

ANT.- Actualización de Programa de Cumplimiento Ambiental RES. EXN N°2 /ROL D-191-2023

MAT.- Remite Informe de Estimación y Modelación de Calidad del Aire Proyecto "Extracción y Procesamiento de Roca en Canteras Chacabuco", Colina, RM.

Santiago, 31 de enero de 2024

**SRA.
FISCAL
SUPERINTENCIA DEL MEDIO AMBIENTE (SMA)
PRESENTE.-**

De mi consideración:

Junto con saludarle cordialmente y en el marco asociado al procedimiento sancionatorio **ROL D-191-2023**, del proyecto "Extracción y Procesamiento de Roca en Cantera Preexistente Cantera Chacabuco", del titular Canteras Chacabuco S.A. RUT: 76.127.422-8; cumpla con acompañar a esa SMA "**Informe de Estimación y Modelación de Calidad del Aire**" referido al proyecto indicado como parte de los compromisos asumidos en el Programa de Cumplimiento Ambiental por mi representada.

Para su conocimiento se adjunta:

1. Carta conductora.
2. Informes de Estimación y Modelación de Calidad del aire con sus respectivos anexos y documentos fundantes. .
3. Personería del Rep. Legal y copia de cédula de identidad.

Le saluda con especial atención,



FRANCISCO HANKE T.


RUT. [REDACTED]

P.P. Canteras Chacabuco S.A.

ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LA FASE DE OPERACIÓN

PLAN DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL

**“Extracción y procesamiento de roca en cantera
preexistente Cantara Chacabuco”**

	Canteras Chacabuco S.A.
Versión: N° 1 Elaboración: Raíces Consultores Ambientales Ltda. Revisión: RosaMaría Zavala O. Fecha: enero 2024	Solicitud: N° 1 Revisión: Aprobación: Fecha:

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	- 5 -
2. ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO.....	- 6 -
3. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTE DE EMISIONES.....	- 8 -
4. METODOLOGIA	- 10 -
4.1 Factores de emisión.....	- 11 -
5. ESTIMACIÓN DE EMISIONES	- 22 -
5.1 Tronaduras.....	- 22 -
5.2 Excavaciones.....	- 23 -
5.3 Transferencia de material por carga y descarga.....	- 23 -
5.4 Tránsito de vehículos por camino no pavimentado.....	- 24 -
5.5 Tránsito de vehículos por camino pavimentado	- 27 -
5.6 Procesamiento de áridos	- 28 -
5.6 Erosión de material en pila	- 35 -
5.7 Combustión de vehículos.....	- 37 -
5.8 Combustión de maquinaria fuera ruta	- 38 -
5.9 Resumen de emisiones atmosféricas	- 41 -
6. RESUMEN EMISIONES ATMOSFÉRICAS FASE DE OPERACIÓN – RCA N°58/2015.....	- 44 -
7. CONCLUSIÓN	- 46 -
8. BIBLIOGRAFIA	- 47 -
9. ANEXOS.....	- 48 -
Anexo 1: Rutas	- 48 -
Anexo 2: Fichas técnicas	- 49 -
Anexo 3: Memoria de cálculo	- 50 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fuentes de emisión en la fase de operación.....	- 9 -
Tabla 2: Factores de emisión para tronadura.....	- 11 -
Tabla 3: Factores de emisión para excavación.....	- 12 -
Tabla 4: Factores de emisión de transferencia de material por carga y descarga.....	- 12 -
Tabla 5: Factores de emisión para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados industriales dominados por vehículos pesados.....	- 13 -
Tabla 6: Factor de emisión para el tránsito de vehículos por caminos pavimentados.....	- 14 -
Tabla 7: Factores de emisión para el procesamiento de áridos.....	- 15 -
Tabla 8: Factor de emisión para erosión de material de pila.....	- 16 -
Tabla 9: Factores de emisión y de consumo por combustión de vehículos.....	- 17 -
Tabla 10: Factores de emisión base para la maquinaria fuera de ruta diésel (FE_{BASE}).....	- 18 -
Tabla 11: Factor de deterioro de la maquinaria.....	- 19 -
Tabla 12: Factor de deterioro relativo a la vida útil de la maquinaria (FD_{VU}).....	- 20 -
Tabla 13: Factor de ajuste transiente para maquinaria diésel (TAF).....	- 21 -
Tabla 14: Factores de emisión tronadura.....	- 22 -
Tabla 15: Emisión para la actividad de tronaduras.....	- 22 -
Tabla 16: Factores de emisión excavaciones.....	- 23 -
Tabla 17: Emisiones para la actividad de excavaciones.....	- 23 -
Tabla 18: Factores de emisión de carga y descarga de material.....	- 24 -
Tabla 19: Emisiones para la actividad de carga y descarga de material.....	- 24 -
Tabla 20: Factores de emisión por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados industriales dominados por vehículos pesados.....	- 25 -
Tabla 21: Emisiones por el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados – sin medidas de control.....	- 26 -
Tabla 22: Emisiones por el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados – con medidas de control.....	- 26 -
Tabla 23: Emisiones por el tránsito de vehículo no pavimentados – medidas proyectadas.....	- 27 -
Tabla 24: Factores de emisión por tránsito por caminos pavimentados.....	- 27 -
Tabla 25: Emisiones por el tránsito de vehículos por caminos pavimentados.....	- 28 -
Tabla 26: Factores de emisión para el procesamiento de áridos – sin medidas de control.....	- 29 -
Tabla 27: Producción de la planta de procesamiento.....	- 30 -
Tabla 28: Emisiones anuales de la planta de procesamiento – sin medidas de control.....	- 31 -
Tabla 29: Factores de emisión para el procesamiento de áridos – con medidas de control.....	- 32 -
Tabla 30: Emisiones anuales de la planta de procesamiento – con medidas de control.....	- 33 -
Tabla 31: Emisiones anuales de la planta de procesamiento – medidas proyectadas.....	- 34 -

Tabla 32: Factores de emisión erosión material en pila.	- 35 -
Tabla 33: Emisiones de erosión de material en pila – sin medidas de control.	- 36 -
Tabla 34: Emisiones de erosión de material en pila – con medidas de control.	- 36 -
Tabla 35: Factores de emisión combustión vehículos – Diésel $\leq 7,5$ toneladas.	- 37 -
Tabla 36: Factores de emisión combustión vehículos – Diésel 16 -32 toneladas.	- 37 -
Tabla 37: Emisión combustión de vehículos.	- 38 -
Tabla 38: Factores de emisión de combustión de maquinaria fuera de ruta.	- 38 -
Tabla 39: Valores de factores de deterioro de la maquinaria (FD).	- 39 -
Tabla 40: Valores del factor de ajuste transiente (TAC).	- 40 -
Tabla 41: Emisiones por combustión de maquinaria.	- 40 -
Tabla 42: Emisiones anuales durante la fase de operación – sin medidas de control.	- 41 -
Tabla 43: Emisiones anuales durante la fase de operación-con medidas de control.	- 42 -
Tabla 44: Emisiones anuales durante la fase de operación – con medidas proyectadas.	- 43 -
Tabla 45: Emisiones fase de operación año 1 – RCA N°58/2015	- 44 -
Tabla 46: Emisiones fase operación – RCA N°58/2015.	- 45 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del proyecto.	- 7 -
Figura 2: Zona del proyecto.	- 7 -
Figura 3: Esquema del proceso.	- 8 -

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe describe la estimación de emisiones atmosféricas (material particulado y gases de combustión) de la fase de operación del proyecto "Extracción y procesamiento de roca en cantera preexistente Cantera Chacabuco" ubicado en la comuna de Colina, Región Metropolitana. Este estudio pretende dar respuesta a una de las solicitudes realizadas en las observaciones del Programa de Cumplimiento, informadas a través de la Resolución Exenta N°2 / ROL D-191-2023, en donde se indica lo siguiente:

"Se solicita realizar modelaciones de calidad del aire, considerando a lo menos los siguientes escenarios: (i) Escenario de incumplimiento, correspondiente a la ejecución de actividades de chancado y tronaduras sin medidas de control de emisiones de material particulado comprometidas en la evaluación ambiental; (ii) Escenario con medidas de control de emisiones, establecidas en el proyecto aprobado por RCA N°58/2015, y que considere la evaluación de eficacia de dichas medidas, además de la correspondiente reducción de emisiones. Para ambos escenarios se debe considerar la estimación de emisiones con la respectiva ruta de cálculo, la dispersión y concentración de emisiones de MP10 proveniente desde la UF, respecto de la población más cercana, así como el componente viento y topografía del lugar, entre otros componentes relevantes de modelación."

De acuerdo con el inventario de emisiones, se incluye la estimación del volumen de gases emitidos a la atmósfera producto de las actividades relacionadas a la extracción de áridos, procesamiento de áridos, pilas de acopio, carga/descarga de material, y funcionamiento de motores de combustión, particularmente de maquinaria asociada al proyecto.

Cabe destacar que los factores se calculan en base los criterios detallados en la "Guía de estimación de emisiones atmosféricas para la Región Metropolitana" y factores de emisión indicados en el documento "AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, Fifth Edition de la US EPA".

2. ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO

El proyecto corresponde a la extracción, selección y procesamiento de materiales pétreos o roca desde una cantera existente, cuya explotación se realizará a rajo abierto, en forma de bancos, aprovechando los afloramientos rocosos. De acuerdo a la RCA N°58/2015, el volumen de material disponible en el sitio se estima en 3.360.000 m³. La tasa de extracción de material se estima en 35.000 m³/mes. Por lo que se infiere a partir de los recursos avistados existentes, una explotación proyectada de 8 años.

La superficie total a utilizar en el proyecto es de aproximadamente 19 hectáreas, de las cuales cerca de 9,5 hectáreas corresponden al área de la cantera y caminos interiores, 4,8 hectáreas al área de la planta de procesamiento y 4,7 al área de acopio de material procesado (sedimento fino comercializable tipo limo arcilla, arena, gravillas, gravas). La superficie total del terreno es de aproximadamente 89 hectáreas.

El proyecto considera comercializar los materiales pétreos seleccionados y/o procesados *"in situ"*, es decir, en el mismo sitio de la planta, de modo que su transporte hacia los sitios de consumo será realizado por terceros (clientes), quienes deberán cumplir con la normativa aplicable.

El proyecto se desarrollará en el terreno ubicado en la Región Metropolitana de Santiago, Provincia de Chacabuco, Comuna de Colina, en el Lote B, de la subdivisión del Fundo Los Baños de Chacabuco, Sector Quilapilún, ROL N° 186-588, tal como se observa en la Figura 1 y Figura 2, respectivamente.

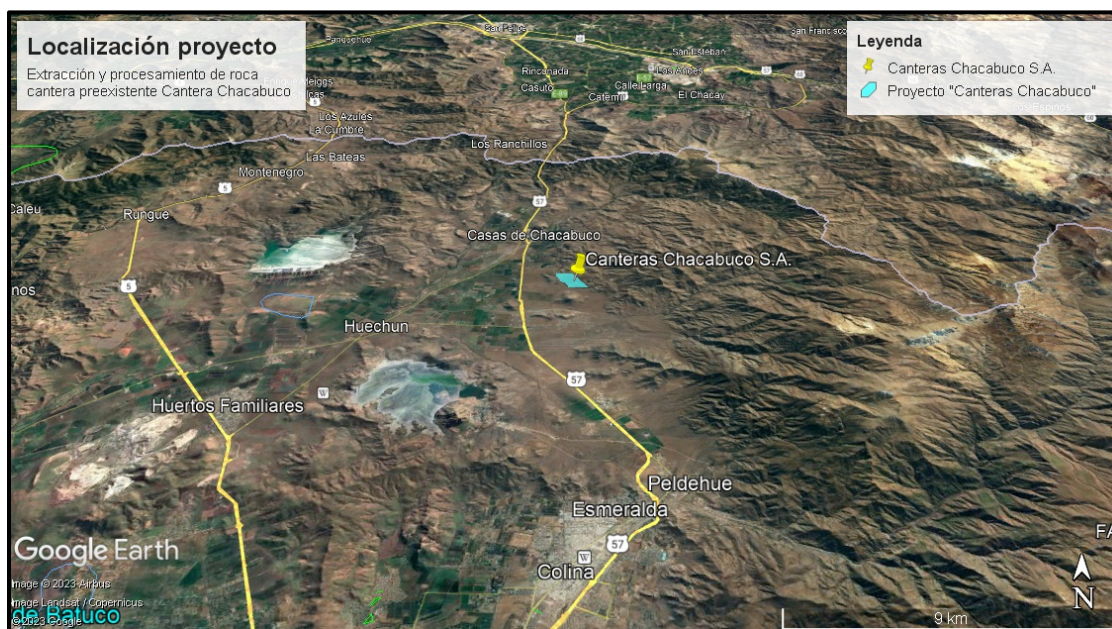


Figura 1: Localización del proyecto.

Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth del 22.12.2023.



Figura 2: Zona del proyecto.

Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth del 22.12.2023.

3. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTE DE EMISIONES

La planta procesará la extracción del material pétreo de la cantera, mediante la clasificación por tamaño de arenas y gravas, a la vez que contará con etapas de chancado para reducir el tamaño de las piezas más grandes y se puedan clasificar dentro de los productos finales. Según lo señalado en la RCA N°58/2015, la fase de operación se llevará a cabo durante 8 años, en donde la planta operará todos los meses del año de lunes a viernes de 08:00 a 18:00 horas y los sábados de 08:00 a 14:00 horas , totalizando 315 días de operación anual o bien 2.650 horas anuales.

De forma general, se indica que el proyecto consiste en la tronadura y excavación del material, logística y procesamiento de material pétreo, según lo indicado en la Figura 3.

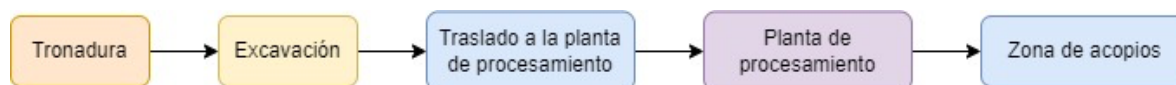


Figura 3: Esquema del proceso.

Fuente: Elaboración propia.

Dada la naturaleza del proyecto, se identifican las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos para la etapa de operación del proyecto asociadas principalmente a fuentes fugitivas y móviles, las que se describen a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1: Fuentes de emisión en la fase de operación.

Categoría	Fuente o actividad	Contaminante
Fugitivas	Tronadura	MPS, MP ₁₀ y MP _{2,5}
	Excavación	MP ₁₀ y MP _{2,5}
	Transferencia de material carga y descarga	MP ₁₀ y MP _{2,5}
	Tránsito de vehículos por camino no pavimentado	MP ₁₀ y MP _{2,5}
	Tránsito de vehículos por camino pavimentado	MP ₁₀ y MP _{2,5}
	Manejo de áridos	MP ₁₀ y MP _{2,5}
	Erosión en pilas de acopio	MP ₁₀ y MP _{2,5}
Móviles	Combustión de vehículos	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , CC, SO ₂ , NH ₃ , CO y COV
	Combustión de maquinaria fuera de ruta	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , CO y COV

Fuente: Elaboración propia.

4. METODOLOGIA

Tal como se señala previamente, los factores de emisión de cada una de las fuentes emisoras consideradas se calculan en base a lo indicado en los siguientes documentos:

- ❖ *"Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos en la Región Metropolitana", de la SEREMI del Medio Ambiente RM año 2020, la cual, a su vez, se basa principalmente en aplicar factores de emisión obtenidos de referencias del AP-42 de la US EPA (Agencia Medioambiental de los Estados Unidos).*
- ❖ *AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, Chapter 11: Mineral Products Industry, Section 11.9. Western Surface Coal Mining de la US EPA.*

En donde la ecuación general a utilizar para el cálculo de las fuentes a estimar mediante factor de emisión es la siguiente:

$$E = FE * NA * \left(1 - \frac{Ea}{100}\right)$$

Donde:

E corresponde a Emisión

NA corresponde a Nivel de Actividad

FE corresponde a Factor de Emisión

Ea corresponde a Eficiencia de abatimiento

Las emisiones (E) deben ser estimadas sobre una base anual y expresadas, ya sea en función a un año hipotético de comienzo del proyecto, o bien, de acuerdo con la programación concreta en el que se realizarán las distintas actividades. El nivel de actividad (NA) depende del factor de emisión específico que se utiliza (FE), y la naturaleza en que se encuentra la información. Los factores de emisión (FE) corresponden a ecuaciones que permiten estimar emisiones atmosféricas para distintos contaminantes en un espacio temporal definido. Finalmente, la eficiencia de abatimiento (Ea), representa el porcentaje asociado a la reducción de emisiones atmosféricas producto de la implementación de un equipo o medida de control, para un contaminante específico en una fuente determinada

4.1 Factores de emisión

Los factores de emisión de cada una de las fuentes emisoras consideradas para la fase de operación del proyecto, se calculan en base a lo desarrollado por:

- ❖ Guía para la estimación de emisiones en la Región Metropolitana, 2020.
- ❖ Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42: Chapter 11, Section 11.9. “Western Surface Coal Mining”.

En la Tabla 2 se detallan los factores de emisión para tronadura.

Tabla 2: Factores de emisión para tronadura.

Actividad	Factor de emisión (FE)		Unidad	Parámetros
Tronadura	MPS	$0,00022 * A^{1,5}$	kg/tronadura	A: superficie efectiva de tronadura diaria. A= 450 m ² $k_{MP10} = 0,52$ $k_{MP2,5} = 0,03$
	MP ₁₀	$0,00022 * k * A^{1,5}$		
	MP _{2,5}	$0,00022 * k * A^{1,5}$		

Fuente: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42: Chapter 11, Section 11.9. “Western Surface Coal Mining”.

En la Tabla 3 se detallan los factores de emisión para excavación.

Tabla 3: Factores de emisión para excavación.

Actividad	Factor de emisión (FE)		Unidad	Parámetros
Excavación	MP ₁₀	$\frac{0,75 * 0,45 * s^{1,5}}{M^{1,4}}$	kg/hrs	s: porcentaje de finos del suelo. El valor por defecto es 8,5. M: porcentaje de humedad del suelo. El valor por defecto es 6,5.
	MP _{2,5}	$\frac{0,105 * 2,6 * s^{1,2}}{M^{1,3}}$		

Fuente: “Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana”, 2020.

En la Tabla 4 se detallan los factores de emisión de transferencia de material por carga y descarga.

Tabla 4: Factores de emisión de transferencia de material por carga y descarga.

Actividad	Factor de emisión (FE)		Unidad	Parámetros
Transferencia de material por carga y descarga	MP ₁₀	$k * 0,0016 * \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/ton	M: porcentaje de humedad del suelo. El valor por defecto es 6,5. U: velocidad del viento promedio. U = 2,7 m/s ¹ $k_{MP10} = 0,350$ $k_{MP2,5} = 0,053$
	MP _{2,5}			

Fuente: “Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana”, 2020.

¹ Promedio de datos del año 2022 de la estación de Aeródromo Peldehue, ubicado en la comuna de Colina de la Red Agrometeorológica de INIA.

En la Tabla 5 se detallan los factores de emisión para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados.

Tabla 5: Factores de emisión para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados industriales dominados por vehículos pesados.

Actividad	Factor de emisión (FE)		Unidad	Parámetros
Tránsito de vehículo por caminos no pavimentados.	MP ₁₀	$k * 281,9 * \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} * \left(\frac{W}{2,72}\right)^{0,45}$	g/km	s: porcentaje de finos del suelo. El valor por defecto es 8,5.
	MP _{2,5}			W: peso promedio de la flota que transita por las vías (ton). W _{camión tolva} = 26 W _{camión aljibe} = 21 W _{van personal} = 3 k _{MP10} = 1,5 k _{MP2,5} = 0,15

Fuente: “Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana”, 2020.

En la Tabla 6 se detalla el factor de emisión para el tránsito de vehículos por caminos pavimentados.

Tabla 6: Factor de emisión para el tránsito de vehículos por caminos pavimentados.

Actividad	Factor de emisión (FE)		Unidad	Parámetros
Tránsito de vehículo por caminos pavimentados.	MP ₁₀	$k * sL^{0,91} * (W * 1,1023)^{1,02}$	g/km	sL: carga superficial de finos (g/m ²). Valores por defecto: 2,4 – para vías con flujo inferior a 500 vehículos día 0,7 – para vías con flujo entre 500 y 10.000 vehículos por día 0,3 – para vías con flujo superior a 10.000 vehículos día W: peso promedio de la flota que transita por las vías (ton). W _{van personal} = 3 k _{MP10} = 0,62 k _{MP2,5} = 0,15
	MP _{2,5}			

Fuente: “Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana”, 2020.

En la Tabla 7 se detallan los factores de emisión para el procesamiento de áridos.

Tabla 7: Factores de emisión para el procesamiento de áridos.

Actividad	Factor de emisión (FE)		Unidad
Chancado primario/ secundario/terciario	MP ₁₀	0,001200	kg/ton
	MP _{2,5}	0,000180	
Chancado primario/ secundario/terciario (con supresión húmeda)	MP ₁₀	0,00027	
	MP _{2,5}	0,00005	
Tamizado grueso	MP ₁₀	0,0043	
	MP _{2,5}	0,000645	
Tamizado grueso (con supresión húmeda)	MP ₁₀	0,00037	
	MP _{2,5}	0,000025	
Tamizado fino	MP ₁₀	0,036	
	MP _{2,5}	0,0054	
Tamizado fino (con supresión húmeda)	MP ₁₀	0,0011	
	MP _{2,5}	0,000165	
Punto de transferencia entre correas	MP ₁₀	0,000550	
	MP _{2,5}	0,000155	
Punto de transferencia entre correas (con supresión húmeda)	MP ₁₀	2,3E-5	
	MP _{2,5}	6,5E-6	

Fuente: “Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana”, 2020.

En la Tabla 8 se detalla factor de emisión para erosión de material en pilas de acopios.

Tabla 8: Factor de emisión para erosión de material de pila.

Actividad	Factor de emisión (FE)		Unidad	Parámetros
Erosión de material de pila	MP ₁₀	$k * \frac{s}{1,5} * \frac{f}{15}$	kg/há-día	s: contenido fino del material. El valor por defecto es 8,5.
	MP _{2,5}			f: porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento no obstruido es mayor a 5,4 [m/s] a la altura media de la pila. f=11,76% ² k _{MP10} = 0,953 k _{MP2,5} = 0,146

Fuente: “Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana”, 2020.

En la Tabla 9 se detallan los factores de emisión y consumo por combustión de vehículos.

² Datos del año 2022 de la estación de Aeródromo Peldehue, ubicado en la comuna de Colina de la Red Agrometeorológica de INIA.

Tabla 9: Factores de emisión y de consumo por combustión de vehículos.

Categoría	Subcategoría	Tecnología	Factor de emisión (FE)		Unidad
Vehículos pesados	Diésel ≤ 7,5 (ton)	HD Euro V - 2008	MP ₁₀	0,0106	g/km
			MP _{2,5}	0,0106	
			NOx	0,9330	
			CC	101,0000	
			SO ₂	0,0030	
			NH ₃	0,0110	
			CO	0,0470	
			COV	0,0050	
Vehículos pesados	Diésel 16-32 ton	HD Euro V - 2008	MP ₁₀	0,0239	
			MP _{2,5}	0,0239	
			NOx	2,1800	
			CC	210,0000	
			SO ₂	0,0063	
			NH ₃	0,0110	
			CO	0,1050	
			COV	0,0100	

Fuente: “Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana”, 2020.

En la Tabla 10 se detallan los factores de emisión para la maquinaria fuera de ruta.

Tabla 10: Factores de emisión base para la maquinaria fuera de ruta diésel (FE_{BASE}).

Potencia (kW)	Tecnología	Factor de emisión (FE)		Unidad
130 ≤ P ≤ 560	Stage IIIA o Tier 3	MP ₁₀	0,1000	g/kWh
		MP _{2,5}	0,1000	
		NO _x	3,2400	
		CC	250	
		SO _x	0,0075	
		NH ₃	0,0020	
		CO	1,5000	
		COV	0,3000	

Fuente: "Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana", 2020.

En la Tabla 11 se detalla factor de emisión para el deterioro de la maquinaria.

Tabla 11: Factor de deterioro de la maquinaria.

Factor de deterioro (FD)	Unidad	Parámetros
$\frac{K}{VU} * FD_{VU}$	Adimensional	<p>K³: edad de la maquinaria, en años.</p> <p>K_{excavadora} = 5⁴-10</p> <p>K_{cargador} = 5⁵-10</p> <p>VU: Vida útil de la maquinaria, en año⁶.</p> <p>VU_{excavadora} = 10</p> <p>VU_{cargador} = 10</p> <p>FD_{VU}: Factor de deterioro relativo a la vida útil de la maquinaria.</p>

Fuente: “Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana”, 2020.

En la Tabla 12 se detalla factor de deterioro asociado a la vida útil de las maquinarias.

³ Cuando la edad de la maquinaria supera la vida útil, se debe utilizar un FD equivalente a FD_{VU}.

⁴ Se estima una edad media de la excavadora de 5 años.

⁵ Se estima una edad media del cargador frontal de 5 años.

⁶ Tabla 6.2, Capítulo: 6. Combustión de Maquinaria Fuera de Ruta. Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana, 2020.

Tabla 12: Factor de deterioro relativo a la vida útil de la maquinaria (FD_{VU}).

Tecnología	MP	NO _x	CO	COV
Previo a Stage I	0,473	0,024	0,185	0,047
Stage I	0,473	0,024	0,101	0,036
Stage II	0,473	0,009	0,101	0,034
Stage IIIA, IIIB, IV, V	0,473	0,008	0,151	0,027

Fuente: "Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana", 2020.

En la Tabla 13 se detalla factor de ajuste asociado a maquinarias diesel.

Tabla 13: Factor de ajuste transiente para maquinaria diésel (TAF).

Tecnología	Factor de carga	MP ⁷	NO _x	CC	CO	COV
Stage II y previos	FC > 0,45	1,230	0,950	1,010	1,530	1,050
Stage IIIA		1,470	1,040	1,010	1,530	1,050
Stage IIIB-V		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Stage II y previos	0,25 ≤ FC ≤ 0,45	1,600	1,025	1,095	2,050	1,670
Stage IIIA		1,920	1,125	1,095	2,050	1,670
Stage IIIB-V		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Stage II y previos	FC < 0,25	1,970	1,100	1,180	2,570	2,290
Stage IIIA		2,370	1,210	1,180	2,570	2,290
Stage IIIB-V		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: “Guía para la Estimación de Emisiones en la Región Metropolitana”, 2020.

⁷ Aplica tanto para MP₁₀ como para MP_{2,5}.

5. ESTIMACIÓN DE EMISIONES

En la siguiente sección se presenta la estimación de emisiones por actividad.

5.1 Tronaduras

Como primer paso durante las actividades de extracción se efectuará el pre-corte del material, mediante el uso de explosivos con tronaduras controladas. En la Tabla 14, se muestra el factor de emisión asociado a las tronaduras.

Tabla 14: Factores de emisión tronadura.

FE MPS (kg/tronadura)	FE MP ₁₀ (kg/tronadura)	FE MP _{2,5} (kg/tronadura)
2,10	1,09	0,06

Fuente: Elaboración propia.

La operación del proyecto considera tronaduras de baja intensidad para remover diariamente el material a procesar en la planta. Como se indica anteriormente, la planta operará 315 días al año. Por lo que las emisiones obtenidas corresponden a lo indicando en la Tabla 15.

Tabla 15: Emisión para la actividad de tronaduras.

MPS (ton/año)	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
0,66	0,34	6,62E-4

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Excavaciones

En la Tabla 16, se muestra el factor de emisión asociado a las excavaciones.

Tabla 16: Factores de emisión excavaciones.

FE MP ₁₀ (kg/hrs)	FE MP _{2,5} (kg/hrs)
0,61	0,31

Fuente: Elaboración propia.

El rendimiento de extracción de áridos ha sido determinado en 150 m³/h según las circunstancias de la operación, utilizando una sola retroexcavadora con un cubo de 1 m³ y cuatro camiones cargados de manera paralela, de modo de obtener la producción de 35.000 (m³/mes) por doce meses al año. Con este rendimiento de excavación y producción, las horas anuales para 20 días por mes son de aproximadamente 2.650 horas anuales. De esta manera multiplicando el factor de emisión por las horas anuales, se obtiene la emisión para esta actividad, mostrado en la Tabla 17.

Tabla 17: Emisiones para la actividad de excavaciones.

MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
1,61	0,83

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Transferencia de material por carga y descarga

Corresponden a las emisiones producidas al momento de cargar o descargar el material. En la Tabla 18, se muestra el factor de emisión asociado a la transferencia de material por carga y descarga.

Tabla 18: Factores de emisión de carga y descarga de material.

FE MP ₁₀ (kg/ton)	FE MP _{2,5} (kg/ton)
1,38E-4	2,09E-5

Fuente: Elaboración propia.

Para contemplar todas las emisiones, el nivel de actividad es equivalente a las toneladas del material cargado más el descargado, es decir, es igual a las toneladas del material trasladado, multiplicadas por dos. El proyecto está diseñado para producir 420.000 (m³/año), considerando una densidad promedio de 1,8 m³/ton, la cantidad másica del material pétreo corresponde a 756.000 ton.

La carga del material ocurre en la zona de excavación mientras que la descarga ocurre en el buzón de alimentación de la planta de procesamiento. En la Tabla 19 se observan las generadas en la carga y descarga del material.

Tabla 19: Emisiones para la actividad de carga y descarga de material

Actividad	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Carga	1,04E-1	1,58E-2
Descarga	1,04E-1	1,58E-2

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Tránsito de vehículos por camino no pavimentado

Cuando un vehículo transita por un camino no pavimentado, la fuerza de las ruedas causa pulverización de las partículas superficiales, las cuales son levantadas por el movimiento rotatorio de las ruedas en combinación con la turbulencia generada por el paso del vehículo⁸. En la Tabla 20 se muestran los factores de emisión por el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados industriales, dominados por vehículos pesados.

⁸ Guía para la estimación de emisiones en la Región Metropolitana, 2020.

Tabla 20: Factores de emisión por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados industriales dominados por vehículos pesados.

Vehículo ⁹	FE MP ₁₀ (g/km)	FE MP _{2,5} (g/km)
Camión tolva	856,21	85,62
Camión aljibe	777,76	77,78
Van personal	324,00	32,40

Fuente: Elaboración propia.

Esta fuente presenta una variante, respecto a la ecuación general de estimación de emisiones, que considera una corrección asociada a las condiciones de precipitación del área de estudio, tal como se presenta a continuación:

$$E = FE * NA * \left(1 - \frac{P}{365}\right)$$

Donde P corresponde al número de días en el año con precipitaciones superiores a 0,254 (mm).

Para este valor, se utiliza el promedio de datos del año 2022 de la estación de Aeródromo Peldehue, ubicado en la comuna de Colina de la Red Agrometeorológica de INIA, correspondiente a la estación más cercana al área de estudio. Este valor corresponde a 17 días.

Para contemplar todas las emisiones, el nivel de actividad es equivalente a la distancia recorrida por caminos no pavimentados. Los camiones tolvas son utilizados para transportar el material desde la cantera de extracción hacia la planta de procesamiento. Se considera una producción de 35.000 m³/mes por doce meses al año y la capacidad de los camiones es de 15 m³, lo que da 28.000 viajes, lo que multiplicando por dos (ida y vuelta), da un total de 56.000 viajes, en donde la mitad se realiza con carga vacía. Estos viajes se realizan a través de 3 rutas, obteniendo una distancia promedio de 0,94 km por viaje.

En el ANEXO 1, se indican las rutas a realizar.

⁹ Fichas técnicas en ANEXO 2.

En la Tabla 21 se detallan las emisiones por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados, sin considerar medidas de control.

Tabla 21: Emisiones por el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados – sin medidas de control.

Vehículo	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Camión tolva	42,97	4,30
Van personal	0,17	0,02

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al camión aljibe, esta medida de control de emisión será realizada 2 veces al día, según condiciones climáticas, mediante el uso de camión aljibe o similar, con el fin de mantener la humedad de forma permanente durante la ejecución del proyecto. El viaje realizado por el camión aljibe es de 4,26 km por el predio. Según las estimaciones presentadas en el AP-42, se considera que esta medida logrará mitigar en un 68,7%.

En el ANEXO 1, se indica la ruta a realizar.

Mientras, en la Tabla 22 se detallan las emisiones por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados, considerando medidas de control.

Tabla 22: Emisiones por el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados – con medidas de control.

Vehículo	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Camión tolva	13,45	1,35
Camión aljibe	2,05	0,21
Van personal	0,05	0,01

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, actualmente Canteras Chacabuco desea implementar nuevas medidas de control de emisiones, las cuales se incluirán mediante un proceso de consulta de pertinencia. Una de las medidas es la aplicación de bischofita, la cual permite una disminución del 99%¹⁰ de las emisiones atmosféricas.

En la Tabla 23 se detallan las emisiones por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados, considerando medidas proyectadas.

Tabla 23: Emisiones por el tránsito de vehículo no pavimentados – medidas proyectadas.

Vehículo	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Camión tolva	0,43	0,01
Camión aljibe	0,14	0,01
Van personal	1,69E-3	1,69E-4

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Tránsito de vehículos por camino pavimentado

Corresponde a la re-suspensión de las partículas presentes en los caminos pavimentados, debido al paso de vehículos.

En la Tabla 24 se observan los factores de emisión por tránsito por caminos pavimentados.

Tabla 24: Factores de emisión por tránsito por caminos pavimentados.

Vehículo	FE MP ₁₀ (g/km)	FE MP _{2,5} (g/km)
Van personal	2,56	0,62

Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ Araya, L (2010). "Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos SOILTAC". Universidad Austral de Chile.

Esta fuente presenta una variante, respecto a la ecuación general de estimación de emisiones, que considera una corrección asociada a las condiciones de precipitación del área de estudio, tal como se presenta a continuación:

$$E = FE * NA * \left(1 - \frac{P}{4 * 365}\right)$$

Donde P corresponde al número de días en el año con precipitaciones superiores a 0,254 (mm).

Para este valor, se utiliza el promedio de datos del año 2022 de la estación de Aeródromo Peldehue, ubicado en la comuna de Colina de la Red Agrometeorológica de INIA, correspondiente a la estación más cercana al área de estudio. Este valor corresponde a 17 días.

Para el nivel de actividad, como no es posible definir la ruta real que tomara la van para transportar el personal, se define la distancia recorrida desde un punto extremo de la comuna de Colina hasta la zona donde se emplaza el proyecto. Definiendo de esta manera una distancia de 34,2 km por viaje por caminos pavimentados.

En el ANEXO 1 se indica la ruta a realizar.

En la Tabla 25 se observan las emisiones por el tránsito de vehículos por caminos pavimentados.

Tabla 25: Emisiones por el tránsito de vehículos por caminos pavimentados.

Vehículo	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Van personal	0,06	0,01

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Procesamiento de áridos

En el proceso productivo de los áridos, se generan emisiones fugitivas de material particulado fino y grueso. En la Tabla 26 se presentan los factores de emisión correspondiente al procesamiento de áridos, tanto para el escenario 1, en donde se incumplen las medidas de control de emisión propuestas.

Tabla 26: Factores de emisión para el procesamiento de áridos – sin medidas de control.

Actividad	FE MP ₁₀ (kg/ton)	FE MP _{2,5} (kg/ton)
Chancado primario/ secundario/terciario	0,0012	0,00018
Tamizado grueso	0,0043	0,000645
Punto de transferencia entre correas	0,00055	0,000155

Fuente: Elaboración propia.

Como no es posible definir la cantidad másica del tamizado grueso o fino por harnero, se utiliza el caso más conservador para los 3 harneros, el cual corresponde al factor de emisión de mayor valor, es decir el del tamizado grueso.

Para el nivel de actividad, en la Tabla 27 se presentan la producción para cada proceso que forma parte de la planta de procesamiento. La cual como se indica anteriormente, opera 2.650 horas al año.

Tabla 27: Producción de la planta de procesamiento.

Equipo	Producción (ton/hrs)	Nivel de actividad (ton/año)
Criba de selección	252,8	669.920
Chancador Primario	177,0	469.050
Cinta 1	252,8	669.920
Harnero 1	252,8	669.920
Cinta 2	204,8	542.720
Chancador de cono	204,8	542.720
Cinta 3	204,8	542.720
Harnero 2	252,8	669.920
Cinta 7	73,3	194.245
Cinta 6	86,0	227.900
Cinta 5	93,5	247.775
Cinta 8	93,5	247.775
Chancador de impacto	93,5	247.775
Cinta 9	93,5	247.775
Harnero 3	93,5	247.775
Cinta 10	15,9	42.135
Cinta 11	11,2	29.680
Cinta 12	7,5	19.875

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones anuales de la planta de procesamiento se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28: Emisiones anuales de la planta de procesamiento – sin medidas de control.

Equipo	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Criba de selección	2,881	0,432
Chancador Primario	0,563	0,084
Cinta 1	0,368	0,104
Harnero 1	2,881	0,432
Cinta 2	0,298	0,084
Chancador de cono	0,651	0,098
Cinta 3	0,298	0,084
Harnero 2	2,881	0,432
Cinta 7	0,107	0,030
Cinta 6	0,125	0,035
Cinta 5	0,136	0,038
Cinta 8	0,136	0,038
Chancador de impacto	0,297	0,045
Cinta 9	0,136	0,038
Harnero 3	1,065	0,160
Cinta 10	0,023	0,007
Cinta 11	0,016	0,005
Cinta 12	0,011	0,003

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 29 se presentan los factores de emisión correspondiente al procesamiento de áridos, para el escenario 2, en donde se cumplen las medidas de control de emisión propuestas. Dentro de las cuales se encuentra los procesos húmedos en molienda, es decir del chancado.

Tabla 29: Factores de emisión para el procesamiento de áridos – con medidas de control.

Actividad	FE MP ₁₀ (kg/ton)	FE MP _{2,5} (kg/ton)
Chancado primario/ secundario/terciario	0,00027	0,00005
Tamizado grueso	0,0043	0,000645
Punto de transferencia entre correas	0,00055	0,000155

Fuente: Elaboración propia.

Como no es posible definir la cantidad másica del tamizado grueso o fino por harnero, se utiliza el caso más conservador para los 3 harneros, el cual corresponde al factor de emisión de mayor valor, es decir el del tamizado grueso.

Otras de las medidas propuestas para el control de las emisiones, es el encapsulamiento de los puntos de descargas de las cintas de transporte, con descarga a otras cintas al harnero, al alimentador del chancador y los acopios, mediante estructuras de metal como cubiertas. Esto permitiría una eficiencia de al menos el 70%.

Para el nivel de actividad, en la tabla 27 se presentan la producción para cada proceso que forma parte de la planta de procesamiento. La cual como se indica anteriormente, opera 2.650 horas al año.

Las emisiones anuales de la planta de procesamiento se presentan en la Tabla 30 .

Tabla 30: Emisiones anuales de la planta de procesamiento – con medidas de control.

Equipo	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Criba de selección	2,016	0,302
Chancador Primario	0,038	0,007
Cinta 1	0,368	0,104
Harnero 1	0,864	0,130
Cinta 2	0,298	0,084
Chancador de cono	0,044	0,008
Cinta 3	0,298	0,084
Harnero 2	0,864	0,130
Cinta 7	0,107	0,030
Cinta 6	0,125	0,035
Cinta 5	0,136	0,038
Cinta 8	0,136	0,038
Chancador de impacto	0,020	0,004
Cinta 9	0,136	0,038
Harnero 3	0,320	0,048
Cinta 10	0,023	0,007
Cinta 11	0,016	0,005
Cinta 12	0,011	0,003

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, actualmente Canteras Chacabuco desea implementar nuevas medidas de control de emisiones, las cuales se incluirán mediante un proceso de consulta de pertinencia. Una de las medidas es la aplicación la utilización de cañones y/o boquillas de supresión de polvo en el procesamiento de procesos de la planta mediante la tecnología de niebla seca. Esta medida permite disminuir en 98,28%¹¹ las emisiones atmosféricas. Los resultados se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31: Emisiones anuales de la planta de procesamiento – medidas proyectadas.

Equipo	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Criba de selección	4,95E-2	7,43E-3
Chancador Primario	9,68E-3	1,45E-3
Cinta 1	6,34E-3	1,79E-3
Harnero 1	4,95E-2	7,43E-3
Cinta 2	5,13E-3	1,45E-3
Chancador de cono	1,12E-2	1,68E-3
Cinta 3	5,13E-3	1,45E-3
Harnero 2	4,95E-2	7,43E-3
Cinta 7	1,84E-3	5,18E-4
Cinta 6	2,16E-3	6,08E-4
Cinta 5	2,34E-3	6,61E-4
Cinta 8	2,34E-3	6,61E-4
Chancador de impacto	5,11E-3	7,67E-4
Cinta 9	2,34E-3	6,61E-4
Harnero 3	1,83E-2	2,75E-3

¹¹ Dust Control Technologie. Sistemas de supresión de polvo neblina seca.

Equipo	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Cinta 10	3,99E-4	1,12E-4
Cinta 11	2,81E-4	7,91E-5
Cinta 12	1,88E-4	5,30E-5

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Erosión de material en pila

En la Tabla 32 se detallan los factores de emisión generados por la erosión eólica del material acopiado en pilas.

Tabla 32: Factores de emisión erosión material en pila.

FE MP ₁₀ (kg/há-día)	FE MP _{2,5} (kg/há-día)
4,23	0,65

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de actividad se obtiene tras la multiplicación de las hectáreas de acopio por los 365 días al año que se mantiene el material apilado. El almacenamiento en pilas cónicas se utiliza para el material final, con un estimado promedio diario de 4.500 m³ con una altura de 5 metros. La superficie de acopio es de 5.439 m² para cada pila cónica. En la Tabla 33 se detallan las emisiones de erosión del acopio de material en pilas sin medidas de control.

Tabla 33: Emisiones de erosión de material en pila – sin medidas de control.

Pilas cónicas	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Áridos (0-8 mm)	0,84	0,13
Hormigón (8-20 mm)	0,84	0,13
Finos (0-6 mm)	0,84	0,13
Intermedio (6-13 mm)	0,84	0,13
Grueso (13-18 mm)	0,84	0,13

Fuente: Elaboración propia.

Para el escenario 2, en donde se cumplen las medidas de control de emisión propuesta. Se considera que el humectar las pilas de material procesado logran una eficiencia de 70%. En la Tabla 34 se detallan las emisiones de erosión del acopio de material en pilas con medidas de control.

Tabla 34: Emisiones de erosión de material en pila – con medidas de control.

Pilas cónicas	MP ₁₀ (ton/año)	MP _{2,5} (ton/año)
Áridos (0-8 mm)	0,25	0,04
Hormigón (8-20 mm)	0,25	0,04
Finos (0-6 mm)	0,25	0,04
Intermedio (6-13 mm)	0,25	0,04
Grueso (13-18 mm)	0,25	0,04

Fuente: Elaboración propia.

5.7 Combustión de vehículos

Para la estimación de las emisiones atmosféricas producto de la combustión interna de vehículos, se deberá utilizar los factores de emisión presentados en la Tabla 35 y Tabla 36. En donde el camión aljibe, camiones tolva y la van persona pertenecen al nivel de tecnología HD Euro V – 2008.

Tabla 35: Factores de emisión combustión vehículos – Diésel $\leq 7,5$ toneladas.

Factores de emisión (g/km)							
MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CC	SO ₂	NH ₃	CO	COV
0,0106	0,0106	0,9330	101	0,0030	0,0110	0,0470	0,0050

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: Factores de emisión combustión vehículos – Diésel 16 -32 toneladas.

Factores de emisión (g/km)							
MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CC	SO ₂	NH ₃	CO	COV
0,0239	0,0239	2,1800	210	0,0063	0,0110	0,1050	0,0100

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de actividad corresponde a los kilómetros anuales recorridos por cada tipo de vehículo del proyecto. En donde las distancias corresponden a:

- ❖ Camión tolva → 52.640 km/año
- ❖ Camión aljibe → 2.766 km/año
- ❖ Van personal → 22.094 km/año

La emisión de la combustión de vehículos se presenta en la Tabla 37.

Tabla 37: Emisión combustión de vehículos.

Emisiones (ton/año)							
MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CC	SO ₂	NH ₃	CO	COV
0,0016	0,0016	0,1414	13,8667	0,0004	0,0009	0,0069	0,0007

Fuente: Elaboración propia.

5.8 Combustión de maquinaria fuera ruta

En la Tabla 38 se presentan los factores de emisión correspondiente a la combustión de maquinaria. Tanto la excavadora como el cargador pertenecen al nivel tecnológico Stage IIIA (estándar Europeo) o Tier 3 (estándar EPA).

Tabla 38: Factores de emisión de combustión de maquinaria fuera de ruta.

Factores de emisión (g/kWh)				
MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CO	COV
0,10	0,10	3,24	1,50	0,30

Fuente: Elaboración propia.

Esta fuente presenta variantes, respecto a la ecuación general de estimación de emisiones, la cual se basa en el “Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling” (EPA, 2002), que aporta con la fórmula general de obtención de emisiones.

$$E_{i,j} = h * P_i * (1 + FD_i) * FC_i * TAF_i * FE_{Base\ i,j}$$

Donde:

$E_{i,j}$ corresponde a las emisiones del contaminante j, de la maquinaria i, en (g/año).

h_i corresponde a las horas de utilización de la maquinaria i, en (hrs/año).

P_i corresponde a la potencia del equipo de maquinaria i , en (kW).

FD_i corresponde al factor de deterioro de la maquinaria i , adimensional.

FC_i corresponde al factor de carga de la maquinaria i , adimensional. Para el factor de carga, en base a lo señalado en (Caterpillar, 2017)¹², y considerando un escenario conservador, se debe utilizar un valor de 0,8 para todas las maquinarias fuera de ruta.

TAF_i corresponde al factor de ajuste transiente de la maquinaria i , adimensional.

FE_{Base} corresponde al factor de emisión del contaminante j , de la maquinaria i en (g/kWh).

Los valores del factor de deterioro de la maquinaria durante la fase de operación, se presenta en la Tabla 39.

Tabla 39: Valores de factores de deterioro de la maquinaria (FD).

Año	FD MP ₁₀	FD MP _{2,5}	FD NO _x	FD CO	FD COV
1	0,237	0,237	0,004	0,076	0,014
2	0,284	0,284	0,005	0,091	0,016
3	0,331	0,331	0,006	0,106	0,019
4	0,378	0,378	0,006	0,121	0,022
5	0,426	0,426	0,007	0,136	0,024
6	0,473	0,473	0,008	0,151	0,027
7	0,473	0,473	0,008	0,151	0,027
8	0,473	0,473	0,008	0,151	0,027

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 40 se detallan los factores de ajustes.

¹² Caterpillar Performance Handbook. - 2017.

Tabla 40: Valores del factor de ajuste transiente (TAC).

MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CO	COV
1,470	1,470	1,040	1,530	1,050

Fuente: Elaboración propia.

Según lo indicado anteriormente la operación de la maquinaria es de 2.650 horas anuales. En donde las potencias para la excavadora y el cargador frontal corresponden a 202 kW y 167 kW respectivamente.

En el ANEXO 2 se encuentran las fichas técnicas.

Tabla 41: Emisiones por combustión de maquinaria.

Año	Emisiones (ton/año)				
	MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CO	COV
1	0,14	0,14	2,65	1,93	0,31
2	0,15	0,15	2,65	1,96	0,31
3	0,15	0,15	2,65	1,99	0,31
4	0,16	0,16	2,65	2,01	0,31
5	0,16	0,16	2,65	2,04	0,32
6	0,17	0,17	2,66	2,07	0,32
7	0,17	0,17	2,66	2,07	0,32
8	0,17	0,17	2,66	2,07	0,32

Fuente: Elaboración propia.

5.9 Resumen de emisiones atmosféricas

A continuación, en las Tabla 42, Tabla 43 y Tabla 44 se resumen las emisiones atmosféricas según cada escenario de acuerdo con cada año de su fase de operación.

Tabla 42: Emisiones anuales durante la fase de operación – sin medidas de control.

Año	Emisiones (ton/año)								
	MPS	MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CC	SO _x	NH ₃	CO	COV
1	0,6615	64,5304	8,3142	2,7879	13,8667	0,0004	0,0009	1,9377	0,3128
2	0,6615	64,5358	8,3196	2,7900	13,8667	0,0004	0,0009	1,9648	0,3137
3	0,6615	64,5412	8,3250	2,7921	13,8667	0,0004	0,0009	1,9920	0,3145
4	0,6615	64,5467	8,3305	2,7942	13,8667	0,0004	0,0009	2,0191	0,3153
5	0,6615	64,5521	8,3359	2,7963	13,8667	0,0004	0,0009	2,0462	0,3162
6	0,6615	64,5576	8,3414	2,7985	13,8667	0,0004	0,0009	2,0733	0,3170
7	0,6615	64,5576	8,3414	2,7985	13,8667	0,0004	0,0009	2,0733	0,3170
8	0,6615	64,5576	8,3414	2,7985	13,8667	0,0004	0,0009	2,0733	0,3170

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Emisiones anuales durante la fase de operación-con medidas de control.¹³

Año	Emisiones (ton/año)								
	MPS	MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CC	SO _x	NH ₃	CO	COV
1	0,6615	24,8982	3,8454	2,7879	13,8667	0,0004	0,0009	1,9377	0,3128
2	0,6615	24,9036	3,8508	2,7900	13,8667	0,0004	0,0009	1,9648	0,3137
3	0,6615	24,9091	3,8563	2,7921	13,8667	0,0004	0,0009	1,9920	0,3145
4	0,6615	24,9145	3,8617	2,7942	13,8667	0,0004	0,0009	2,0191	0,3153
5	0,6615	24,9199	3,8672	2,7963	13,8667	0,0004	0,0009	2,0462	0,3162
6	0,6615	24,9254	3,8726	2,7985	13,8667	0,0004	0,0009	2,0733	0,3170
7	0,6615	24,9254	3,8726	2,7985	13,8667	0,0004	0,0009	2,0733	0,3170
8	0,6615	24,9254	3,8726	2,7985	13,8667	0,0004	0,0009	2,0733	0,3170

Fuente: Elaboración propia.

¹³ Humectación con agua y encapsulamiento.

Tabla 44: Emisiones anuales durante la fase de operación – con medidas proyectadas.¹⁴

Año	Emisiones (ton/año)								
	MPS	MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CC	SO _x	NH ₃	CO	COV
1	0,6615	3,3017	1,1042	2,7879	13,8667	0,0004	0,0009	1,9377	0,3128
2	0,6615	3,3072	1,1097	2,7900	13,8667	0,0004	0,0009	1,9648	0,3137
3	0,6615	3,3126	1,1151	2,7921	13,8667	0,0004	0,0009	1,9920	0,3145
4	0,6615	3,3180	1,1206	2,7942	13,8667	0,0004	0,0009	2,0191	0,3153
5	0,6615	3,3235	1,1260	2,7963	13,8667	0,0004	0,0009	2,0462	0,3162
6	0,6615	3,3289	1,1314	2,7985	13,8667	0,0004	0,0009	2,0733	0,3170
7	0,6615	3,3289	1,1314	2,7985	13,8667	0,0004	0,0009	2,0733	0,3170
8	0,6615	3,3289	1,1314	2,7985	13,8667	0,0004	0,0009	2,0733	0,3170

Fuente: Elaboración propia.

Para mayores detalles, se recomienda ver ANEXO 3.

¹⁴ Humectación con bischofita, encapsulamiento y niebla seca.

6. RESUMEN EMISIONES ATMOSFÉRICAS FASE DE OPERACIÓN – RCA N°58/2015

A continuación se presenta un resumen de los valores estimados de emisiones atmosféricas para la fase de operación durante el proceso de la obtención favorable de la RCA N°58/2015. En la Tabla 45 se detallan las emisiones asociadas al año 1.

Tabla 45: Emisiones fase de operación año 1 – RCA N°58/2015

Actividad	% Mitigación	Emisión (ton/año)			
		MP ₁₀	CO	HC	NO _x
Tronaduras	0%	0,34	-	-	-
Excavaciones	0%	1,70	-	-	-
Erosión de material en pila	0%	0,03	-	-	-
Manejo de áridos	0%	1,24	-	-	-
Transferencia de material por carga y descarga	0%	0,47	-	-	-
Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	98%	0,92	-	-	-
Combustión de vehículos	0%	0,03	0,08	0,04	0,36
Combustión de maquinaria fuera de ruta	0%	0,01	1,09	0,34	2,59
TOTAL		4,74	1,17	0,38	2,95

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las medidas de mitigación consideradas para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados, el documento “Estimación de emisiones Adenda 2” indica que previo al inicio de operación se realizara la estabilización de los caminos internos por lo cual se aplicara asfalto RAP en el camino interior de 1 km. Asimismo el titular contara con un plan de mantención que incluye las conservación y reparación de pavimentos y la reposición de pavimentos.

En la Tabla 46 se presentan las emisiones durante las fase de operación durante los 8 años proyectos.

Tabla 46: Emisiones fase operación – RCA N°58/2015

Año	Emisión MP ₁₀ (ton/año)
1	4,82
2	4,73
3	4,73
4	4,73
5	4,73
6	4,73
7	4,73
8	4,73

Fuente: Elaboración propia.

Para mayor detalle ver Anexo 1: estimación de emisiones Adenda 2 del proceso de tramitación de la Declaración de Impacto Ambiental.

7. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados actualizados de la estimación de emisiones atmosféricas, para la fase de operación del proyecto *“extracción y procesamiento de roca en cantera preexistente Cantera Chacabuco”* bajo dos escenarios, uno en donde no se implementan las medidas de control propuestas en la RCA N°58/2015 y otro escenario en donde si se implementan. Es posible observar que el máximo de emisiones atmosféricas se generará entre los años 6-8, correspondiente a cuando se termina la vida útil de maquinarias.

Las principales emisiones son generadas por los viajes por caminos internos de los camiones tolvas que mediante 3 rutas que trasladan el material extraído desde la zona de extracción hacia la planta de procesamiento del material por caminos no pavimentados.

Al comparar ambos escenarios, se identifica que, con respecto a los principales contaminantes, las emisiones atmosféricas generadas de MP_{10} y $MP_{2,5}$ se disminuyen alrededor de un 39% y 46% respectivamente si las medidas de control son aplicadas.

Asimismo, con la aplicación de medidas proyectadas (bischofita y niebla seca), las emisiones atmosféricas generadas de MP_{10} y $MP_{2,5}$ se disminuyen alrededor de un 95% y 87% respectivamente si las medidas de control propuestas en la RCA 58/2015 y las proyectadas indicadas en el Plan de Cumplimiento son aplicadas.

Cabe destacar que mediante el Informe técnico de fiscalización realizado por la Superintendencia del Medio Ambiente tras su visita a la zona del proyecto el 31 de enero y 28 de marzo del 2023, es posible corroborar que se encontraban actividades iniciales del encapsulamiento de equipos.

8. BIBLIOGRAFIA

- Guía para la estimación de emisiones en la Región Metropolitana, 2020.
- Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42: Chapter 11, Section 11.9. *“Western Surface Coal Mining”*.
- Araya, L (2010). “Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos SOILTAC”. Universidad Austral de Chile.
- Dust Control Technologie. Sistemas de supresión de polvo neblina seca.

9. ANEXOS

Anexo 1: Rutas

Anexo 2:

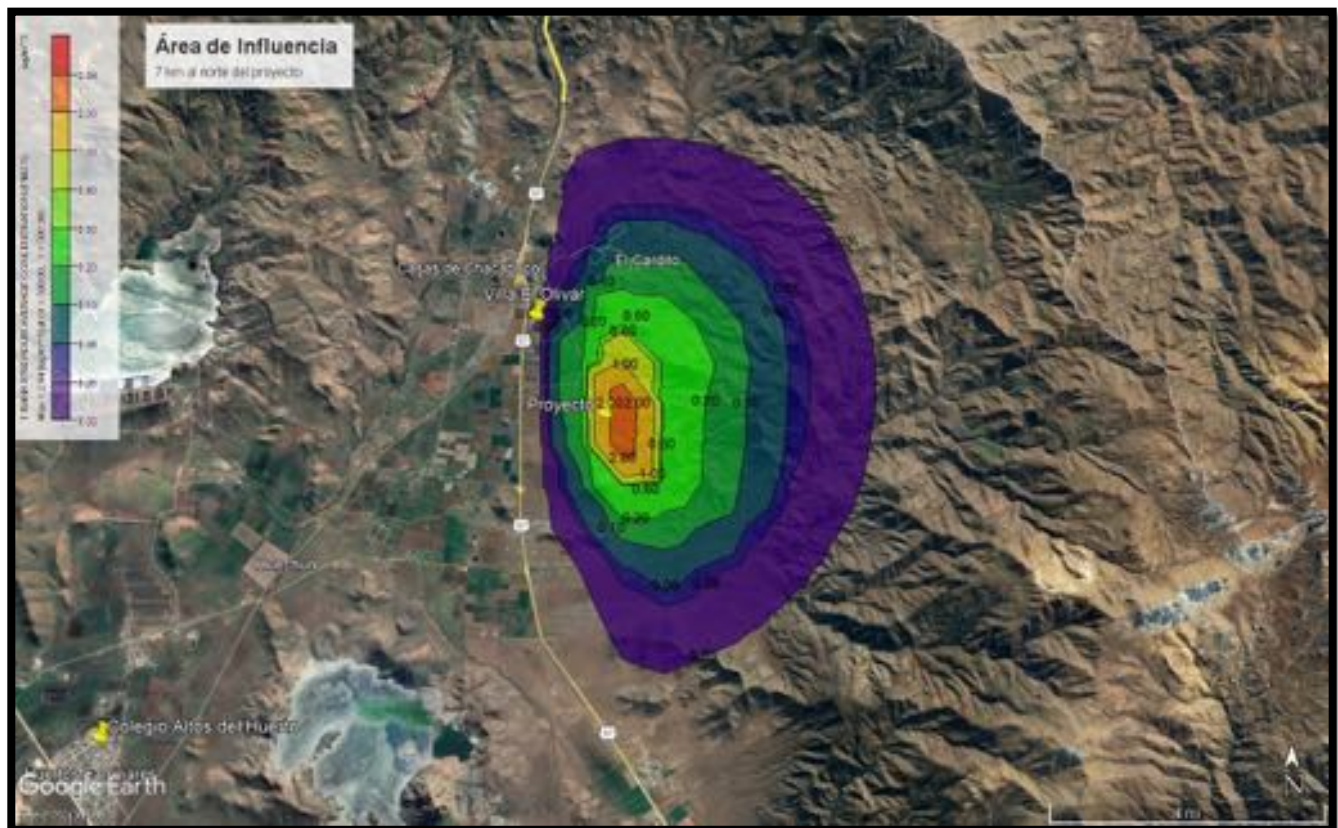
Fichas técnicas

Anexo 3:

Memoria de cálculo

INFORME MODELACIÓN EMISIONES ATMOSFÉRICAS

” CANTERAS CHACABUCO”



Informe preparado para:
CANTERAS CHACABUCO S.A.

VERSIÓN	DESCRIPCIÓN	ELABORACIÓN	REVISÁ	APRUEBA
1	Elaboración inicial	LMM	LMM	LMM

INDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVOS	4
2.1.	Objetivo general	4
2.2.	Objetivos específicos	4
3.	MODELACIÓN DE DISEPERSIÓN ATMOSFÉRICA.....	4
3.1.	Descripción y justificación del modelo	4
3.2.	Base teórica del modelo utilizado	5
3.1.	Caracterización meteorológica.....	6
3.2.	Modelo Meteorológico.....	8
3.1.1	Justificación Modelo Meteorológico	8
3.1.2	Descripción Modelo Meteorológico	8
3.3.	Análisis de incertidumbre	20
3.4.	Características del dominio de modelación y su entorno.....	21
3.1.3	Características de dominio.....	21
3.5.	Datos topográficos y uso de suelo	22
3.6.	Fuentes De Emisión	23
3.7.	Receptores	24
3.8.	Análisis y caracterización de calidad de aire de la zona del proyecto	26
4.	RESULTADOS MODELACIÓN CALIDAD DEL AIRE.....	27
4.1.	Área de influencia elemento aire.....	28
3.1.1	Concentración Material Particulado 10	29
3.1.2	Concentración Material Particulado 2,5	30
3.1.3	Concentración NOx.....	31
3.1.4	Concentración CO.....	32
3.1.5	Concentración SO2.....	33
5.	CONCLUSIÓN	34
6.	REFERENCIAS.....	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Localización estación meteorológica superficial.....	7
Tabla 3.2: Características de los Datos del Modelo Meteorológico WRF Usados para la Evaluación del Proyecto.....	8
Tabla 3.3: Comparación vientos observados v/s modelados (WRF).....	20
Tabla 3.4: Total emisiones fase operación del proyecto (año 6 peor escenario)	23
Tabla 3.4.1: Total emisiones fase operación del proyecto	23
Tabla 3.5: Concentración (ug/m3) promedio de contaminantes en EMRP durante período 2016-2024	26
Tabla 4.1: Normativa aplicable	27
Tabla 4.2: Concentración MP10 en receptores discretos.....	29
Tabla 4.3: Concentración MP2,5 en receptores discretos.....	30
Tabla 4.4: Concentración NOx en receptores discretos	31
Tabla 4.5: Concentración CO en receptores discretos.....	32
Tabla 4.6: Concentración SO2 en receptores discretos	33

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene los resultados de la modelación de calidad del aire para material particulado y gases de combustión emitidos durante la fase de operación del Proyecto "*Canteras Chacabuco*".

Se contempla específicamente verificar que el proyecto no genere alguno de los efectos, características o circunstancias indicadas en el artículo 5 del D.S. N°40/2012 del MMA, sobre los receptores sensibles identificados, adjuntando las isolíneas de concentración que permiten observar la zona de máximo impacto del proyecto.

Para la línea de base meteorológica se realizó una caracterización general de la meteorología imperante en la zona. Para ello, se utilizó meteorología determinada por el modelo meteorológico WRF, adicionalmente se recurrió a la recopilación de antecedentes en organismos públicos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

El objetivo general del estudio es modelar las emisiones atmosféricas generadas por la fase de operación del proyecto "Canteras Chacabuco" a fin de evaluar el impacto en la calidad del aire a generar por el proyecto.

Para lograr el objetivo principal del presente informe, se plantean objetivos específicos que apoyan la evaluación que se realizó.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar una caracterización meteorológica, con el fin de tener un conocimiento de los fenómenos meteorológicos y climáticos del área en la que tendrá influencia el Proyecto.
- Evaluar el impacto sobre la calidad del aire mediante la implementación del modelo de calidad del aire, en la fase de operación del proyecto.

3. MODELACIÓN DE DISEPERSIÓN ATMOSFÉRICA

Por medio de la ejecución de una serie de etapas, se logró determinar la estimación de las concentraciones en los escenarios definidos, para un dominio determinado de receptores de interés y que permitió, además, la generación de curvas de isoconcentración generadas a través de una malla con equiespaciado cada 1 kilómetro.

La metodología se basa en las recomendaciones definidas en la "Guía de Uso de Modelos de Calidad de Aire en el SEIA, año 2023". En este caso en particular, se utiliza el modelo CALPUFF siguiendo la recomendación de la misma Guía de Uso de Modelos de Calidad del Aire, empleando como criterio principal la mayoría de los receptores de interés, que se ubican dentro del área de modelación y que constituye el área de influencia de la componente.

3.1. Descripción y justificación del modelo

Considerando lo indicado en la Guía para el uso de Modelos de Calidad de Aire en el SEIA y en el marco de la Evaluación Ambiental del Proyecto "Canteras Chacabuco", se considera pertinente la presentación de la Modelación de emisiones atmosféricas generadas durante todas las fases del proyecto, como herramienta para evaluar el impacto de dichas emisiones sobre el recurso aire, y el consecuente impacto sobre otros recursos naturales renovables y la salud de las personas.

Según lo establecido por la Guía para el uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA, la selección del modelo de Calidad del Aire utilizado en el presente estudio se realizó debido a la topografía compleja del área donde se emplaza el proyecto y al alcance de las emisiones de este. Por esta razón, fue usado el modelo CALPUFF explicado a continuación.

3.2. Base teórica del modelo utilizado

La simulación del aporte del proyecto a las concentraciones de contaminantes se realizará mediante el modelo CALPUFF, recomendado por la U. S. EPA para la evaluación de dispersión de contaminantes desde fuentes continuas.

CALPUFF es un sistema de modelación avanzado para calidad del aire que considera, además, la meteorología de carácter no permanente. Su desarrollo estuvo a cargo del Sigma Research Corporation mientras que su actual mantenimiento es responsabilidad del Atmospheric Studies Group de TRC Solutions. Debido a su desempeño, CALPUFF fue catalogado por la USEPA como modelo recomendado para la evaluación del impacto en la calidad del aire de distintos tipos de proyectos, especialmente, de aquellos donde es necesario considerar la variación en el tiempo y en el espacio de las condiciones meteorológicas y su incidencia en el transporte, transformación y remoción de contaminantes.

El sistema de modelación está compuesto por los siguientes componentes principales:

CALMET: es un modelo meteorológico que genera campos de viento tridimensionales horarios, en base a registros superficiales y del perfil de altura. Además, las salidas de este modelo entregan información en el dominio de la modelación sobre alturas de la capa de mezcla, características superficiales y propiedades de dispersión.

CALPUFF: corresponde a un modelo Lagrangiano-Gaussiano de transporte y dispersión de soplos o "puff" emitidos por las fuentes consideradas por el proyecto. De esta forma, a partir de la información de emisiones y meteorología proporcionada, el programa simula el proceso de dispersión y transformación de los contaminantes, en un rango de validez desde metros hasta cientos de kilómetros.

CALPOST: es un programa utilizado para el post-procesamiento de los resultados obtenidos en la modelación de CALPUFF, y que permite calcular las concentraciones en los receptores según los promedios requeridos por cada norma. Además, es capaz de gestionar los datos de cada contaminante según el período de tiempo requerido, ordenando las máximas concentraciones obtenidas e identificando el momento en que cada una de éstas suceden (hora, día, mes y año).

Dentro de las capacidades del sistema de modelación se destacan los siguientes puntos:

- Permite modelar transporte de largo alcance (hasta 200 km).
- Simula procesos meteorológicos complejos tales como: velocidades de vientos muy bajas, estancamiento, fumigación y recirculación.

- Es capaz de incorporar efectos debidos a la proximidad al borde costero o a causa de topografía compleja.
- Modela contaminantes de forma simultánea fuentes de diverso tipo y que modifican su nivel de actividad a lo largo del tiempo.

Permite diferenciar entre contaminantes inertes y aquellos que experimentan transformaciones de primer orden.

3.1. Caracterización meteorológica


Lo que busca la caracterización meteorológica es realizar una descripción cualitativa de la situación meteorológica y topográfica del lugar. De acuerdo con los lineamientos indicados en la Guía de Uso de modelos, el estudio de los procesos desde la mesoescala hasta la escala sinóptica, y cómo éstos influyen en los procesos de transporte, dispersión y transformación de contaminantes a distintas escalas temporales es lo óptimo para poder incluir opciones con menor propagación de error en la estimación de las concentraciones. Se utilizó meteorología modelada por el modelo meteorológico WRF e ingresada en modelo CALPUFF.

Los datos Meteorológicos observados, fueron tomados desde Estación Meteorológica Estación Peldehue, administrada por el Ministerio de Medio Ambiente.

El análisis se realizó para el periodo comprendido entre enero de 2023 a diciembre de 2023, para la Estación Peldehue.

La siguiente imagen, muestra la ubicación de la estación meteorológica considerada en el análisis:

Tabla 3.1: Localización estación meteorológica superficial

	
NOMBRE ESTACIÓN	Estación Peldehue-Dirección Meteorológica de Chile
Coordenada Este	344254.65 m E
Coordenada Norte	6325759.12 m S

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Modelo Meteorológico

3.1.1 Justificación Modelo Meteorológico

Según lo establecido por la Guía para el uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA, la selección del modelo meteorológico utilizado en el presente estudio se realizó fundamentándose en las condiciones de topografía compleja del área entorno al proyecto. Para esto, la guía recomienda un modelo que permita simular una meteorología heterogénea.

La meteorología considerada por el modelo WRF correspondiente al período del 1 enero 2023 a 31 diciembre 2023. Esta información fue utilizada en el modelo de calidad de aire CALPUFF.

3.1.2 Descripción Modelo Meteorológico

La configuración de corrida se hizo desde la hora 1 del mes de enero del año 2023 hasta la hora 23 del día 31 de diciembre de 2023. Se configuró para la modelación horaria la zona UTC-4, y el paso de tiempo es horario con un total de 8760 horas.

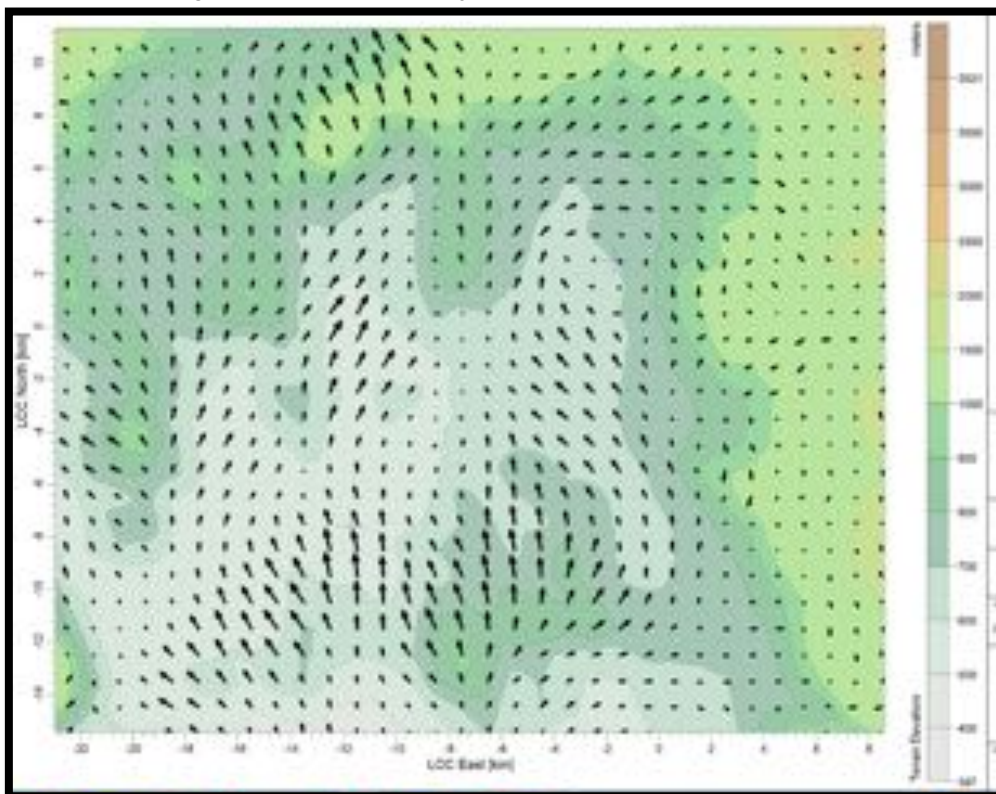
El modelo de investigación y pronóstico del tiempo (Weather Research and Forecasting - WRF) es un sistema de predicción numérico de mesoescala de nueva generación, diseñado para servir pronósticos operacionales y para el estudio de la atmósfera.

Tabla 3.2: Características de los Datos del Modelo Meteorológico WRF Usados para la Evaluación del Proyecto

Característica de los Datos del Modelo WRF	
- Período	Jan 01, 2023 - Dec 31,
- Latitud	33.063 S
- Longitud	70.674 W
- Tamaño del Dominio	50x50 km
- Resolución	1 km
- Zona Horaria	Site Time Zone: UTC – 4. DATUM NWS-84 LCC
- Localización	- Chile

Ejemplos de los campos de vientos generados por WRF se presentan en Figura 2, para el año 2023.

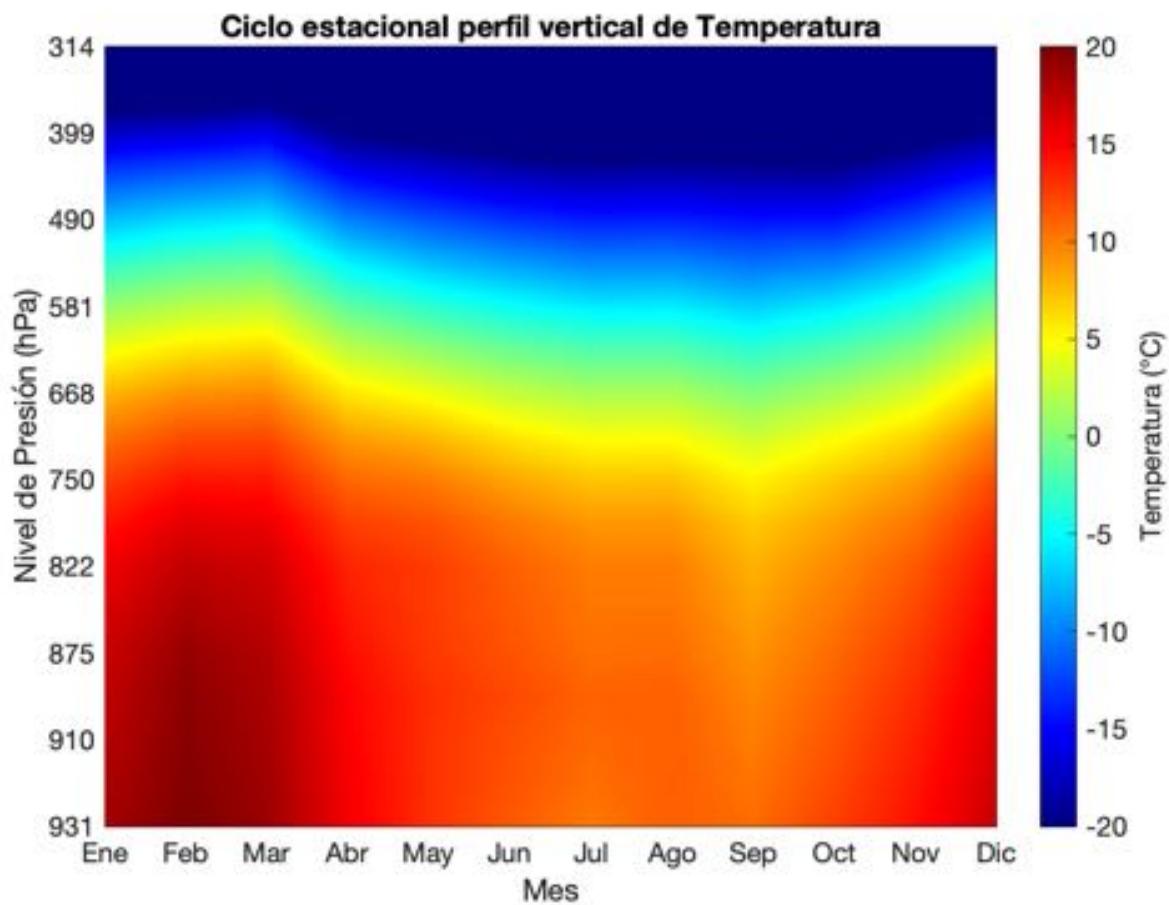
Figura 3.1: Campos de Vientos generados por el Modelo WRF en el Dominio



Fuente: Elaboración propia a partir de CALMET

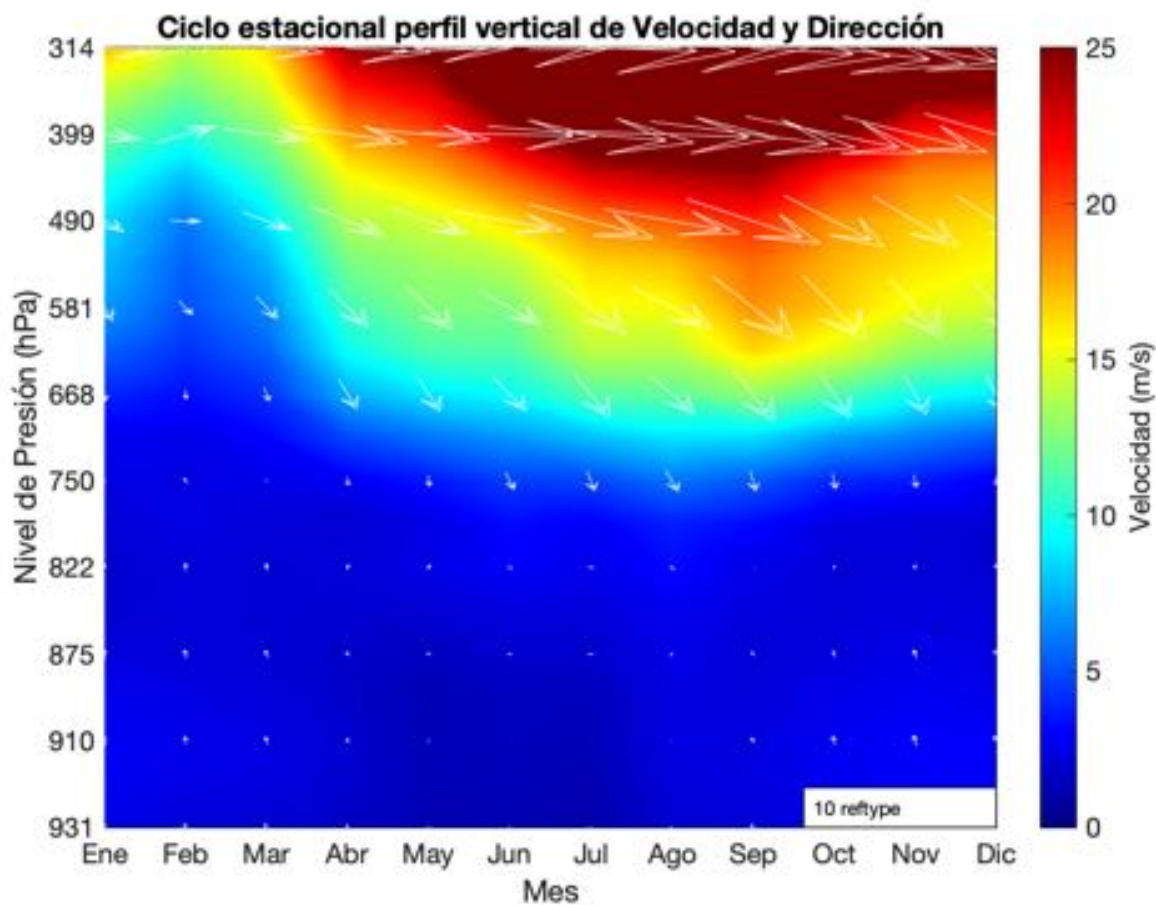
La información meteorológica de la meteorología modelada para el periodo 2023, abarcando desde enero a diciembre 2023, se presenta a continuación.

Ilustración 1: Ciclo estacional perfil vertical de temperatura



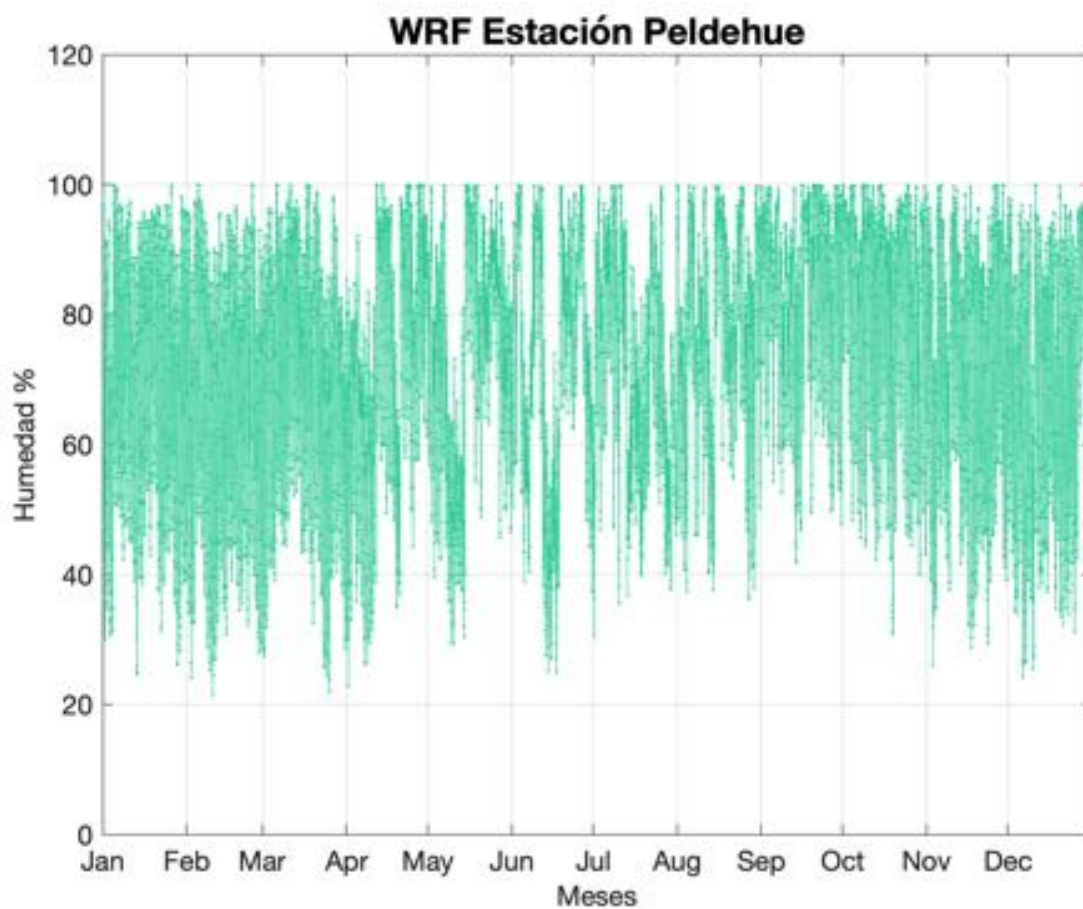
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2: Ciclo estacional perfil vertical de velocidad y dirección



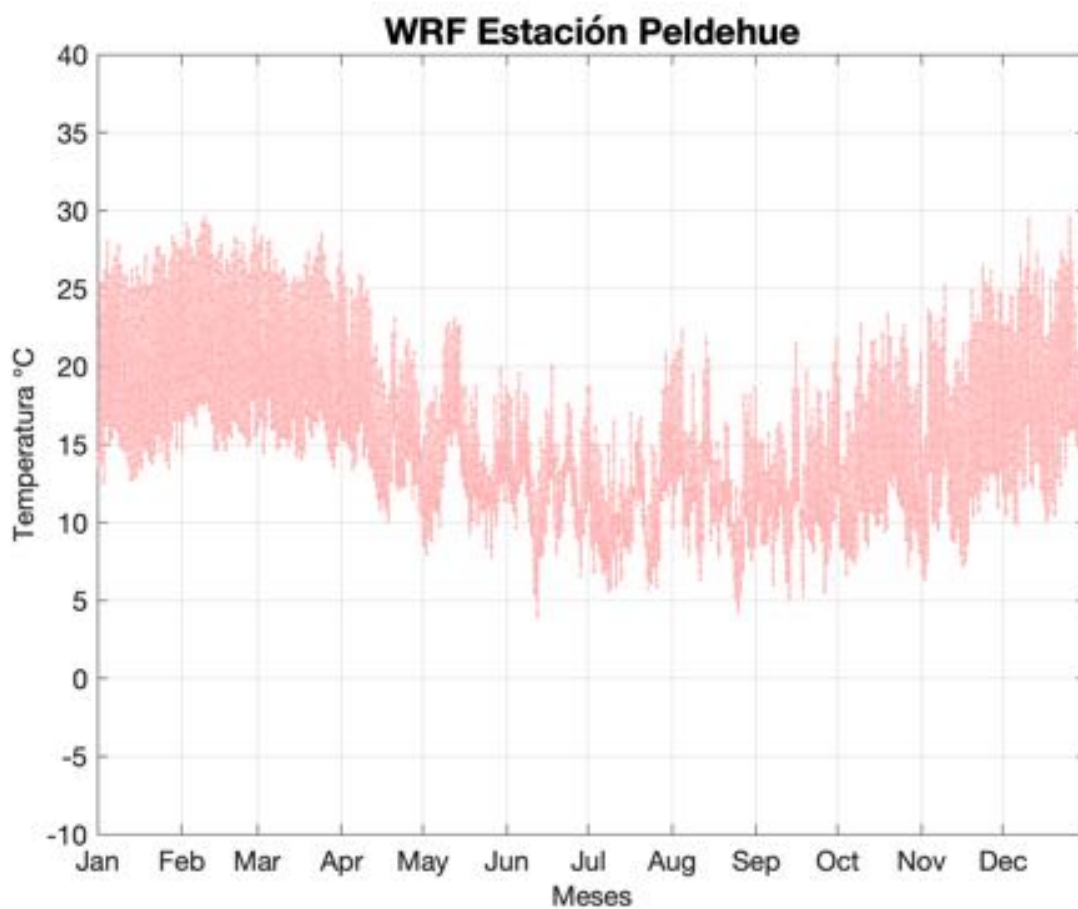
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3: WRF del proyecto



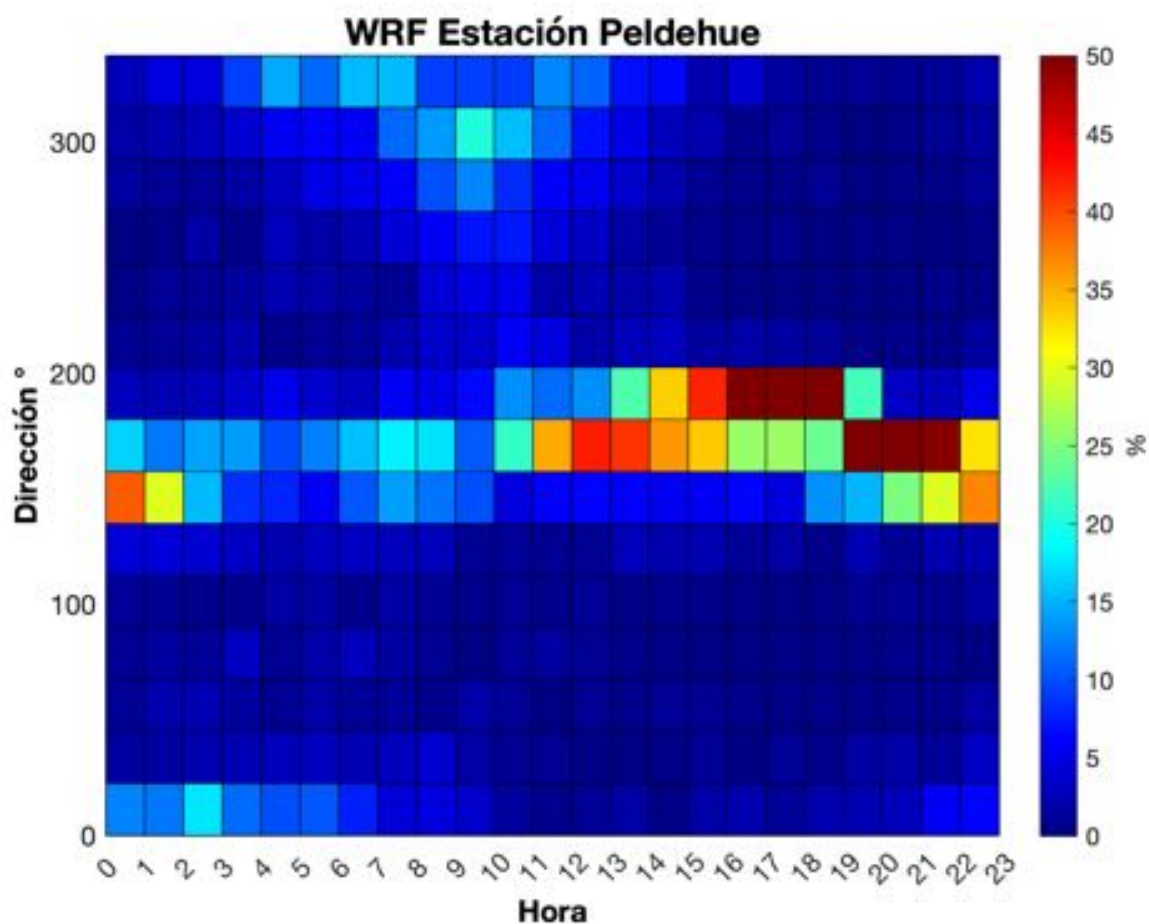
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4: WRF del proyecto



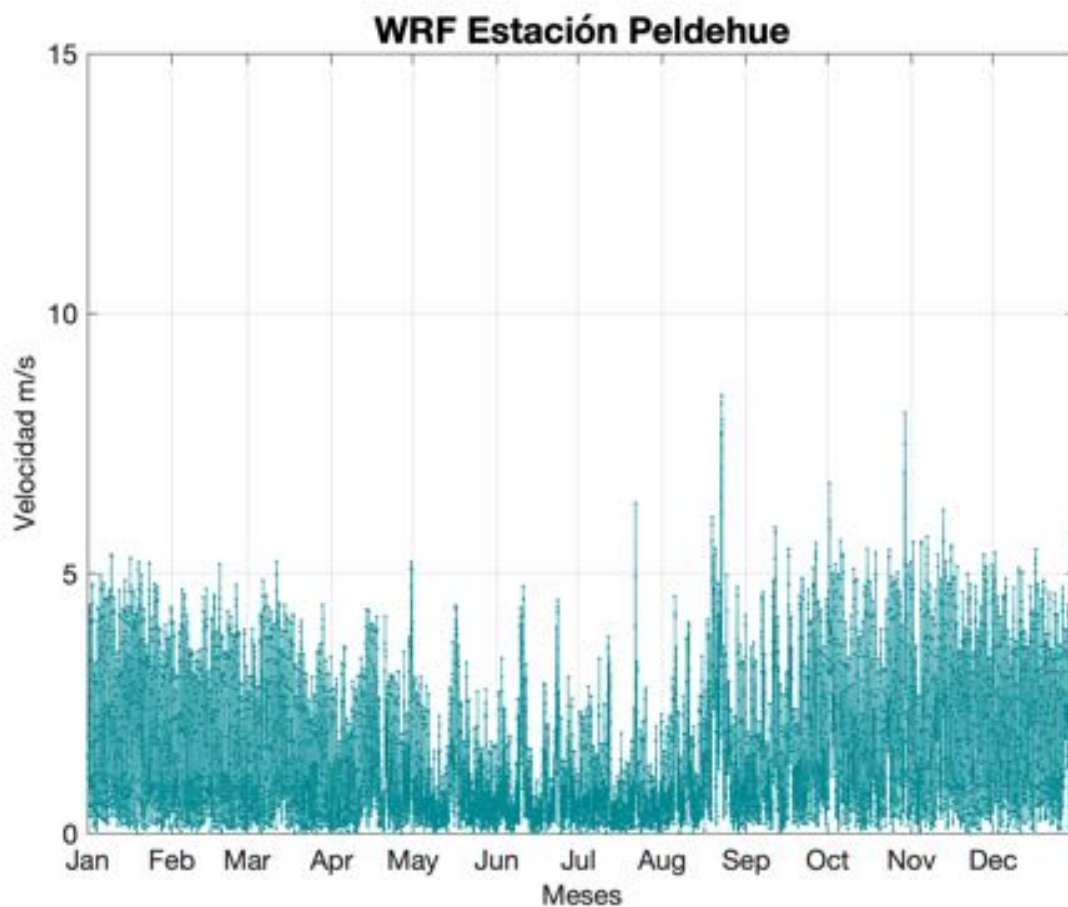
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5: WRF del proyecto



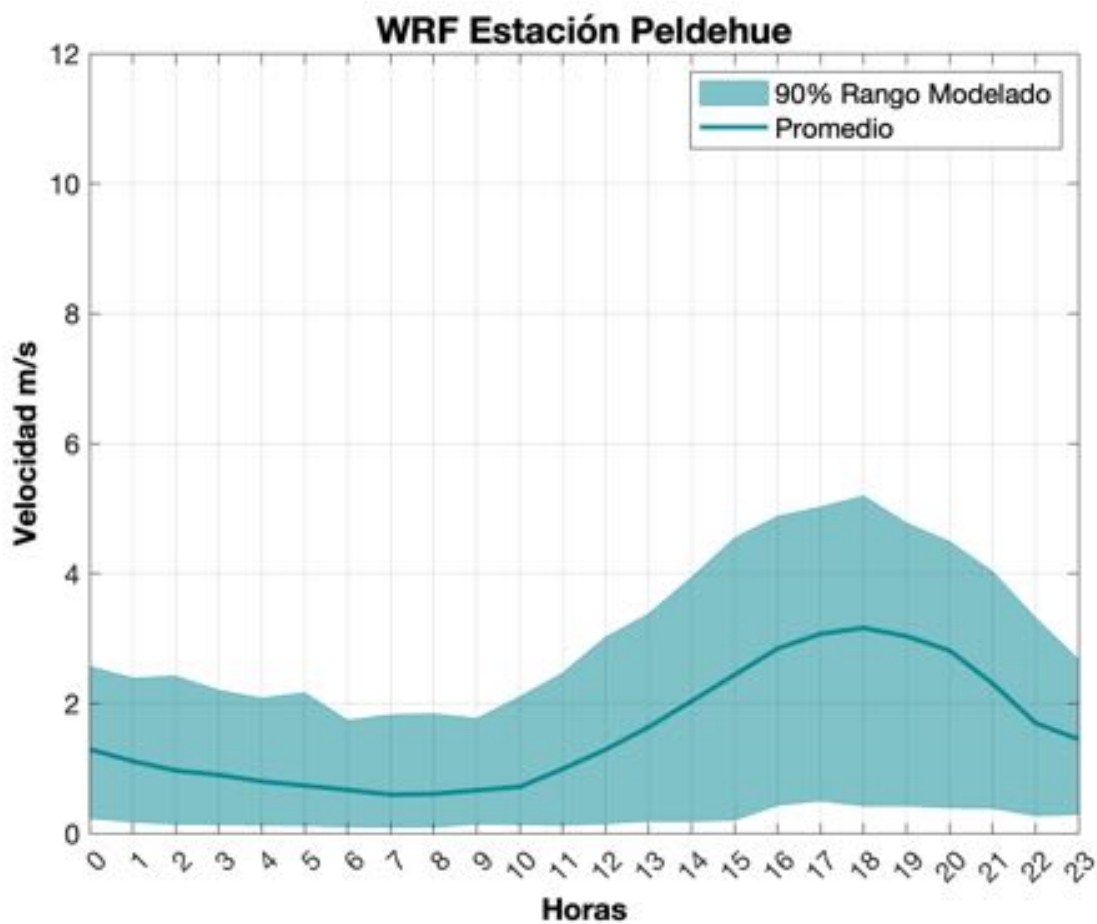
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6: WRF del proyecto



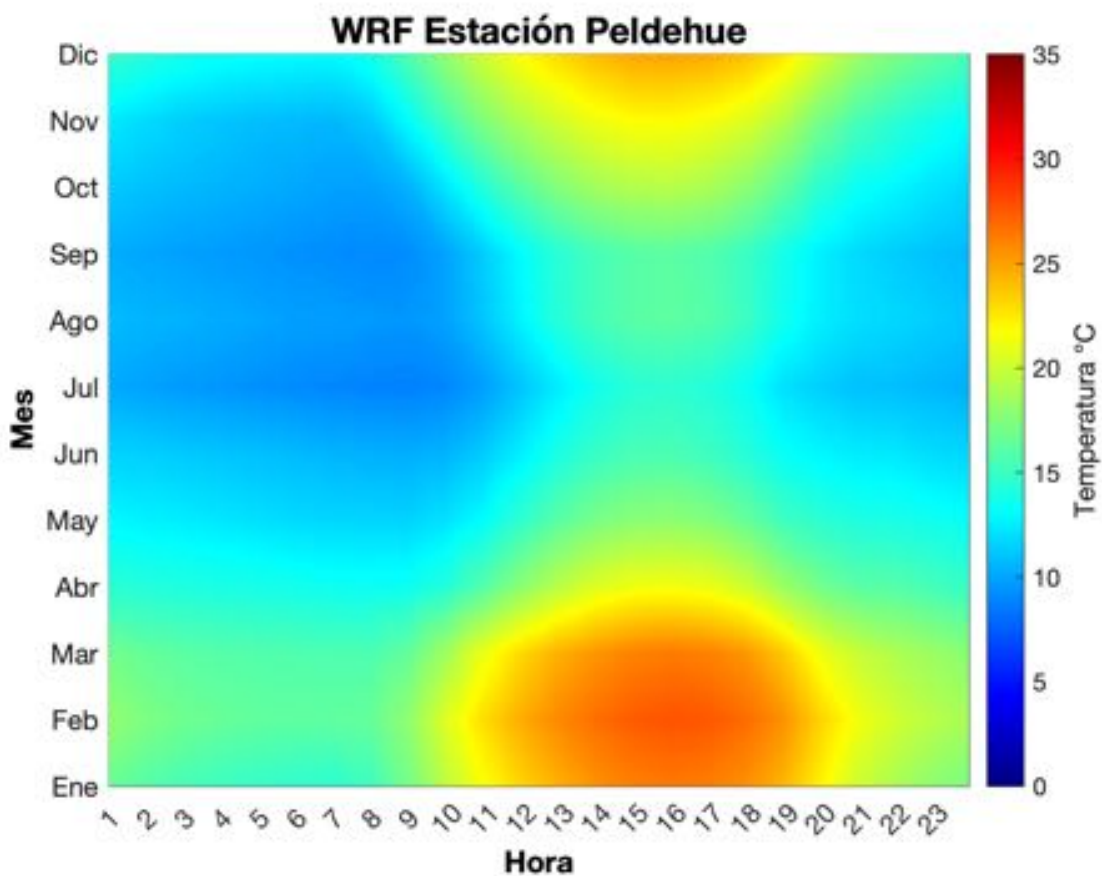
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: WRF del proyecto



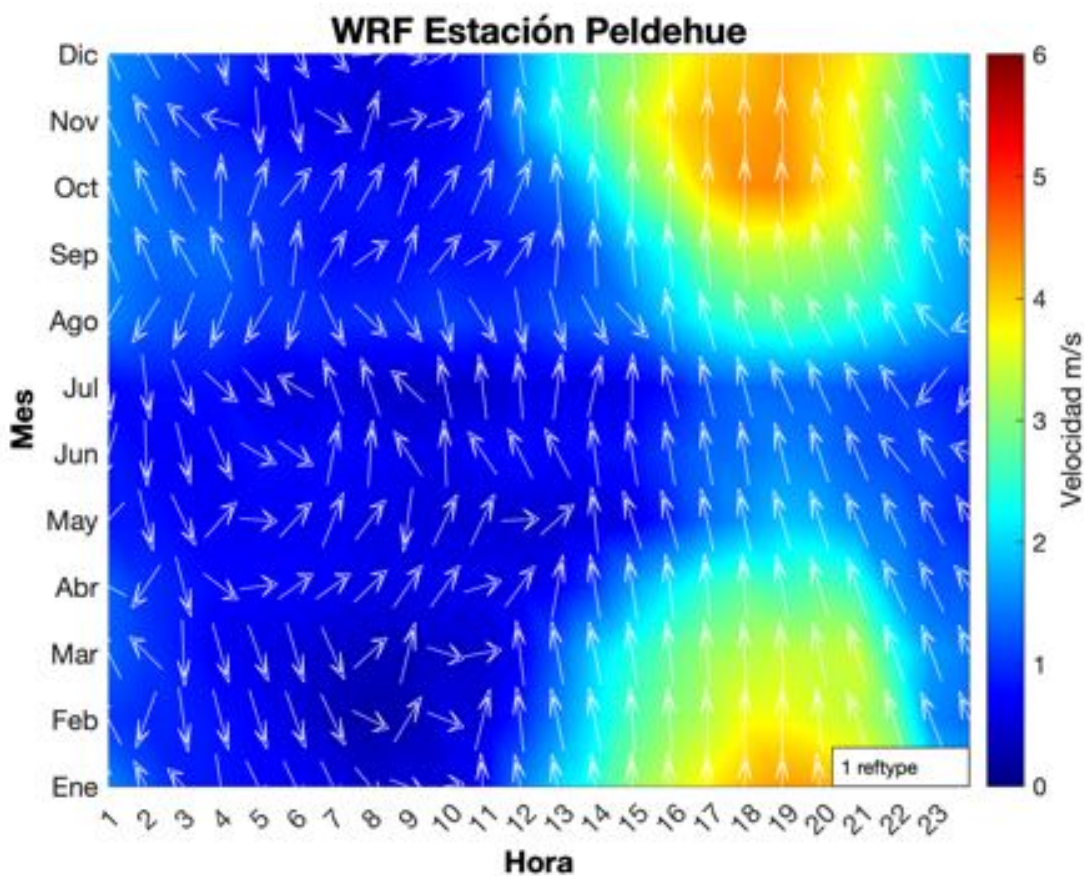
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8: WRF del proyecto



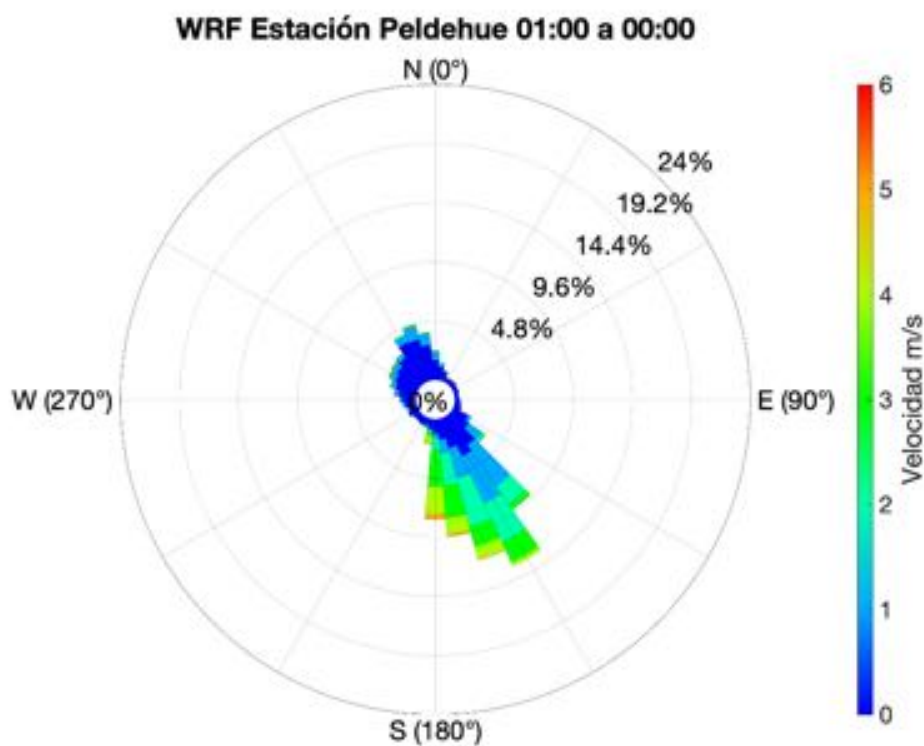
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9: WRF del proyecto



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10: WRF del proyecto



Fuente: Elaboración propia

3.3. Análisis de incertidumbre

Para realizar el análisis de incertidumbre se siguieron las recomendaciones que señaladas en la "Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA" (SEA, 2012). Esta guía, en el acápite 7, menciona que cualquier modelo representa una aproximación a la realidad y sus resultados tienen incertidumbres asociadas, las cuales se expresan a través de diferencias entre lo estimado y lo observado.

La meteorología observada y modelada se evalúa comparando la velocidad de los vientos generados por el modelo con las observaciones locales, mediante la determinación del sesgo, coeficiente de correlación y el error medio cuadrático.

Las definiciones matemáticas de cada uno de los estadísticos utilizados se presentan a continuación:

$$Sesgo = \frac{1}{N} \sum_i^N (M_i - O_i)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i^N (M_i - O_i)^2}$$

$$r = \frac{N \sum_{i=1}^N O_i M_i - \sum_{i=1}^N O_i \sum_{i=1}^N M_i}{\sqrt{(N \sum_{i=1}^N O_i^2 - (\sum_{i=1}^N O_i)^2) (N \sum_{i=1}^N M_i^2 - (\sum_{i=1}^N M_i)^2)}}$$

Donde O_i corresponde a las observaciones; M_i corresponde a los valores modelados; e i corresponde a cada uno de los N valores horarios de las variables analizadas para la estación.

Tabla 3.3: Comparación vientos observados v/s modelados (WRF)

Estación	Sesgo	RMSE	r
Peldehue	2.14	2.28	0.0189

Tanto el sesgo como RMSE indican diferencias entre el modelo y los datos observados de la estación de monitoreo y un coeficiente de correlación $0 < r < 1$, que indica una correlación positiva directamente proporcional.

Del gráfico anterior, se observa que los registros de la estación meteorológica Estación Peldehue, presenta un comportamiento similar a los registrados por el archivo WRF.

3.4. Características del dominio de modelación y su entorno

3.1.3 Características de dominio

El dominio de modelación considerado para el presente proyecto corresponde a una grilla rectangular de 50 km por 50 km, compuesta por celdas de 1 km por lado. En la imagen a continuación se presentan las características del área correspondiente al dominio de modelación. El dominio elegido abarca el área de influencia del proyecto para los distintos componentes ambientales que pueden verse afectados por las emisiones de éste.

El dominio de modelación está definido por la siguiente imagen:

Figura 3.2: Dominio de modelación



Fuente: Elaboración propia a partir de CALPUFF

3.6. Fuentes De Emisión

En la Tabla 3.4 a continuación se presentan los resultados de las emisiones para la fase de operación del de acuerdo a los resultados obtenidos en el informes de estimación de emisiones atmosféricas de fecha enero 2024 año 6 (peor escenario).

Tabla 3.4: Total emisiones fase operación del proyecto (año 6 peor escenario)

	MP10 (Ton/año)	MP2.5 (Ton/año)	NOx (Ton/año)	CO (Ton/año)	SOx (Ton/año)
Fase Operación	3.3	1.1	2.8	2.1	0.0004

Fuente: Informe de estimación de emisiones atmosféricas.

Para el ingreso de la tasa de emisión al modelo se contempla fuente de volumen, para el cual se considera 365 días al año por 8 hrs días.

Tabla 3.5.1: Total emisiones fase operación del proyecto

	MP10 (g/año)	MP2.5 (g/año)	NOx (g/año)	CO (g/año)	SOx ((g/año)
Fase Operación	0.31	0.10	0.27	0.20	0.000038

3.7. Receptores

La ubicación de los receptores se considera una grilla de receptores de 50 km x 50 km con equiespaciado de 1 km entre celdas.

Figura 3.4: Emplazamiento grilla de receptores



Figura 3.5: Emplazamiento receptores discretos

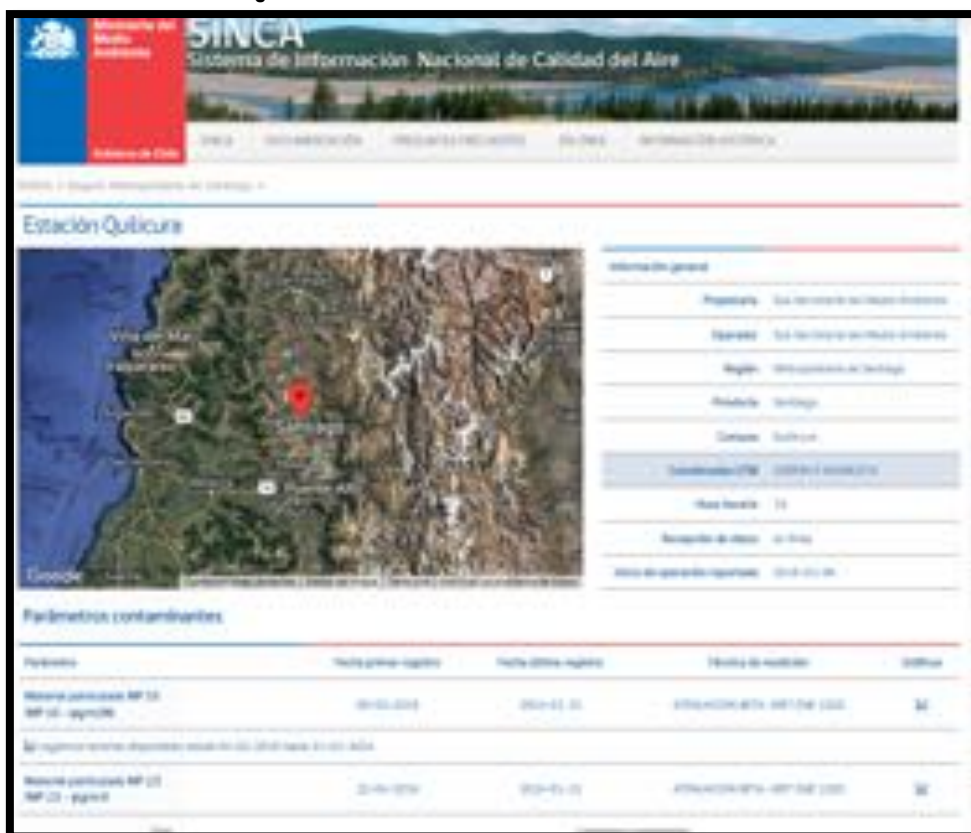


Fuente: Elaboración propia a partir de CALPUFF

3.8. Análisis y caracterización de calidad de aire de la zona del proyecto

Para establecer la situación basal de la calidad de aire del área de influencia del Proyecto se procede a la toma de datos correspondiente a la estación más cercana al proyecto, denominada estación de monitoreo de calidad de aire "Estación Quilicura", emplazada a 33 kilómetros al sur del proyecto, para el período comprendido entre 2016 y diciembre de 2024.

Figura 3.6: Ubicación estación de monitoreo calidad de aire.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6: Concentración (ug/m3) promedio de contaminantes en EMRP durante periodo 2016-2024

	MP10 (ug/m3)	MP2.5 (ug/m3)
concentración promedio 24 hrs	28.68	16.61

Fuente: Registro estación Quilicura

4. RESULTADOS MODELACIÓN CALIDAD DEL AIRE

En la siguiente sección se entregan las concentraciones obtenidas utilizando el modelo meteorológico de meso escala Weather Research Forecasting Model (WRF), como insumo para CALPUFF View. De esta forma fue posible obtener las concentraciones de Material Particulado y gases de combustión en cada receptor según Escenario evaluado (Fase de Operación del Proyecto).

En base a los resultados de la modelación a continuación se presentan las concentraciones de los contaminantes de MP10, MP2.5, CO, NOx y SOx por receptores evaluados, según periodos versus el valor norma de calidad primaria. Junto a ello, el valor de la línea base de calidad de aire en área de influencia.

De los resultados presentados más adelante, se indica que el proyecto no genera riesgo a la salud de la población, toda vez que las concentraciones MP10, MP2.5, NOx, SOx y CO proyectadas por el modelo no generarían eventos de latencia y/o saturación para los compuestos estudiados.

Preliminarmente presentamos la Normativa aplicable al proyecto, relativa a las Normas de Calidad Primaria consideradas para la evaluación del riesgo sobre la salud de la población identificada.

Las concentraciones modeladas, se comparan con los valores entregados por las normas primarias de calidad del aire vigentes para los contaminantes estudiados. Los umbrales de las normas citadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.1: Normativa aplicable

Normativa	Límite Norma	Concentración
- DS 104/2018 del MMA, norma primaria de calidad del aire para SO ₂ ;	60 ug/m3N	Anual
	150 ug/m3N	Diaria
	350 ug/m3N	Horaria
- DS 114/2002 del MINSEGPRES, norma primaria de calidad del aire para NO ₂ ;	400 ug/m3N	1 hora
	100 ug/m3N	Anual
- DS 115/2002 del MINSEGPRES, norma primaria de calidad del aire para CO;	10 mg/m3N	8 horas
	30 mg/m3N	1 hora
- DS 12/2010 del MMA, norma primaria de calidad del aire para MP2,5	50 ug/m3N	Diaria
	20 ug/m3N	Anual
- DS 59/1998 del MINSEGPRES, norma primaria de calidad del aire para MP ₁₀ ;	130 ug/m3N	Diaria
	50 ug/m3N	Anual

Fuente: Elaboración propia

Del análisis presentado en los siguientes ítems, como se señala anteriormente, se descarta en todos los receptores evaluados el riesgo sobre la salud de la población, esto considerando las concentraciones finales proyectadas.

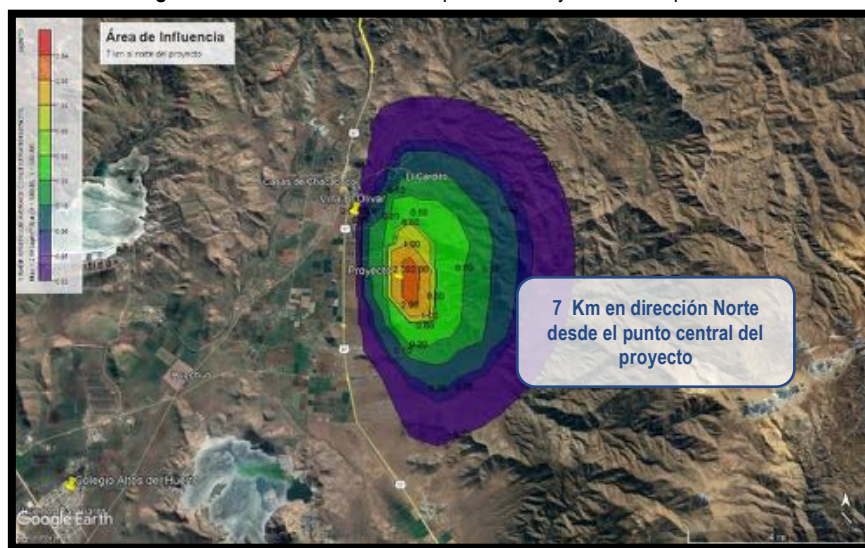
4.1. Área de influencia elemento aire

De acuerdo con los resultados obtenidos, y a la "Guía de Evaluación de Impacto Ambiental Riesgo para la Salud de la Población", **el proyecto no genera riesgo a la salud de la población para la fase de Operación relativas a las concentraciones MP10, MP2.5, NOx, SOx y CO proyectadas por el modelo, por cuanto estas emisiones no generarían eventos de latencia y/o saturación** para los compuestos estudiados, por tanto, no se superan los valores límites de normas primarias de calidad de aire para dichos compuestos.

En base a lo antes indicado, y según lo establecido en la "Guía para la Descripción del Área de influencia" en capítulo "Determinación Y Descripción General Del Área De Influencia"¹, y a lo definido en su criterio 15, el área de influencia para el elemento Aire comprende el espacio desde donde se generan dichas emisiones (fuente de la emisión) más el comprendido por la dispersión de contaminantes emitidos.

De acuerdo con lo antes señalado, el área de influencia para el elemento aire, corresponde a la dispersión del Material Particulado 2.5 en concentración anual para la fase operación (considerado como peor escenario), según la siguiente gráfica;

Figura 4.1: Área de influencia componente aire y salud de la población



3.1.1 Concentración Material Particulado 10

El flujo de emisiones se concentra en la zona inmediata al proyecto, desplazándose la pluma de dispersión hacia el sector norte, observándose una concentración final máxima diaria (Punto Máximo de Impacto (PMI)) con un valor de 38.5 ug/m³ en la fase de operación, **que no supera el valor límite establecido.**

Las coordenadas y concentraciones en periodos de concentración anual y diaria en el PMI se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.2: Concentración MP10 en receptores discretos

Fase Operación							
PM10	N°	Coordenadas Receptor		Situación Basal (Est. Quilicura)	Aporte Proyecto 24 hrs	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto + situación basal
		LATITUD	LONGITUD	ug/m3	ug/m3	ug/m3	%
	1	-32.84236	-70.41171	28.68	0.17531	130	22.20
	2	-33.04031	-70.69224	28.68	0.01746	130.	22.07
	PMI	-33.05862	-70.66867	28.68	38.50000	130	51.68

Fase Operación						
PM10	N°	Coordenadas Receptor		Aporte Proyecto Anual	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto
		LATITUD	LONGITUD	ug/m3	ug/m3	%
	1.00000	-32.84236	-70.41171	0.07268	50	0.15
	2.00000	-33.04031	-70.69224	0.00425	50	0.01
	PMI	-33.05862	-70.66867	8.79000	50	17.58

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla aquí indicada, los receptores evaluados, poseen concentraciones muy por debajo del límite establecido en la norma de calidad primaria; 130 ug/m³N para la concentración diaria y 50 ug/m³N para la concentración anual, respectivamente, por tanto, es posible señalar que el proyecto no aporta significativamente sobre la calidad de aire del área de influencia toda vez que sus concentraciones son despreciables.

Para mayor comprensión a continuación en Anexo N°1 se presenta respaldo de la corrida del modelo de dispersión.

3.1.2 Concentración Material Particulado 2,5

El flujo de emisiones se concentra en la zona inmediata al proyecto, desplazándose la pluma de dispersión hacia el sector norte, observándose una concentración final máxima diaria en el PMI con un valor de 12.4 ug/m³ en la fase de Operación en concentración diaria. **No superando el valor límite establecido en normativa.**

Las coordenadas y concentraciones en períodos de concentración anual y diaria indicada en el PMI de:.

Tabla 4.3: Concentración MP2,5 en receptores discretos

Fase Operación							
PM2.5	N°	Coordenadas Receptor		Situación basal (Est. Quilicura)	Aporte Proyecto 24 hrs	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto + situación basal
		LATITUD	LONGITUD				
	1	-32.84236	-70.41171	16.61	0.057	50	33.33
	2	-33.04031	-70.69224	16.61	0.006	50	33.23
	PMI	-33.05862	-70.66867	16.61	12.400	50	58.02

Fase Operación						
PM2.5	N°	Coordenadas Receptor		Aporte Proyecto Anual	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto
		LATITUD	LONGITUD			
	1	-32.84236	-70.41171	0.024	20	0.12
	2	-33.04031	-70.69224	0.001	20	0.01
	PMI	-33.05862	-70.66867	2.840	20	14.20

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla aquí indicada, los receptores evaluados, poseen concentraciones muy por debajo del límite establecido en la norma de calidad primaria; 50 ug/m³N para la concentración diaria y 20 ug/m³N para la concentración anual, respectivamente, por tanto, es posible señalar que **el proyecto no aporta significativamente sobre la calidad de aire del área de influencia** toda vez que sus concentraciones son despreciables.

Para mayor comprensión a continuación en Anexo N°1 se presenta respaldo de la corrida del modelo de dispersión.

3.1.3 Concentración NOx

El flujo de emisiones se concentra en la zona inmediata al proyecto, desplazándose la pluma de dispersión hacia el sector norte, observándose un aporte del proyecto en concentración máxima horaria en el PMI, con un valor de 136 ug/m³ en la fase de Operación en concentración horaria. **Dicho valor no supera el valor límite establecido** en el DS N°114/2002 del MINSEGPRES, norma primaria de calidad del aire para NO₂.

Las coordenadas y concentraciones en periodos de concentración horaria y anual de receptores discretos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.4: Concentración NOx en receptores discretos

Fase Operación						
NOx	N°	Coordenadas Receptor		Aporte Proyecto 24 hrs	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto
		LATITUD	LONGITUD	ug/m3	ug/m3	%
	1	-32.84236	-70.41171	0.48	400	0.12
	2	-33.04031	-70.69224	0.01	400	0.00
	PMI	-33.05862	-70.66867	136.00	400	34.00

Fase Operación						
NOx	N°	Coordenadas Receptor		Aporte Proyecto Anual	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto
		LATITUD	LONGITUD	ug/m3	ug/m3	%
	1	-32.84236	-70.41171	0.054	100	0.05
	2	-33.04031	-70.69224	0.002	100	0.00
	PMI	-33.05862	-70.66867	7.010	100	7.01

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla aquí indicada, los receptores evaluados, poseen concentraciones muy por debajo del límite establecido en la norma de calidad primaria; 400 ug/m³N para la concentración horaria y 100 ug/m³N para la concentración anual, respectivamente, por tanto, **es posible señalar que el proyecto no aporta significativamente sobre la calidad de aire del área de influencia** toda vez que sus concentraciones son despreciables.

Para mayor comprensión a continuación en Anexo N°1 se presenta respaldo de la corrida del modelo de dispersión.

3.1.4 Concentración CO

El flujo de emisiones se concentra en la zona inmediata al proyecto, desplazándose la pluma de dispersión hacia el sector norte, observándose un aporte del proyecto en concentración máxima horaria en el PMI con un valor de 104 ug/m³ en la fase de Operación en concentración horaria.

Las coordenadas y concentraciones en períodos de concentración horaria y 8 horas del PMI se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.5: Concentración CO en receptores discretos

Fase Operación						
CO	N°	Coordenadas Receptor		Aporte Proyecto Horario	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto
		LATITUD	LONGITUD	ug/m3	ug/m3	%
	1	-32.84236	-70.41171	0.364	30000	0.00
	2	-33.04031	-70.69224	0.013	30000	0.00
	PMI	-33.05862	-70.66867	104.00	30000	0.35

Fase Operación						
CO	N°	Coordenadas Receptor		Aporte Proyecto 8 Hrs	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto
		LATITUD	LONGITUD	ug/m3	ug/m3	%
	1	-32.84236	-70.41171	0.20	10000	0.00
	2	-33.04031	-70.69224	0.01	10000	0.00
	PMI	-33.05862	-70.66867	47.54	10000	0.48

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla aquí indicada, los receptores evaluados, poseen concentraciones muy por debajo del límite establecido en la norma de calidad primaria; 30 mg/m³N para la concentración horaria, y 10 mg/m³N para la concentración 8 horas, respectivamente, por tanto, es posible señalar que **el proyecto no aporta significativamente sobre la calidad de aire del área de influencia** toda vez que sus concentraciones son despreciables.

Para mayor comprensión a continuación en Anexo N°1 se presenta respaldo de la corrida del modelo de dispersión.

3.1.5 Concentración SO₂

El flujo de emisiones se concentra en la zona inmediata al proyecto, desplazándose la pluma de dispersión hacia el sector norte, observándose un aporte del proyecto en concentración máxima horaria en el PMI con un valor de 0.019 ug/m³ en la fase de operación en concentración horaria. Las coordenadas y concentraciones en períodos de concentración horaria, diaria y anual de PMI se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.6: Concentración SO ₂ en receptores discretos Fase Operación						
SO ₂	N°	Coordenadas Receptor		Aporte Proyecto Horaria	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto
		LATITUD	LONGITUD	ug/m ³	ug/m ³	%
	1	-32.84236	-70.41171	0.0001	350	0.0000
	2	-33.04031	-70.69224	0.0000	350	0.0000
	PMI	-33.05862	-70.66867	0.0190	350	0.0054

Fase Operación						
SO ₂	N°	Coordenadas Receptor		Aporte Proyecto 24 Hrs	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto
		LATITUD	LONGITUD	ug/m ³	ug/m ³	%
	1	-32.84236	-70.41171	0.000019	150.00	0.00
	2	-33.04031	-70.69224	0.000001	150.00	0.00
	PMI	-33.05862	-70.66867	0.004900	150.00	0.00

Fase Operación						
SO ₂	N°	Coordenadas Receptor		Aporte Proyecto Anual	Normativa	Porcentaje de la Norma en base a concentración aporte del proyecto
		LATITUD	LONGITUD	ug/m ³	ug/m ³	%
	1	-32.84236	-70.41171	0.00001	60.00	0.00
	2	-33.04031	-70.69224	0.0000003	60.00	0.00
	PMI	-33.05862	-70.66867	0.00099	60.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla aquí indicada, los receptores evaluados, poseen concentraciones muy por debajo del límite establecido en la norma de calidad primaria, por tanto, es posible señalar que **el proyecto no aporta significativamente sobre la calidad de aire del área de influencia** toda vez que sus concentraciones son despreciables.

Para mayor comprensión a continuación en Anexo N°1 se presenta respaldo de la corrida del modelo de dispersión.

5. CONCLUSIÓN

A partir de las modelaciones realizadas con respecto a las emisiones atmosféricas generadas durante la fase de operación se presentan las siguientes conclusiones:

El flujo de emisiones se concentra en la zona inmediata al proyecto, desplazándose la pluma de dispersión hacia el sector norte en una distancia máxima de 7 kilómetros aproximadamente desde el punto central del proyecto.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la modelación de calidad del aire es posible señalar que **las emisiones atmosféricas no generarán eventos de latencia y saturación para los compuestos evaluados (MP_{10} , $MP_{2.5}$, NO_x , CO y SO_2), por cuanto, no se superan los límites establecidos en las normas de calidad primaria para los compuestos antes indicados en la fase de operación del proyecto.**

6. REFERENCIAS

- Registro de Monitoreo Meteorológico Estación Peldehue. DMC
- Pontificia Universidad Católica de Chile, Educación Continua UC, Escuela de Ingeniería. (2014). Manual de Usuario CALPUFF View.
- Scire, J. S., Strimaitis, D. G., y Yamartino, R. J., 2000a. A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version 5). Earth Tech Inc., Concord, Massachusetts.



Los Andes Marta de Carmen Rivas Schulz

Certifico que el presente documento electrónico es copia fiel e íntegra de
MANDATO JUDICIAL otorgado el 22 de Septiembre de 2023 reproducido en
las siguientes páginas.

Repertorio N°: 2166 - 2023.-
Los Andes, 22 de Septiembre de 2023.-



N° Certificado: 123456809299.-
www.fojas.cl

Emito el presente documento con firma electrónica avanzada (ley No19.799, de 2002), conforme al procedimiento establecido por Auto Acordado de 13/10/2006 de la Excm. Corte Suprema.-
Certificado N° 123456809299.- Verifique validez en www.fojas.cl .-
CUR N°: F431-123456809299.-

Carlos Samuel Greene Rodríguez

Digitally signed by Carlos Samuel Greene Rodríguez
Date: 2023.09.22 13:31:30 -03:00
Reason: Notario Público Marta Rivas Schulz
Location: Los Andes - Chile

A circular notary seal stamp. The outer ring contains the text "MARTA RIVAS SCHULZ" at the top and "LOS ANDES" at the bottom. The inner circle contains the text "CARLOS GREENE RODRIGUEZ" at the top, "NOTARIO PUBLICO" in the middle, and "SUPLENTE" at the bottom. The seal is crossed out with a large, stylized handwritten signature.



3 | ESCRITURA PUBLICA

5

7		A
---	--	----------

9

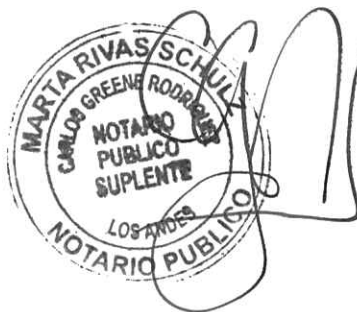
```
11 #####
```

30 de Las Condes, Región Metropolitana, Santiago y de paso




Cert N° 123456809299
Verifique validez en
<http://www.fojas.cl>

1 en ésta, quien expone: Que por este acto e instrumento,
2 viene en conferir mandato judicial al abogado don **ROGERS**
3 **ALFONSO MARIANGEL OVIEDO**, cédula nacional de identidad
4 número doce millones novecientos veintiocho mil
5 setecientos siete guión uno, domiciliado en Cerro El
6 Plomo número cinco mil seiscientos treinta, piso nueve,
7 Las Condes, Santiago, para que la represente y patrocine
8 en todo juicio de cualquier clase y naturaleza que sea y
9 que actualmente tenga pendiente o le ocurra en lo
10 sucesivo; le confiere al mandatario las facultades
11 indicadas en ambos incisos del artículo Séptimo del
12 Código de Procedimiento Civil y especialmente la de
13 demandar, iniciar cualquiera otra especie de gestiones
14 judiciales, así sean de jurisdicción voluntaria o
15 contenciosa, reconvenir, contestar reconvencciones,
16 desistirse en primera instancia de la acción deducida,
17 aceptar la demanda contraria previa notificación legal de
18 su representada, renunciar a los recursos o términos
19 legales, transigir, comprometer, otorgar a los árbitros
20 facultades de arbitradores, aprobar convenios y percibir.
21 En el desempeño de su mandato, el mandatario podrá
22 representar al mandante en todos los juicios o gestiones
23 judiciales, extrajudiciales y/o administrativas, en que
24 tenga interés actualmente o lo tuviera en lo sucesivo
25 ante cualquier Tribunal del orden Judicial, de compromiso
26 o administrativo; ante la Contraloría General de la
27 República, y en juicios de cualquier naturaleza, como
28 parte principal, tercero independiente, coadyuvante o
29 excluyente o a cualquier título o en cualquiera otra
30 forma hasta la completa ejecución de la sentencia,




Cert. N° 123456809299
Verifique validez en
<http://www.fojas.cl>

1 pudiendo nombrar abogados patrocinantes y apoderados con
2 todas las facultades que por este instrumento se le
3 confieren, y pudiendo delegar este poder y reasumirlo
4 cuantas veces lo estime conveniente. PERSONERÍA.- La
5 **personería** de don FRANCISCO GUILLERMO HANKE TRIVELLI para
6 actuar en representación de CANTERAS CHACABUCO S.A.,
7 consta de acuerdo de otorgamiento de poderes adoptado en
8 Sesión Extraordinaria de Accionistas de fecha Escritura
9 Pública de fecha veintiuno de Diciembre del año dos mil
10 veintiuno, reducido a escritura pública con fecha catorce
11 de Marzo del año dos mil veintitrés, ante la Notario
12 Público de Santiago doña Antonieta Rojas Pontigo,
13 Repertorio Número tres mil ochocientos ochenta y ocho-
14 dos mil veintitrés. Minuta redactada por el Abogado
15 Rogers Mariangel Oviedo. En comprobante y previa lectura
16 firma el compareciente. Se da copia. Doy fe.-

17
18  7.206.552-3.
19
20 **FRANCISCO GUILLERMO HANKE TRIVELLI**
21 CANTERAS CHACABUCO S.A.

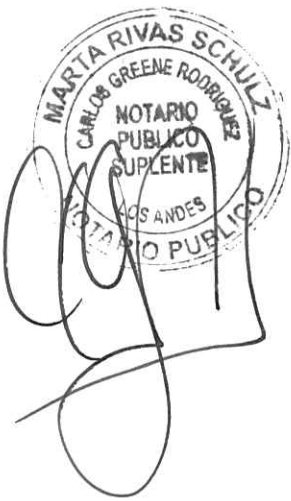


22 Autorizo la presente escritura anotada en el Repertorio
23 de escrituras públicas y documentos protocolizados de
24 esta notaría con el N° 2166.-lmc

25
26 
27
28
29
30



Cert Nº 123456809299
Verifique validez en
<http://www.fijas.cl>



INUTILIZADO

