tocopilla U12 y U13, Tocopilla U14 y U15, Santa María, Ventanas 1 y Ventanas 2 previo al retiro y desconexión de las unidades como parte del programa de descarbonización. Pero, según lo

informado preliminarmente, a la fecha solamente la central Ventanas 1 está permaneció en estado operativo ERE durante el año 2021.

Respecto a la cogeneración, la recopilación de información señala que ninguna de las centrales sujetas a cumplimiento normativo tiene procesos de cogeneración. Es decir, las centrales que cogenieran tienen potencias térmicas inferiores a 50 MWt, con una gran mayoría asociada a centrales de energías renovables que incluye incluso Geotermia.

Considerando las nuevas problemáticas asociadas a la flexibilidad eléctrica, la mayor frecuencia de encendidos y apagados como también aquellas unidades que operan pocas horas al año en régimen se recomienda realizar una mesa técnica para revisar y actualizar Protocolo para la Validación, Aseguramiento Control de Calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS). (RE N° 1743/2019 de la SMA).

Respecto a la revisión de normativa internacional de emisiones las principales conclusiones son:

- Los niveles de emisión de MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> establecidos en la NECT para instalaciones de carbón existentes y nuevas son similares a los estándares de emisión definidos por el Banco Mundial en sus Guías de Medio Ambiente, Salud y Seguridad y a los establecidos en la Directiva de la Comunidad Económica Europea en el año 2010.
- Durante los últimos años no se han identificado nuevas directivas con estándares más exigentes, sino que se recomienda adaptar los valores guías de las Mejores Tecnologías disponibles (UE 2017/1442) en función de los sistemas de abatimiento instalados y las realidades de cada país.
- Excepto China y Chile, los estándares de emisión para Mercurio no están asociados a las normativas de las centrales termoeléctricas.
- Para Níquel y Vanadio no hay recomendaciones de valores guías en las normativas de las centrales termoeléctricas.

Se recomienda considerar los criterios de la CEE (Directiva 75/2010/UE) para evaluar los límites de emisión que establece que las horas de funcionamiento de un año deben cumplir las condiciones siguientes:

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

## 15 Referencias bibliográficas

Listado de documentos y sitios web revisados a la fecha

“Apoyo Técnico Proceso de Revisión Norma de Emisión Para Centrales Termoeléctricas (NECT)”. Informe N°1. Septiembre de 2020.

“Evaluación de la norma de emisión para centrales termoeléctricas, respecto a acciones implementadas por el regulado”, encargado por el Ministerio del Medio Ambiente a o2b Consultores Asociados S.A. Informe Final, Noviembre de 2019.

Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe

<https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>

New source emission guidelines for thermal electricity generation

<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/canadian-environmental-protection-act-registry/guidelines-objectives-codes-practice/new-source-emission-guidelines-thermal.html>

Guidelines for the Reduction of Nitrogen Oxide Emissions from Natural Gas–fuelled Stationary Combustion Turbines Environment and Climate Change Canada

<https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/cepa/CEPA-Guidelines-CombustionTurbines-2-en.pdf>

Subpart UUUUa - Emission Guidelines for Greenhouse Gas Emissions From Existing Electric Utility Generating Units. Source: 84 FR 32579, July 8, 2019, unless otherwise noted.

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-60/subpart-UUUUa>

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-60?toc=1>

Mercury and Air Toxics Standards <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/mercury-and-air-toxics-standards>

Electric Utility Generating Units: Emission Guidelines for Greenhouse Gas Emissions from Existing Units <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/electric-utility-generating-units-emission-guidelines-greenhouse>

Regulation Database – New Source Performance Standards for GHG Emissions from Electric Generating Units <https://climate.law.columbia.edu/content/regulation-database-new-source-performance-standards-ghg-emissions-electric-generating>

POWER PLANT CARBON EMISSION STANDARDS

<https://dnr.wisconsin.gov/topic/AirQuality/CO2.html>

DECISIÓN DE EJECUCIÓN (UE) 2017/1442 DE LA COMISIÓN. de 31 de julio de 2017 por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo para las grandes instalaciones de combustión

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D1442&from=EN>

Greening the power sector: benefits of an ambitious implementation of Europe's environment and climate policies <https://www.eea.europa.eu/publications/greening-the-power-sector-benefits/benefits-of-an-ambitious-implementation>

Environmental, Health, and Safety Guidelines for Thermal Power Plants

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

Power Sector Emissions Data <https://www.epa.gov/airmarkets/power-sector-emissions-data>

Estimating emissions and energy in the electricity generation, transmission, and distribution sectors guideline, Australia July 2022

<https://www.cleanenergyregulator.gov.au/DocumentAssets/Documents/Estimating%20emissions%20and%20energy%20in%20the%20electricity%20generation,%20transmission,%20and%20distribution%20sectors%20guideline.pdf>

National Clean Air Agreement, Australia 2015

<https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/national-clean-air-agreement.pdf>

07/18/2018 - Clean Water Act - Regulatory Tracker, Power Plant Effluent Limits

<https://eelp.law.harvard.edu/2018/07/power-plant-effluent-limits/>

Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación <https://www.boe.es/boe/dias/2013/10/19/pdfs/BOE-A-2013-10949.pdf>

Guía de la normativa estatal sobre emisiones a la atmósfera. Ley 34/2007 y Real Decreto 100/2011

[https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Guia\\_de\\_la\\_normativa\\_estatal\\_sobre\\_emisiones\\_tcm30-281109.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Guia_de_la_normativa_estatal_sobre_emisiones_tcm30-281109.pdf)

Documentos de Planificación y Desarrollo “Estudio de Operación y Desarrollo del SEN sin centrales de carbón”

<https://www.coordinador.cl/desarrollo/documentos/estudios-de-planificacion/estudio-de-operacion-y-desarrollo-del-sen-sin-centrales-a-carbon/>

Permiso de Emisiones Atmosféricas para Fuentes Fijas (Colombia).

[https://www.anla.gov.co/01\\_anla/allcategories-es-es/250-tramites-y-servicios/tramites/permisos-y-autorizaciones/emisiones-atmosfericas-fuentes-fijas](https://www.anla.gov.co/01_anla/allcategories-es-es/250-tramites-y-servicios/tramites/permisos-y-autorizaciones/emisiones-atmosfericas-fuentes-fijas)

Reporte de desempeño del sistema eléctrico nacional 2021. Elaborado por Coordinador Eléctrico,

marzo 2022. <https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2022/03/CEN-Reporte-Art-72-15-ano-2021.pdf>

## 16 Anexos

### 16.1 Listado de CT y combustibles utilizados, años 2019 a 2021

Tabla 16-1 Listado de CT y horas de tipo de combustible utilizado entre los años 2019 y 2021

año	UGE	Tipo de unidad	2019			2020			2021			Combustible
			Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	
1939	Lag_Verde_AEG I	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1939	Lag_Verde_AEG II	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1939	Lag_Verde_BB_I	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1939	Lag_Verde_BB_II	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1957	Iquique_TG-IQ	Existente										LIQUIDO
1962	Renca_U1	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1962	Renca_U2	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1964	Ventanas I	Existente		173	8587		128	8656			8760	SOLIDO
1970	Bocamina_U2	Existente		117	8643		188	8596		109	8651	SOLIDO
1976	Tocopilla_TG1	Existente		8760			8784		2208	6552		LIQUIDO
1977	Huasco_TG3	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1977	Huasco_TG4	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1977	Huasco_TG5	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1977	Tocopilla_TG2	Existente		8760			8784		2208	6552		LIQUIDO
1977	Ventanas_II	Existente		112	8648		86	8698		164	8596	SOLIDO
1981	D_Almagro_TG1	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1983	Tocopilla_U12	Existente			2160							SOLIDO
1985	Tocopilla_U13	Existente			2160							SOLIDO
1985	Tres_Puentes_U1	Existente	8760			8784			8760			GASEOSO
1987	Tocopilla_U14	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
1990	Tocopilla_U15	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
1993	Tocopilla_TG3	Existente	8744	16		8784			8760			GASEOSO
1995	Guacolda CTG, U1	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
1996	Guacolda CTG, U2	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
1996	Mejillones_CTM1	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
1997	Norgener_NT01	Existente		167	8593		103	8681		237	8523	SOLIDO
1997	Norgener_NT02	Existente		107	8653		216	8568		106	8654	SOLIDO
1997	Nueva_Renca	Existente	8757	3		8086	698		7093	1667		GASEOSO
1998	Mejillones_CTM2	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
1998	San_IsidroI_BPTG1	Existente	370	6		448	20		774			GASEOSO
1998	San_IsidroI_TG1	Existente	8662	98		8752	32		8753	7		GASEOSO
1998	Tarapaca_TGTAR	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
1999	Atacama_TG 1A	Existente	81	44		71	14		96	48		LIQUIDO
1999	Atacama_TG 2A	Existente	60	16		76	24		74	63		LIQUIDO
1999	Atacama_TG 1A	Existente	4613	4147		889	7895		972	7788		LIQUIDO
1999	Atacama_TG 1B	Existente	4594	4166		699	8085		1376	7384		LIQUIDO

año	UGE	Tipo de unidad	2019			2020			2021			Combustible
			Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	
1999	Atacama_TG 2A	Existente	4246	4514		727	8057		565	8195		LIQUIDO
1999	Atacama_TG 2B	Existente	4302	4458		1129	7655		1487	7273		LIQUIDO
1999	TG_Nehuenco I	Existente	8760			8780	4		8719	41		GASEOSO
1999	TG_BP_Nehuenco I	Existente	241			87	4		153	33		GASEOSO
1999	Tarapaca_CTTAR	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
2000	Mejillones_CTM3TG	Existente	8760			8784			8420	340		GASEOSO
2000	Mejillones_CTM3TV	Existente	8760			8784			8420	340		GASEOSO
2000	Taltal_TG1	Existente	8504	256		8321	463		6674	2086		GASEOSO
2000	Taltal_TG2	Existente	8603	157		8026	758		8598	162		GASEOSO
2001	Tocopilla_TG_U16	Existente	8760			8784			8739	21		GASEOSO
2001	Tocopilla_TV_U16	Existente	8760			8784			8739	21		GASEOSO
2002	TG_Nehuenco III	Existente	8760			8784			8758	2		GASEOSO
2003	TG_Nehuenco II	Existente	8760			8784			8737	23		GASEOSO
2003	TG_BP_Nehuenco II	Existente								23		LIQUIDO
2004	Horcones	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2004	Lag_Verde_TG	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2005	Antilgue_TG-1	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2005	Antihue_TG-2	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2005	Candelaria_TG1	Existente	8748	12		8586	198		7612	1148		GASEOSO
2005	Candelaria_TG2	Existente	8747	13		8712	72		8095	665		GASEOSO
2005	Coronel	Existente	8692	68		8635	149		7682	1078		LIQUIDO
2007	Esperanza_TG-1	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2007	Los Vientos	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2007	San_Isidroll_BPTG2	Existente	177	3		152			123			GASEOSO
2007	San_Isidroll_TG2	Existente	8756	4		8784			8760			GASEOSO
2007	Yungay_1A	Existente	8747	13		8757	27		8737	23		GASEOSO
2007	Yungay_1B	Existente	8748	12		8757	27		8737	23		GASEOSO
2007	Yungay_2A	Existente	8747	13		8770	14		8702	58		GASEOSO
2007	Yungay_2B	Existente	8748	12		8770	14		8702	58		GASEOSO
2008	Colmito	Existente	128	8632		26	8758		86	8674		LIQUIDO
2008	Yungay_3A	Existente	8740	20		8764	20		8739	21		GASEOSO
2008	Yungay_3B	Existente	8745	15		8764	20		8739	21		GASEOSO
2009	Cardones_T1	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2009	Guacolda CTG, U3	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
2009	Los Pinos_TG	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2009	Quintero_TG1A	Existente	8760			8782	2		8760			GASEOSO
2009	Quintero_TG1B	Existente	8760			8784			8760			GASEOSO
2009	SL_D_Almagro_U1	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2009	SL_D_Almagro_U2	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2009	Santa_Lidia	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2010	El Salvador_TG1	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO

año	UGE	Tipo de unidad	2019			2020			2021			Combustible
			Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	
2010	EMELDA_U1	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2010	EMELDA_U2	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2010	Guacolda CTG, U4	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
2010	Nueva_Ventanas	Existente		79	8681		75	8709		58	8702	SOLIDO
2010	Yungay_4	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2011	Andina_CTA	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
2011	Andina_CTH	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
2011	ANGAMOS 1	Existente		70	8690		138	8646		322	8438	SOLIDO
2011	ANGAMOS 2	Existente		70	8690		138	8646		322	8438	SOLIDO
2012	Bocamina_U1	Existente		149	8611		161	8623				SOLIDO
2012	Lautaro_U1	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
2012	Sta_Maria_Un_I	Existente		172	8588		76	8708		177	8583	LIQUIDO
2013	Vent_IV_Campiche	Existente		142	8618		81	8703		138	8622	SOLIDO
2014	Salar_Tg01 A	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2014	Salar_Tg01 B	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2014	Salar_Tg02	Existente		8760			8784			8760		LIQUIDO
2015	Los Guindos_TG	Nueva		8760			8784			8760		LIQUIDO
2015	Los Guindos_TG2	Nueva		6600			8784			8760		LIQUIDO
2015	Guacolda CTG, U5	Existente			8760			8784			8760	SOLIDO
2015	Lautaro_U2	Nueva			8760			8784			8760	SOLIDO
2016	Kelar_BPTG1	Nueva	3838			4867	496		6167	70		GASEOSO
2016	Kelar_BPTG2	Nueva	4254	4		4862	408		3785	204		GASEOSO
2016	Kelar_TG1	Nueva	8760			8288	496		8690	70		GASEOSO
2016	Kelar_TG2	Nueva	8756	4		8376	408		8556	204		GASEOSO
2016	Cochrane_CCH1	Existente		83	8677		119	8665		155	8605	SOLIDO
2016	Cochrane_CCH2	Existente		83	8677		119	8665		155	8605	SOLIDO
2019	Mejillones_CTM7	Nueva			5520			8784			8760	SOLIDO



## 16.2 Evaluación de NECT realizado por la SMA para año 2021

Tabla 16-2 Resultado de evaluación de norma realizado por la SMA según D.S: N13/2011 para las emisiones del año 2021 de las fuentes reguladas

Nombre UF	Fuente	Tipo de Combustible	Expediente Informe de Fiscalización	Resultados por parámetro evaluado			
	Unidad Generadora			MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Hg
AES GENER S.A. -CENTRAL RENCA	Nueva Renca	Gas	DFZ-2022-687-XIII-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
AES GENER S.A. -CENTRAL RENCA	Central Renca(U1)	Petróleo	DFZ-2022-687-XIII-NE	No operó en régimen	No operó en régimen	No operó en horas de func regular	No aplica
AES GENER S.A. -CENTRAL RENCA	Central Renca(U2)	Petróleo	DFZ-2022-687-XIII-NE	No operó en régimen	No operó en régimen	No operó en horas de funcionamiento regular	No aplica
CENTRAL ANGAMOS	ANGAMOS 1 y 2	Carbón	DFZ-2022-661-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CENTRAL ANTILHUE	TG-1	Petróleo	DFZ-2022-597-XIV-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL ANTILHUE	TG-2	Petróleo	DFZ-2022-597-XIV-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL CARDONES	Turbina N°1	Petróleo	DFZ-2022-598-III-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL DE CICLO COMBINADO LAGUNA VERDE	AEG	Petróleo	DFZ-2022-606-V-NE	No operó en régimen	No operó en régimen	No operó en horas de func regular	No aplica
CENTRAL DE CICLO COMBINADO LAGUNA VERDE	B.+BOVERI	Petróleo	DFZ-2022-606-V-NE	No operó en régimen	No operó en régimen	No operó en horas de func regular	No aplica
CENTRAL DE CICLO COMBINADO LAGUNA VERDE	TG	Petróleo	DFZ-2022-606-V-NE	No operó en régimen	No operó en régimen	No operó en horas de func regular	No aplica
CENTRAL ESPERANZA - REQUINOA	ESPERANZA TG-1	Petróleo	DFZ-2022-599-VI-NE	No operó en régimen	No operó en régimen	No operó en horas de func regular	No aplica
CENTRAL HUASCO	TG3	Petróleo	DFZ-2022-605-III-NE	Cumple	Cumple	exenta	No aplica
CENTRAL HUASCO	TG5	Petróleo	DFZ-2022-605-III-NE	Cumple	Cumple	exenta	No aplica
CENTRAL HUASCO	TG4	Petróleo	DFZ-2022-605-III-NE	Cumple	Cumple	exenta	No aplica
CENTRAL LAS VEGAS	Central Los Vientos	Petróleo	DFZ-2022-608-V-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL MEJILLONES	CTM1 y CTM2	Carbón	DFZ-2022-674-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CENTRAL MEJILLONES	CTM3	Gas	DFZ-2022-674-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL MEJILLONES	CTM7	Carbón	DFZ-2022-674-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CENTRAL NEHUENCO	Turbina Gas Nehuenco I	Gas	DFZ-2022-678-V-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL NEHUENCO	Turbina Gas Nehuenco II	Gas	DFZ-2022-678-V-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL NEHUENCO	Turbina Gas Nehuenco III	Gas	DFZ-2022-678-V-NE	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	Cumple	No aplica
CENTRAL QUINTERO	TG1A	Gas	DFZ-2022-679-V-NE	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	Cumple	No aplica
CENTRAL QUINTERO	TG1B	Gas	DFZ-2022-679-V-NE	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	Cumple	No aplica
CENTRAL SANISIDRO	TG2	Gas	DFZ-2022-682-V-NE	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	Cumple	No aplica
CENTRAL SANISIDRO	TG1	Gas	DFZ-2022-682-V-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL TERMICA ANDINO	CTA	Carbón	DFZ-2022-662-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CENTRAL TERMICA ANDINO	CTH	Carbón	DFZ-2022-662-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CENTRAL TERMICA ATACAMA	TG 1A	Gas	DFZ-2022-684-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica

Nombre UF	Fuente	Tipo de Combustible	Expediente Informe de Fiscalización	Resultados por parámetro evaluado			
	Unidad Generadora			MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Hg
CENTRALTERMICA ATACAMA	TG 1B	Gas	DFZ-2022-684-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRALTERMICA ATACAMA	TG 2A	Gas	DFZ-2022-684-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRALTERMICA ATACAMA	TG 2B	Gas	DFZ-2022-684-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL TERMOELECTRICA DIEGO DE ALMAGRO DE ENEL CHILE	TG1	Petróleo	DFZ-2022-601-III-NE	Cumple	Cumple	exenta	No aplica
CENTRAL TERMOELÉCTRICA SAN LORENZO DIEGO DE ALMAGRO DE ENLASA CHILE	San Lorenzo D. Almagro U1	Petróleo	DFZ-2022-610-III-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
CENTRAL TERMOELÉCTRICA SAN LORENZO DIEGO DE ALMAGRO DE ENLASA CHILE	San Lorenzo D. Almagro U2	Petróleo	DFZ-2022-610-III-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
CENTRAL TERMOELECTRICA SW CONSULTING	El Salvador TG1	Petróleo	DFZ-2022-602-III-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
CENTRAL TERMOELECTRICA TARAPACA	TGTAR	Petróleo	DFZ-2022-644-I-NE	Cumple	Cumple	exenta	No aplica
CENTRAL TERMOELECTRICA TARAPACA	CTTAR	Carbón	DFZ-2022-644-I-NE	Desconectada-Plan de descarbonización			
CENTRAL TOCOPILLA	U16	Gas	DFZ-2022-724-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CENTRAL TOCOPILLA	Turbogas 3	Petróleo	DFZ-2022-724-II-NE	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	Exenta	No aplica
CENTRAL TOCOPILLA	Turbogas 1	Petróleo	DFZ-2022-724-II-NE	Cumple	Cumple	exenta	No aplica
CENTRAL TOCOPILLA	Turbogas 2	Petróleo	DFZ-2022-724-II-NE	Cumple	Cumple	exenta	No aplica
CENTRAL TOCOPILLA	U14 y U15	Carbón	DFZ-2022-724-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CENTRAL TOCOPILLA	U12 y U13	Carbón	DFZ-2022-724-II-NE	Desconectada-Plan de descarbonización			
CENTRAL TRESPUENTES - EDELMAG S.A.	Unidad 1	Gas	DFZ-2022-694-XII-NE	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	No aplica, sólo operó con gas el año 2021	Exenta	No aplica
CODELCO CHUQUICAMATA	Tg01 B	Petróleo	DFZ-2022-609-II-NE	No operó en régimen	No operó en régimen	exenta	No aplica
CODELCO CHUQUICAMATA	Tg01 A	Petróleo	DFZ-2022-609-II-NE	No operó en régimen	No operó en régimen	exenta	No aplica
CODELCO CHUQUICAMATA	tg02	Petróleo	DFZ-2022-609-II-NE	No operó en régimen	No operó en régimen	exenta	No aplica
COMASA LAUTARO	Unidad N° 1	Biomasa	DFZ-2022-722-IX-NE	Cumple	No aplica	Cumple	No aplica
COMASA LAUTARO	Unidad N° 2	Biomasa	DFZ-2022-722-IX-NE	Cumple	No aplica	Cumple	No aplica
COMPLEJO CELCOPLANTA ARAUCO	Central Horcones	Petróleo	DFZ-2022-604-VIII-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
COMPLEJO TERMOELECTRICO VENTANAS	VENTANAS II	Carbón	DFZ-2022-725-V-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
COMPLEJO TERMOELECTRICO VENTANAS	Ventanas I	Carbón	DFZ-2022-725-V-NE	No entró en operación año 2021	No entró en operación año 2021	No entró en operación año 2021	No entró en operación año 2021
COMPLEJO TERMOELECTRICOVENTANAS	Nueva Ventanas	Carbón	DFZ-2022-725-V-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
COMPLEJO TERMOELECTRICO VENTANAS	Central Campiche	Carbón	DFZ-2022-725-V-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CT BOCAMINA	Unidad 2	Carbón	DFZ-2022-718-VIII-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CT BOCAMINA	Unidad 1	Carbón	DFZ-2022-718-VIII-NE	Desconectada- Plan de descarbonización			
CT CAMPANARIO	YUNGAY 1A	Petróleo	DFZ-2022-612-VIII-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
CT CAMPANARIO	YUNGAY 1B	Petróleo	DFZ-2022-612-VIII-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
CT CAMPANARIO	YUNGAY 2A	Petróleo	DFZ-2022-612-VIII-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica

Nombre UF	Fuente	Tipo de Combustible	Expediente Informe de Fiscalización	Resultados por parámetro evaluado			
	Unidad Generadora			MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Hg
CT CAMPANARIO	YUNGAY 2B	Petróleo	DFZ-2022-612-VIII-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
CT CAMPANARIO	YUNGAY 3A	Petróleo	DFZ-2022-612-VIII-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
CT CAMPANARIO	YUNGAY 3B	Petróleo	DFZ-2022-612-VIII-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
CT CAMPANARIO	YUNGAY 4	Petróleo	DFZ-2022-612-VIII-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
CT LOS PINOS	Turbina a gas	Petróleo	DFZ-2022-607-VIII-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CT SANTA LIDIA	Central Santa Lidia	Petróleo	DFZ-2022-611-VIII-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
CT SANTA MARIA	Unidad I	Carbón	DFZ-2022-680-VIII-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
EMELDA	EMELDA U1	Petróleo	DFZ-2022-603-III-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
EMELDA	EMELDA U2	Petróleo	DFZ-2022-603-III-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica
GUACOLDA	CTG, Unidad N°1 y Unidad N°2	Carbón	DFZ-2022-721-III-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
GUACOLDA	CTG, Unidad N°3	Carbón	DFZ-2022-721-III-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
GUACOLDA	CTG, Unidad N°4	Carbón	DFZ-2022-721-III-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
GUACOLDA	CTG, Unidad N°5	Carbón	DFZ-2022-721-III-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
KELAR	TG1	Gas	DFZ-2022-686-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
KELAR	TG2	Gas	DFZ-2022-686-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
PROYECTOR ESPALDO ELECTRICO COLMITO	Termoeléctrica Colmito	Gas	DFZ-2022-659-V-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
TERMOELECTRICA CANDELARIA	TG1	Gas	DFZ-2022-643-VI-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
TERMOELECTRICA CANDELARIA	TG2	Gas	DFZ-2022-643-VI-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
TERMOELECTRICA COCHRANE	CCH1 y CCH2	Carbón	DFZ-2022-719-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
TERMOELECTRICA NUEVA TOCOPILLA	NT01	Carbón	DFZ-2022-723-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
TERMOELECTRICA NUEVA TOCOPILLA	NT02	Carbón	DFZ-2022-723-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
TERMOELECTRICA TALTAL	TG1	Gas	DFZ-2022-689-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
TERMOELECTRICA TALTAL	TG2	Gas	DFZ-2022-689-II-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
TURBINA LOS GUINDOS	Los Guindos TG2	Petróleo	DFZ-2022-600-VIII-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
TURBINA LOS GUINDOS	Los Guindos TG	Petróleo	DFZ-2022-600-VIII-NE	Cumple	Cumple	Cumple	No aplica
TURBINA PSEG-CORONEL	LM-6000 PC 47MW	Gas	DFZ-2022-720-VIII-NE	Cumple	Cumple	Exenta	No aplica

Fuente: Elaboración propia en base a Ord N°1550/2022 de la SMA

### 16.3 No cumplimiento de NECT para horas de Régimen (RE)

Tabla 16-3 Horas de Régimen año 2014-2021, CT combustible Gaseoso

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Tres_Puentes_U1			2770	2417	1778	2684	540	729
EXISTENTE	Tocopilla_TG3	740	503	720	679	472	812	773	718
EXISTENTE	Nueva_Renca	4070	6068	6970	5971	2703	6213	4284	4307
EXISTENTE	San_IsidroI_BPTG1		39		73	106	182	185	427
EXISTENTE	San_IsidroI_TG1	6092	3548	4690	5387	3762	3689	4936	6259
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	964	1728	1338	94	40	28	8	32
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	1811	2612	1935	141	30	35	17	23
EXISTENTE	TG_Nehuenco I	4590	4550	7479	6349	5086	5624	5809	5450
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco I								
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TG	2933	5468	2248	1300	1932	4958	6718	6598
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TV	2933	5468	2248	1300	1932	4958	6718	6598
EXISTENTE	Taltal_TG1	876	1060	489	1408	332	22	260	154
EXISTENTE	Taltal_TG2	1160	1064	175	437	148	75	152	607
EXISTENTE	Tocopilla_TG_U16	7663	7190	5234	4737	4551	4078	4520	5151
EXISTENTE	Tocopilla_TV_U16	7663	7190	5234	4737	4551	4078	4520	5151
EXISTENTE	TG_Nehuenco III	72	17	90	20	98	24	27	687
EXISTENTE	TG_Nehuenco II	6183	6770	4120	5278	7155	7816	6633	6074
EXISTENTE	Candelaria_TG1	83	28	884	686	49	394	516	2408
EXISTENTE	Candelaria_TG2	62	50	893	754	35	285	783	2960
EXISTENTE	Coronel	575	1300	584	413	118	309	246	716
EXISTENTE	San_IsidroII_BPTG2	7682	4979	8147	70	115	87	38	54
EXISTENTE	San_IsidroII_TG2	7682	4979	8147	6892	6567	7187	7632	7875
EXISTENTE	Yungay_1A			10	11	1	4	11	23
EXISTENTE	Yungay_1B			10	10	1	4	11	23
EXISTENTE	Yungay_2A			9	11	2	1	7	40
EXISTENTE	Yungay_2B			9	11	2	1	7	40
EXISTENTE	Yungay_3A			9	10	2	1	6	16
EXISTENTE	Yungay_3B			9	10	2		6	16
EXISTENTE	Quintero_TG1A	732	2083	843	1774	1024	972	3221	3229
EXISTENTE	Quintero_TG1B	1102	2376	1245	1614	909	895	2459	3490
NUEVA	Kelar_BPTG1			9	2543	3976	3414	4600	5833
NUEVA	Kelar_BPTG2			4	2475	4475	3708	4494	3779
NUEVA	Kelar_TG1			37	2543	3976	3414	4600	5833
NUEVA	Kelar_TG2			4	2475	4474	3708	4494	3779

Tabla 16-4 Horas de Régimen que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Gaseoso

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Tres_Puentes_U1			2769	2397	1716	2684	539	726
EXISTENTE	Tocopilla_TG3	740	502	720	679	472	812	773	718
EXISTENTE	Nueva_Renca	87	16	10	13	0	0	0	0
EXISTENTE	San_IsidroI_BPTG1		4		5	7	17	5	0
EXISTENTE	San_IsidroI_TG1	4009	3032	217	78	25	91	10	23
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	964	1726	755	7	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	1809	2589	1493	6	0	0	0	0
EXISTENTE	TG_Nehuenco I	1	2	0	4	2	1	3	2
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco I								
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TG	2733	5448	1339	20	29	33	6	114
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TV	2733	5448	1339	20	29	33	6	114
EXISTENTE	Taltal_TG1	79	70	6	8	4	1	18	0
EXISTENTE	Taltal_TG2	348	86	38	18	30	0	2	0
EXISTENTE	Tocopilla_TG_U16	714	14	0	5	402	85	5	0
EXISTENTE	Tocopilla_TV_U16	714	14	0	5	402	85	5	0
EXISTENTE	TG_Nehuenco III	17	15	13	0	0	0	0	0
EXISTENTE	TG_Nehuenco II	8	0			0	0	0	0
EXISTENTE	Candelaria_TG1	22	9	25	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Candelaria_TG2	4	38	39	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Coronel	14	5	0	97	3	8	2	10
EXISTENTE	San_IsidroII_BPTG2	592	51		4	4	4	0	30
EXISTENTE	San_IsidroII_TG2	592	51	273	26	69	96	1	32
EXISTENTE	Yungay_1A			10	11	1	4	11	23
EXISTENTE	Yungay_1B			10	10	1	4	11	23
EXISTENTE	Yungay_2A			9	11	2	1	7	40
EXISTENTE	Yungay_2B			9	11	2	1	7	40
EXISTENTE	Yungay_3A			9	10	2	1	6	16
EXISTENTE	Yungay_3B			9	10	2		1	16
EXISTENTE	Quintero_TG1A	74	0	0	12	0	0	0	5
EXISTENTE	Quintero_TG1B	0	0	0	2	0	0	20	2
NUEVA	Kelar_BPTG1			0	7	0	0	0	0
NUEVA	Kelar_BPTG2			0	29	1	0	0	0
NUEVA	Kelar_TG1			0	20	0	0	0	0
NUEVA	Kelar_TG2			0	32	1	0	0	0

Tabla 16-5 Horas de Régimen año 2014-2021, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I				18				
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II				18				
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I				11				
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II				11				
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	406	459						
EXISTENTE	Renca_U1				17				
EXISTENTE	Renca_U2								
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	113	188	416	578	124			5
EXISTENTE	Huasco_TG3		12	7	23	14	6	9	8
EXISTENTE	Huasco_TG4		11	7	23	11	3	8	7
EXISTENTE	Huasco_TG5		11	1	23	14	3	12	7
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	94	216	351	781	128			5
EXISTENTE	D_Almagro_TG1		126	8	52	21	19	29	86
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR		490	618	385	58	12		9
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	964	1728	1338	134	385	1328	713	1300
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	1530	2808	2378	495	273	215	571	1406
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	1811	2612	1935	216	160	111	624	905
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	1746	2114	3153	323	162	493	1025	1824
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II								13
EXISTENTE	Horcones	8973	25	55	52	21	7	11	3
EXISTENTE	Lag_Verde_TG								
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	713	104	136	462	212	580	196	596
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	702	67	110	424	196	697	185	805
EXISTENTE	Esperanza_TG-1								
EXISTENTE	Los Vientos	101	682	272	156	405	1026	424	1156
EXISTENTE	Colmito	95	442	135	223	241	1170	87	1497
EXISTENTE	Cardones_T1	3	44		47	6		5	18
EXISTENTE	Los Pinos_TG	1355	1858	852	668	340	137	472	1617
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	5			13	8			5
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	4		2	11	10			7
EXISTENTE	Santa_Lidia	1	176	137	11	5	19	72	159
EXISTENTE	El Salvador_TG1		109	1	9	11	13	13	61
EXISTENTE	EMELDA_U1	2	3	1	5		6	4	21
EXISTENTE	EMELDA_U2	1			6		14	2	9
EXISTENTE	Yungay_4			8	15		1		8
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	7	6						
EXISTENTE	Salar_Tg01 B								
EXISTENTE	Salar_Tg02		3587						
NUEVA	Los Guindos_TG	0	78	339	112	67	5	47	125
NUEVA	Los Guindos_TG2	0	0	0	0	0	29	76	190

Tabla 16-6 Horas de Régimen que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I				18				
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II				18				
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I				11				
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II				11				
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	406	459						
EXISTENTE	Renca_U1				17				
EXISTENTE	Renca_U2								
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	113	188	416	578	31			5
EXISTENTE	Huasco_TG3		12	7	23	14	6	9	8
EXISTENTE	Huasco_TG4		11	7	23	11	3	8	7
EXISTENTE	Huasco_TG5		11	1	23	14	3	12	7
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	94	216	351	781	66			5
EXISTENTE	D_Almagro_TG1		126	8	52	21	19	29	86
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR		338	511	374	56	10		5
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	964	1726	755	12	83	12	5	3
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	1505	2504	1368	50	22	6	70	7
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	1809	2589	1493	16	6	1	152	27
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	1744	2096	2231	45	11	36	10	10
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II			0	2				0
EXISTENTE	Horcones	0	25	55	52	15	7	11	3
EXISTENTE	Lag_Verde_TG								
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	0	2	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Antihue_TG-2	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Esperanza_TG-1								
EXISTENTE	Los Vientos	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Cardones_T1	2	0		30	0		0	0
EXISTENTE	Los Pinos_TG	1	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	1			13	8			5
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	0		0	11	10			7
EXISTENTE	Santa_Lidia	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	El Salvador_TG1		109	1	9	11	13	13	61
EXISTENTE	EMELDA_U1	2	1	0	5		6	4	21
EXISTENTE	EMELDA_U2	1			6		14	2	9
EXISTENTE	Yungay_4			8	15		1		8
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	7	6						
EXISTENTE	Salar_Tg01 B								
EXISTENTE	Salar_Tg02		3036						
NUEVA	Los Guindos_TG		69	339	0	0	0	0	0
NUEVA	Los Guindos_TG2						0	0	0

Tabla 16-7 Horas de Régimen que superan límite de NECT para SO<sub>2</sub>, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I				0				
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II				0				
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I				0				
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II				0				
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	0	0						
EXISTENTE	Renca_U1				0				
EXISTENTE	Renca_U2								
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	0	0	0	0	0			0
EXISTENTE	Huasco_TG3		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Huasco_TG4		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Huasco_TG5		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	0	0	0	0	0			0
EXISTENTE	D_Almagro_TG1		17	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR		0	0	0	0	0		0
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II			0	0				0
EXISTENTE	Horcones	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Lag_Verde_TG								
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Antilhue_TG-2	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Esperanza_TG-1								
EXISTENTE	Los Vientos	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Cardones_T1	2	1		30	0		0	0
EXISTENTE	Los Pinos_TG	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	5			13	0			0
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	3		0	11	0			0
EXISTENTE	Santa_Lidia	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	El Salvador_TG1		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	EMELDA_U1	2	3	0	5		0	0	0
EXISTENTE	EMELDA_U2	1			6		0	0	0
EXISTENTE	Yungay_4			8	0		0		0
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	0	0						
EXISTENTE	Salar_Tg01 B								
EXISTENTE	Salar_Tg02		0						
NUEVA	Los Guindos_TG		74	339	0	0	0	0	0
NUEVA	Los Guindos_TG2						0	0	0



Tabla 16-8 Horas de Régimen que superan límite de NECT para MP, CT combustible Líquido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I				0				
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II				0				
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I				0				
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II				0				
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ	0	0						
EXISTENTE	Renca_U1				0				
EXISTENTE	Renca_U2								
EXISTENTE	Tocopilla_TG1	0	0	0	0	0			0
EXISTENTE	Huasco_TG3		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Huasco_TG4		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Huasco_TG5		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_TG2	0	0	0	0	0			0
EXISTENTE	D_Almagro_TG1		7	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR		0	0	0	0	0		0
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	0	27	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II			0	0				0
EXISTENTE	Horcones	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Lag_Verde_TG								
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Antihue_TG-2	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Esperanza_TG-1								
EXISTENTE	Los Vientos	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Colmito	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Cardones_T1	0	0		0	0		0	0
EXISTENTE	Los Pinos_TG	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1	0			0	0			0
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2	0		0	0	0			0
EXISTENTE	Santa_Lidia	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	El Salvador_TG1		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	EMELDA_U1	0	0	0	0		0	0	0
EXISTENTE	EMELDA_U2	0			0		0	0	0
EXISTENTE	Yungay_4			0	0		0		0
EXISTENTE	Salar_Tg01 A	0	0						
EXISTENTE	Salar_Tg01 B								
EXISTENTE	Salar_Tg02		0						
NUEVA	Los Guindos_TG		78	339	0	0	0	0	0
NUEVA	Los Guindos_TG2						0	0	0

Tabla 16-9 Horas de Régimen año 2014-2021, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Ventanas I		78	339	73	65	3	46	120
EXISTENTE	Bocamina_U2						8	75	189
EXISTENTE	Ventanas_II	8026	6313	7638	6946	6290	2551	1437	
EXISTENTE	Tocopilla_U12		698	6623	5787	7087	7447	6773	8035
EXISTENTE	Tocopilla_U13	6942	6470	7648	6195	7965	6791	7982	7100
EXISTENTE	Tocopilla_U14	7915	7434	7226	5735	2563	207		
EXISTENTE	Tocopilla_U15	7915	7434	7226	5735	2563	207		
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	8604	8174	8251	7966	6036	1554	1254	6658
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	8604	8174	8251	7966	6036	1554	1254	6658
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	8357	7998	8499	7441	8552	8655	8676	8251
EXISTENTE	Norgener_NT01	8357	7998	8499	7441	8552	8655	8676	8251
EXISTENTE	Norgener_NT02	8106	8022	5561	6538	5928	3975	2283	6058
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	7960	8259	7312	8244	8033	7880	7783	7704
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	8116	6418	7530	8388	8321	7984	7664	8000
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	8106	8022	5561	6538	5928	3975	2283	6058
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	5026	7423	2458	5071		5187		
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	8249	7917	7998	6329	8171	7891	8209	7164
EXISTENTE	Andina_CTA	8635	8734	7832	8259	7934	7983	7871	7990
EXISTENTE	Andina_CTH	8212	8473	8211	7580	8104	7251	8053	6400
EXISTENTE	ANGAMOS 1	7914	7868	8013	7010	7030	5511	5582	5963
EXISTENTE	ANGAMOS 2	8236	8388	7564	7152	6437	6434	6691	6144
EXISTENTE	Bocamina_U1	8277	7882	7296	5846	7883	8323	8067	7965
EXISTENTE	Lautaro_U1	8277	7882	7296	5846	7883	8323	8067	7965
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	4458	2428	6440	6027	5070	6991	3789	
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche		6980	6682	7384	7404	7115	7063	6939
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	7416	6813	7086	7670	7587	5638	7717	7319
NUEVA	Lautaro_U2	8257	8095	8661	7308	7033	7495	7976	6355
NUEVA	Cochrane_CCH1		408	8155	8226	8188	8003	8325	7973
NUEVA	Cochrane_CCH2		6690	6355	6916	3506	4760	5698	4420
NUEVA	Mejillones_CTM7			3250	7814	8036	7880	8174	8458

Tabla 16-10 Horas de Régimen que superan límite de NECT para NOx, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Ventanas I	7473	814	33	43	49	14	3	
EXISTENTE	Bocamina_U2		2	8	4	11	0	22	0
EXISTENTE	Ventanas_II	4312	1716	13	32	45	182	28	85
EXISTENTE	Tocopilla_U12	986	693	0	6	21	15		
EXISTENTE	Tocopilla_U13	986	693	0	6	21	15		
EXISTENTE	Tocopilla_U14	2238	482	0	109	115	21	18	40
EXISTENTE	Tocopilla_U15	2238	482	0	109	115	21	18	40
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	1582	99	0	6	8	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	1582	99	0	6	8	0	0	0
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	582	1168	833	546	386	117	108	302
EXISTENTE	Norgener_NT01	87	15	70	13	0	1	0	0
EXISTENTE	Norgener_NT02	50	6	112	13	0	0	0	5
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	582	1168	833	546	386	117	108	302
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	5019	7311	1950	4		13		
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	1405	164	93	457	40	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	1	0	2	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	1241	2	12	3	8	32	29	14
EXISTENTE	Andina_CTA	0	4	0	1	553	47	17	1307
EXISTENTE	Andina_CTH	0	0	42	23	311	55	53	343
EXISTENTE	ANGAMOS 1	274	103	1	0	113	109	23	1
EXISTENTE	ANGAMOS 2	274	103	1	0	113	109	23	1
EXISTENTE	Bocamina_U1	843	92	65	3	14	11	23	
EXISTENTE	Lautaro_U1		648	745	1780	797	191	118	36
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	174	6	0	7	0	0	1	0
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	249	3	35	35	2	9	7	11
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5		0	0	0	0	0	0	0
NUEVA	Lautaro_U2		188	21	337	308	386	633	0
NUEVA	Cochrane_CCH1			0	0	0	0	0	0
NUEVA	Cochrane_CCH2			0	0	0	0	0	0
NUEVA	Mejillones_CTM7						0	13	0

Tabla 16-11 Horas de Régimen que superan límite de NECT para SO<sub>2</sub>, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Ventanas I	7771	663	1	0	0	0	0	
EXISTENTE	Bocamina_U2		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Ventanas_II	4452	1448	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_U12	4741	2940	0	0	0	0		
EXISTENTE	Tocopilla_U13	4741	2940	0	0	0	0		
EXISTENTE	Tocopilla_U14	8464	3554	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_U15	8464	3554	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	8196	7998	2298	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	8196	7998	2298	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	7841	7958	3534	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Norgener_NT01	7672	1619	0	0	0	26	0	0
EXISTENTE	Norgener_NT02	7833	1211	0	0	0	11	0	0
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	7841	7958	3534	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	5019	7423	2074	0		0		
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	1303	4057	1508	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	8383	8734	2021	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	3309	1594	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Andina_CTA	2830	7111	3342	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Andina_CTH	2796	8279	3326	0	0	0	0	0
EXISTENTE	ANGAMOS 1	7240	6015	154	0	0	2	0	0
EXISTENTE	ANGAMOS 2	7240	6015	154	0	0	2	0	0
EXISTENTE	Bocamina_U1	4456	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	2	0	1	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	6144	2065	1	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5		0	0	0	0	0	0	0
NUEVA	Lautaro_U2		0	0	0	0	0	0	0
NUEVA	Cochrane_CCH1			0	0	0	0	0	0
NUEVA	Cochrane_CCH2			0	0	0	0	0	0
NUEVA	Mejillones_CTM7						0	0	0

Tabla 16-12 Horas de Régimen que superan límite de NECT para MP, CT combustible Sólido

Tipo	UGE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
EXISTENTE	Ventanas I	0	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Bocamina_U2		0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Ventanas_II	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_U12	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	Tocopilla_U13	0	0	0	0	0	0		
EXISTENTE	Tocopilla_U14	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tocopilla_U15	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	0	678	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	0	678	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	1	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Norgener_NT01	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Norgener_NT02	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	1	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	1	1	0	0		0		
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	2	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Andina_CTA	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Andina_CTH	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	ANGAMOS 1	0	56	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	ANGAMOS 2	0	56	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Bocamina_U1	340	0	0	0	0	0	0	
EXISTENTE	Lautaro_U1		0	246	8	4	5	2	0
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	0	0	0	0	0	0	0	0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5		0	0	0	0	0	0	0
NUEVA	Lautaro_U2		0	99	14	3	253	586	0
NUEVA	Cochrane_CCH1			351	0	0	0	0	0
NUEVA	Cochrane_CCH2			351	0	0	0	0	0
NUEVA	Mejillones_CTM7						0	0	0

## 16.4 Porcentaje de HA y HE respecto a horas de funcionamiento en CT, 2019 a 2021

Tabla 16-13 Porcentaje de HA y HE respecto a horas de funcionamiento en CT con combustible gaseoso, años 2019 a 2021

Tipo de unidad	Identificación Central_UGE	2019			2020			2021		
		HA	HE	%(HE+HA)	HA	HE	%(HE+HA)	HA	HE	%(HE+HA)
EXISTENTE	Tres_Puentes_U1	15	20	1,3	14	18	5,6	27	24	6,5
EXISTENTE	Tocopilla_TG3	60	60	12,9	26	27	6,4	77	78	17,8
EXISTENTE	Nueva_Renca	39	115	2,4	71	164	5,2	108	265	8,0
EXISTENTE	San_IsidroI_BPTG1	72	122	51,6	118	165	60,5	150	197	44,8
EXISTENTE	San_IsidroI_TG1	674	245	19,9	276	239	9,4	375	281	9,5
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	61	36	77,6	65	12	90,6	88	24	77,8
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	24	17	53,9	59	24	83,0	71	43	83,2
EXISTENTE	TG_Nehuenco I	18	79	1,6	4	23	0,5	17	117	2,3
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco I			NA			NA			NA
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TG	197	308	9,2	62	172	3,4	111	265	5,4
EXISTENTE	Mejillones_CTM3TV	197	308	9,2	62	172	3,4	111	265	5,4
EXISTENTE	Taltal_TG1	27	37	74,4	116	140	49,6	58	89	48,8
EXISTENTE	Taltal_TG2	142	37	67,0	70	78	42,5	162	196	37,1
EXISTENTE	Tocopilla_TG_U16	164	211	8,4	118	258	7,7	115	201	5,8
EXISTENTE	Tocopilla_TV_U16	164	211	8,4	118	258	7,7	115	201	5,8
EXISTENTE	TG_Nehuenco III	6	8	36,8	10	12	44,9	77	81	18,5
EXISTENTE	TG_Nehuenco II	8	56	0,8	3	7	0,2	30	83	1,8
EXISTENTE	Candelaria_TG1	41	42	17,4	105	110	29,4	281	284	19,0
EXISTENTE	Candelaria_TG2	36	40	21,1	98	101	20,3	237	250	14,1
EXISTENTE	Coronel	69	94	34,5	83	123	45,6	225	282	41,5
EXISTENTE	San_IsidroII_BPTG2	47	46	51,7	52	62	75,0	37	32	56,1
EXISTENTE	San_IsidroII_TG2	135	111	3,3	146	124	3,4	243	91	4,1
EXISTENTE	Yungay_1A	3	6	69,2	7	9	59,3	11	10	47,7
EXISTENTE	Yungay_1B	3	5	66,7	7	9	59,3	11	10	47,7
EXISTENTE	Yungay_2A	3	9	92,3	3	4	50,0	12	13	38,5
EXISTENTE	Yungay_2B	3	8	91,7	3	4	50,0	12	13	38,5
EXISTENTE	Yungay_3A	8	11	95,0	5	9	70,0	5	6	40,7
EXISTENTE	Yungay_3B	6	9	NA	5	9	70,0	5	6	40,7
EXISTENTE	Quintero_TG1A	256	125	28,2	391	251	16,6	823	335	26,4
EXISTENTE	Quintero_TG1B	269	126	30,6	330	244	18,9	872	334	25,7
NUEVA	Kelar_BPTG1	175	249	11,0	340	423	14,2	123	273	6,3
NUEVA	Kelar_BPTG2	200	350	12,9	339	435	14,7	82	128	5,3
NUEVA	Kelar_TG1	175	249	11,0	340	423	14,2	123	273	6,3
NUEVA	Kelar_TG2	198	352	12,9	339	435	14,7	82	128	5,3

Tabla 16-14 Porcentaje de HA y HE respecto a horas de funcionamiento en CT con combustible líquido, años 2019 a 2021

Tipo de unidad	Identificación Central_UGE	2019			2020			2021		
		HA	HE	%(HE+HA)	HA	HE	%(HE+HA)	HA	HE	%(HE+HA)
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG I			NA			NA			NA
EXISTENTE	Lag_Verde_AEG II			NA			NA			NA
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_I			NA			NA			NA
EXISTENTE	Lag_Verde_BB_II			NA			NA			NA
EXISTENTE	Iquique_TG-IQ			NA			NA			NA
EXISTENTE	Renca_U1			NA			NA	1	5	NA
EXISTENTE	Renca_U2			NA			NA			NA
EXISTENTE	Tocopilla_TG1			NA			NA	4	4	61,5
EXISTENTE	Huasco_TG3			0,0		16	64,0		16	66,7
EXISTENTE	Huasco_TG4			0,0		15	65,2		10	58,8
EXISTENTE	Huasco_TG5			0,0		11	47,8		11	61,1
EXISTENTE	Tocopilla_TG2			NA			NA	5	5	66,7
EXISTENTE	D_Almagro_TG1			0,0		2	6,5		2	2,3
EXISTENTE	Tarapaca_TGTAR		3	20,0		19	NA		16	64,0
EXISTENTE	Atacama_TG 1A	79	247	19,7	70	194	27,0	99	265	21,9
EXISTENTE	Atacama_TG 1B	35	100	38,6	48	155	26,2	120	300	23,0
EXISTENTE	Atacama_TG 2A	34	69	48,1	64	180	28,1	81	197	23,5
EXISTENTE	Atacama_TG 2B	35	108	22,5	57	198	19,9	123	383	21,7
EXISTENTE	TG_BP_Nehuenco II			NA			NA	3	7	43,5
EXISTENTE	Horcones	3	5	53,3	6	3	45,0	2	2	57,1
EXISTENTE	Lag_Verde_TG			NA			NA			NA
EXISTENTE	Antilgue_TG-1	65	71	18,9	39	47	30,5	102	113	26,5
EXISTENTE	Antihue_TG-2	63	65	15,5	44	52	34,2	116	133	23,6
EXISTENTE	Esperanza_TG-1		21	NA			NA		48	NA
EXISTENTE	Los Vientos	156	108	20,5	102	119	34,3	164	171	22,5
EXISTENTE	Colmito	164	217	24,6	31	40	44,4	237	258	24,6
EXISTENTE	Cardones_T1	1	1	NA	2	4	54,5	6	6	40,0
EXISTENTE	Los Pinos_TG	32	32	31,8	119	123	33,9	287	289	26,3
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U1		1	NA		3	NA	3	16	79,2
EXISTENTE	SL_D_Almagro_U2		1	NA		6	NA	1	11	63,2
EXISTENTE	Santa Lidia	3	6	32,1	18	25	37,4	37	40	32,6
EXISTENTE	El Salvador_TG1	2	3	27,8	2	5	31,8	11	15	29,9
EXISTENTE	EMELDA_U1	21	37	90,6	8	15	85,2	17	25	66,7
EXISTENTE	EMELDA_U2	22	29	78,5	5	13	90,0	9	22	77,5
EXISTENTE	Yungay_4	2	7	90,0	1	2	NA	4	9	61,9
EXISTENTE	Salar_Tg01 A		33	NA		36	NA			NA
EXISTENTE	Salar_Tg01 B		30	NA		36	NA			NA
EXISTENTE	Salar_Tg02		31	NA		34	NA			NA
NUEVA	Los Guindos_TG		2	40,0		1	2,1		5	4,0
NUEVA	Los Guindos_TG2		21	72,4		1	1,3		1	0,5

Tabla 16-15 Porcentaje de HA y HE respecto a horas de funcionamiento en CT con combustible sólido, años 2019 a 2021

Tipo de unidad	Identificación Central_UGE	2019			2020			2021		
		HA	HE	%(HE+HA)	HA	HE	%(HE+HA)	HA	HE	%(HE+HA)
EXISTENTE	Ventanas I	27	151	6,5	20	127	9,2			NA
EXISTENTE	Bocamina_U2	10	131	1,9	16	243	3,7	12	129	1,7
EXISTENTE	Ventanas_II	25	112	2,0	16	86	1,3	20	164	2,5
EXISTENTE	Tocopilla_U12	4	21	10,6			NA			NA
EXISTENTE	Tocopilla_U13	4	21	10,6			NA			NA
EXISTENTE	Tocopilla_U14	36	238	14,5	30	339	21,9	24	453	6,7
EXISTENTE	Tocopilla_U15	36	238	14,5	30	339	21,9	24	453	6,7
EXISTENTE	Guacolda CTG, U1	18	68	1,0	14	74	1,0	15	54	0,8
EXISTENTE	Guacolda CTG, U2	18	68	1,0	14	74	1,0	15	54	0,8
EXISTENTE	Mejillones_CTM1	50	395	9,8	59	583	21,0	69	921	13,6
EXISTENTE	Norgener_NT01	18	167	2,3	9	103	1,4	23	237	3,2
EXISTENTE	Norgener_NT02	11	107	1,4	24	216	3,0	23	106	1,6
EXISTENTE	Mejillones_CTM2	50	395	9,8	59	583	21,0	69	921	13,6
EXISTENTE	Tarapaca_CTTAR	361	565	15,0			NA			NA
EXISTENTE	Guacolda CTG, U3	10	21	0,4	8	25	0,4	19	51	1,0
EXISTENTE	Guacolda CTG, U4	6	27	0,4	3	40	0,5	3	23	0,3
EXISTENTE	Nueva_Ventanas	13	79	1,3	13	75	1,1	10	58	1,1
EXISTENTE	Andina_CTA	43	301	5,7	37	217	4,2	6	289	4,5
EXISTENTE	Andina_CTH	20	235	3,7	21	227	3,5	16	194	3,2
EXISTENTE	ANGAMOS 1	2	70	0,8	12	138	1,8	31	322	4,1
EXISTENTE	ANGAMOS 2	2	70	0,8	12	138	1,8	31	322	4,1
EXISTENTE	Bocamina_U1	16	185	2,8	22	195	5,4			NA
EXISTENTE	Lautaro_U1	81	177	3,2	72	142	2,8	124	251	4,9
EXISTENTE	Sta_Maria_Un_I	10	123	2,3	63	118	2,3	5	173	2,4
EXISTENTE	Vent_IV_Campiche	16	142	2,1	12	81	1,1	13	154	2,6
EXISTENTE	Guacolda CTG, U5	5	13	0,2	4	14	0,2	11	20	0,4
NUEVA	Lautaro_U2	40	123	2,9	43	111	2,5	92	85	3,4
NUEVA	Cochrane_CCH1	7	83	1,0	13	119	1,5	12	155	1,9
NUEVA	Cochrane_CCH2	7	83	1,0	13	119	1,5	12	155	1,9
NUEVA	Mejillones_CTM7	9	18	0,6	9	97	1,3	5	66	0,8



## 16.5 Tablas resumen reporte de emisiones de Mercurio, Níquel y Vanadio

Tabla 16-16 Resumen emisiones reportadas de Mercurio (mg/Nm<sup>3</sup>) en CT con combustible sólido, 2015 a 2021

NombreCentral	NombreChimenea	2015/2	2015/4	2016/2	2016/4	2017/2	2017/4	2018/2	2018/4	2019/2	2019/4	2020/2	2020/4	2021/2	2021/4	Máximo
ANDINA	CTA				0,0022	0,0041	0,0020	0,0009	0,0016	0,0045	0,0019	0,0037	0,0008	0,0003	0,0003	0,00
ANDINA	CTH				0,0008	0,0054	0,0017	0,0006	0,0012	0,0004	0,0016	0,0028	0,0010	0,0001	0,0004	0,01
ANGAMOS	ANGAMOS			0,0011	0,0021	0,0000	0,0047	0,0320	0,0021	0,0088	0,0008	0,0016	0,0022	0,0012	0,0008	0,03
BOCAMINA	Chimena Un 1	0,0000	0,0050	0,0036	0,0000	0,0011	0,0016		0,0000	0,0019	0,0140	0,0001	0,0032	0,0000	0,0000	0,01
BOCAMINA	Chimena Un 2		0,0032	0,0010	0,0017	0,0004	0,0020	0,0040	0,0019	0,0007	0,0010	0,0000	0,0008	0,0131	0,0000	0,01
CT COCHRANE	COCHRANE				0,0020	0,0000	0,0021	0,0001	0,0011	0,0020	0,0010	0,0011	0,0021	0,0020	0,0023	0,00
GUACOLDA	Chimenea Un N°1&2		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	0,0010		0,0010	0,0050	0,0020	0,0002	0,0027	0,0001	0,01
GUACOLDA	Chimenea Un N°3		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	0,0000	0,0020	0,0010	0,0000	0,0030	0,0005	0,0003	0,0001	0,00
GUACOLDA	Chimenea Un N°4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0010	0,0003	0,0020	0,0040	0,0005	0,0013	0,0001	0,00
GUACOLDA	Chimenea Un N°5			0,0000	0,0000	0,0000	0,0120	0,0000	0,0010	0,0004	0,0017	0,0030	0,0004	0,0029	0,0002	0,01
MEJILLONES	CTM1_2					0,0000	0,0049	0,0013	0,0008	0,0030	0,0007	0,0047	0,0008	0,0002	0,0002	0,00
MEJILLONES	CTM-7										0,0035	0,0020	0,0002	0,0003	0,0003	0,00
NORGENER	NT 01	0,0024	0,0995	0,0011	0,0001	0,0000	0,0000	0,0020	0,0015	0,0060	0,0018	0,0017	0,0066	0,0040	0,0038	<b>0,0995</b>
NORGENER	NT 02	0,0005	<b>0,1216</b>	0,0012	0,0009	0,0000	0,0000	0,0010	0,0016	0,0090	0,0009	0,0026	0,0073	0,0037	0,0106	<b>0,1216</b>
SANTA MARÍA I	Un I Com. Santa María	0,0010		0,0005	0,0010	0,0000		0,0010	0,0020	0,0011	0,0002	0,0010	0,0010	0,0020	0,0020	0,00
TARAPACA	CTTAR					0,0020	0,0000		0,0000	0,0270	0,0070					0,03
TARAPACA	TGTAR										0,0000					0,00
TOCOPILLA	U12_13		0,0008	0,0030	0,0016	0,0000	0,0000	0,0009	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,00
TOCOPILLA	U14_15		0,0015	0,0042	0,0002	0,0000	0,0000	0,0007	0,0015	0,0019	0,0070	0,0050	0,0062	0,0004	0,0003	0,01
TOCOPILLA	U16						0,0000									0,00
VENTANA II	VENTANAS II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0013	0,0003	0,0008	0,0030	0,0033	0,0002	0,00
VENTANA IV (EX CAMPICHE)	Central Campiche	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0010	0,0010	0,0006	0,0014	0,0025	0,0023	0,0002	0,00
VENTANAS I	Ventanas 1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0016		0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
VENTANAS III	Nueva Ventanas	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0017	0,0002	0,0019	0,0044	0,0028	0,0010	0,00

Tabla 16-17 Resumen cconcentración reportadas de Vanadio (ppm) en CT con combustible sólido, 2015 a 2021

NombreCentral	NombreChimenea	2015/2	2015/4	2016/2	2016/4	2017/2	2017/4	2018/2	2018/4	2019/2	2019/4	2020/2	2020/4	2021/2	2021/4	Máximo
ANDINA	CTA				48,21	54,44	6,60	56,19	54,28	60,81	49,64	35,53	11,80	85,00	35,89	85,00
ANDINA	CTH				48,21	54,44	6,60	53,02	54,28	60,81	49,64	35,53	11,80	85,00	35,89	85,00
ANGAMOS	ANGAMOS			8,21	20,50	0,00	1,00	22,05	0,00	21,90	43,65	33,65	33,49	28,02	35,51	43,65
BOCAMINA	Chimena unidad 1	0,00	26,88	28,79	58,08	24,52	35,03		0,00	24,20	26,33	38,95	37,95	0,00	0,00	58,08
BOCAMINA	Chimena Unidad 2		26,88	28,79	19,36	24,52	35,03	56,88	31,56	24,01	29,69	28,12	41,42	31,62	29,88	56,88
CT COCHRANE	COCHRANE				15,69	0,00	8,00	42,00	28,96	29,07	31,34	29,60	31,41	15,10	24,92	42,00
GUACOLDA	Chimenea Unid N°1&2		30,50	82,28	27,14	0,00	16,64	0,05		11,65	18,19	13,79	38,51	38,69	19,00	82,28
GUACOLDA	Chimenea Unidad N°3		23,80	<b>450,30</b>	27,75	0,00	16,09	0,05	29,88	23,29	35,90	22,97	35,05	38,36	44,14	450,30
GUACOLDA	Chimenea Unidad N°4		20,90	14,87	27,14	0,00	16,09	0,10	0,00	17,46	29,38	22,97	33,83	37,07	19,00	37,07
GUACOLDA	Chimenea Unidad N°5			13,97	63,14	0,00	16,09	0,00	29,88	12,51	21,81	18,38	29,84	35,46	19,00	63,14
MEJILLONES	CTM1_2					15,00	17,00	15,59	28,56	65,95	5,74	36,97	5,74	29,50	7,30	65,95
MEJILLONES	CTM-7										0,05	35,53	12,60	29,50	37,08	37,08
NORGENER	NT 01	13,60	14,00	4,70	14,00	0,00	0,00	0,00	9,10	7,80	18,64	28,81	41,63	15,90	25,18	41,63
NORGENER	NT 02	13,60	15,00	4,70	14,00	0,00	0,00	5,90	9,10	7,80	18,64	28,81	41,63	15,90	25,18	41,63
SANTA MARÍA I	Un I Com. Santa María	46,00		31,50	32,06	28,00		27,74	39,41	18,91	28,00	18,87	28,67	25,33	30,53	46,00
TARAPACA	CTTAR					23,46	0,00		0,00	26,06	93,42					93,42
TARAPACA	TGTAR										0,00					0,00
TOCOPILLA	U12_13		13,76	19,94	11,39	17,00	22,00	9,00	36,20	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	36,20
TOCOPILLA	U14_15		13,76	19,94	11,39	17,00	22,00	9,00	36,20	20,56	9,00	9,00	9,00	6,51	7,91	36,20
TOCOPILLA	U16						0,00									0,00
VENTANA II	VENTANAS II	42,45	44,41	30,03	26,43	0,00	0,00	33,40	44,71	46,31	31,18	30,33	48,57	35,04	33,31	48,57
VENTANA IV (EX CAMPICHE)	Central Campiche	28,23	78,78	47,15	31,10	0,00	0,00	33,82	47,28	45,64	34,04	31,61	59,00	25,72	21,45	78,78
VENTANAS I	Ventanas 1	40,17	48,34	36,12	29,79	0,00	0,00	82,72	46,45	27,05		38,04	0,00	0,00	0,00	82,72
VENTANAS III	Nueva Ventanas	23,61	43,90	38,44	31,65	0,00	0,00	38,89	47,28	33,85	36,10	39,11	54,31	28,65	14,77	54,31

Tabla 16-18 Resumen cconcentración reportadas de Níquel (ppm) en CT con combustible sólido, 2015 a 2021

NombreCentral	NombreChimenea	2015/2	2015/4	2016/2	2016/4	2017/2	2017/4	2018/2	2018/4	2019/2	2019/4	2020/2	2020/4	2021/2	2021/4	Máximo
ANDINA	CTA				17,46	105,00	4,10	49,00	50,00	66,00	50,00	11,96	10,20	18,00	10,39	105,00
ANDINA	CTH				17,46	105,00	4,10	49,00	50,00	66,00	50,00	11,96	10,20	18,00	10,39	105,00
ANGAMOS	ANGAMOS			5,74	6,64	0,00	1,00	10,01	0,00	8,85	16,27	11,20	15,84	15,45	16,54	16,54
BOCAMINA	Chimena unidad 1	0,00	7,85	11,18	2928,00	9,97	9,17		0,00	9,10	9,92	9,38	10,06	0,00	0,00	2928,00
BOCAMINA	Chimena Unidad 2		7,85	11,18	976,00	9,97	9,17	20,48	9,45	9,05	12,98	8,21	10,52	8,88	8,68	976,00
CT COCHRANE	COCHRANE				6,69	0,00	2,00	22,00	10,66	10,64	10,33	4,90	12,98	1,70	11,19	22,00
GUACOLDA	Chimenea Unidad N°1&2		36,90	56,42	42,18	0,00	48,16	50,00		24,22	27,92	26,77	8,67	12,94	6,80	56,42
GUACOLDA	Chimenea Unidad N°3		52,15	<b>104,34</b>	46,85	0,00	54,85	53,00	10,49	25,25	65,62	11,28	14,38	14,31	7,83	104,34
GUACOLDA	Chimenea Unidad N°4		43,45	48,54	42,18	0,00	54,85	53,00	0,00	16,33	12,30	11,28	11,43	13,50	6,80	54,85
GUACOLDA	Chimenea Unidad N°5			46,29	101,04	0,00	54,85	0,00	10,49	19,34	18,75	19,02	6,74	14,07	6,80	101,04
MEJILLONES	CTM1_2					11,00	13,00	7,06	11,44	37,05	10,24	11,56	10,24	9,00	9,07	37,05
MEJILLONES	CTM-7										12,18	11,96	10,00	9,00	10,73	12,18
NORGENER	NT 01	3,70	10,00	2,05	11,00	0,00	0,00	0,00	106,00	1,60	9,48	11,82	18,10	2,30	15,58	106,00
NORGENER	NT 02	3,70	11,00	2,05	11,00	0,00	0,00	1,20	106,00	1,60	9,48	11,82	18,10	2,30	15,58	106,00
SANTA MARÍA I	Un I Com. Santa María	46,00		13,02	13,02	28,00		9,86	12,77	8,42	7,74	10,18	9,47	7,91	10,99	46,00
TARAPACA	CTTAR					9,61	0,00		0,00	8,99	26,89					26,89
TARAPACA	TGTAR										0,00					0,00
TOCOPILLA	U12_13		5,46	9,81	4,95	15,00	8,00	1,50	7,70	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	15,00
TOCOPILLA	U14_15		5,46	9,81	4,95	15,00	8,00	1,50	7,70	7,87	2,00	2,00	2,00	6,65	6,89	15,00
TOCOPILLA	U16						0,00									0,00
VENTANA II	VENTANAS II	17,43	16,16	11,87	13,94	0,00	0,00	11,97	11,14	16,19	9,14	11,53	12,38	11,06	9,80	17,43
VENTANA IV	Central Campiche	12,20	31,92	17,87	14,74	0,00	0,00	11,73	9,31	11,67	9,96	10,02	9,36	10,22	6,55	31,92
VENTANAS I	Ventanas 1	16,33	15,81	14,59	16,12	0,00	0,00	28,24	13,53	11,83		10,36	0,00	0,00	0,00	28,24
VENTANAS III	Nueva Ventanas	8,97	13,59	15,85	14,94	0,00	0,00	12,51	9,31	12,62	9,76	10,44	9,97	11,08	7,57	15,85

## 16.6 Factores de emisión para NOx, SO2 y MP

Tabla 16-19 Factor de emisión promedio de contaminantes por unidad de energía generada (g/MWh), en horas de régimen (RE), 2019-2021

Central	Chimenea	Factor Emisión NOx (g/MWh)			Factor Emisión SO2 (g/MWh)			Factor Emisión MP (g/MWh)			Generación Anual (GWh)		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
ANDINA	CTA	1284068	1362890	1818638	1252888	1233141	1216683	16253	17020	25866	710,5	714,9	787,8
	CTH	1456849	1790090	1766719	1377612	1557115	1293115	18106	19861	22850	846,9	830,3	804,7
ANGAMOS	ANGAMOS	997795	1050112	892384	1050702	985108	1050403	79634	102418	95832	8034,9	7587,6	6008,4
ANTILHUE TG	CH_TG1	1008199	1344337	1309600	423576	1344337	1309600	76526	22126	24363	20,7	6,9	21,3
	CH_TG2	870457	1319135	1293070	280516	1319135	1293070	17524	21163	23219	28,5	6,8	29,2
BOCAMINA	Chimena unidad 1	1244725	1324554		1204844	1201339		19070	16478		593,6	352,0	
	Chimena Unidad 2	1177074	1277193	1141438	885678	935152	913389	47382	21243	21169	2323,7	1887,3	2540,4
CANDELARIA	CH_TG1	1014828	628067	865425	1014828	628067	865425	11433	14996	18385	45,0	51,3	206,5
	CH_TG2	401253	588917	872797	401253	588917	872797	10887	12027	15770	33,8	75,6	242,1
CARDONES	Turbina N°1		1749020	1749020		6727	6727		86490	86490		0,5	2,4
CENTRAL ATACAMA	Damper 1A	4090626	759231	649198	26887	10030	8338	10274	3833	3186	1,3	0,6	2,6
	Damper 2A	1583021	243244	995817	18774	8008	8799	7174	3060	3362	2,2	1,7	2,1
	HRSO-Chimenea 1A	369409	363420	984376	1034	2066	10968	43080	44569	45175	119,6	63,3	101,7
	HRSO-Chimenea 1B	514713	652864	697962	5167	3311	5829	87064	115636	154137	16,4	51,9	124,4
	HRSO-Chimenea 2A	987613	832311	1304054	8695	22455	12057	8902	17181	19422	7,1	53,2	66,3
	HRSO-Chimenea 2B	370776	565509	976255	4657	4546	2942	21649	34010	49592	42,9	88,7	141,0
CENTRAL KELAR	Bypass TG1	2211	61469	9701	3	309	76	164	5307	1384	1,3	99,1	16,8
	Bypass TG2	1021	67307	55710	4	315	445	95	6895	6510	0,7	86,8	56,3
	Principal TG1	413171	433930	352310	1691	1603	2065	44690	40023	42800	497,9	575,6	746,9
	Principal TG2	343842	425048	395450	2465	2571	2904	22862	25894	26837	531,5	561,2	456,3
CENTRAL LOS GUINDOS	Chimenea Los Guindos	2090092	1152942	1076383	48360	26677	24600	34535	127590	294733	0,1	4,3	10,6
	Chime Los Guindos TG2	1136575	1414090	1030751	34377	42706	29684	1136503	148817	200972	0,5	3,9	14,4
CT COCHRANE	COCHRANE	446698	453316	514114	449934	526610	560263	57559	66555	43616	6120,4	6788,0	7089,3
COLMITO	Chimenea Colmito	195547	240633	409537	6329	12639	6589	12811	15189	13979	51,3	3,8	62,8

Central	Chimenea	Factor Emisión NOx (g/MWh)			Factor Emisión SO2 (g/MWh)			Factor Emisión MP (g/MWh)			Generación Anual (GWh)		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
CORONEL	Chimenea Turbina	485901	532042	1045970	1408	517	461	38564	7945	30066	10,3	8,5	26,0
DIEGO DE ALMAGRO	Chimenea TG1	9718834	10273812	9571809	44373	46907	43702	34826	36814	34299	0,2	0,2	0,8
EL SALVADOR	CHTG1	13100761	12923358	12274583	72247	23756	15497	120411	118781	122746	0,1	0,1	0,5
EMELDA	CHIMENEA 1	6501600	6501600	6501600	8428	8428	8428	60200	60200	60200	0,1	0,1	0,3
CHIMENEA 1	CHIMENEA 2	6026400	6026400	6026400	7812	7812	7812	55800	55800	55800	0,4	0,1	0,2
GUACOLDA	Chim Unidad N°1&2	1641405	1860385	2155137	1292558	1385406	1615079	13484	20206	14566	3979,5	3477,1	3090,2
	Chimenea Unidad N°3	1122754	1015930	1019478	667467	502823	847584	41705	52213	51136	1034,6	1012,2	915,9
	Chimenea Unidad N°4	290467	337135	247866	1110065	910395	950718	46654	63695	56227	967,6	838,8	948,2
	Chimenea Unidad N°5	219178	307649	275014	327131	188988	274883	32876	28992	32082	1107,0	1085,6	1007,2
HORCONES	CH-AG-01	19507952	8241534	11742879	82096	34683	49418	195080	82415	117429	0,0	0,2	0,0
HUASCO	Chimenea TG3	10249257	14745357	11267524	46795	67322	51444	36727	52838	40375	0,0	0,0	0,1
	Chimenea TG4	11712902	16075661	8541346	53477	73396	38997	41971	57604	30606	0,0	0,0	0,1
	Chimenea TG5	10263833	10917502	8699426	46861	49846	39719	36779	39121	31173	0,0	0,1	0,1
LAUTARO-COMASA	Lautaro 1	2239607	2193561	2121492	0	0	0	74526	40796	119084	165,8	153,8	165,5
	Lautaro 2	1083324	1029131	442408	0	0	0	109423	128566	26531	92,4	107,3	83,4
LOS PINOS	CH-TG	994637	603672	770022	774034	603672	770022	39951	13992	14704	11,4	42,0	127,6
LOS VIENTOS	Los Vientos	1069637	2102298	1810432	5539	6858	3476	28115	28505	26752	72,2	27,1	90,6
MEJILLONES	CTM1_2	1015944	1082210	1131182	789998	852683	753245	24405	29285	44841	898,7	512,4	1561,5
	CTM3	146318	179675	277624	0	0	639	0	0	3640	1656,7	2196,0	2015,9
	CTM-7	589439	334179	395710	396980	128842	212809	17586	10644	21108	1246,7	2382,3	2424,3
NEHUENCO	Chimenea Nehuenco I	146227	150284	180832	1390	1445	1670	1144	1227	1175	1649,3	1754,6	1609,6
	Chimenea Nehuenco II	118355	106006	99801	1202	1097	1093	16045	713	602	2745,3	2235,7	1936,0
	Chim Nehuenco II Bypass			339027			3860			917			3,8
	Chimenea Nehuenco III	430046	1191718	409759	23698	65669	22580	9674	26808	9218	2,1	1,2	61,5
NORGENER	NT 01	1393859	1318729	1363659	995747	976302	829024	56134	48273	41253	916,1	861,0	840,2
	NT 02	1632204	1369370	1633220	1185300	1177353	943275	44417	38921	34020	957,9	858,0	874,7
QUINTERO	Chimenea TG1A	137122	185844	347018	0	0	0	0	0	0	116,2	308,3	300,4

Central	Chimenea	Factor Emisión NOx (g/MWh)			Factor Emisión SO2 (g/MWh)			Factor Emisión MP (g/MWh)			Generación Anual (GWh)		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
	Chimenea TG1B	169861	257074	225811	0	0	0	0	0	0	106,7	236,4	323,1
RENCA - NUEVA RENCA	Nueva Renca	163752	168822	267897	1482	1917	2285	22908	24496	22445	1783,2	1079,5	1167,6
SAN ISIDRO I	Chimenea bypass TG1	455501	387789	342709	13667	28161	28008	12680	8744	7866	35,7	38,1	85,9
	Chimenea TG1	433988	354468	387292	11026	20780	36639	1724	1315	1171	802,3	953,5	1244,4
SAN ISIDRO II	Chimenea bypass TG2	410005	393846	362989	1050	5034	0	8635	8537	7495	16,6	6,3	12,6
	Chimenea TG2	411291	376557	377653	4748	10513	4662	5538	891	780	1520,8	1470,4	1586,5
SL DE DIEGO DE ALMAGRO	TG1			5309640192			9760368			48801840			0,1
	TG2			6052129792			11125239			55626192			0,2
SANTA LIDIA	Santa Lidia	1868085	1769577	1345643	4736635527	3221527955	4174	25782	27134	24642	1,7	6,8	16,8
SANTA MARÍA I	Unidad I	1237478	1375619	1321341	743172	538839	671079	32625	32745	36385	1925,3	2172,8	2509,3
TALTAL	Chimenea TG1	401810	811418	450951	7081	20481	24433	3171	1270	9306	1,7	26,5	14,8
	Chimenea TG2	735480	462216	213336	13234	2013	10456	23077	417	3948	6,7	14,3	61,7
TARAPACA	CTTAR	1439771			894808			31407			557,7		0,0
	TGTAR	8159598		3445381	81470		1588	76421		26817	0,1		0,1
TOCOPILLA	TG1			4440066			18500			44401			0,1
	TG2			4440066			18500			44401			0,1
	TG3	1491768	1087194	1087194	3846	0	1539	0	0	16923	21,9	20,7	17,5
	U12_13	2185918			2385393			100450			17,5		
	U14_15	1430807	1193186	1326632	1550280	1449385	1640665	21302	34366	61548	278,7	219,4	1407,9
	U16	168098	91931	122719	0	0	0	0	0	0	2111,3	2074,2	2460,5
TRES PUENTES	CH018430-k	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40,8	7,9	10,3
VENTANA II	VENTANAS II	1869333	1866675	1712632	1261491	1367189	1205179	47960	48025	33925	874,7	948,0	1130,7
VENTANA IV	Central Campiche	1337202	1485064	1171032	1148232	1337947	1188683	27614	31620	28651	1716,4	1473,9	1345,9
VENTANAS I	Ventanas 1	2093710	2145995		795494	511067		37405	10550		187,2	98,3	0,0
VENTANAS III	Nueva Ventanas	1349718	1425531	1240341	1148364	1241669	1255202	9883	7272	6723	1690,0	1569,2	
YUNGAY	CH1A	5551200	5551200	4143287	23644	23644	46171	20560	20560	13677	0,1	0,2	0,4
	CH1B	5551200	5551200	4143287	23644	23644	46171	20560	20560	13677	0,1	0,2	0,4

Central	Chimenea	Factor Emisión NOx (g/MWh)			Factor Emisión SO2 (g/MWh)			Factor Emisión MP (g/MWh)			Generación Anual (GWh)		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
	CH2A	5551200	5551200	5319900	23644	23644	27345	20560	20560	19429	0,0	0,2	0,9
	CH2B	3238200	5551200	5319900	60652	23644	27345	9252	20560	19429	0,0	0,2	0,9
	CH3A	5551200	5551200	5117513	23644	23644	30583	20560	20560	18440	0,0	0,2	0,3
	CH3B		925200	5117513		3941	30583		3427	18440	0,0	0,2	0,3
	CH4	6183000		6183000	26335		26335	103050		103050	0,0		0,2

## 16.7 Número de horas con datos medidos con equipos CEMS

Tabla 16-20 Número de horas con datos medidos (DM) con equipos CEMS, 2019-2021

Tipo Combustible/ Central	Chimenea	2019			2020			2021		
		NOX	SO2	MP	NOx	SO2	MP	NOx	SO2	MP
<b>GASEOSO-EXISTENTE</b>										
CENTRAL ATACAMA	HRSO-Chim 1A	2402	4461	2411	159	359	320	706	789	820
	HRSO-Chim 1B	2406	2406	2257	527	604	418	1223	1189	550
	HRSO-Chim 2A	4172	4172	3029	462	11	524	428	319	443
	HRSO-Chim 2B	2335	3715	2378	406		410	1343	1319	1353
CORONEL	Chim Turbina	8182	8390	8512	1837	8331	1813	3541	7280	3716
MEJILLONES	CTM3	17138			3426					
NEHUENCO	Chim Nehuenco I	8416	8408	8459	8610	8604	8680	8242	8239	8308
	Chim Nehuenco II	8632	8593	8679	8710	8710	8764	8576	8569	8605
QUINTERO	Chim TG1A	3656			8403			8155		
	Chim TG1B	2672			8317			8249		
NUEVA RENCA	Nueva Renca	2745	2746	2776	7551	7567	7612	6499	6510	6549
SAN ISIDRO I	Chim bypass TG1	36	100	359	262	275				
	Chim TG1	3316	5297		7718	7970	4318	6566	6562	6127
SAN ISIDRO II	Chim bypass TG2	53	54		82	92				
	Chim TG2	3340	4874	1623	8032	8585	6505	8590	8591	8063
TALTAL	Chim TG1	6939	8296		8028	8090				
	Chim TG2	4133	7040		6654	6894				
TOCOPILLA	U16	17360			540					
TRES PUENTES	CH018430-k	3410			6624			5627		
<b>GASEOSO-NUEVA</b>										
CENTRAL KELAR	Bypass TG1	3834	3823	3837	4857	4857	4865	6158	6160	6167
	Bypass TG2	4253	4227	4254	4856	4856	4861	3781	3755	3784
	Principal TG1	8502	7975	8745	8232	8233	8273	8612	8613	8644
	Principal TG2	8594	8066	8749	8318	8316	8366	8509	8165	8541
NUEVA RENCA	Nueva Renca	5723	5723	5779						
<b>LIQUIDO- EXISTENTE</b>										
ANGAMOS	ANGAMOS	120	120	130	276	276	230	624	608	644
ANTILHUE TG	CH_TG1	1479	1488	1474			87			
	CH_TG2	1479	1483	1485			68			
BOCAMINA	Chimena unidad 1	79	79	74	76	76	7362			
	Chimena Unidad 2	43	43	62	104	104	8010	99	99	46
CENTRAL ATACAMA	HRSO-Chim 1A	4020	4096	3707	6115	7833	5708	7703	7704	7710
	HRSO-Chim 1B	3480	4129	2153	8010	8068	230	7308	7296	7164
	HRSO-Chim 2A	4479	4485	4474	7996	7916	230	8072	8059	8096
	HRSO-Chim 2B	4149	4409	4149	5693	7504	26	7198	7149	7206
CORONEL	Chim Turbina	22	64	66	228	224	304	310	310	228
LOS PINOS	CH-TG	1488	1488	1488	39	147	209	498	1050	506
NEHUENCO	Chim Nehuenco I							8	8	8
	Chim Nehuenco II							21	21	21
	Chim Nehuenco II BP							21	21	21
NORGENER	NT 01	159	155	166	100	98	691	213	234	235
	NT 02	104	103	107	204	199	12	104	104	105
NUEVA RENCA	Nueva Renca				555	430	52	1528	1578	1659
SAN ISIDRO I	Chim bypass TG1	1	43		19	19				
	Chim TG1	1			31	31	82	7	7	7
SANTA MARÍA I	Unidad I	140	86	135	40	40	74	83	68	107



Tipo Combustible/ Central	Chimenea	2019			2020			2021		
		NOX	SO2	MP	NOx	SO2	MP	NOx	SO2	MP
TALTAL	Chim TG1	229	229		106	107				
	Chim TG2	107	125		70	84				
VENTANA II	VENTANAS II	106	106	108	82	82	105	140	140	142
VENTANA IV	Central Campiche	123	123	127	73	73	74	118	118	128
VENTANAS I	Ventanas 1	166	166	167	106	106	1802			
VENTANAS III	Nueva Ventanas	71	71	76	71	71	494	56	56	58
<b>LIQUIDO- NUEVA</b>										
CENTRAL KELAR	Bypass TG1				495	495	408	70	70	70
	Bypass TG2	4	4	4	408	408	170448	204	204	204
	Principal TG1				488	488	157212	70	70	70
	Principal TG2	4	4	4	400	397	4020	199	199	204
CT COCHRANE	COCHRANE	166	166	166						
NUEVA RENCA	Nueva Renca	3	3	3						
<b>SOLIDO- EXISTENTE</b>										
ANDINA	CTA	5844	5847	5901	3874	3879	7894			
CTA	CTH	5900	5894	5919						
ANGAMOS	ANGAMOS	16194	16102	15576	16752	16754	3162	15944	15942	16844
BOCAMINA	Chim unidad 1	4018	4018	4022	4755	4755	17030			
	Chim Unidad 2	3838	3838	3943	4839	4839	34416	8587	8587	5135
CT COCHRANE	COCHRANE				17102	17062	8144	16912	16884	10810
GUACOLDA	Chim Unidad N°1&2	17336	17328	17476	17426	17426	3990	17168	17168	17424
	Chim Unidad N°3	8382	8382	8183	8714	8714	3990	8328	8318	8504
	Chim Unidad N°4	8624	8667	8691	8704	8701	12032	8431	8431	8520
LAUTARO-COMASA	Lautaro 1	8116		8398	4032		17194	5381		5258
MEJILLONES	CTM1_2	6608	6660	8270	7848	7846	8534			
NORGENER	NT 01	8311	8312	8460	8385	8465	7870	8370	8359	8506
	NT 02	8431	8441	8569	8382	8420	1290	8577	8575	8617
SANTA MARÍA I	Unidad I	8374	8342	8295	7846	7815	8639	7354	7339	7462
TARAPACA	CTTAR	4349	4264	3192						
TOCOPILLA	U14_15	11662	11660	8338	3496	3496	8664			
VENTANA II	VENTANAS II	7783	7783	8120	8532	8532	8612	8370	8370	8401
VENTANA IV	Central Campiche	8548	8549	8558	8613	8610	8489	7027	7027	7041
VENTANAS I	Ventanas 1	6293	6293	7322	8630	8630	13236	7306	7306	8631
VENTANAS III	Nueva Ventanas	8017	8017	8034	8427	8427	8673	7899	7899	8202
<b>SOLIDO- NUEVA</b>										
CT COCHRANE	COCHRANE	16370	16270	16226						
GUACOLDA	Chim Unidad N°5	8281	8007	7681	8633	8620	1242	8392	8372	8462
LAUTARO-COMASA	Lautaro 2	5680		8255	3415	1233	269117	3367	2141	3440
MEJILLONES	CTM-7	5044	4800	5465	1235			2141		2159

## 16.8 Minutas de reuniones bilaterales

### 16.8.1 Minuta 1ra reunión Bilateral entre representantes de MMA y SMA

Fecha	: Martes 8 de noviembre
Lugar	: Video Conferencia vía Microsoft Teams.
Hora	: 12:00 a 13:00 horas
Objetivo	: Presentación de estado de cumplimiento de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas.
Asistentes	: Ver listado de asistentes en Anexo 1

---

#### Tabla de la reunión:

1. Presentación del Ministerio Medio Ambiente sobre sus prioridades e informar sobre un estudio de Antecedentes para la revisión de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas.
2. Presentación de SMA sobre estado de cumplimiento de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas

#### Desarrollo de la reunión:

Rocío Toro, Jefa de la División de Calidad de Aire del MMA comenta sobre programa priorizado de normas.

Ivonne Moreno, jefa de la sección de Normas del MMA Presenta equipo de trabajo y hace un breve resumen del estado actual de la revisión de norma.

Juan Pablo Rodríguez, Jefe Sección de Calidad del Aire y Cambio Climático de la SMA comenta sobre los alcances de la presentación la cual estará a cargo de Claudia Quiroga Profesional de la División de Fiscalización y Conformidad Ambiental de la SMA. La presentación en PowerPoint corresponde a una actualización de la realizada en la 3ra reunión del comité operativo (Noviembre de 2021).

En primer lugar, Juan Pablo comenta que hay fuentes exentas de la NECT están siendo consideradas por impuestos verdes, por lo cual se debería solicitar a esas fuentes al menos cuantificar las emisiones. Adicionalmente, se debería estandarizar criterios para distintos instrumentos de la gestión ambiental (RCA, PDA, Normas, etc.). Respecto a la evaluación de la NECT para la SMA el criterio para definir el promedio horario y el estado de la UGE de esa hora ha sido una complicación ya que al recibir valores minutales y sumado al ciclaje se puede pasar por varios estados durante esa hora. Destacan además que si bien la NECT establece la medición con CEMS solamente un 47% de las fuentes tienen CEMS y el 53% utiliza métodos alternativos, a lo cual se suma que hay CT que

funcionan muy pocas horas resultando muy caro realizar las pruebas de validación o de control de calidad de los CEMS.

De acuerdo al resumen presentado durante el año 2021 hubo cumplimiento de la NECT en las 83 UGE evaluadas. Sin embargo, hay horas que superan los límites de las normas, especialmente en períodos de encendido, apagado o falla.

Comentan que la SMA está trabajando en un sistema genérico para reportar datos a la SMA, actualmente hay diversidad de formatos de reportes. También recomiendan trabajar en diseño de criterios estandarizado para evaluar límites de normas. También se recomienda considerar flujos para evaluar las emisiones en Masa (Ton/año) similar al tratamiento que se realiza por impuestos verdes.

Acuerdos:

- Hay disposición de los profesionales de la SMA para futuras reuniones bilaterales
- Se enviarán por correo electrónico consultas del consultor

Anexos 1: Listado de asistentes

N°	Nombre	Cargo - Institución
1	Rocío Toro Rodríguez	Jefa División Calidad de Aire - MMA
2	Cristian Tolvett Caro	Jefe de Departamento de Planes y Normas - MMA
3	Ivonne Moreno Araneda	Jefa de Sección de Normas - MMA
4	Emmanuel Mesías Rojas	Profesional Depto. Planes y Normas - MMA
5	Juan Pablo Rodríguez Fernández	Jefe Sección de Calidad del Aire y Cambio Climático - SMA
6	Claudia Quiroga Muñoz	Profesional de la División de Fiscalización y Conformidad Ambiental - SMA
7	Gerardo Alvarado Zúñiga	Consultor externo – apoyo a MMA

## 16.8.2 Minuta 2da reunión Bilateral entre representantes de MMA y Ministerio de Energía

Fecha : Jueves 10 de noviembre

Lugar : Video Conferencia vía Microsoft Teams.

Hora : 15:00 a 16:00 horas

Objetivo : Presentación de equipo de trabajo del MMA en la revisión de la NECT, actualización del programa de descarbonización y coordinar acciones futuras

Asistentes : Ver listado de asistentes en Anexo 1

---

### Tabla de la reunión:

1. Presentación del Ministerio Medio Ambiente sobre sus prioridades e informar sobre un estudio de Antecedentes para la revisión de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas.
2. Presentación de Ministerio de Energía sobre programa de descarbonización.

### Desarrollo de la reunión:

Rocío Toro, Jefa de la División de Calidad de Aire del MMA comenta sobre programa priorizado de normas.

Ivonne Moreno, Jefa de sección de Planes del MMA presenta equipo de trabajo y hace un breve resumen del estado actual de la revisión de norma.

Alex Santander, Jefe División de Políticas y Estudios Energéticos y Ambientales del Ministerio de Energía comenta que no alcanzaron a preparar una presentación. Destaca que uno de los objetivos de fondo de las políticas de su división es descontaminar ciudades, coincidiendo con objetivos del MMA. El retiro de las centrales carbón (CaC) presenta desafíos adicionales ya que no ha sido fácil producto de la estrechez por alta demanda a pesar de las ERNC. Hay que entregar incentivos para no sumar Cac. Comenta que nuevos estudios señalan que para cumplir con meta de 2000MW en año 2025 de las CaC hay que despachar el doble con Centrales Diesel (CD) y para el año 2030 deberían entrar 25000MW adicionales para 0 carbón, sujeto a más líneas de transmisión. Estudios encargados por el MinEnergía muestran que se bajaría un 60% de las emisiones GEI.

Rubén Guzmán, Jefe Unidad de Evaluación y Análisis Económico del Ministerio de Energía, complementa que se debe revisar lo que aportará la ley recientemente aprobada de Almacenamiento eléctrico. Es una oportunidad para rentabilizar proyectos independientes de generación con ERNC. Desafío es lograr mayor estabilidad de la demanda en peak nocturnos. Además, comenta que en trámite legislativo está un aumento y fomento de la participación de las ERNC a 40% de la matriz energética. Tema importante es la trazabilidad del coordinador eléctrico (CE) para determinar con mayor precisión cuanto de lo generado por las ERNC llega a los consumidores, al respecto recomiendan revisar el sitio web de RENOVA.

Carolina Gómez, Profesional Unidad Ambiental y Territorial de la División del MinEnergía que ha participado en las reuniones de comité operativo comenta que los límites de la nueva NECT deberían ser más estrictos para las CaC para desincentivar nuevas CaC y acelerar retiro de las existentes, pero el cuello de botella son las limitaciones de las líneas de transmisión. Además, comenta que el ciclaje no considerado inicialmente en los términos (frecuencia) que se ha dado se traduce en mayores emisiones en las horas de encendido y apagado de las UGE para lo cual los sistemas de abatimiento Low-NOX no son suficientes y sería necesario sistemas de precio más elevado como SCR (Selective Catalytic Reduction).

#### Acuerdos

Apenas se liberen los nuevos estudios del Ministerio de Energía, que pueden ser útiles a la Revisión de la NECT será enviado al MMA.

Hay disposición de los profesionales del MinEnergía para futuras reuniones bilaterales

#### Anexos 1: Listado de asistentes

N°	Nombre	Cargo - Institución
1	Rocío Toro Rodríguez	Jefa División Calidad de Aire - MMA
2	Cristian Tolvett Caro	Jefe de Departamento de Planes y Normas - MMA
3	Ivonne Moreno Araneda	Jefa de Sección de Normas
4	Emmanuel Mesías Rojas	Profesional Depto. Planes y Normas
5	Alex Santander Guerra	Jefe División de Políticas y Estudios Energéticos y Ambientales – Ministerio de Energía
6	Rubén Guzmán Quintana	Jefe Unidad de Evaluación y Análisis Económico – Ministerio de Energía
7	Carolina Gómez Agurto	Profesional Unidad Ambiental y Territorial de la División Políticas y Estudios Energéticos y Ambientales - Ministerio de Energía. Representante en Comité Operativo
8	Gerardo Alvarado Zúñiga	Consultor externo – apoyo a MMA

### 16.8.3 Minuta 3ra reunión Bilateral entre representantes de MMA y SEA

Fecha	: Viernes 11 de noviembre
Lugar	: Video Conferencia vía Microsoft Teams.
Hora	: 09:00 a 10:00 horas
Objetivo	: Presentación de equipo de trabajo del MMA en la revisión de la NECT y coordinar acciones futuras
Asistentes	: Ver listado de asistentes en Anexo 1

---

#### Tabla de la reunión:

1. Presentación del Ministerio Medio Ambiente sobre sus prioridades e informar sobre un estudio de Antecedentes para la revisión de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas.
2. Conocer

#### Desarrollo de la reunión:

Ivonne Moreno, Jefa de sección de Planes del MMA presenta equipo de trabajo y hace un breve resumen del estado actual de la revisión de norma.

Macarena Gross Jefa Departamento de Soporte a la Evaluación de Proyectos Complejos del SEA presenta brevemente su departamento y las funciones que realiza, introduciendo a Gino Olivares Jefe (s) de Departamento Estudios y Desarrollo del SEA y Camila Ramírez Evaluadora Ambiental Especialista Aire y Olores del SEA.

La reunión se desarrolla como una primera aproximación entre los profesionales de ambas instituciones destacando la importancia de un actuar coordinados para acciones futuras.

Emmanuel Mesias pregunta sobre el tratamiento de las compensaciones de las emisiones exigidos en los PDA en el SEA recibiendo como respuesta que no se realiza un mayor análisis. Situación similar para “ceder emisiones” en Impuestos Verdes lo cual es un tema nuevo que todavía no ha sido abordado por el SEA. Ante la pregunta de si hay límites para áreas de influencias en la evaluación de los proyectos. Responden que la guía de olores incorpora unos criterios con isóneas, pero para resto de contaminantes se realiza caso a caso en función de si las concentraciones son significativas, ya sea para zona saturada o por riesgos a la salud.

Durante la reunión se comenta la posibilidad de trabajo conjunto para evaluar en el futuro si se requiere incorporar alguna atribución del SEA en la NECT o en las otras normas que están priorizadas actualmente.

Acuerdos:

Ante la pregunta si les puede hacer llegar algunas consultas o solicitud de información a través de un oficio o correo, responden que prefieren correos, eso si con un plazo prudente para las respuestas.

Hay disposición de los profesionales del SEA para futuras reuniones bilaterales, más que a participar en reuniones de comité operativo donde se diluye la participación.

Anexos 1: Listado de asistentes

N°	Nombre	Cargo - Institución
1	Ivonne Moreno Araneda	Jefa de Sección de Normas
2	Emmanuel Mesías Rojas	Profesional Depto. Planes y Normas
3	Macarena Gross López	Jefa Departamento de Soporte a la Evaluación de Proyectos Complejos – SEA
4	Gino Olivares Castro	Jefe (s) Departamento Estudios y Desarrollo - SEA
5	Camila Ramírez Díaz	Evaluadora Ambiental Especialista Aire y Olores - SEA
6	Gerardo Alvarado Zúñiga	Consultor externo – apoyo a MMA

#### 16.8.4 Minuta 4ta reunión Bilateral entre representantes de MMA y SMA

Fecha : Viernes 18 de noviembre  
Lugar : Video Conferencia vía Microsoft Teams.  
Hora : 09:00 a 10:00 horas  
Objetivo : Aclarar consultas del consultor del MMA respecto a la implementación del D.S.13/2011MMA  
Asistentes : Ver listado de asistentes en Anexo 1

---

##### Tabla de la reunión:

1. Aclarar dudas en documento con respuestas a las preguntas realizadas por el consultor, posterior a la reunión del o de noviembre.
2. Consultas adicionales

##### Desarrollo de la reunión:

Profesionales de la SMA comentaron que a la fecha no han recibido ningún cuestionamiento a la aplicación de la Circular N°1, ya que esta circular no considera el criterio de 95% de horas de funcionamiento considerado en la NECT para evaluar cumplimiento para emisiones de SO<sub>2</sub> y MP. Esperan que con la revisión de la NECT este tema quede “saneado” ante la posibilidad de algún cuestionamiento.

Comentaron además, que se aplican criterios de control de calidad a los datos en la elaboración de los informes técnicos de fiscalización. Uno de ellos es no tener potencia 0 y combustible 0 en horas de régimen. Para cálculo de emisiones se considera flujo seco y emisiones sin corregir.

Respecto a la revisión de la NECT comentaron que se debe enfocar en los límites de emisión y no incluir temas adicionales que dificultan y complejizan las tareas de fiscalización. Entre ellos control de parámetros operacionales y validación de CEMS.

Emmanuel Mesías del MMA consultó si la SMA tiene disponibilidad para hacer una breve presentación el 12 de diciembre. Juan Pablo Rodríguez SMA responde que se concentraría en cumplimiento normativo con unas 4 o 5 láminas, evitando entrar en otros temas que podrían generar consultas adicionales que escapan al objetivo de la reunión.

Se aclaró al consultor que en junio se envió el Ord 1550 al MMA con informe de cumplimiento de la NECT año 2021. Posteriormente, durante el desarrollo de la reunión Emmanuel hizo llegar por correo electrónico el Ord 1550 en formato pdf para actualizar el Informe de Avance 1.

##### Acuerdos:



- SMA enviará listado catastro durante semana del 21 de nov para apoyar objetivo "Análisis de la vigencia de la caracterización tecnológica de las unidades existentes.
- MMA enviará una invitación para presentación de avance de la asesoría de revisión de la NECT.
- MMA enviará un oficio para que SMA realice presentación en reunión del 12 de diciembre.

Anexos 1: Listado de asistentes

N°	Nombre	Cargo - Institución
1	Emmanuel Mesías Rojas	Profesional Depto. Planes y Normas
2	Juan Pablo Rodríguez Fernández	Jefe Sección de Calidad del Aire y Cambio Climático - SMA
3	Isabel Rojas Segovia	Profesional de la División de Fiscalización y Conformidad Ambiental - SMA
4	Claudia Quiroga Muñoz	Profesional de la División de Fiscalización y Conformidad Ambiental - SMA
5	Gerardo Alvarado Zúñiga	Consultor externo – apoyo a MMA

## 16.9 Anexos digitales

Se incluye lo siguiente:

Archivo digital	Contenido
NC_NECT_2014_2021.xlsx	Tablas con resumen de horas de no cumplimiento entre 2014 y 2021
Hg_Ni_V_2015_2021.xlsx	Tablas y gráficos con concentraciones de Hg, Ni y V años 2015 a 2021
CELEX_32017D1442_ES_TXT.pdf	Texto de la Directiva 2017/1442/UE