ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO

“PARQUE HÍBRIDO EÓLICO, SOLAR Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA LAS QUINTAS (PHLQ)”

CAPÍTULO 3.1.1.7 ESTUDIO DE MODELACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CALIDAD DEL AIRE

2026

Sustentable S.A.
Asesoría y Gestión Ambiental
www.sustentable.cl

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.INTRODUCCIÓN 1
2.OBJETIVO 3
3.ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO 3
4.MARCO LEGAL 5
5.METEOROLOGÍA MODELADA DE LA ZONA DE ESTUDIO 6
6.ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE 17
7.MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES 19
8.CONCLUSIONES 67
ANEXOS
Anexo 1. Resultados de Modelación CALPOST
Anexo 2. Archivos de Modelación – Solicitud Carga Archivos de Gran Tamaño

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas Vértices del área de modelación del Proyecto 1
Tabla 2. Normativa de calidad del aire consideradas en el estudio 5
Tabla 3. Localización de referencia y variables meteorológicas monitoreada 6
Tabla 4. Estadísticas de datos meteorológicos modelados 7
Tabla 5. Estadísticas de datos de temperatura 13
Tabla 6. Valor de incertidumbre variables meteorológicas 18
Tabla 7. Emisiones anuales del Proyecto 19
Tabla 8. Emisiones del Proyecto peor escenario, AÑO 1 19
Tabla 9. Características uso de suelo 21
Tabla 10. Fuentes de emisión 25
Tabla 11. Puntos de interés 32
Tabla 12. Aportes del Proyecto en puntos de interés de material particulado, peor escenario 36
Tabla 13. Aportes del Proyecto en puntos de interés de gases, peor escenario 38
Tabla 14. Puntos de máximo aporte (PMA), peor escenario 40
Tabla 15. Análisis de cumplimiento de normativa aportes del Proyecto en puntos de interés de material particulado, peor escenario 43
Tabla 16. Análisis de cumplimiento de normativa aportes del Proyecto en puntos de interés de gases, peor escenario 45
Tabla 17. Valores de significancia para el aumento de concentraciones de MP10 y MP2,5 sobre receptores humanos corregidos para impactos con una duración menor a 3 años en zonas que sobrepasen el valor de la norma 47
Tabla 18. Análisis de aportes respecto de los niveles de significancia para material particulados MP10 y MP2,5 47

Tabla 19. Proyectos con RCA 49
Tabla 20. Límites normativos considerados para determinar el área de influencia del Proyecto 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Proyecto y área de modelación 2
Figura 2. División Político-Administrativa en que se inserta el Proyecto 4
Figura 3. Serie de tiempo observada y modelada de velocidad del viento – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025 7
Figura 4. Serie de tiempo observada y modelada de la dirección del viento – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025 8
Figura 5. Variabilidad temporal del viento observada y modelada – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025 9
Figura 6. Variabilidad temporal del viento observada y modelada – Estación San Pedro Melipilla 10
Figura 7. Ciclo estacional del viento observado y modelado – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025 11
Figura 8. Ciclo diario de la velocidad del viento observada y modelada- Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025 12
Figura 9. Ciclo diario de la dirección del viento observada y modelada- Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025 13
Figura 10. Serie de tiempo observada y modelada de la temperatura – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025 14
Figura 11. Ciclo estacional observado y modelado de la temperatura – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025 15
Figura 12. Ciclo diario observado y modelada de la temperatura – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025 16
Figura 13. Usos de suelo 23
Figura 14. Puntos de interés 34
Figura 15. Topografía del área de modelación 35
Figura 16. Ubicación de los puntos de máximo aporte, peor escenario 41
Figura 17. Percentil 98 Promedio Diario de MP_{10} 50
Figura 18. Promedio del Período de MP_{10} 51
Figura 19. Percentil 98 Promedio Diario de $MP_{2,5}$ 52
Figura 20. Promedio del Período de $MP_{2,5}$ 53
Figura 21. Percentil 99 Promedio Diario de SO_2 54
Figura 22. Percentil 98,5 Promedio Horario de SO_2 55
Figura 23. Percentil 99,7 Promedio Diario de SO_2 56
Figura 24. Percentil 99,73 Promedio Horario de SO_2 57

Figura 25. Promedio del Período de SO_2 58
Figura 26. Percentil 99 Máximo Horario de NO_2 59
Figura 27. Promedio del Período de NO_2 60
Figura 28. Percentil 99 Máximo Horario de CO 61
Figura 29. Percentil 99 Máximo 8 Horas de CO 62
Figura 30. MPS anual 63
Figura 31. MPS mensual 64
Figura 32. Área de influencia 66

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presentan los resultados de las concentraciones obtenidas al modelar la dispersión atmosférica de material particulado (MPS, MP10 y MP2,5), dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2) y monóxido de carbono (CO), para el escenario anual de emisiones más desfavorable, el cual corresponde al AÑO 1 de la fase de Construcción del Proyecto "Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ)", en adelante el "Proyecto".

Cabe señalar que durante el AÑO 1 se desarrollará la fase de construcción de duración total de 24 meses y posteriormente al término de las actividades constructivas se iniciarán las actividades de Pruebas y conexiones finales para la puesta en marcha. Se informa que el año 1 que fue modelado, considera todas las actividades que están estimadas para realizarse los primeros 12 (doce) meses una vez iniciada la Fase de Construcción.

La modelación de dispersión Calpuff fue alimentada por las variables meteorológicas obtenidas de la modelación meteorológica realizada con el modelo WRF año 2025. Esta modelación tiene un área de dominio de 50 x 50 km, una resolución de espaciamiento de 1 km, área que contiene el sitio de emplazamiento del Proyecto y los puntos de interés, como se observa en la Tabla 1.

En la siguiente Tabla se muestran las coordenadas de los vértices del área de modelación WRF.

Tabla 1. Coordenadas Vértices del área de modelación del Proyecto

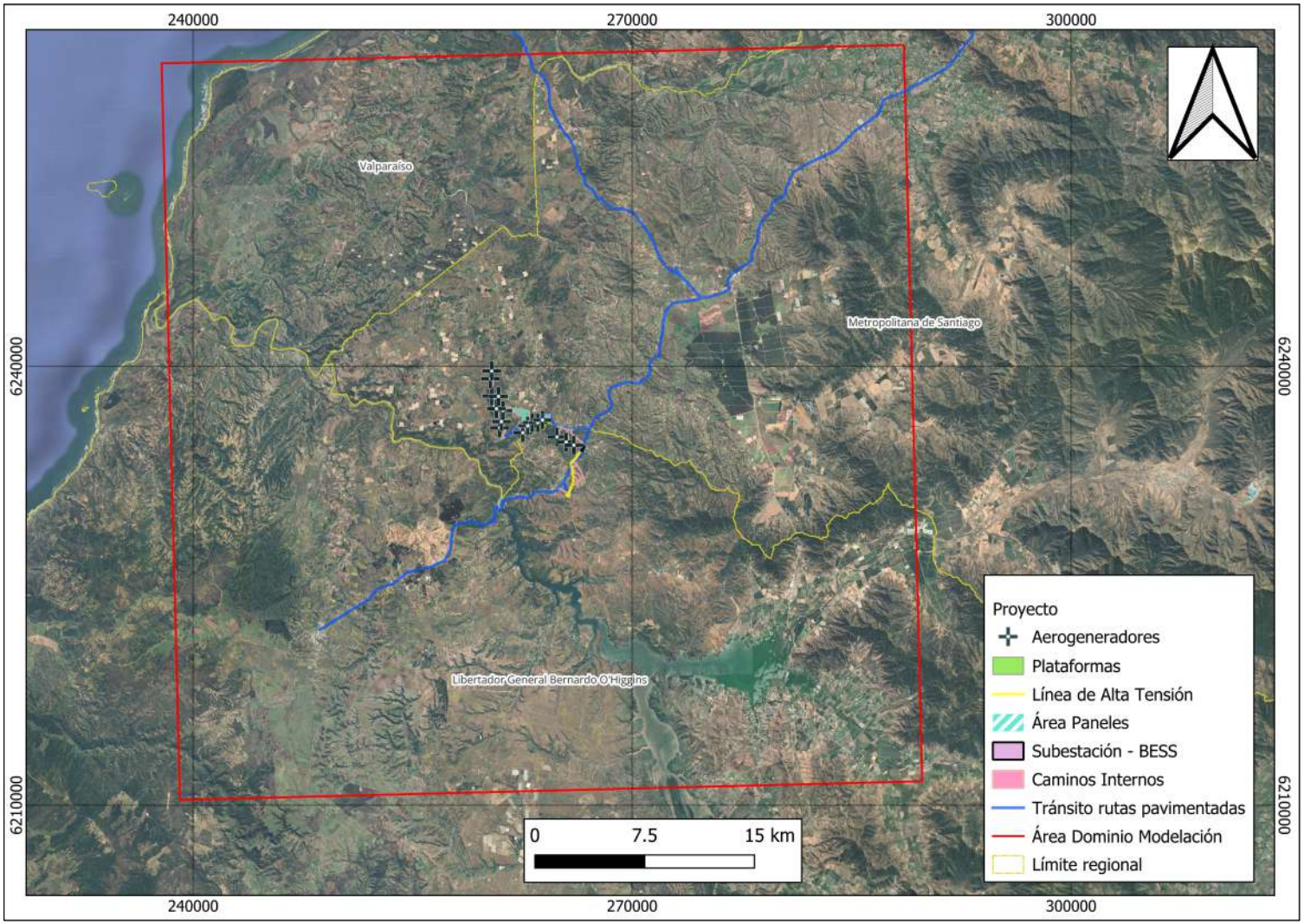
Vértice	Coordenadas UTM (Datum WGS-84 Huso 19S)	
	Norte (m)	Este (m)
Noreste	6.261.968	288.565
Noroeste	6.260.702	237.841
Suroeste	6.211.622	289.829
Sureste	6.210.345	239.101

Fuente: Elaboración propia.

Los aportes de concentraciones de material particulado y de gases asociados al Proyecto fueron obtenidos según los requerimientos de la "Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA, segunda edición 2023" del Servicio de Evaluación Ambiental. Esta Guía indica como opción la aplicación del sistema de modelación atmosférica "WRF – CALPUFF", sistema de modelación que a su vez está definido por la agencia EPA como sistema de referencia para simular la dispersión de contaminantes provenientes de centros industriales ubicados en terreno complejo.

La meteorología utilizada en el sistema de modelación se obtuvo por medio del modelo meteorológico de pronóstico Weather Research and Forecasting Model (WRF), con todos los parámetros indicados en la "Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA, segunda edición 2023".

Figura 1. Ubicación del Proyecto y área de modelación



Fuente: Elaboración propia.

2. OBJETIVO

Cuantificar los aportes en concentración e isoconcentraciones de SO2, NO2, CO, MPS, MP10 y MP2,5 con el sistema de modelación WRF-CALPUFF, en cada punto de interés ingresados al modelo de dispersión de emisiones del escenario más desfavorable del Proyecto y determinar el cumplimiento normativo de la calidad del aire por medio de la comparación de los niveles de concentración obtenidos con los límites de la normativa ambiental vigente.

3. 1ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO

3.1. Descripción Breve del Proyecto

El Proyecto "Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ)" consiste en la construcción y operación de un Parque de energías renovables, ubicado entre las comunas de San Pedro y Litueche, en las Metropolitana y O'Higgins, respectivamente.

El proyecto combina energía eólica y solar, con una potencia nominal de 190,25 MW aproximados. El parque eólico está compuesto por 16 aerogeneradores de hasta 8 MW cada uno, sumando un total de 128 MW nominal. Por su parte, el parque fotovoltaico estará compuesto por 107.772 paneles fotovoltaicos, sumando un total de 77,6 MWp y 62,25 MW nominal.

Adicionalmente, se considera un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, llamado BESS (Battery Energy Storage System), permitiendo inyectar energía al sistema en horas donde no se cuente con radiación solar ni viento. Este sistema eléctrico se compone de módulos autocontenidos de baterías de Iones de Litio que se instalarán a un costado de la Subestación Elevadora.

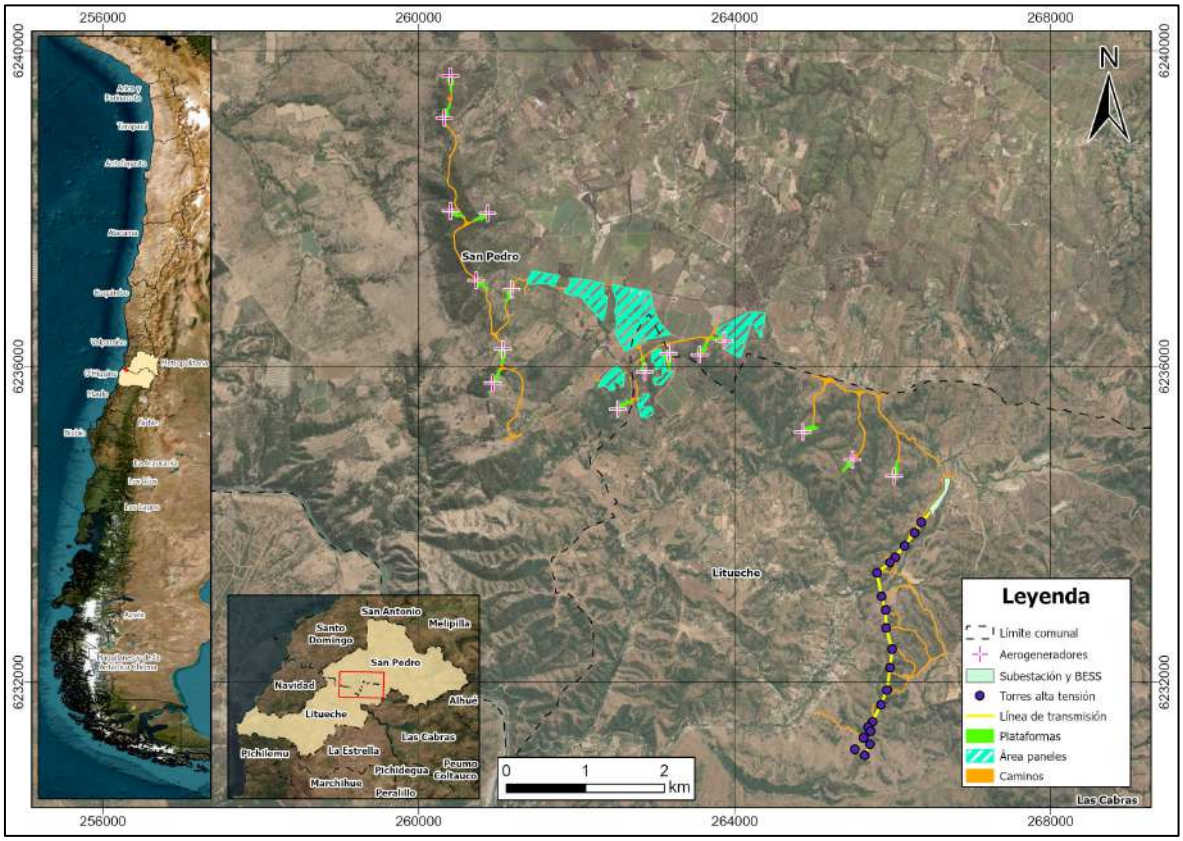
La energía generada por el parque será conducida por líneas de media tensión (33 kV) hasta la subestación elevadora, construida al interior del parque, la que elevará la tensión de 33 kV a 220 kV para ser evacuada a través de una Línea de Alta Tensión de 3,78 km del Proyecto, hasta la Nueva Subestación Seccionadora Loica, conectándose al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

La vida útil del Proyecto se estima en 33 años, considerando 2 años de construcción, 30 años (360 meses) de operación y 12 meses de cierre.

3.2. Localización

El Proyecto corresponde a un Parque Híbrido el cual cuenta con aerogeneradores y paneles fotovoltaicos y se ubica en las comunas de San Pedro, provincia e Melipilla, región Metropolitana y en la comuna de Litueche, provincia Cardenal Caro, región Libertador General Bernardo O'Higgins.

Figura 2. División Político-Administrativa en que se inserta el Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

4. MARCO LEGAL

Para determinar el aporte del Proyecto respecto de la normativa ambiental se consideraron las normas primarias y secundarias de calidad del aire definidas en la legislación chilena.

La Tabla 2 presenta los valores límites de referencia para el análisis del presente documento.

Tabla 2. Normativa de calidad del aire consideradas en el estudio

PARÁMETRO	TIPO DE NORMA	ESTADÍSTICO	VALOR	REFERENCIA
MPS	Secundaria	Promedio Anual	100 mg/m^2-día	D.S. N° 04/1992 del MINAGRI
		Promedio Mensual	150 mg/m^2-día	D.S. N° 04/1992 del MINAGRI
MP_{10}	Primaria	Promedio Anual	50 μg/m^{3}N	D.S. N°45/02 MINSEGPRES
		Percentil 98 Diario	130 μg/m^{3}N	D.S. N°12/21 MMA
$MP_{2,5}$	Primaria	Promedio Anual	20 μg/m^{3}N	D.S. N°12/11 MMA
		Percentil 98 Diario	50 μg/m^{3}N	D.S. N°12/11 MMA
SO_2	Primaria	Promedio Anual	60 μg/m^{3}N	D.S. N°104/18 MMA
		Percentil 99 Diario	150 μg/m^{3}N	D.S. N°104/18 MMA
		Percentil 98,5 Horario	350 μg/m^{3}N	D.S. N°104/18 MMA
	Secundaria	Promedio Anual	60 μg/m^{3}N[1]	D.S. N°22/10 MINSEGPRES
		Percentil 99,7 Diario	365 μg/m^{3}N	D.S. N°22/10 MINSEGPRES
		Percentil 99,73 Horario	1000 μg/m^{3}N	D.S. N°22/10 MINSEGPRES
NO_2	Primaria	Promedio Anual	40 μg/m^{3}N	D.S. N° 40/2024 del MMA
		Percentil 99 promedio diario	100 μg/m^{3}N	D.S. N° 40/2024 del MMA
		Percentil 99 máx. 1 hora	200 μg/m^{3}N	D.S. N° 40/2024 del MMA
CO	Primaria	Percentil 99 8 horas	10.000 μg/m^{3}N	D.S. N°115/02 MINSEGPRES
		Percentil 99 Horario	30.000 μg/m^{3}N	D.S. N°115/02 MINSEGPRES

Fuente: Elaboración propia.

[1] Debido a que el Proyecto se encuentra entre las zonas norte y sur, tal como se especifica en el Artículo 3° del D.S. N°22/10 MINSEGPRES, se tomará el límite más restrictivo, donde la máxima concentración anual corresponde a 23 ppbv (60 μg/m^{3}N).

5. METEOROLOGÍA MODELADA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La modelación atmosférica predice el estado del tiempo resolviendo mediante métodos numéricos las ecuaciones matemáticas para la física y la dinámica de la atmósfera a partir de condiciones previas. De esta manera, mediante el modelo meteorológico de pronóstico Weather Research and Forecasting Model (WRF) se han modelado y analizado las variables meteorológicas de mayor incidencia en la dispersión de las emisiones generadas por el Proyecto.

El modelo WRF es un modelo de predicción numérica del tiempo diseñado para la investigación y para aplicaciones operativas. Diversas instituciones han contribuido y siguen contribuyendo a su desarrollo, con el firme objetivo de construir el modelo de pronóstico numérico de mesoescala de la siguiente generación, para lograr un avance en el entendimiento de los procesos atmosféricos y en la predicción de tiempo. Los principales componentes de este modelo son las fuentes externas de datos, como son los datos de entrada y la información geográfica, el sistema de pre-procesamiento, el modelo WRF-ARW y los sistemas de post-procesamiento.

Las fuentes externas de datos contienen información necesaria para inicializar WRF. Éstos corresponden a las observaciones convencionales o satélites de la atmósfera. De estos datos se obtienen las condiciones iniciales y de borde para las simulaciones del WRF. También es necesario entregarle datos sobre el terreno que contengan información sobre la orografía, uso de suelo, relieve y vegetación, entre otros.

Este modelo se encuentra recomendado por la "Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA", para la generación de datos meteorológicos, ya que, según indica, es uno de los modelos meteorológicos de pronóstico más avanzados y completos, siendo empleado en la mayoría de los proyectos relacionados con modelación atmosférica encargados por organismos estatales como el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y la ex Comisión Nacional de Energía (CNE) (ahora Ministerio de Energía).

Para generar la modelación meteorológica, se utilizan cuatro dominios anidados, donde cada celda es de 9, 3 y 1 kilómetros respectivamente, centrados en el Proyecto para un año calendario (2025) y resolución horaria.

Dado que la meteorología es la que media entre las emisiones y su impacto en los puntos receptores, se realiza a continuación un análisis cualitativo y cuantitativo de la temperatura, velocidad y dirección del viento observada y modelado, en la Estación San Pedro Melipilla. Se escoge esta estación meteorológica, puesto que es la más cercana al área de emplazamiento del Proyecto.

La Tabla 3 muestra las coordenadas, variables y periodo evaluado.

Tabla 3. Localización de referencia y variables meteorológicas monitoreada

Estación	Coordenadas UTM		Distancia al Proyecto	Variables	Periodo
	Norte (m)	Este (m)			
San Pedro Melipilla	6.246.422	273.192	13.5 km	Velocidad del viento Dirección del viento Temperatura	01 de enero al 31 de diciembre 2025

Fuente: Elaboración propia.

5.1. Velocidad del Viento

5.1.1. Serie de Tiempo

La Tabla 4 muestra los porcentajes de calmas registrados por la Estación San Pedro Melipilla. Cabe señalar que se considera como calma los registros menores a 0,5 (m/s).

Tabla 4. Estadísticas de datos meteorológicos modelados

Punto Modelado	Datos Totales	Porcentaje de Calma (%)	
		Periodo Diurno	Periodo Nocturno
San Pedro Melipilla	8.754	21,34%	76,01%

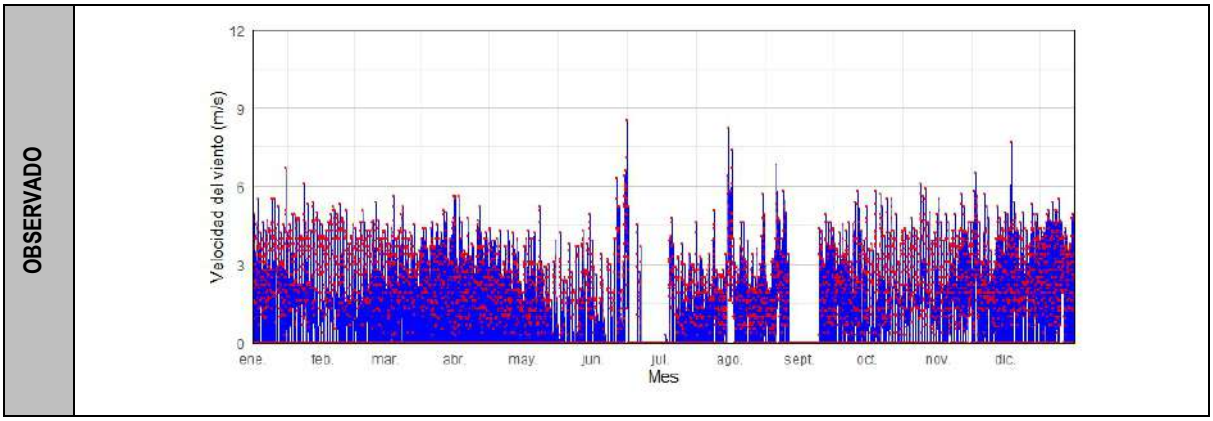
Fuente: Elaboración propia.

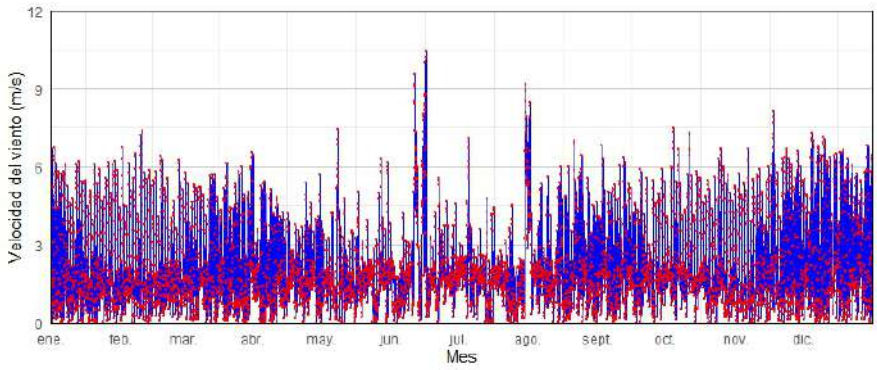
Para un análisis adecuado de las variables meteorológicas, de acuerdo con lo señalado en la "guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA", la serie de datos debe contener al menos un 75% de datos válidos, para garantizar la calidad de un análisis de datos meteorológicos, lo que en este caso de estudio se cumple para el periodo de estudio, ya que el registro con el que se cuenta en la Estación San Pedro Melipilla cuenta con el mínimo de datos válidos.

La serie temporal de la velocidad del viento observada muestra que la velocidad de viento se concentra mayoritariamente en valores entre 2 m/s y 7 m/s. También se presentan eventos puntuales de alta velocidad en junio, el cual alcanza un valor cercano a 8,2 m/s, el cual se considera un evento aislado. Existe una variabilidad intra-mensual moderada y no se aprecia una estacionalidad muy marcada, sin embargo, en los meses entre junio y septiembre se presenta una leve disminución de los valores medios.

La serie temporal de la velocidad del viento modelada presenta valores más cercanos a 10 m/s. Se presenta de mejor manera una estacionalidad a lo largo del año, donde hay valores más bajos entre los meses de mayo y agosto, donde en este último comienza un incremento progresivo alcanzando máximos en la primavera y verano.

Figura 3. Serie de tiempo observada y modelada de velocidad del viento – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025

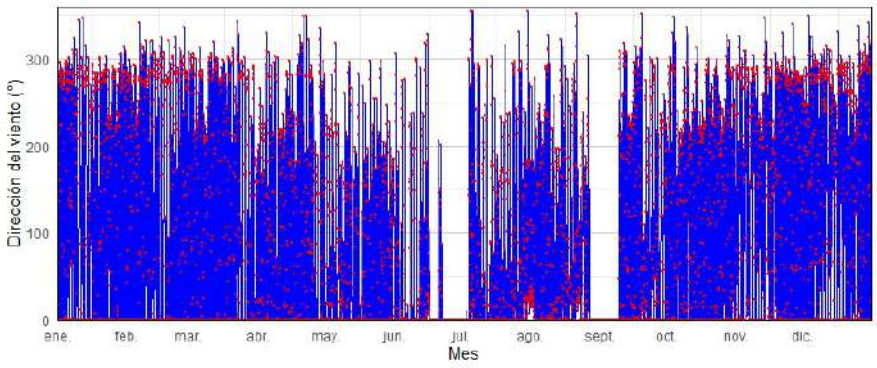
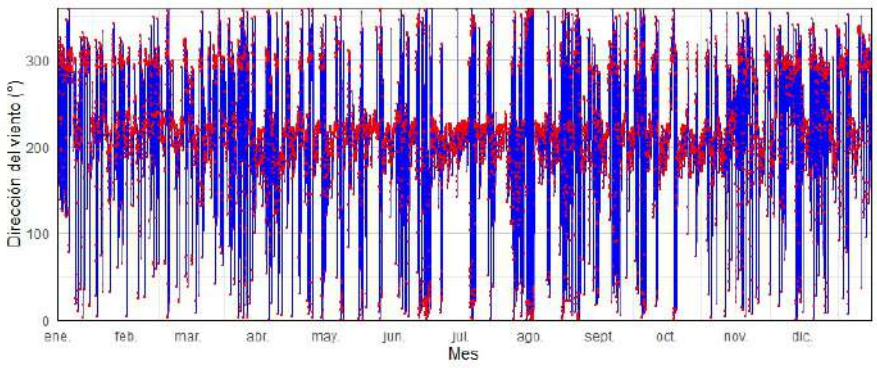


MODELADO	

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la dirección del viento, los datos observados muestran una concentración predominante en el cuadrante oeste–noroeste, con direcciones frecuentes cercanas a 280° y, en menor medida, 0°. No se aprecia una estacionalidad direccional claramente marcada; sin embargo, durante el periodo invernal se observa una menor dispersión de las direcciones, con una mayor concentración hacia el sector norte. En cuanto a los datos modelados, estos presentan una distribución más amplia de direcciones, abarcando prácticamente todo el rango direccional. Asimismo, se observa una mayor variabilidad en la dirección del viento, evidenciada por una alta densidad de cambios rápidos de dirección.

Figura 4. Serie de tiempo observada y modelada de la dirección del viento – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025

OBSERVADO	
MODELADO	

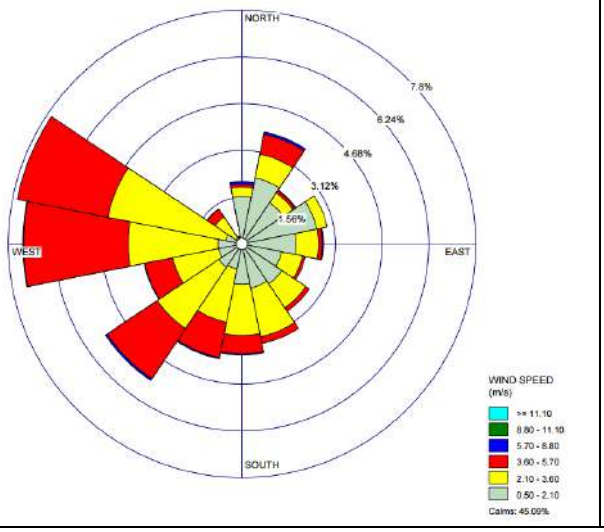
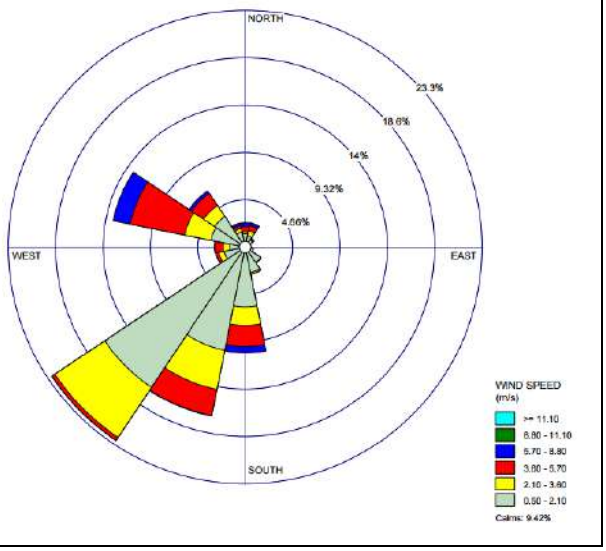
Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. Rosas de Viento

A continuación, se muestran los campos de viento anual y para diferentes periodos del día, los que muestran la variabilidad temporal del viento modelado entre el primero de enero del 2025 al 31 de diciembre del 2025 en la estación San Pedro Melipilla, indicando los porcentajes de frecuencia que el viento sopla en sus diferentes direcciones.

Observando el comportamiento entre las 00:00 y las 23:00 horas, los registros indican que la mayor frecuencia de dirección del viento corresponde principalmente al cuadrante oeste, con una marcada predominancia de flujos provenientes desde el Oeste (W), Oeste–Noroeste (WNW) y Suroeste (SW). Estas direcciones concentran la mayor proporción de ocurrencias dentro del período analizado. En cuanto a la velocidad del viento, se observa que los rangos más frecuentes se sitúan entre 3,6–5,7 m/s y 5,7–8,8 m/s. Asimismo, se registra un porcentaje de calmas cercano al 45,09%.

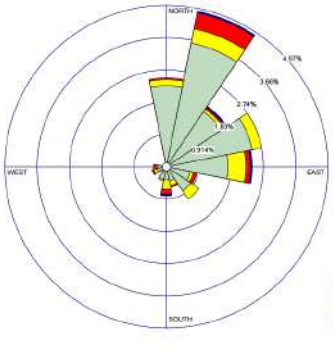
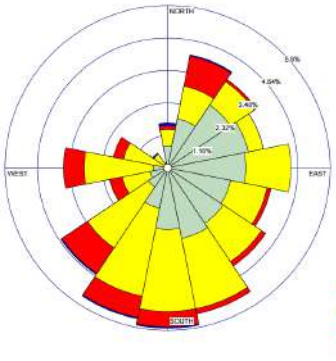
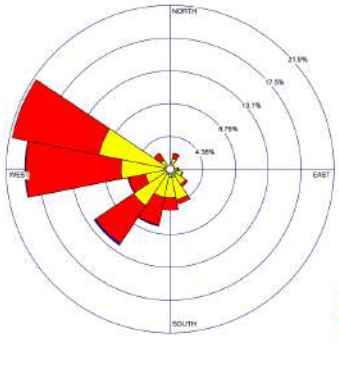
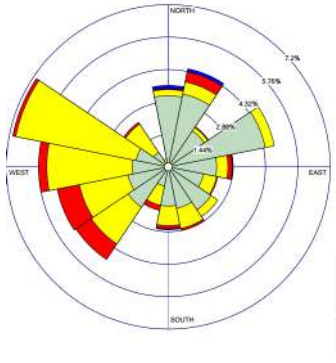
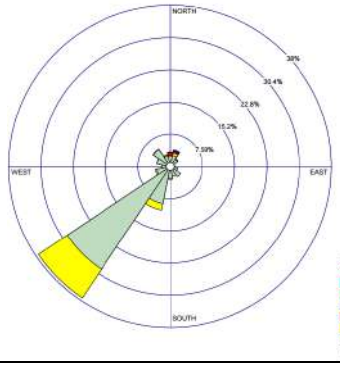
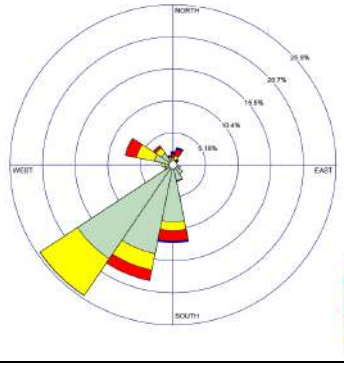
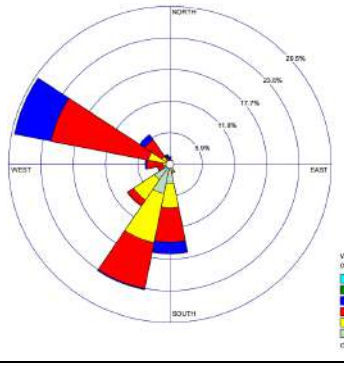
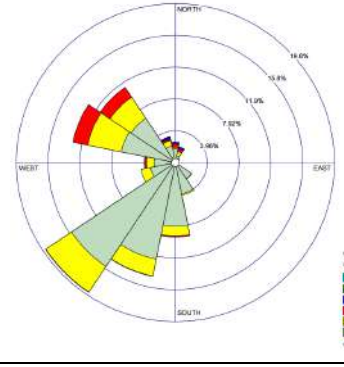
Figura 5. Variabilidad temporal del viento observada y modelada – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025

OBSERVADO	MODELADO
	

Fuente: Elaboración propia

Al observar los patrones de ambas rosas de viento, se puede apreciar que los datos observados tienen un predominio Oeste-Noroeste y Suroeste mientras que los datos modelados tienen un predominio hacia el Suroeste.

Figura 6. Variabilidad temporal del viento observada y modelada – Estación San Pedro Melipilla

	0:00 – 5:00 horas	6:00 – 11:00 horas	12:00 – 17:00 horas	18:00 – 23:00 horas
OBSERVADO				
MODELADO				

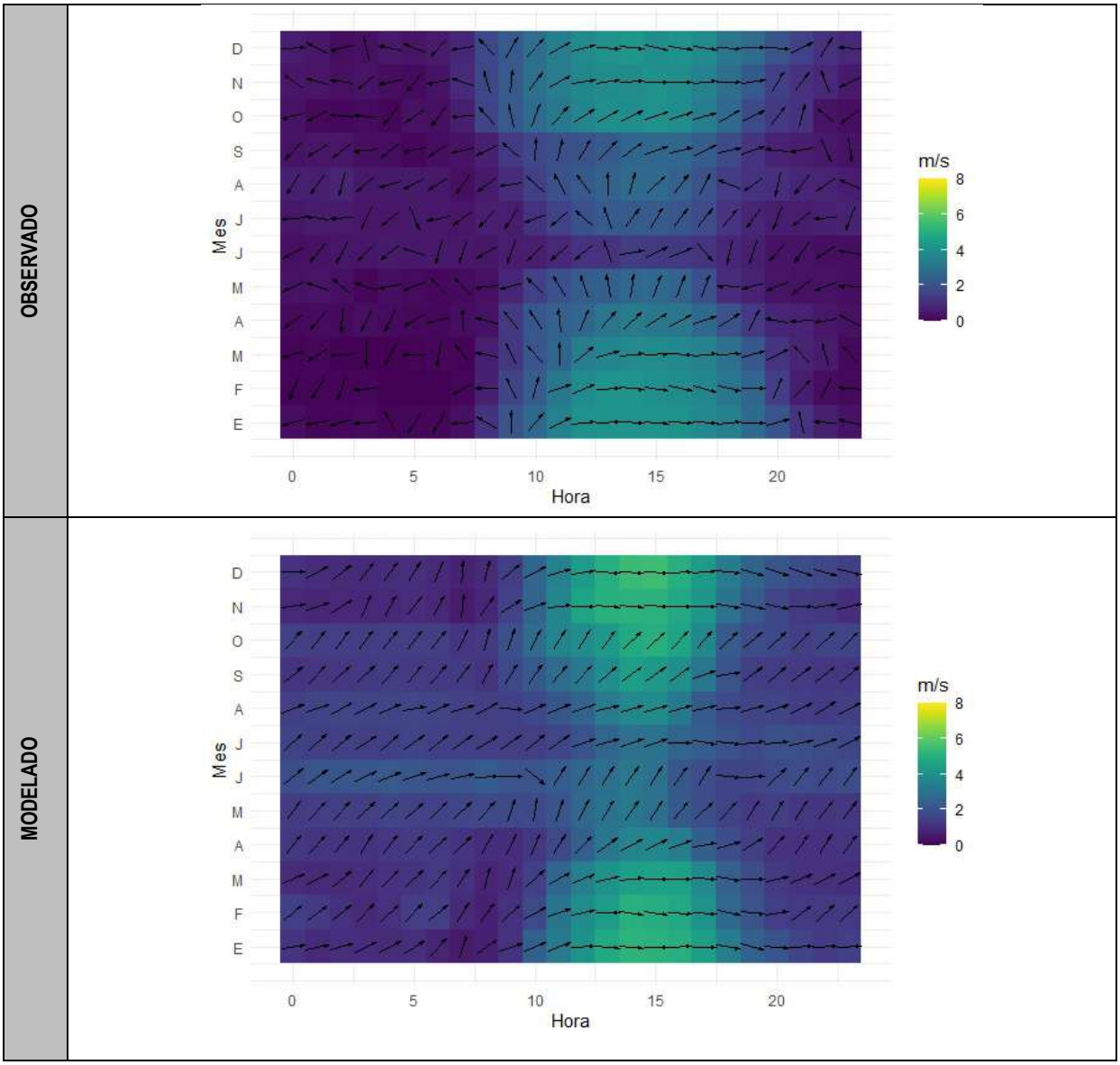
Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Ciclo Estacional

En la Figura 7 se presenta el ciclo estacional de vientos observados en estación San Pedro Melipilla, presentando en el eje “x” las horas del día y en el eje “y” los meses del año. La dirección del viento se debe interpretar en el sentido que el viento sopla desde el punto hacia la línea.

Se puede apreciar un marcado ciclo estacional, con las máximas velocidades registradas entre noviembre y febrero, mientras que en los meses entre mayo y septiembre se presentan velocidades más bajas en ambos datos.

Figura 7. Ciclo estacional del viento observado y modelado – Estación San Pedro Melipilla
Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025



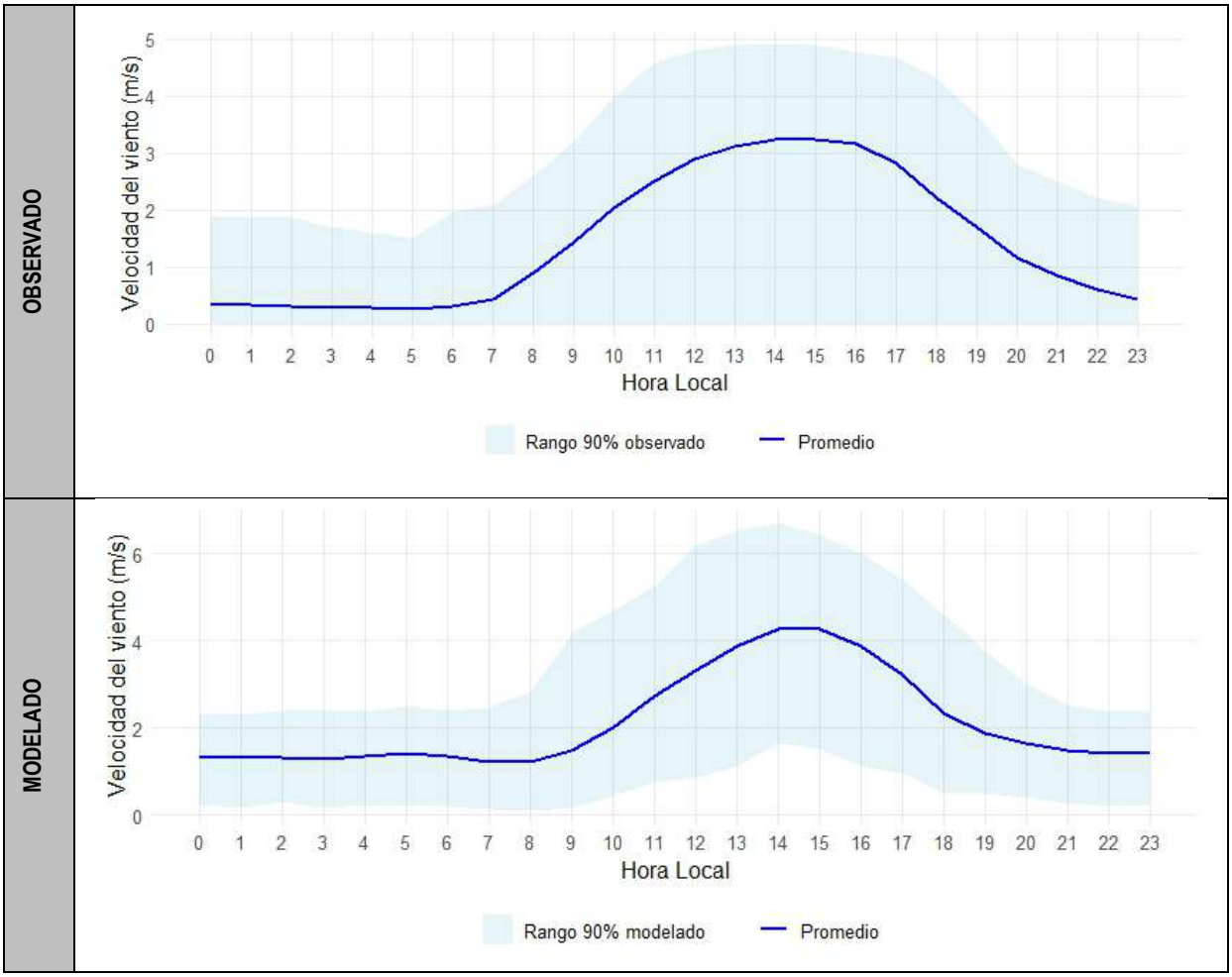
Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. Ciclo Diario

En la Figura 8 se presenta el ciclo diario promedio de la velocidad del viento junto con su variabilidad en términos de los percentiles 5 y 95%, tanto para los datos observados como modelado.

Se puede observar que en ambos casos los valores mínimos se presentan en el periodo nocturno con valores que se mantienen relativamente constantes hasta las 08:00 horas donde la velocidad comienza a aumentar levemente hasta alcanzar el máximo diario a las 14:00-16:00 horas con una magnitud promedio de 3 m/s y 4 m/s, para los datos observados y modelados, respectivamente.

Figura 8. Ciclo diario de la velocidad del viento observada y modelada- Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025

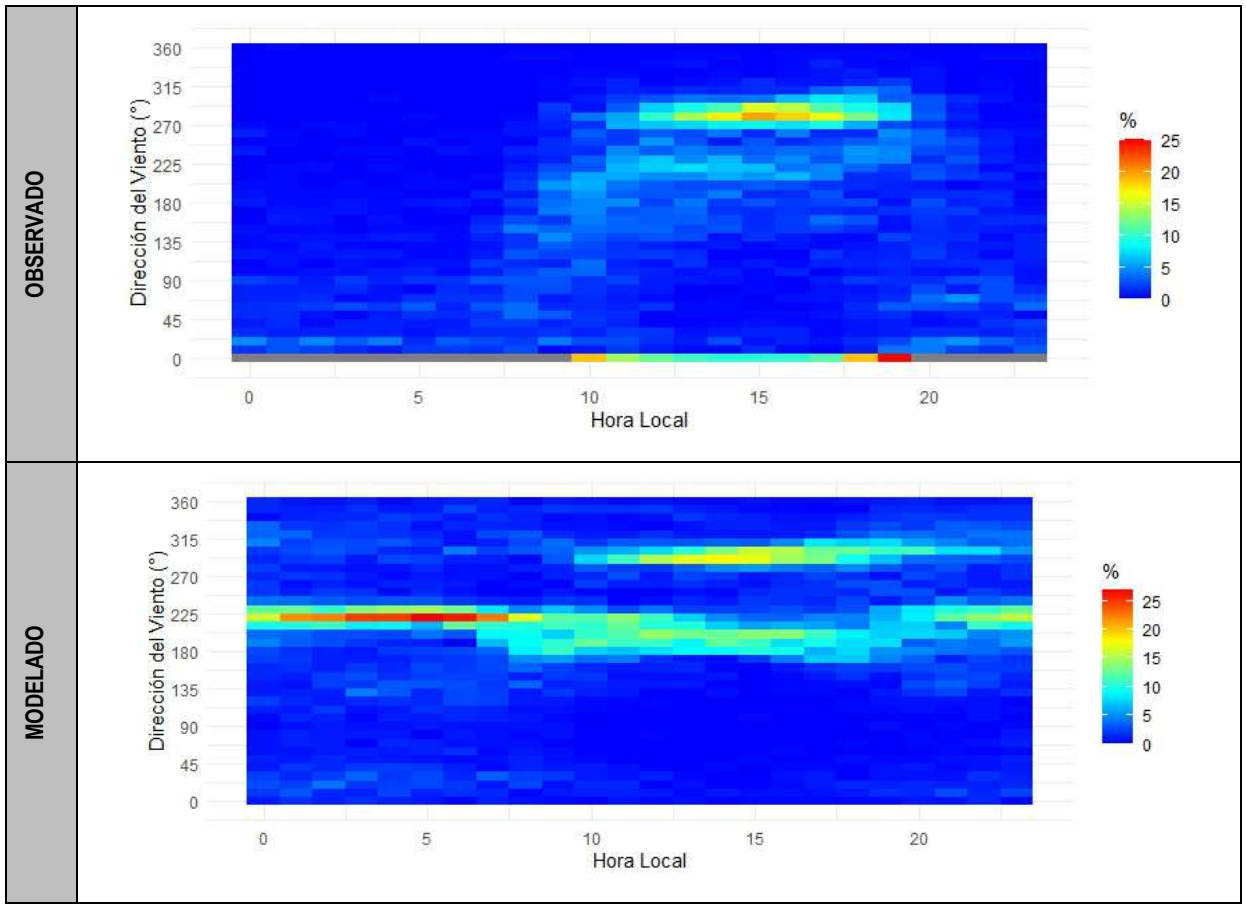


Fuente: Elaboración propia

Respecto a la dirección del viento en los datos observados, se identifica una predominancia del flujo proveniente del cuadrante norte durante gran parte del día. Asimismo, se aprecia un ciclo diario relativamente definido: durante las horas de la mañana la dirección del viento tiende a concentrarse hacia el noreste, mientras que en horas de la tarde se observa un desplazamiento progresivo hacia el suroeste.

En cuanto a los datos modelados, se observa un patrón direccional diferente, con una mayor concentración de las direcciones del viento en el cuadrante comprendido entre el suroeste y el noroeste. Esto sugiere una distribución direccional más orientada hacia el sector occidental en comparación con lo observado en los registros medidos.

Figura 9. Ciclo diario de la dirección del viento observada y modelada- Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025



Fuente: Elaboración propia.

5.2. Temperatura

5.2.1. Serie de Tiempo

La Tabla 5 muestra los porcentajes de datos disponibles para la variable temperatura en la Estación San Pedro Melipilla.

Tabla 5. Estadísticas de datos de temperatura

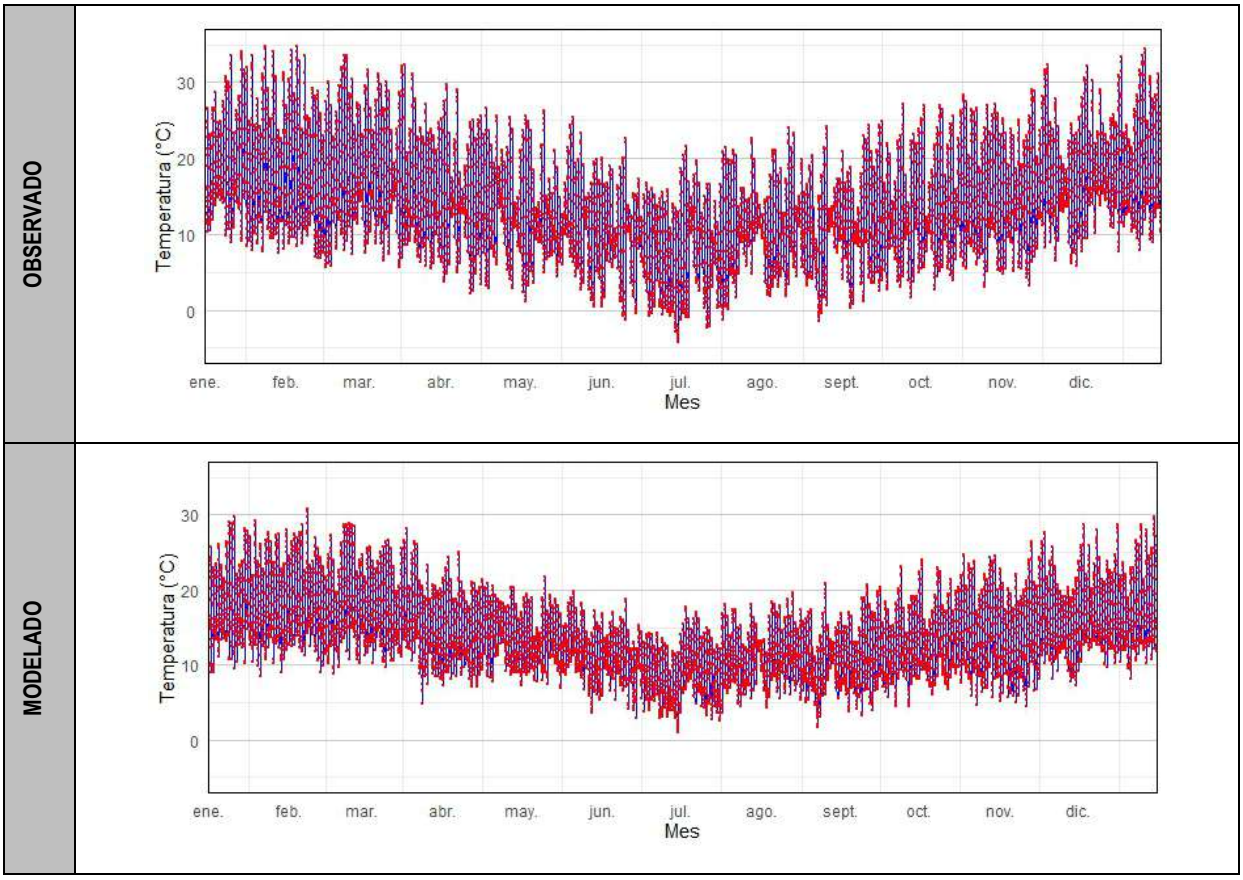
Estación	Datos totales	% Datos totales
San Pedro Melipilla	8.754	99,93%

Fuente: Elaboración propia.

La serie temporal de la temperatura registrada por la Estación San Pedro Melipilla muestra un ciclo anual bien definido, con altas temperaturas en verano y temperaturas más bajas en el período de invierno. Además, se observa una amplia amplitud térmica diaria, especialmente durante los meses cálidos, con máximos que superan los 30°C y mínimos por

debajo de los 0°C. De acuerdo con los datos modelados, se produce una tendencia similar con máximos en verano y mínimos en invierno. Sin embargo, la amplitud térmica diaria es menor, donde en verano raramente se superan los 30°C.

Figura 10. Serie de tiempo observada y modelada de la temperatura – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025

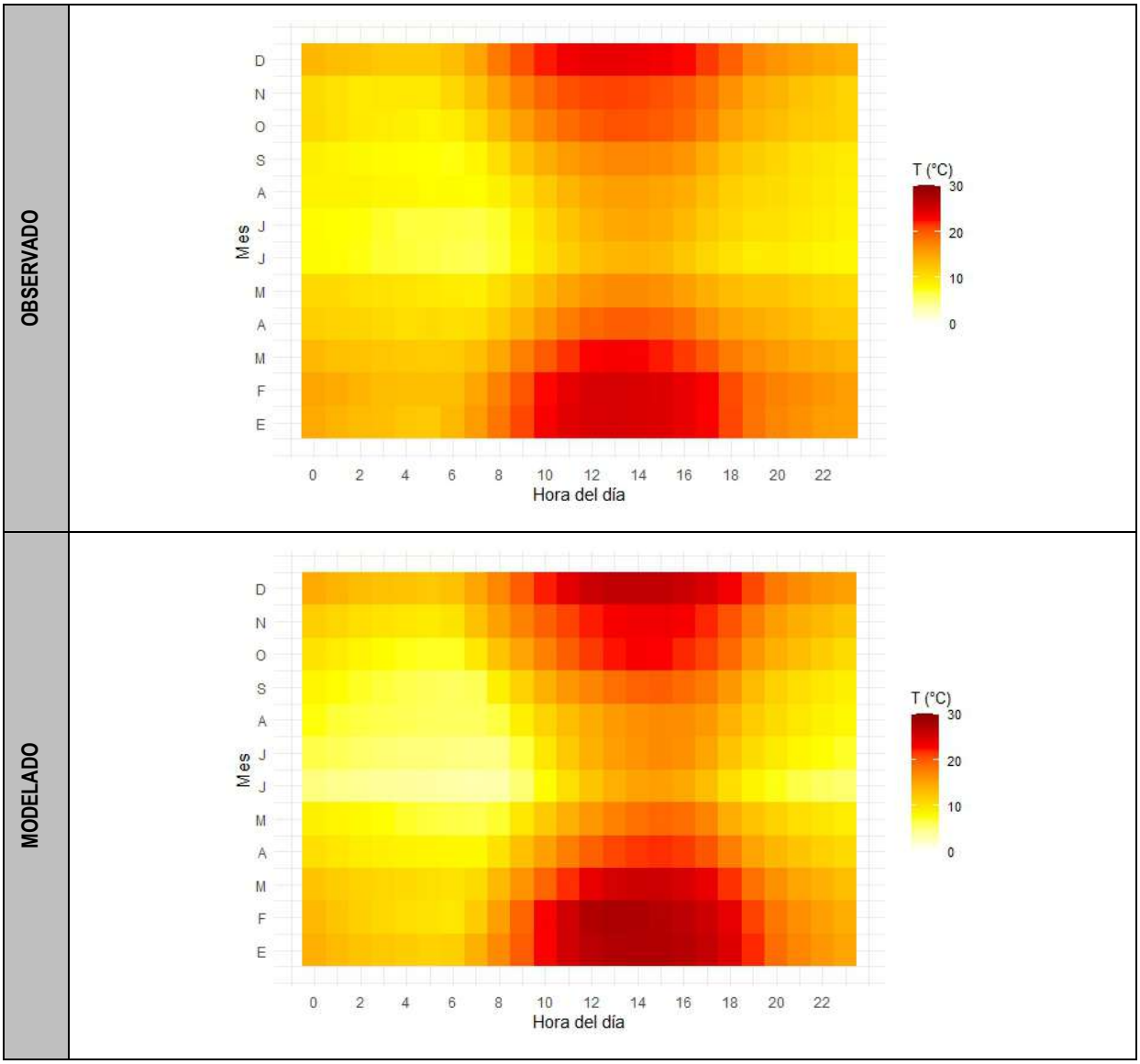


Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Ciclo Estacional

La Figura 11 presenta el ciclo estacional de la temperatura en estación San Pedro Melipilla, presentando en el eje "x" las horas del día y en el eje "y" los meses del año. Es posible observar un marcado ciclo estacional y un marcado ciclo diario, con los máximos valores registrados entre enero y marzo y entre noviembre y diciembre, entre las 10:00 y 18:00 horas, tanto en los datos observados como modelados. Por otro lado, los mínimos valores se registran durante el periodo invernal con valores de temperatura que rodean los -4 °C.

Figura 11. Ciclo estacional observado y modelado de la temperatura – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025



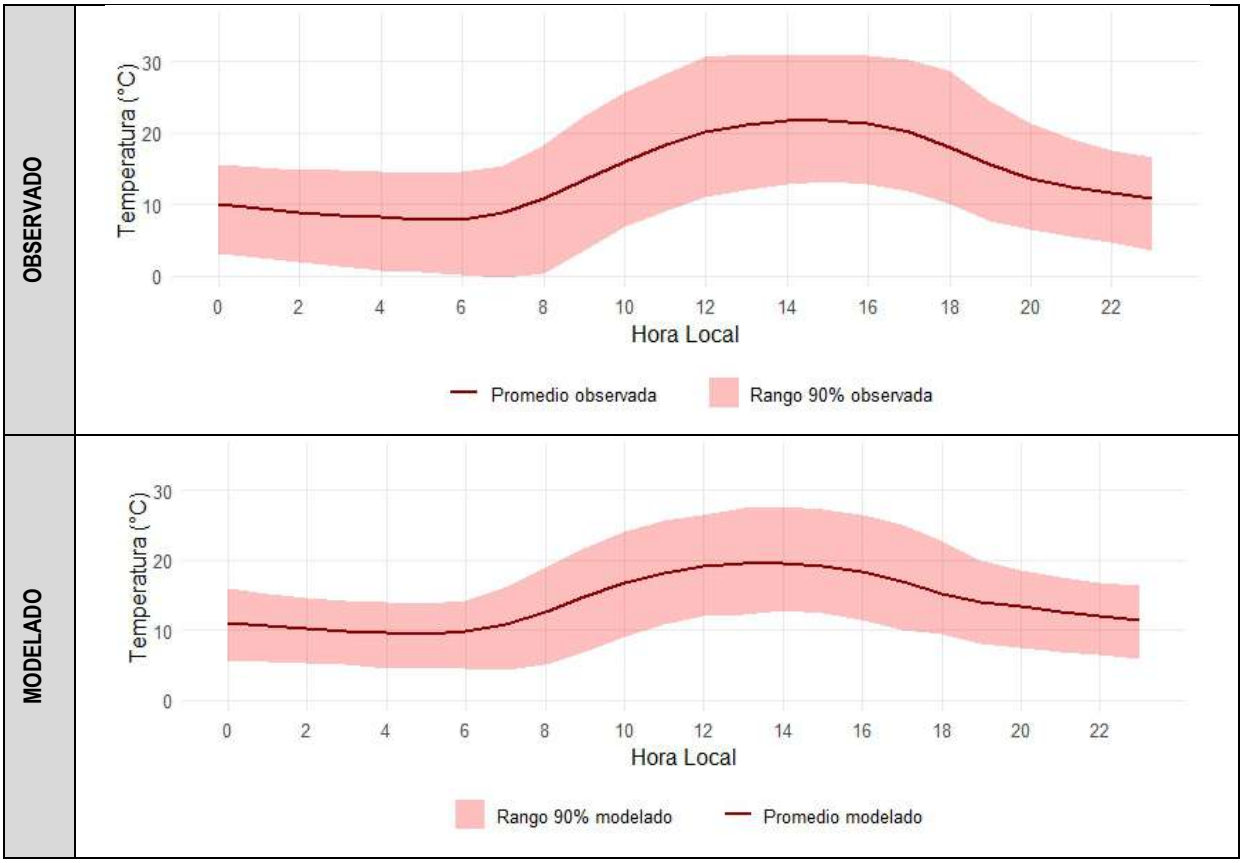
Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Ciclo Diario

En la Figura 12 se presentan los ciclos diarios promedio de la temperatura observada y modelada en la Estación San Pedro Melipilla.

Al apreciar la curva promedio de temperatura se puede observar un marcado ciclo diario, con los valores mínimos presentados en el periodo nocturno con valores que se mantienen relativamente constantes hasta las 07:00 horas donde la temperatura comienza a aumentar hasta alcanzar el máximo diario alrededor de las 14:00 horas con una magnitud promedio de 22°C, para los datos observados y 20°C para los datos modelados.

Figura 12. Ciclo diario observado y modelada de la temperatura – Estación San Pedro Melipilla Periodo 01 enero 2025 – 31 diciembre 2025



Fuente: Elaboración propia

6. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE

Las variables meteorológicas de temperatura, velocidad y dirección del viento son relevantes para el modelo debido a que afectan de manera directa la forma en que se dispersan los contaminantes en la atmósfera. Por esta razón es muy importante evaluar los errores entre los datos observados y modelados en forma cualitativa y cuantitativa.

A continuación de acuerdo con lo recomendado por la Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA (segunda edición 2023) se presenta el análisis cuantitativo recomendado, donde se presentan las métricas estadísticas del sesgo, error absoluto medio y la raíz del error cuadrático medio.

6.1. Sesgo

Proporciona información sobre la tendencia del modelo a sobreestimar o subestimar una variable, cuantificando el error sistemático del modelo.

$$SESGO = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(S_i - O_i) \qquad \text{Ecuación 1}$$

6.2. Error Absoluto Medio (MAE)

El error absoluto medio es el promedio del valor absoluto de la diferencia entre el pronóstico y la observación donde N es el número total de comparaciones pronosticadas. Tomar el valor absoluto de esta diferencia, fuerza a MAE a tener en cuento tanto errores positivos como negativos, así MAE hace la medida del error total del modelo.

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|S_i - O_i| \qquad \text{Ecuación 2}$$

6.3. Raíz del Error Cuadrático Medio

La raíz del error cuadrático medio corresponde al cálculo de la raíz cuadrada del promedio de las diferencias cuadradas de cada uno de los valores del pronóstico y la observación. Este cálculo permite ponderar los errores positivos y negativos, por lo cual en él están incluidos los errores sistemáticos y aleatorios de los modelos.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(S_i - O_i)^2} \qquad \text{Ecuación 3}$$

El cuadrado de esta diferencia fuerza el RMSE para tener en cuenta tanto los errores positivos y negativos, así el RMSE hace la medida del error total del modelo. La medida del error total incluye los componentes sistemáticos y al azar, los cuales pueden separar usando medidas para el error sistemático y el error al azar, tales como error de sesgo y desviación estándar.

Dónde:

n	:	Cantidad de datos
S	:	Valores obtenidos del modelo
O	:	Valores observados en estaciones meteorológicas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los estadígrafos mencionados anteriormente respecto a los datos monitoreados por la estación San Pedro Melipilla comparados con los recomendados en la "Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA, 2023".

Tabla 6. Valor de incertidumbre variables meteorológicas

Estadístico	Velocidad del viento		Temperatura	
	Valor Recomendado	Resultado de Estación	Valor Recomendado	Resultado de Estación
SESGO	[-2,5;2,5] (m/s)	0,68	[-4;4] (°C)	-0,07
MAE	≤3 (m/s)	1,17	≤4 (°C)	2,42
RMSE	≤3,5 (m/s)	1,46	≤4,5 (°C)	3,01
CORR	>0,6	0,67	>0,8	0,92

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que todas las métricas de evaluación se encuentran dentro de los valores recomendados. Para la velocidad del viento, el sesgo fue de 0,68 m/s, con MAE de 1,17 m/s, RMSE de 1,46 m/s y una correlación de 0,67, indicando un desempeño aceptable del modelo. En el caso de la temperatura, el sesgo fue cercano a cero (-0,07 °C), con MAE de 2,42 °C, RMSE de 3,01 °C y una alta correlación de 0,92, lo que evidencia una muy buena concordancia entre los valores estimados y observados.

7. MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

En el presente capítulo se describen todas las variables que se ingresan al modelo de dispersión; como la magnitud del escenario emisivo y sus fuentes, se explicarán brevemente las bases teóricas de cómo se efectúan los cálculos de dispersión, los receptores de interés considerados, la topografía y usos de suelo del área de estudio y posteriormente los resultados de concentración o depositación obtenidos en la modelación para cada contaminante por cada estadístico normado y según el tiempo de permanencia (concentración de los contaminantes en el tiempo) que se requiera evaluar.

7.1. Emisiones Consideradas en el Escenario Modelado

Con el fin de evaluar la dispersión de los contaminantes generados por las fuentes, como material particulado (MP10), material particulado respirable fino (MP2,5), dióxido de azufre (SO2), óxidos de nitrógeno (NOX) y monóxido de carbono (CO) para el escenario anual más desfavorable, se realizó una modelación de dispersión de contaminantes considerando las emisiones generadas por el Proyecto en el peor escenario.

De acuerdo con el análisis anual de lo expuesto en el informe de estimación de emisiones del Capítulo 3.1.1.5 del presente EIA, el escenario más desfavorable en términos de calidad del aire para material particulado corresponde a los primeros 12 meses de la fase de construcción, la cual tiene un total de 24 meses.

Tabla 7. Emisiones anuales del Proyecto

AÑO 1	Emisiones Anuales (ton/año)					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MPS
Año 1 – 12 meses	**2,62**	**54,54**	**14,33**	**8,96**	**27,64**	**112,86**
Año 2 – 12 meses	**1,83**	**42,46**	**11,73**	**6,54**	**23,08**	**97,24**

Fuente: Elaboración propia en base a emisiones presentadas en Capítulo 3.1.1.5 de la EIA.

De los resultados antes expuestos se respalda que el escenario más desfavorable corresponde al AÑO 1, considerando de esta manera el escenario más desfavorable posible para la modelación, el cual se muestra en detalle por actividad en la Tabla 8.

Tabla 8. Emisiones del Proyecto peor escenario, AÑO 1

Actividad	Emisiones Escenario más Desfavorable (ton/año)					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MPS
Excavación	0,00	0,00	0,00	1,28	1,81	12,20
Escarpe	0,00	0,00	0,00	0,23	1,57	1,57
Nivelación	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,62
Compactación	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,09
Carga	0,00	0,00	0,00	0,01	0,08	0,17
Descarga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04
Tránsito camino no pavimentado	0,00	0,00	0,00	0,64	6,48	21,17
Tránsito camino pavimentado	0,00	0,00	0,00	3,41	14,13	73,63
Combustión interna de motores vehículos Caminos No Pavimentados	0,0004	0,16	0,007	0,001	0,001	0,001

Actividad	Emisiones Escenario más Desfavorable (ton/año)					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MPS
Combustión interna de motores vehículos Caminos Pavimentados	0,02	7,89	0,39	0,08	0,08	0,08
Combustión interna de motores Maquinaria fuera de ruta	0,03	7,37	5,51	0,49	0,49	0,49
GE	2,57	39,11	8,42	2,74	2,74	2,74
Total Emisiones	**2,62**	**54,54**	**14,33**	**8,96**	**27,64**	**112,86**

Fuente: Elaboración propia en base a emisiones presentadas del Proyecto.

Es importante mencionar que estas actividades se desarrollaran espacialmente dentro del área del proyecto y en los caminos no pavimentados y pavimentados de acceso. Todos estos sectores serán considerados como fuentes de emisión en la modelación.

7.2. Base Teórica del Modelo de Dispersión Atmosférica Sistema WRF-Calpuff

La aplicación de modelos de dispersión atmosférica permite determinar el aporte de las emisiones provenientes de fuentes emisoras, en localidades y sectores aledaños a las instalaciones de un determinado proyecto, permitiendo de este modo, asignar las cuotas de responsabilidad en los niveles de calidad del aire medidos en su entorno.

Para determinar el efecto que tendrán las emisiones de material particulado y gases provenientes de la construcción del Proyecto, se utilizó un sistema acoplado de dos modelos: El modelo atmosférico Weather Research and Forecasting (WRF), y el modelo CALPUFF, simulador de la dispersión de contaminantes en la atmósfera. Ambos conforman el sistema de modelación WRF-CALPUFF. A continuación, se explica brevemente de que trata cada uno:

7.2.1. Modelo Atmosférico WRF

WRF es un modelo numérico de pronóstico e investigación atmosférica, desarrollado por el Centro Nacional para la investigación Atmosférica (NCAR) y los Centros Nacionales para la Predicción Medioambiental (NCEP), ambas entidades norteamericanas.

Destaca sobre otros modelos porque considera los efectos de la superficie terrestre, lo que permite resolver o pronosticar los fenómenos meteorológicos inducidos o influenciados por esa estructura. Su uso está aceptado por el Servicio de Evaluación Ambiental en Chile, para ser aplicado dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, ya que permite cubrir la necesidad de ampliar la resolución espacial que poseen las estaciones de monitoreo.

La forma de trabajo de WRF comprende la resolución de las ecuaciones primitivas de la atmósfera, utilizando una descripción euleriana. Además, es un modelo no hidrostático, es decir, incluye la variación de presión en el eje vertical de la atmósfera dentro de sus ecuaciones. Su manejo comprende dos componentes importantes, el primero de ellos corresponde al WRF Pre-processing System (WPS) donde se preparan los archivos de entrada para las simulaciones y el WRF Model (núcleo dinámico) donde se integran las ecuaciones dinámicas y termodinámicas, modelos de nubes, superficie, radiación, microfísica, entre otros.

Las variables meteorológicas más importantes que inciden en la dispersión de las emisiones atmosféricas corresponden a la temperatura, velocidad del viento y estabilidad atmosférica de la localidad sometida a evaluación. Estas variables son utilizadas como entradas en los modelos de dispersión de contaminantes, necesarios para predecir y evaluar los impactos ambientales actuales o de futuros proyectos. Es por esta razón que es necesario introducir los resultados obtenidos del modelo WRF al modelo CALPUFF por lo que el modelo WRF genera una salida única de

archivo tipo paquete que trae cifrada toda la información necesaria para ser ingresada directamente al modelo de dispersión Calpuff sin necesidad de procesarla, disminuyendo de esta manera la pérdida de calidad de los datos.

7.2.2. Modelo de Dispersión CALPUFF

El modelo CALPUFF es un sistema avanzado de modelación meteorológica y de calidad el aire, no estacionario, desarrollado por Sigma Research Corporation (SRC)[2] a fines de la década de 1980. La versión número seis del modelo está aprobada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), lo que convierte a este modelo en una herramienta ampliamente utilizada a nivel mundial. De forma particular, al igual que WRF, el modelo CALPUFF está aprobado por el Servicio de Evaluación Ambiental en Chile, para poder emplearlo dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

CALPUFF modela el transporte y dispersión de contaminantes emitidos por las fuentes emisoras en forma de paquetes o puff de material, procesándolos a través del dominio de modelación. Este modelo incluye tres componentes principales: WRF, CALPUFF y CALPOST, además de una larga selección de preprocesadores, diseñados para incluir datos meteorológicos y geofísicos en el modelo, simula campos de viento y temperatura en un dominio de modelación engrillado y tridimensional, pero en menor resolución que el modelo WRF. En el caso de la modelación de dispersión, CALPUFF modela la dispersión de contaminantes y su post procesador CALPOST procesa las salidas de CALPUFF creando archivos con las tabulaciones necesarias que permitan la evaluación de resultados.

7.3. Variables de Entrada Ingresadas a la Modelación

El sistema de modelación WRF-CALPUFF requiere de la siguiente información de entrada:

- **Archivos NCEP-FNL (Final):** Información de entrada para el modelo WRF, con una resolución espacial de 1km x 1km (url: https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/).
- **Uso de Suelo[3]:** Esta información permite definir los coeficientes de rugosidad superficial, razón de Bowen y albedo. Los usos de suelo presentes en el área de estudio se encuentran en la Tabla 9.

Tabla 9. Características uso de suelo

Uso de Suelo	Albedo[4]		Razón de Bowen[5]		Rugosidad Superficial (cm)	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
Bosque perenne de hoja ancha	12	12	1	1	50	50
Bosque aguja decidua	14	15	1	1	50	50
Bosque hoja caduca	16	17	1	1	50	50
Bosque Mixto	13	14	0,5	0,5	50	50
Matorral	22	25	1	1	10	10
Mezcla de hierbas	20	24	1	1	11	10
Cultivos	0,18	0,23	1,0	1,0	14	5
Sabana	20	20	1	1	15	15

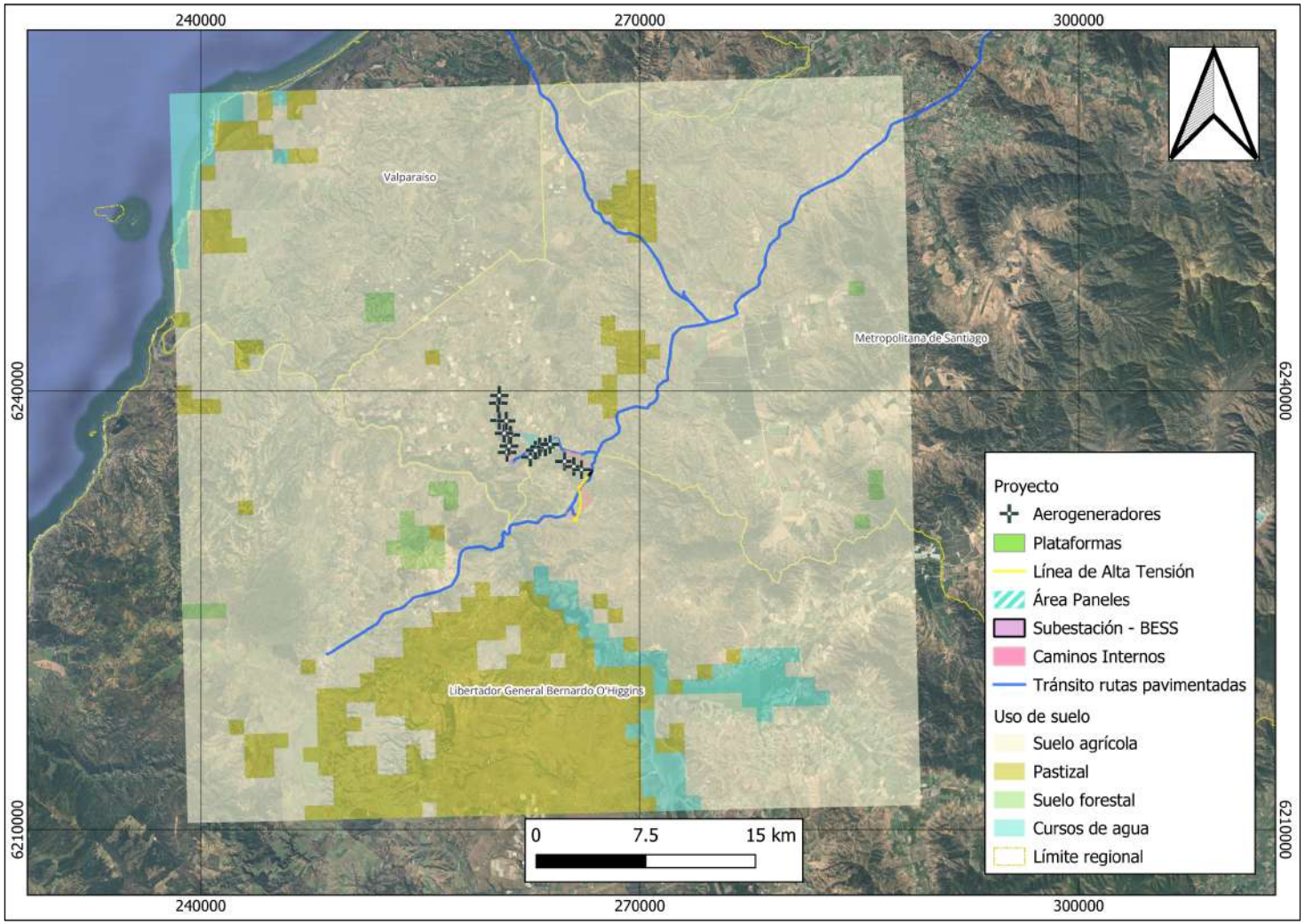
[2] Url: http://www.src.com
[3] Información obtenida a partir de preprocesador CTGPROC.
[4] Albedo: reflectividad a la luz solar del suelo (expresada como fracción respecto a la unidad).
[5] Razón de Bowen: definida como la razón entre flujos sensibles y latentes, a nivel de superficie.

Uso de Suelo	Albedo[4]		Razón de Bowen[5]		Rugosidad Superficial (cm)	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
Pradera	19	23	1	1	12	10
Humedal Herbáceo	14	14	0,5	0,5	20	20
Pastos de cultivos mixtos	18	23	1	1	15	5
Urbano	18	18	1,5	1,5	50	50
Mosaico de bosques de cultivo	16	20	1	1	20	20

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 presenta los usos de suelo presentes en el área de estudio, indicados en la Tabla anterior.

Figura 13. Usos de suelo



Fuente: Elaboración propia, en base a información WRF .

a) **Data de emisiones:** Corresponde al valor emitido por cada fuente considerada en los diferentes escenarios de modelación y su localización en el territorio. Para el presente estudio, las emisiones utilizadas se encuentran en la Tabla 8 correspondiente al peor escenario.

Tabla 10. Fuentes de emisión

Tipo	ID	Descripción	Emisiones (kg/(m²·yr)					
			MPS	CO	NO2	MP10	MP2.5	SO2
LINE_AREA	SRC_1	1	0,0001464	0,0000015	0,0000026	0,0000358	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_2	2	0,0001462	0,0000015	0,0000026	0,0000357	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_3	3	0,0001447	0,0000015	0,0000026	0,0000354	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_4	4	0,0001462	0,0000015	0,0000026	0,0000357	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_5	5	0,0001463	0,0000015	0,0000026	0,0000358	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_6	6	0,0001463	0,0000015	0,0000026	0,0000358	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_7	7	0,0001463	0,0000015	0,0000026	0,0000358	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_8	8	0,0001463	0,0000015	0,0000026	0,0000358	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_9	9	0,0001463	0,0000015	0,0000026	0,0000358	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_10	10	0,0004435	0,0000013	0,0000042	0,0001098	0,0000114	0,0000000
LINE_AREA	SRC_11	11	0,0001210	0,0000012	0,0000023	0,0000315	0,0000034	0,0000000
LINE_AREA	SRC_12	12	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_13	13	0,0000922	0,0000012	0,0000021	0,0000246	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_14	14	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_15	15	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_16	16	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_17	17	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_18	18	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_19	19	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_20	20	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_21	21	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_22	22	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_23	23	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000

Tipo	ID	Descripción	Emisiones (kg/(m²·yr)					
			MPS	CO	NO2	MP10	MP2.5	SO2
LINE_AREA	SRC_24	24	0,0000225	0,0000012	0,0000021	0,0000080	0,0000011	0,0000000
LINE_AREA	SRC_25	25	0,0000925	0,0000012	0,0000021	0,0000247	0,0000027	0,0000000
LINE_AREA	SRC_26	26	0,0001223	0,0000015	0,0000019	0,0000302	0,0000059	0,0000000
LINE_AREA	SRC_27	27	0,0001237	0,0000008	0,0000017	0,0000304	0,0000035	0,0000000
LINE_AREA	SRC_28	28	0,0001520	0,0000008	0,0000017	0,0000372	0,0000065	0,0000000
LINE_AREA	SRC_29	29	0,0001518	0,0000008	0,0000017	0,0000372	0,0000065	0,0000000
LINE_AREA	SRC_30	30	0,0001519	0,0000015	0,0000026	0,0000372	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_31	31	0,0001519	0,0000015	0,0000027	0,0000372	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_32	32	0,0001463	0,0000015	0,0000026	0,0000358	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_33	33	0,0001358	0,0000008	0,0000017	0,0000351	0,0000048	0,0000000
LINE_AREA	SRC_34	34	0,0001466	0,0000015	0,0000027	0,0000358	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_35	35	0,0001447	0,0000015	0,0000026	0,0000354	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_36	36	0,0001466	0,0000015	0,0000027	0,0000358	0,0000060	0,0000000
LINE_AREA	SRC_37	37	0,0010150	0,0000034	0,0000102	0,0002434	0,0000274	0,0000000
LINE_AREA	SRC_38	38	0,0001468	0,0000031	0,0000048	0,0000360	0,0000061	0,0000000
LINE_AREA	SRC_39	39	0,0001358	0,0000008	0,0000017	0,0000351	0,0000048	0,0000000
LINE_AREA	SRC_40	40	0,0001235	0,0000008	0,0000017	0,0000304	0,0000035	0,0000000
LINE_AREA	SRC_41	41 OH	0,0001356	0,0000008	0,0000017	0,0000350	0,0000048	0,0000000
LINE_AREA	SRC_42	41 RM	0,0001235	0,0000008	0,0000017	0,0000304	0,0000035	0,0000000
LINE_AREA	SRC_43	42	0,0001216	0,0000008	0,0000017	0,0000299	0,0000035	0,0000000
LINE_AREA	SRC_44	43	0,0001528	0,0000015	0,0000027	0,0000375	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_45	44	0,0001526	0,0000015	0,0000027	0,0000374	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_46	45	0,0001510	0,0000015	0,0000026	0,0000370	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_47	46	0,0001524	0,0000015	0,0000031	0,0000374	0,0000066	0,0000000

Tipo	ID	Descripción	Emisiones (kg/(m²·yr)					
			MPS	CO	NO2	MP10	MP2.5	SO2
LINE_AREA	SRC_48	47	0,0001503	0,0000015	0,0000026	0,0000368	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_49	48	0,0001523	0,0000015	0,0000027	0,0000373	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_50	49	0,0001519	0,0000015	0,0000027	0,0000372	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_51	50	0,0001521	0,0000015	0,0000026	0,0000373	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_52	51	0,0001520	0,0000015	0,0000026	0,0000373	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_53	52	0,0001519	0,0000015	0,0000026	0,0000372	0,0000066	0,0000000
LINE_AREA	SRC_54	III	0,0000730	0,0000001	0,0000019	0,0000140	0,0000034	0,0000000
LINE_AREA	SRC_55	IV RV	0,0000703	0,0000004	0,0000085	0,0000136	0,0000033	0,0000000
LINE_AREA	SRC_56	IV RM	0,0000707	0,0000004	0,0000085	0,0000136	0,0000034	0,0000000
LINE_AREA	SRC_57	V	0,0000791	0,0000004	0,0000090	0,0000153	0,0000038	0,0000000
LINE_AREA	SRC_58	VI	0,0000086	0,0000000	0,0000005	0,0000016	0,0000004	0,0000000
LINE_AREA	SRC_59	VII	0,0001545	0,0000009	0,0000174	0,0000298	0,0000073	0,0000001
LINE_AREA	SRC_60	VIII	0,0001035	0,0000006	0,0000120	0,0000200	0,0000049	0,0000000
LINE_AREA	SRC_61	IX	0,0001614	0,0000006	0,0000126	0,0000311	0,0000076	0,0000000
LINE_AREA	SRC_62	X	0,0000873	0,0000004	0,0000084	0,0000168	0,0000041	0,0000000
LINE_AREA	SRC_63	XI	0,0000964	0,0000005	0,0000111	0,0000186	0,0000046	0,0000000
LINE_AREA	SRC_64	XII	0,0000170	0,0000003	0,0000060	0,0000033	0,0000009	0,0000000
LINE_AREA	SRC_65	XIII	0,0000151	0,0000001	0,0000018	0,0000029	0,0000007	0,0000000
LINE_AREA	SRC_66	XIV	0,0001716	0,0000009	0,0000180	0,0000331	0,0000081	0,0000001
LINE_AREA	SRC_67	XV	0,0001596	0,0000008	0,0000163	0,0000308	0,0000076	0,0000000
LINE_AREA	SRC_68	XVI	0,0001703	0,0000009	0,0000181	0,0000328	0,0000081	0,0000001
LINE_AREA	SRC_69	XVII	0,0001717	0,0000009	0,0000181	0,0000331	0,0000082	0,0000001
LINE_AREA	SRC_70	XVIII	0,0000874	0,0000005	0,0000090	0,0000169	0,0000041	0,0000000
LINE_AREA	SRC_71	XIX	0,0000267	0,0000001	0,0000017	0,0000051	0,0000013	0,0000000

Tipo	ID	Descripción	Emisiones (kg/(m²·yr)					
			MPS	CO	NO2	MP10	MP2.5	SO2
LINE_AREA	SRC_72	XX	0,0000267	0,0000001	0,0000017	0,0000051	0,0000013	0,0000000
LINE_AREA	SRC_73	XXI	0,0000267	0,0000001	0,0000017	0,0000051	0,0000013	0,0000000
AREA_POLY	SRC_74	Acopio temporal 1	0,0000032	0,0000029	0,0000038	0,0000025	0,0000006	0,0000000
AREA_POLY	SRC_75	Acopio temporal 2	0,0000032	0,0000029	0,0000038	0,0000025	0,0000006	0,0000000
AREA_POLY	SRC_76	Acopio temporal 3	0,0000032	0,0000029	0,0000038	0,0000025	0,0000006	0,0000000
AREA_POLY	SRC_77	Area Paneles 1	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2567000
AREA_POLY	SRC_78	Area Paneles 2	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2567000
AREA_POLY	SRC_79	Area Paneles 3	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2567000
AREA_POLY	SRC_80	Area Paneles 4	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2567000
AREA_POLY	SRC_81	Area Paneles 5	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
AREA_POLY	SRC_82	Area Paneles 6	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
AREA_POLY	SRC_83	Area Paneles 7	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2567000
AREA_POLY	SRC_84	BESS	0,0000190	0,0000056	0,0000074	0,0000056	0,0000025	0,0000000
AREA_POLY	SRC_85	IF 1	0,0000438	0,0000029	0,0000038	0,0000092	0,0000048	0,0000000
AREA_POLY	SRC_86	IF 2	0,0000046	0,0000029	0,0000038	0,0000028	0,0000007	0,0000000
AREA_POLY	SRC_87	IF 3	0,0000092	0,0000029	0,0000038	0,0000036	0,0000012	0,0000000
AREA_POLY	SRC_88	Plataforma 1	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_89	Plataforma 2	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_90	Plataforma 3	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_91	Plataforma 4	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_92	Plataforma 5	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_93	Plataforma 6	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_94	Plataforma 7	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_95	Plataforma 8	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000

Tipo	ID	Descripción	Emisiones (kg/(m²·yr)					
			MPS	CO	NO2	MP10	MP2.5	SO2
AREA_POLY	SRC_96	Plataforma 9	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_97	Plataforma 10	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_98	Plataforma 11	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_99	Plataforma 12	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_100	Plataforma 13	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_101	Plataforma 14	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_102	Plataforma 15	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_103	Plataforma 16	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
AREA_POLY	SRC_104	Subestación	0,0000190	0,0000056	0,0000074	0,0000056	0,0000025	0,0000000
AREA_CIRC	SRC_105	Torre 1	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_106	Torre 2	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_107	Torre 3	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_108	Torre 4	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_109	Torre 5	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_110	Torre 6	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_111	Torre 7	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_112	Torre 8	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_113	Torre 9	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_114	Torre 10	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_115	Torre 11	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_116	Torre 12	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_117	Torre 13	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_118	Torre 14	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_119	Torre 15	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001

Tipo	ID	Descripción	Emisiones (kg/(m²·yr)					
			MPS	CO	NO2	MP10	MP2.5	SO2
AREA_CIRC	SRC_120	Torre 16	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_121	Torre 17	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_122	Torre 18	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_123	Torre 19	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_CIRC	SRC_124	Torre 20	0,0006466	0,0000104	0,0000139	0,0001232	0,0000698	0,0000001
AREA_POLY	SRC_125	Botadero 1	0,0000001	0,0000011	0,0000015	0,0000001	0,0000001	0,0000000
AREA_POLY	SRC_126	Botadero 2	0,0000001	0,0000011	0,0000015	0,0000001	0,0000001	0,0000000
AREA_POLY	SRC_127	Botadero 3	0,0000001	0,0000011	0,0000015	0,0000001	0,0000001	0,0000000
AREA_POLY	SRC_128	Botadero 4	0,0000001	0,0000011	0,0000015	0,0000001	0,0000001	0,0000000
AREA_POLY	SRC_129	Botadero 5	0,0000001	0,0000011	0,0000015	0,0000001	0,0000001	0,0000000
LINE_AREA	SRC_130	Linea soterrada PE	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_131	Linea soterrada PE	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_132	Linea soterrada PE	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_133	Linea soterrada PE RM	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_134	Linea soterrada PE RM	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_135	Linea soterrada PE	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_136	Linea soterrada PE RM	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_137	Linea soterrada PE	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_138	Linea soterrada PE RM	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_139	Linea soterrada PE RM	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_140	Linea soterrada PE RM	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_141	Linea soterrada PE RM	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_142	Linea soterrada PE RM	0,5134000	1,5732000	7,3029000	0,5134000	0,5134000	0,4802000
LINE_AREA	SRC_143	Linea soterrada PV	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000

Tipo	ID	Descripción	Emisiones (kg/(m²·yr)					
			MPS	CO	NO2	MP10	MP2.5	SO2
LINE_AREA	SRC_144	Linea soterrada PV RM	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
LINE_AREA	SRC_145	Linea soterrada PV RM	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
LINE_AREA	SRC_146	Linea soterrada PV	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
LINE_AREA	SRC_147	Linea soterrada PV	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
LINE_AREA	SRC_148	Linea soterrada PV	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
LINE_AREA	SRC_149	Linea soterrada PV RM	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
LINE_AREA	SRC_150	Linea soterrada PV RM	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
LINE_AREA	SRC_151	Linea soterrada PV RM	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
LINE_AREA	SRC_152	Linea soterrada PV RM	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
LINE_AREA	SRC_153	Linea soterrada PV RM	0,2567000	0,7866000	3,6515000	0,2567000	0,2567000	0,2401000
POINT	SRC_154	GE IF1	0,4278000	1,3110000	6,0858000	0,4278000	0,4278000	0,4002000
POINT	SRC_155	GE IF 2	0,4278000	1,3110000	6,0858000	0,4278000	0,4278000	0,4002000
POINT	SRC_156	GE Planta de hormigón IF 2	0,6959000	2,1325000	9,8995000	0,6959000	0,6959000	0,6510000
POINT	SRC_157	GE IF 3	0,4278000	1,3110000	6,0858000	0,4278000	0,4278000	0,4002000

Fuente: Elaboración propia.

b) **Ubicación de puntos de interés:** Corresponde a la identificación de los receptores con representación poblacional o de recursos naturales más próximos a las fuentes para evaluar los niveles de aporte que se transportan a estos realizando la comparación con la normativa aplicable.

En el caso del proyecto se identificaron los receptores de interés cuyas coordenadas se encuentran en la Tabla 11. Adicionalmente, en la Figura 14 se muestra la ubicación de dichos puntos respecto de las instalaciones del Proyecto.

Tabla 11. Puntos de interés

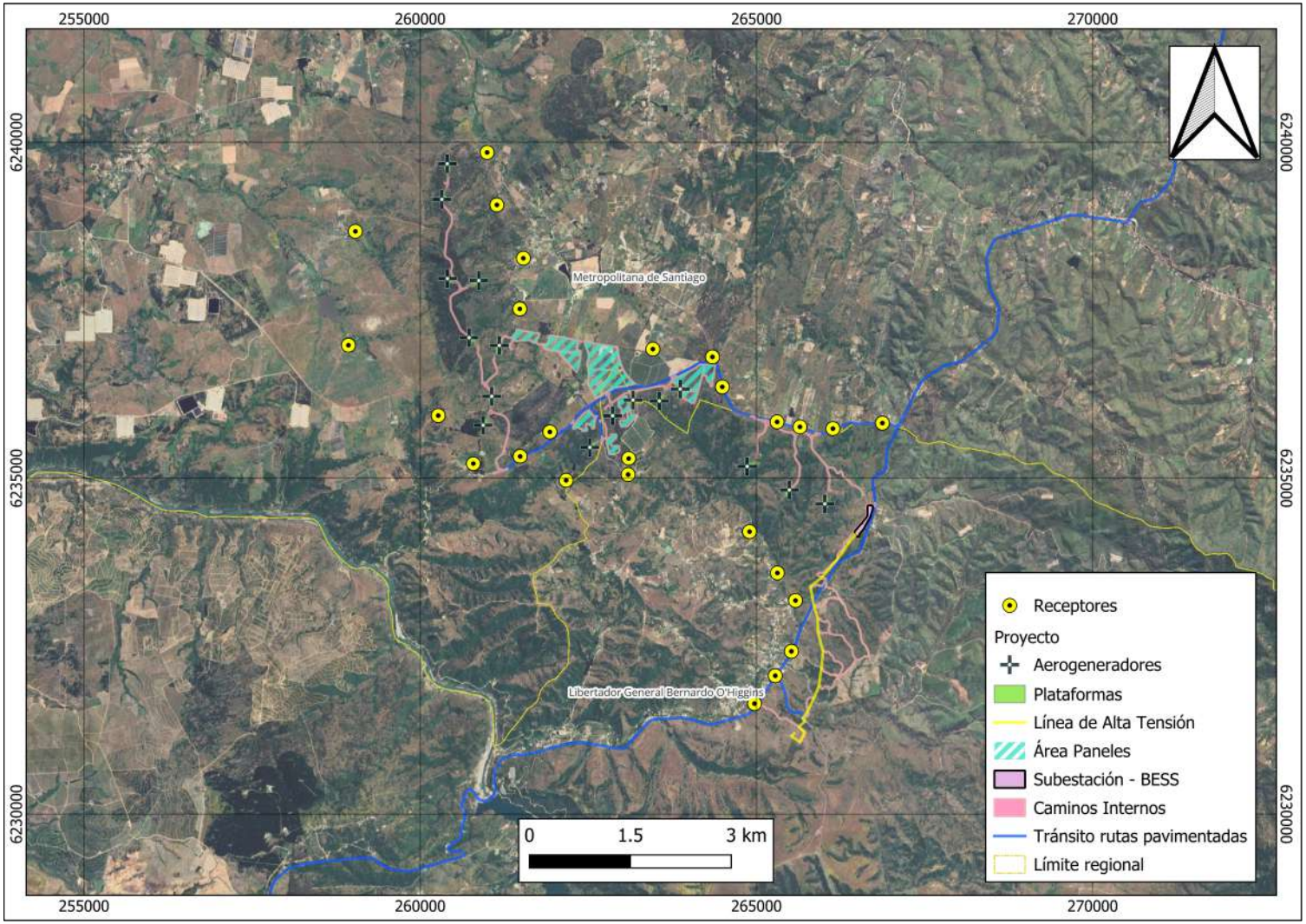
Receptor[6]	Descripción	Coordenada UTM Huso 19 S – WGS84	
		Este [m]	Norte [m]
R01	Vivienda de un piso, material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	266.870	6.235.820
R02	Vivienda de un piso, poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	266.136	6.235.732
R03	Vivienda abandonada, material ligero 1 piso. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	265.652	6.235.766
R04	Vivienda de un piso, material ligero. Camino a Rapel, San Pedro, Melipilla	265.310	6.235.839
R05	Iglesia de material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	264.490	6.236.360
R06	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	263.461	6.236.913
R07	Vivienda de un piso de material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	261.476	6.237.513
R08	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	261.546	6.238.279
R09	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	261.142	6.239.064
R10	Vivienda de un piso, material ligero. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	260.278	6.235.936
R11	Vivienda de un piso, material sólido. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	260.804	6.235.199
R12	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-822, San Pedro, Melipilla	261.480	6.235.325
R13	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	263.086	6.235.050
R14	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	263.101	6.235.293
R15	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	264.896	6.234.188
R16	Jardín Infantil Alternativo "Frutillita". Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	265.309	6.233.573
R17	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	265.602	6.233.158
R18	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	265.501	6.232.411
R19	Comité de agua potable rural Quelentaro. Quelentaro, Cardenal Caro, O'Higgins	265.275	6.232.058

[6] Se utilizan los mismos receptores de ruido, eliminando aquellos que no son ocupados por humanos, sin mantener el mismo orden.

Receptor[6]	Descripción	Coordenada UTM Huso 19 S – WGS84	
		Este [m]	Norte [m]
R20	Vivienda de 1 piso, material ligero, cercano a carretera. G-866-H, Litueche, O'Higgins	264.983	6.231.644
R21	Vivienda de un piso, material sólido. San Pedro, Melipilla	262.183	6.234.964
R22	Vivienda poco perceptible. San Pedro, Melipilla	261.948	6.235.680
R23	Vivienda de material ligero, zona de campo. San Pedro, Melipilla	258.937	6.236.977
R24	Construcción pequeña tipo galpón, material mixto, zona de campo. San Pedro, Melipilla	259.065	6.238.648
R25	Construcciones de 1 piso, bodega, zona de trabajo y vivienda de 1 piso. San Pedro, Melipilla	260.994	6.239.868
R26	Vivienda de dos pisos, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	264.338	6.236.793

Fuente: Elaboración propia.

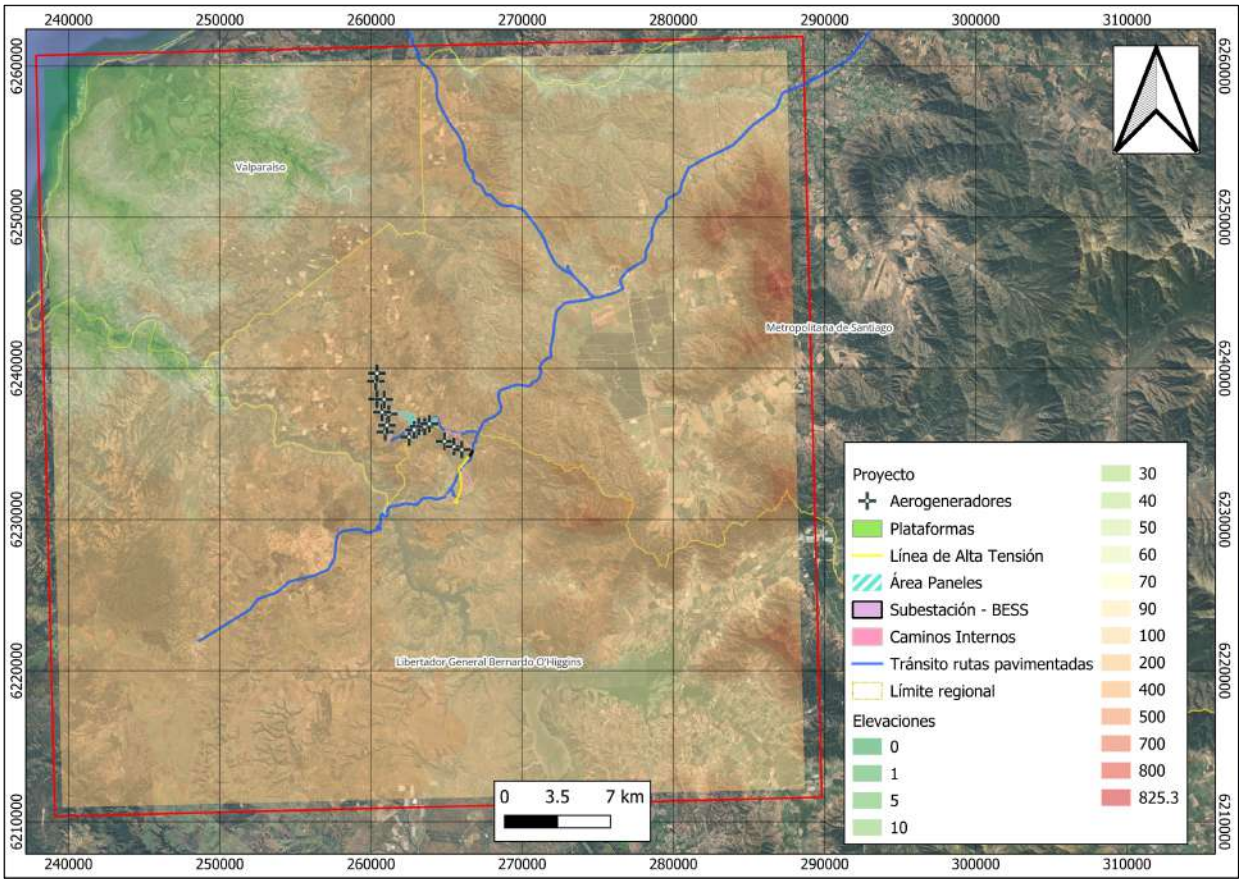
Figura 14. Puntos de interés



Fuente: Elaboración propia.

c) **Topografía del área de modelación:** Esta información es obtenida de datos satelitales para la zona de estudio y alimenta el modelo meteorológico WRF quien a su vez alimenta el modelo de dispersión Calpuff. En la Figura 15 se presenta la topografía del área de modelación en tres dimensiones, en la cual se observan las principales variaciones topográficas del terreno. Las curvas de terreno están espaciadas cada 200 metros (el archivo digital de elevación fue adjunto y tiene extensión *.grd).

Figura 15. Topografía del área de modelación



Fuente: Elaboración propia.

7.4. Resultados de la Modelación

Los aportes del Proyecto fueron evaluados en los sectores de su entorno, para el análisis de cumplimiento de las normas primarias y secundarias de calidad del aire las que, de acuerdo con su cumplimiento, permitirán al Titular determinar si el Proyecto generará efectos adversos significativos sobre la salud de la población y sobre la calidad y cantidad de los recursos naturales renovables.

7.4.1. Aportes Obtenidos de la Modelación

En esta sección se presentan los aportes obtenidos por la modelación del escenario más desfavorable del Proyecto en los puntos de interés poblacional y de recursos naturales (receptores discretos). En la Tabla 12 y Tabla 13 se muestran los aportes del Proyecto en cada uno de los receptores de interés.

Tabla 12. Aportes del Proyecto en puntos de interés de material particulado, peor escenario

ID	Puntos de Interés	MP_{10} (µg/m³)		$MP_{2,5}$ (µg/m³)		MPS (mg/m²día)	
		Primaria		Primaria		Secundaria	
		Media Anual	P98 Diario	Media Anual	P98 Diario	Media Anual	Media Mensual
R1	Vivienda de un piso, material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,61	1,89	0,17	0,48	0,017	0,020
R2	Vivienda de un piso, poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	1,29	4,57	0,31	0,84	0,054	0,066
R3	Vivienda abandonada, material ligero 1 piso. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	1,30	3,93	0,30	0,80	0,037	0,040
R4	Vivienda de un piso, material ligero. Camino a Rapel, San Pedro, Melipilla	1,12	3,77	0,26	0,84	0,031	0,036
R5	Iglesia de material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	1,33	5,05	0,36	0,86	0,112	0,119
R6	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,78	4,20	0,31	1,56	0,017	0,024
R7	Vivienda de un piso de material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,30	1,30	0,14	0,56	0,008	0,010
R8	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,11	0,40	0,05	0,17	0,003	0,004
R9	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,10	0,40	0,04	0,17	0,003	0,003
R10	Vivienda de un piso, material ligero. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,09	0,44	0,04	0,17	0,002	0,002
R11	Vivienda de un piso, material sólido. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,24	1,17	0,11	0,44	0,005	0,006
R12	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-822, San Pedro, Melipilla	0,61	2,18	0,20	0,65	0,024	0,031
R13	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,23	1,14	0,09	0,45	0,005	0,006
R14	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	0,95	4,40	0,33	1,39	0,016	0,021
R15	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,12	0,39	0,04	0,13	0,002	0,003
R16	Jardín Infantil Alternativo "Frutillita". Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,24	0,92	0,07	0,22	0,004	0,006
R17	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,52	1,93	0,15	0,48	0,010	0,013
R18	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,30	0,75	0,09	0,23	0,006	0,007
R19	Comité de agua potable rural Quelentaro. Quelentaro, Cardenal Caro, O'Higgins	0,33	0,84	0,09	0,20	0,007	0,007
R20	Vivienda de 1 piso, material ligero, cercano a carretera. G-866-H, Litueche, O'Higgins	0,26	0,69	0,05	0,12	0,005	0,006
R21	Vivienda de un piso, material sólido. San Pedro, Melipilla	0,11	0,66	0,05	0,25	0,002	0,003
R22	Vivienda poco perceptible. San Pedro, Melipilla	0,71	3,59	0,26	1,13	0,017	0,022

ID	Puntos de Interés	MP_{10} (µg/m³)		$MP_{2,5}$ (µg/m³)		MPS (mg/m²día)	
		Primaria		Primaria		Secundaria	
		Media Anual	P98 Diario	Media Anual	P98 Diario	Media Anual	Media Mensual
R23	Vivienda de material ligero, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,02	0,11	0,01	0,05	0,000	0,001
R24	Construcción pequeña tipo galpón, material mixto, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,02	0,08	0,01	0,04	0,001	0,001
R25	Construcciones de 1 piso, bodega, zona de trabajo y vivienda de 1 piso. San Pedro, Melipilla	0,06	0,21	0,03	0,09	0,002	0,002
R26	Vivienda de dos pisos, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,95	2,94	0,30	0,89	0,027	0,031
NORMA		**50**	**130**	**20**	**50**	**100**	**150**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Aportes del Proyecto en puntos de interés de gases, peor escenario

ID	Puntos de Interés	SO_2 (µg/m³)						NO_2 (µg/m³)			CO (µg/m³)	
		Primaria			Secundaria			Primaria			Primaria	
		Media	P99	P98,5	Media	P99,7	P99,73	Media	P99	P99	P99	P99
		Anual	Diario	Horario	Anual	Diario	Horario	Anual	Diario	Horario	Horario	8 Horas
R1	Vivienda de un piso, material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,02	0,08	0,15	0,02	0,09	0,90	0,55	1,71	3,58	0,74	0,52
R2	Vivienda de un piso, poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,02	0,07	0,14	0,02	0,08	0,54	0,61	1,96	4,84	0,96	0,63
R3	Vivienda abandonada, material ligero 1 piso. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	0,02	0,08	0,17	0,02	0,08	0,66	0,59	1,97	4,97	1,20	0,80
R4	Vivienda de un piso, material ligero. Camino a Rapel, San Pedro, Melipilla	0,02	0,10	0,22	0,02	0,10	0,71	0,56	2,05	5,43	1,54	0,89
R5	Iglesia de material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,06	0,27	0,67	0,06	0,30	1,87	1,30	4,49	12,06	2,75	1,78
R6	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,13	0,78	2,51	0,13	0,97	9,37	1,83	10,68	44,88	12,47	6,36
R7	Vivienda de un piso de material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,08	0,41	0,96	0,08	0,51	3,91	1,05	5,43	19,37	5,73	3,11
R8	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,02	0,10	0,22	0,02	0,15	1,06	0,32	1,41	3,84	1,18	0,82
R9	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,01	0,05	0,12	0,01	0,05	0,35	0,19	0,73	2,14	0,75	0,45
R10	Vivienda de un piso, material ligero. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,01	0,05	0,13	0,01	0,06	0,46	0,20	0,85	2,52	0,87	0,61
R11	Vivienda de un piso, material sólido. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,01	0,08	0,16	0,01	0,15	1,78	0,23	1,32	3,41	1,44	0,95
R12	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-822, San Pedro, Melipilla	0,03	0,16	0,35	0,03	0,21	1,85	0,63	2,92	7,20	2,09	1,59
R13	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,03	0,20	0,41	0,03	0,22	1,17	0,51	2,97	7,08	1,80	1,29
R14	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	0,09	0,38	1,00	0,09	0,53	2,31	1,41	5,93	18,78	5,27	2,91
R15	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,01	0,06	0,14	0,01	0,07	0,39	0,18	0,94	2,61	0,66	0,42
R16	Jardín Infantil Alternativo "Frutillita". Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,01	0,04	0,11	0,01	0,05	0,30	0,14	0,62	1,98	0,52	0,33
R17	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,01	0,04	0,10	0,01	0,04	0,30	0,16	0,67	1,86	0,54	0,33
R18	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,01	0,04	0,10	0,01	0,05	0,26	0,13	0,60	1,86	0,47	0,34

ID	Puntos de Interés	SO_2 (µg/m³)						NO_2 (µg/m³)			CO (µg/m³)	
		Primaria			Secundaria			Primaria			Primaria	
		Media	P99	P98,5	Media	P99,7	P99,73	Media	P99	P99	P99	P99
		Anual	Diario	Horario	Anual	Diario	Horario	Anual	Diario	Horario	Horario	8 Horas
R19	Comité de agua potable rural Quelentaro. Quelentaro, Cardenal Caro, O'Higgins	0,01	0,04	0,10	0,01	0,05	0,28	0,12	0,59	1,80	0,46	0,32
R20	Vivienda de 1 piso, material ligero, cercano a carretera. G-866-H, Litueche, O'Higgins	0,01	0,04	0,09	0,01	0,04	0,26	0,11	0,61	1,69	0,43	0,30
R21	Vivienda de un piso, material sólido. San Pedro, Melipilla	0,02	0,12	0,25	0,02	0,14	0,71	0,26	1,76	4,54	1,24	0,90
R22	Vivienda poco perceptible. San Pedro, Melipilla	0,08	0,51	1,21	0,08	0,59	5,14	1,27	7,48	21,12	6,32	4,11
R23	Vivienda de material ligero, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,00	0,02	0,05	0,00	0,02	0,16	0,05	0,28	0,84	0,27	0,19
R24	Construcción pequeña tipo galpón, material mixto, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,19	0,05	0,24	0,61	0,17	0,12
R25	Construcciones de 1 piso, bodega, zona de trabajo y vivienda de 1 piso. San Pedro, Melipilla	0,01	0,04	0,07	0,01	0,04	0,22	0,15	0,53	1,35	0,42	0,28
R26	Vivienda de dos pisos, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,15	0,46	1,19	0,15	0,49	2,61	2,06	5,99	19,52	4,85	2,96
NORMA		**60**	**150**	**350**	**80**	**365**	**1.000**	**100**	**200**	**400**	**10.000**	**30.000**

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2. Puntos de Máximo Aporte

La Tabla 14 presenta la ubicación de los Puntos de Máximo Aporte (PMA) de la grilla de modelación, tanto para el material particulado (MPS, MP10, MP2,5), como para los gases (SO2, NO2 y CO), durante el peor escenario de emisiones del Proyecto.

Tabla 14. Puntos de máximo aporte (PMA), peor escenario

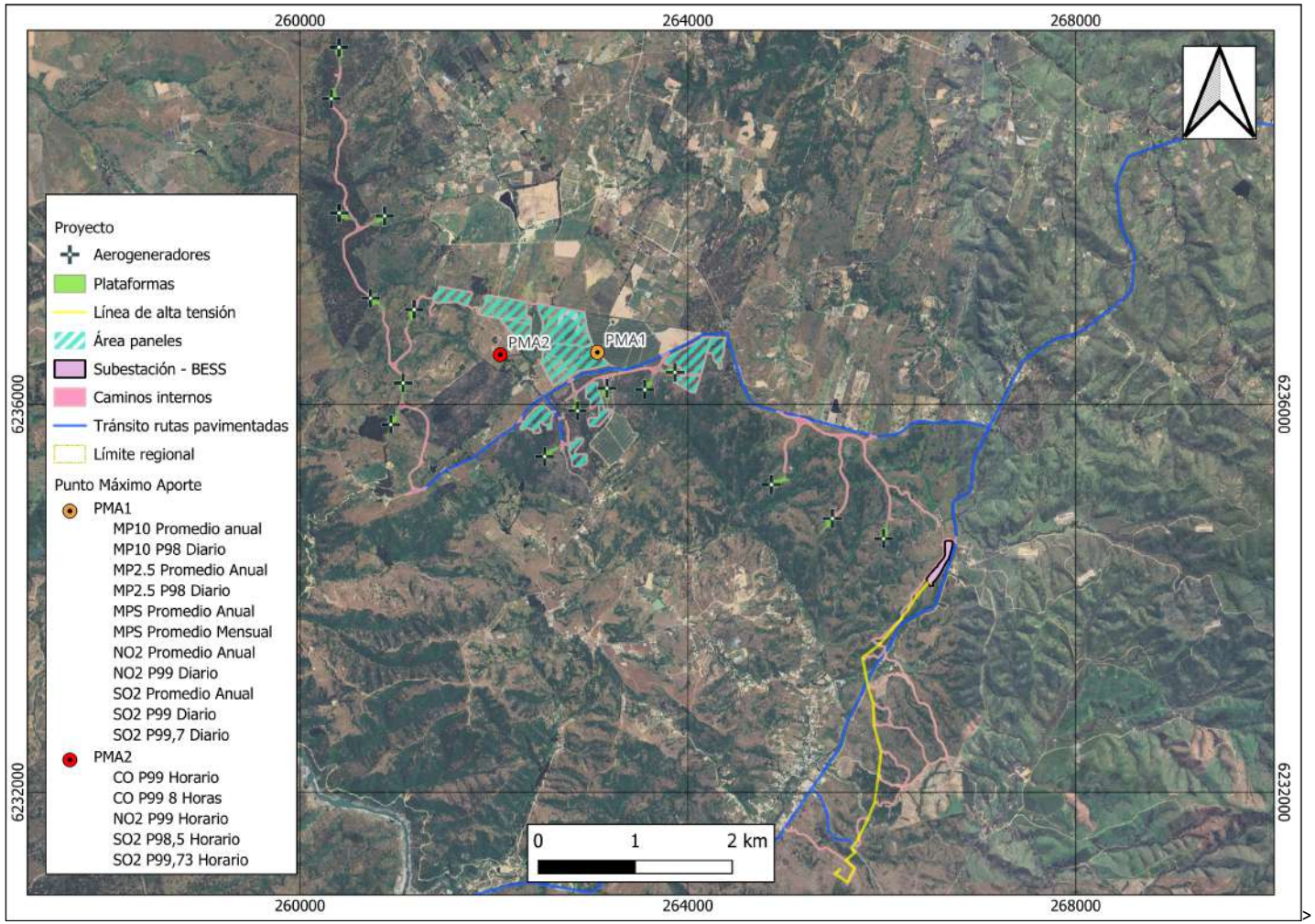
Contaminante	Estadístico	ID	PMA µg/m³	Norma	% Norma	Coordenadas UTM – WGS84 HUSO 19S	
						Este (m)	Norte (m)
MPS	Promedio Anual	PM1	0,064	100 mg/m²-día	0,1%	263.067	6.236.535
	Promedio Mensual	PM1	0,070	150 mg/m²-día	0,0%	263.067	6.236.535
MP_{10}	Promedio Anual	PM1	2,57	50 µg/m³N	5,1%	263.067	6.236.535
	Percentil 98 Diario	PM1	7,44	130 µg/m³N	5,7%	263.067	6.236.535
$MP_{2,5}$	Promedio Anual	PM1	1,07	20 µg/m³N	5,4%	263.067	6.236.535
	Percentil 98 Diario	PM1	3,05	50 µg/m³N	6,1%	263.067	6.236.535
SO_2	Promedio Anual	PM1	0,49	60 µg/m³N	0,8%	263.067	6.236.535
	Percentil 99 Diario	PM1	1,58	150 µg/m³N	1,1%	263.067	6.236.535
	Percentil 98,5 Horario	PM2	11,17	350 µg/m³N	3,2%	262.065	6.236.510
	Promedio Anual	PM1	0,49	60 µg/m³N[7]	0,8%	263.067	6.236.535
	Percentil 99,7 Diario	PM1	1,35	365 µg/m³N	0,5%	263.067	6.236.535
	Percentil 99,73 Horario	PM2	12,39	1000 µg/m³N	1,8%	262.065	6.236.510
NO_2	Promedio Anual	PM1	6,78	40 µg/m³N	17,0%	263.067	6.236.535
	Percentil 99 promedio diario	PM1	19,46	100 µg/m³N	70,6%	263.067	6.236.535
	Percentil 99 máx. 1 hora	PM2	141,27	200 µg/m³N	0,8%	262.065	6.236.510
CO	Percentil 99 8 horas	PM2	12,96	10.000 µg/m³N	0,0%	262.065	6.236.510
	Percentil 99 Horario	PM2	42,07	30.000 µg/m³N	0,4%	262.065	6.236.510

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados en los puntos de máximo aporte de la grilla de modelación, se aprecia que, para todos los contaminantes, es el mismo punto y este se encuentra cercano a las principales fuentes, en específico en las obras, es decir en sectores que no tienen representación poblacional ni en zonas de protección, por lo que no se supera la normativa primaria de calidad del aire en ningún receptor poblacional, ni la normativa secundaria sobre recursos naturales. En la Figura 16 se presenta la localización espacial de los Punto de Máximo Aporte (PMA).

[7] Debido a que el Proyecto se encuentra entre las zonas norte y sur, tal como se especifica en el Artículo 3° del D.S. N°22/10 MINSEGPRES, se tomará el límite más restrictivo, donde la máxima concentración anual corresponde a 23 ppbv (60 µg/m³N).

Figura 16. Ubicación de los puntos de máximo aporte, peor escenario



Fuente: Elaboración propia.

7.5. Análisis de Cumplimiento Normativo Ambiental

Para establecer el cumplimiento de la normativa ambiental vigente de calidad del aire, en las siguientes Tablas se muestra la comparación del Aporte del Proyecto (AP) en los receptores de interés estudiados respecto de los límites dispuestos en cada normativa, la evaluación se realiza mediante el porcentaje que representa el aporte del Proyecto en cada receptor.

En la Tabla 15 y Tabla 16 se presentan los porcentajes respecto a la norma de los aportes del Proyecto en cada punto de interés. Es importante mencionar que los aportes generados por el proyecto para Material Particulado en todos los receptores evaluados con representación poblacional no superan el <1% de los límites normados para cada contaminante evaluado.

Con respecto a los aportes de gases, el mayor aporte se encuentra para el NO2 Percentil 99 horario, que cuenta con un 22,4% de la norma para el R6. Es importante mencionar que las emisiones de gases fueron modeladas, al igual que todas las emisiones, bajo una peor condición donde todas las actividades y maquinarías se encuentran funcionando al mismo tiempo en toda la superficie del proyecto y durante todo el año, con el fin de establecer un escenario sinérgico muy conservador ya que esto no ocurrirá debido a que la ejecución del proyecto sigue secuencias dadas por un cronograma.

Tabla 15. Análisis de cumplimiento de normativa aportes del Proyecto en puntos de interés de material particulado, peor escenario

ID	Puntos de Interés	MP_{10} (µg/m³)		$MP_{2,5}$ (µg/m³)		MPS (mg/m²día)	
		Primaria		Primaria		Secundaria	
		Media Anual	P98 Diario	Media Anual	P98 Diario	Media Anual	Media Mensual
R1	Vivienda de un piso, material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	1,2%	1,5%	0,8%	1,0%	0,02%	0,01%
R2	Vivienda de un piso, poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	2,6%	3,5%	1,6%	1,7%	0,05%	0,04%
R3	Vivienda abandonada, material ligero 1 piso. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	2,6%	3,0%	1,5%	1,6%	0,04%	0,03%
R4	Vivienda de un piso, material ligero. Camino a Rapel, San Pedro, Melipilla	2,2%	2,9%	1,3%	1,7%	0,03%	0,02%
R5	Iglesia de material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	2,7%	3,9%	1,8%	1,7%	0,11%	0,08%
R6	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	1,6%	3,2%	1,6%	3,1%	0,02%	0,02%
R7	Vivienda de un piso de material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,6%	1,0%	0,7%	1,1%	0,01%	0,01%
R8	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,2%	0,3%	0,2%	0,3%	0,00%	0,00%
R9	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,2%	0,3%	0,2%	0,3%	0,00%	0,00%
R10	Vivienda de un piso, material ligero. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,2%	0,3%	0,2%	0,3%	0,00%	0,00%
R11	Vivienda de un piso, material sólido. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,5%	0,9%	0,5%	0,9%	0,00%	0,00%
R12	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-822, San Pedro, Melipilla	1,2%	1,7%	1,0%	1,3%	0,02%	0,02%
R13	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,5%	0,9%	0,4%	0,9%	0,00%	0,00%
R14	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	1,9%	3,4%	1,6%	2,8%	0,02%	0,01%
R15	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,2%	0,3%	0,2%	0,3%	0,00%	0,00%
R16	Jardín Infantil Alternativo "Frutillita". Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,5%	0,7%	0,4%	0,4%	0,00%	0,00%
R17	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	1,0%	1,5%	0,8%	1,0%	0,01%	0,01%
R18	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,6%	0,6%	0,5%	0,5%	0,01%	0,00%
R19	Comité de agua potable rural Quelentaro. Quelentaro, Cardenal Caro, O'Higgins	0,7%	0,6%	0,4%	0,4%	0,01%	0,00%
R20	Vivienda de 1 piso, material ligero, cercano a carretera. G-866-H, Litueche, O'Higgins	0,5%	0,5%	0,3%	0,2%	0,00%	0,00%

ID	Puntos de Interés	MP_{10} (µg/m³)		$MP_{2,5}$ (µg/m³)		MPS (mg/m²día)	
		Primaria		Primaria		Secundaria	
		Media Anual	P98 Diario	Media Anual	P98 Diario	Media Anual	Media Mensual
R21	Vivienda de un piso, material sólido. San Pedro, Melipilla	0,2%	0,5%	0,2%	0,5%	0,00%	0,00%
R22	Vivienda poco perceptible. San Pedro, Melipilla	1,4%	2,8%	1,3%	2,3%	0,02%	0,01%
R23	Vivienda de material ligero, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,00%	0,00%
R24	Construcción pequeña tipo galpón, material mixto, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,00%	0,00%
R25	Construcciones de 1 piso, bodega, zona de trabajo y vivienda de 1 piso. San Pedro, Melipilla	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,00%	0,00%
R26	Vivienda de dos pisos, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	1,9%	2,3%	1,5%	1,8%	0,03%	0,02%
NORMA		**50**	**130**	**20**	**50**	**100**	**150**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Análisis de cumplimiento de normativa aportes del Proyecto en puntos de interés de gases, peor escenario

ID	Puntos de Interés	SO_2 (µg/m³)						NO_2 (µg/m³)			CO (µg/m³)	
		Primaria			Secundaria			Primaria			Primaria	
		Media	P99	P98,5	Media	P99,7	P99,73	Media	P99	P99	P99	P99
		Anual	Diario	Horario	Anual	Diario	Horario	Anual	Horario	Diario	Horario	8 Horas
R1	Vivienda de un piso, material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	1,4%	1,7%	1,8%	0,0%	0,0%
R2	Vivienda de un piso, poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	1,5%	2,0%	2,4%	0,0%	0,0%
R3	Vivienda abandonada, material ligero 1 piso. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	1,5%	2,0%	2,5%	0,0%	0,0%
R4	Vivienda de un piso, material ligero. Camino a Rapel, San Pedro, Melipilla	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	1,4%	2,0%	2,7%	0,0%	0,0%
R5	Iglesia de material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,1%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,3%	3,3%	4,5%	6,0%	0,0%	0,0%
R6	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,2%	0,5%	0,7%	0,2%	0,4%	1,3%	4,6%	10,7%	22,4%	0,1%	0,0%
R7	Vivienda de un piso de material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,1%	0,3%	0,3%	0,1%	0,2%	0,6%	2,6%	5,4%	9,7%	0,1%	0,0%
R8	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,2%	0,8%	1,4%	1,9%	0,0%	0,0%
R9	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%	0,7%	1,1%	0,0%	0,0%
R10	Vivienda de un piso, material ligero. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%
R11	Vivienda de un piso, material sólido. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,6%	1,3%	1,7%	0,0%	0,0%
R12	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-822, San Pedro, Melipilla	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,3%	1,6%	2,9%	3,6%	0,0%	0,0%
R13	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	1,3%	3,0%	3,5%	0,0%	0,0%
R14	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	0,1%	0,3%	0,3%	0,1%	0,2%	0,3%	3,5%	5,9%	9,4%	0,1%	0,0%
R15	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	0,9%	1,3%	0,0%	0,0%
R16	Jardín Infantil Alternativo "Frutillita". Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,6%	1,0%	0,0%	0,0%
R17	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,7%	0,9%	0,0%	0,0%

ID	Puntos de Interés	SO_2 (µg/m³)						NO_2 (µg/m³)			CO (µg/m³)	
		Primaria			Secundaria			Primaria			Primaria	
		Media	P99	P98,5	Media	P99,7	P99,73	Media	P99	P99	P99	P99
		Anual	Diario	Horario	Anual	Diario	Horario	Anual	Horario	Diario	Horario	8 Horas
R18	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-868, Litueche, Cardenal Caro, O'Higgins	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,6%	0,9%	0,0%	0,0%
R19	Comité de agua potable rural Quelentaro. Quelentaro, Cardenal Caro, O'Higgins	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,6%	0,9%	0,0%	0,0%
R20	Vivienda de 1 piso, material ligero, cercano a carretera. G-866-H, Litueche, O'Higgins	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,6%	0,8%	0,0%	0,0%
R21	Vivienda de un piso, material sólido. San Pedro, Melipilla	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,6%	1,8%	2,3%	0,0%	0,0%
R22	Vivienda poco perceptible. San Pedro, Melipilla	0,1%	0,3%	0,3%	0,1%	0,2%	0,7%	3,2%	7,5%	10,6%	0,1%	0,0%
R23	Vivienda de material ligero, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,4%	0,0%	0,0%
R24	Construcción pequeña tipo galpón, material mixto, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,0%	0,0%
R25	Construcciones de 1 piso, bodega, zona de trabajo y vivienda de 1 piso. San Pedro, Melipilla	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,5%	0,7%	0,0%	0,0%
R26	Vivienda de dos pisos, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,2%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,4%	5,2%	6,0%	9,8%	0,0%	0,0%
NORMA		**60**	**150**	**350**	**60**	**365**	**1.000**	**40**	**200**	**100**	**10.000**	**30.000**

Fuente: Elaboración propia.

7.5.1. Evaluación del Criterio de Significancia del Aumento de Concentración de MP10 y MP2,5 sobre Receptores Humanos

Parte de las obras y actividades del Proyecto se localizan en región Metropolitana, la cual está saturada tanto por MP10 y MP2,5, como concentración diaria según el DS 131-1996 y DS 67-2014, donde además en el DTO 31-2017 Establece Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago.

Dado el estado de saturación de la zona donde se emplazará el Proyecto, es que se debe evaluar el impacto por riesgo preexistente, en cuanto al aporte o incremento de concentraciones de MP10 y MP2,5, en el o los receptores humanos de interés emplazados dentro del área delimitada por el decreto supremo.

Como se explicó anteriormente, el peor año de emisiones del Proyecto corresponde al año 1 de la fase de construcción (de una duración total de 24 meses), por lo que corresponde aplicar la Tabla de valores de significancia para un periodo de 24 meses, niveles que se exponen a continuación.

Tabla 17. Valores de significancia para el aumento de concentraciones de MP10 y MP2,5 sobre receptores humanos corregidos para impactos con una duración menor a 3 años en zonas que sobrepasen el valor de la norma

Duración Impacto		MP10 (µg/m^3).		MP2,5 (µg/m^3).	
Proporcional (Años)	Mes	24 horas	Anual	24 horas	Anual
2	24	7,50	1,50	2,57	0,50

Fuente: Criterios para evaluar la significancia del aporte de emisiones de material particulado respirable MP10 (SEA 2023)[8].

De los resultados de la modelación en los receptores identificados en el área declarada como saturada se obtuvieron los siguientes aportes.

Tabla 18. Análisis de aportes respecto de los niveles de significancia para material particulados MP10 y MP2,5

ID	Puntos de Interés	MP10 (µg/m3)		MP2,5 (µg/m3)	
		Media Anual	P98 Diario	Media Anual	P98 Diario
R1	Vivienda de un piso, material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,61	1,89	0,17	0,48
R2	Vivienda de un piso, poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	1,29	4,57	0,31	0,84
R3	Vivienda abandonada, material ligero 1 piso. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	1,30	3,93	0,30	0,80
R4	Vivienda de un piso, material ligero. Camino a Rapel, San Pedro, Melipilla	1,12	3,77	0,26	0,84
R5	Iglesia de material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	1,33	5,05	0,36	0,86
R6	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,78	4,20	0,31	1,56
R7	Vivienda de un piso de material ligero. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,30	1,30	0,14	0,56
R8	Vivienda de un piso material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,11	0,40	0,05	0,17
R9	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,10	0,40	0,04	0,17

[8] https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2023/09/08/DT_Zonas-Saturadas_MP_2023.pdf

ID	Puntos de Interés	MP10 (µg/m3)		MP2,5 (µg/m3)	
		Media Anual	P98 Diario	Media Anual	P98 Diario
R12	Vivienda de un piso, material sólido. Ruta G-822, San Pedro, Melipilla	0,61	2,18	0,20	0,65
R14	Vivienda de un piso poco perceptible por arbustos. Ruta G-840, San Pedro, Melipilla	0,95	4,40	0,33	1,39
R21	Vivienda de un piso, material sólido. San Pedro, Melipilla	0,11	0,66	0,05	0,25
R22	Vivienda poco perceptible. San Pedro, Melipilla	0,71	3,59	0,26	1,13
R23	Vivienda de material ligero, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,02	0,11	0,01	0,05
R24	Construcción pequeña tipo galpón, material mixto, zona de campo. San Pedro, Melipilla	0,02	0,08	0,01	0,04
R25	Construcciones de 1 piso, bodega, zona de trabajo y vivienda de 1 piso. San Pedro, Melipilla	0,06	0,21	0,03	0,09
R26	Vivienda de dos pisos, material sólido. Ruta G-850, San Pedro, Melipilla	0,95	2,94	0,30	0,89
LÍMITE		**1,50**	**7,50**	**0,50**	**2,57**

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados antes expuestos se puede apreciar que el proyecto presenta valores **bajo los niveles de significancia**, por lo que se descarta la posible afectación a la salud de la población, dado su magnitud, duración y alcance.

7.6. Efecto Sinérgico con Proyectos Aprobados

El análisis de efecto acumulativo se realiza con los Proyectos que cuentan con RCA que aún no han entrado a su fase de construcción, por lo que se desarrolló la búsqueda en el SEIA donde no se identificaron Proyectos que cumplan estas condiciones. De todas maneras, en la siguiente Tabla se presentan los proyectos y los antecedentes encontrados.

Tabla 19. Proyectos con RCA

Proyecto	ID SEA	Año	Estado SNIFA	Modelación
Parque Fotovoltaico Pulin	2153909303	2023	S/I	Si
Modificación Planta de aceite de oliva AgroReservas de Chile	2148725281	2022	Inicio de ejecución de proyecto (Res. Exenta SMA 860/2025)	-
Parque Solar Villa	2148373183	2021	Iniciada la fase de construcción	-
Nueva Subestación Seccionadora Loica y Nueva Línea 2x220 Kv Loica Portezuelo	2158390441	2024	Iniciada la fase de construcción	-

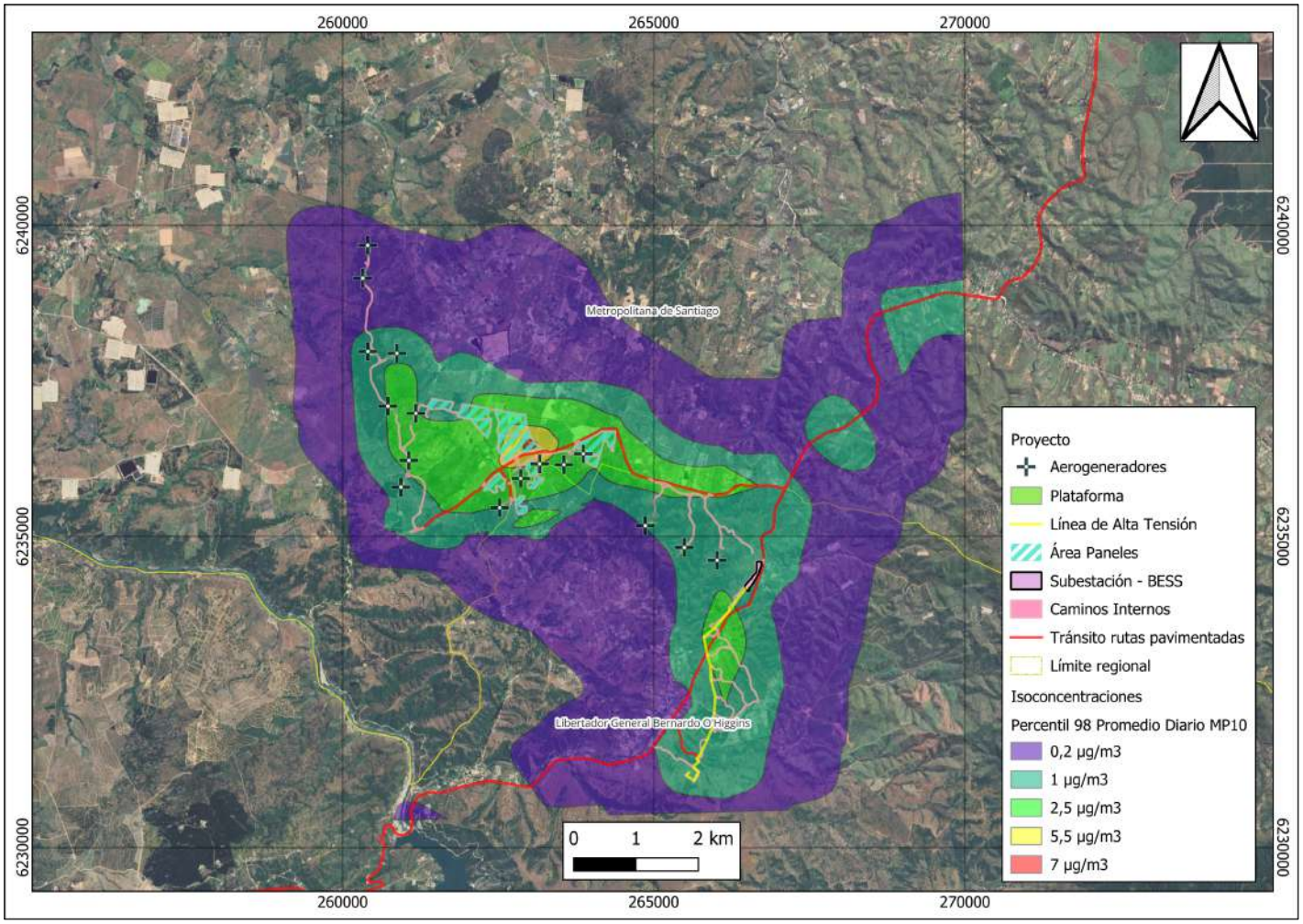
Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, el Proyecto Parque Fotovoltaico Pulin no cuenta con alguna actualización de estado en SNIFA y presenta una modelación de calidad del aire, sin embargo, las áreas de influencia no confluyen y tampoco tienen receptores en común. Conforme a ello, no podría realizarse un análisis de efecto sinérgico con proyectos aprobados.

7.7. Mapas de Isoconcentraciones

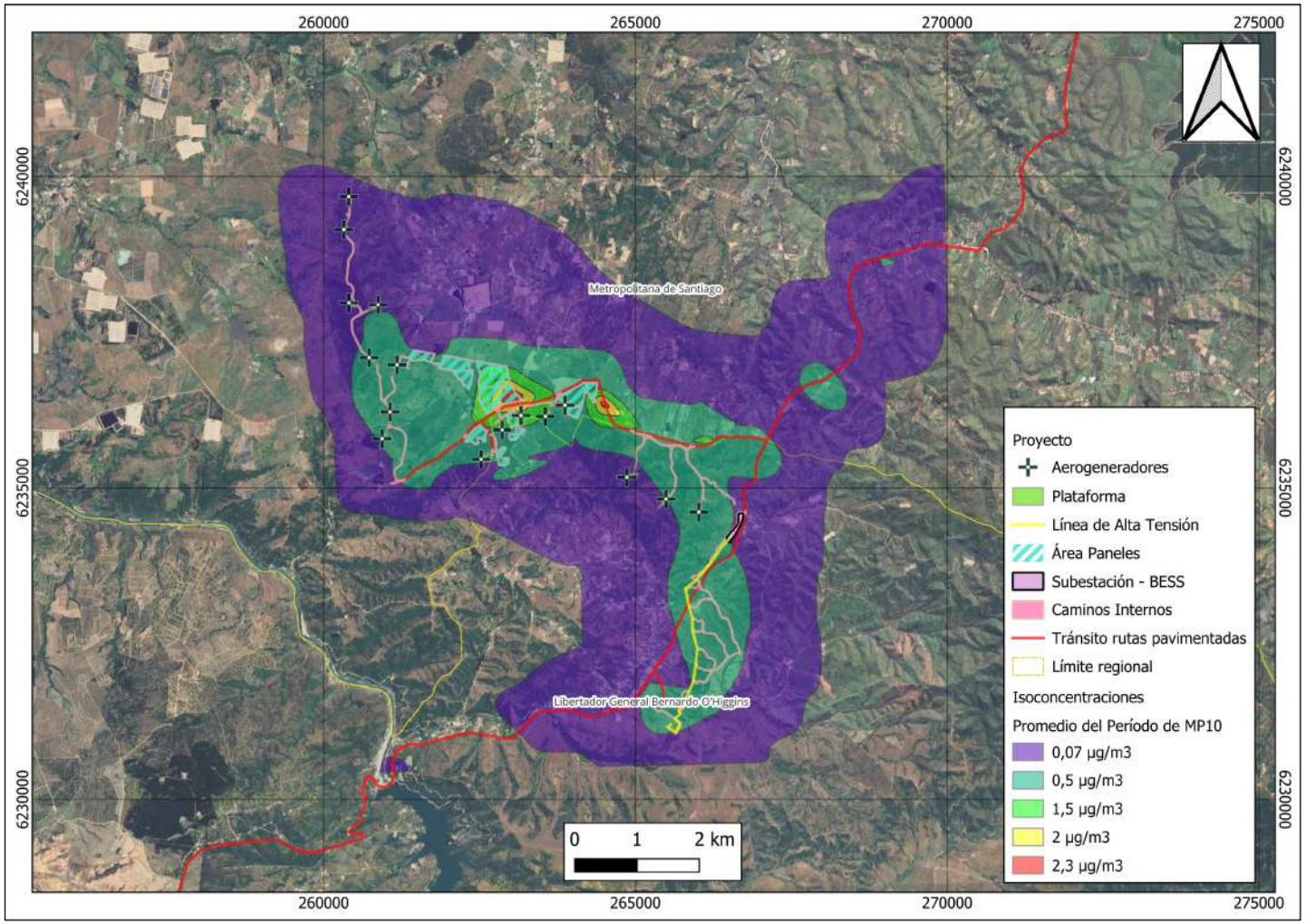
A continuación, se presentan las isolíneas de concentración de MP10, MP2,5, NO2, CO, SO2 y MPS en el entorno del Proyecto para la fase de construcción.

Figura 17. Percentil 98 Promedio Diario de MP_{10}



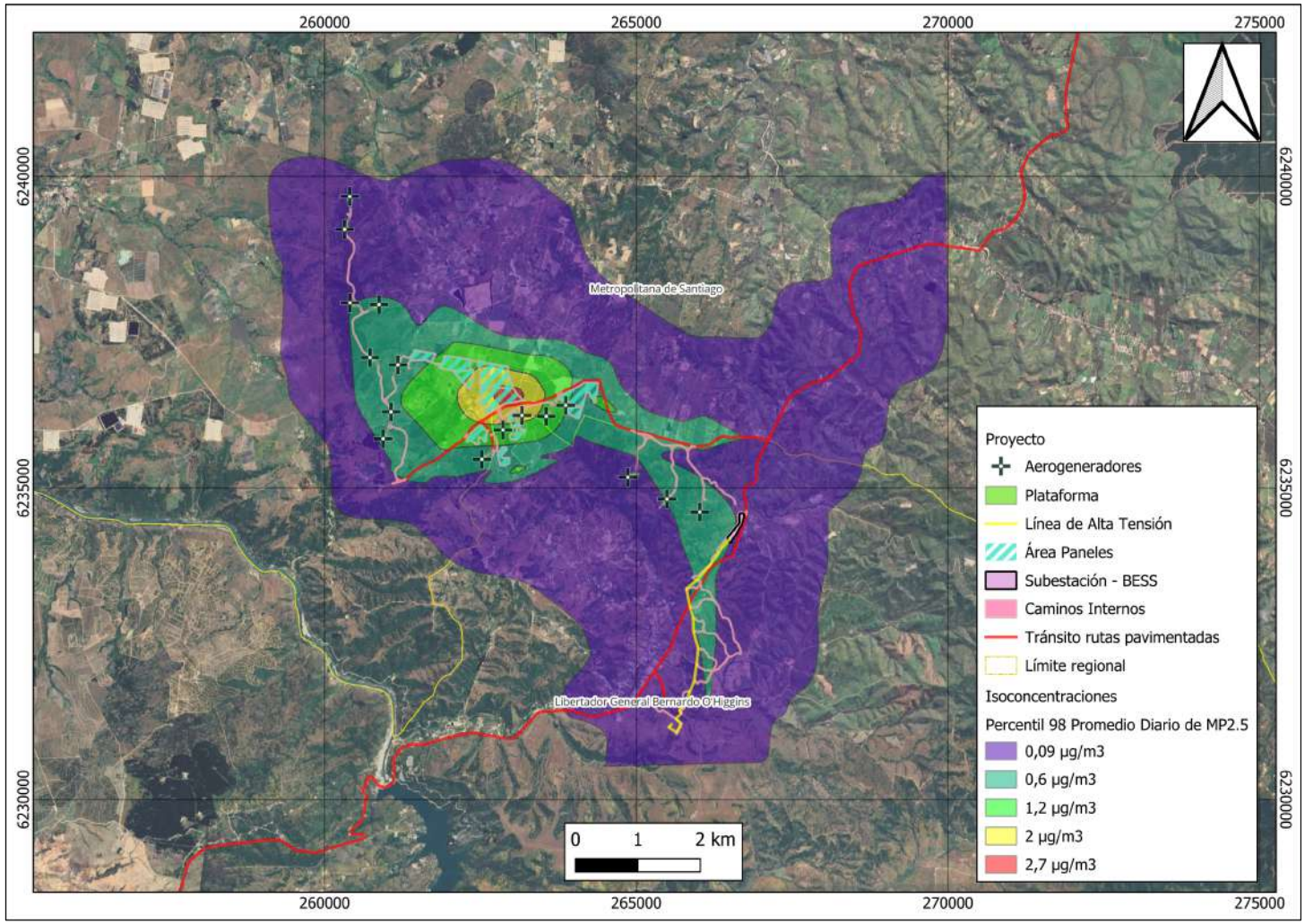
Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Promedio del Período de MP_{10}



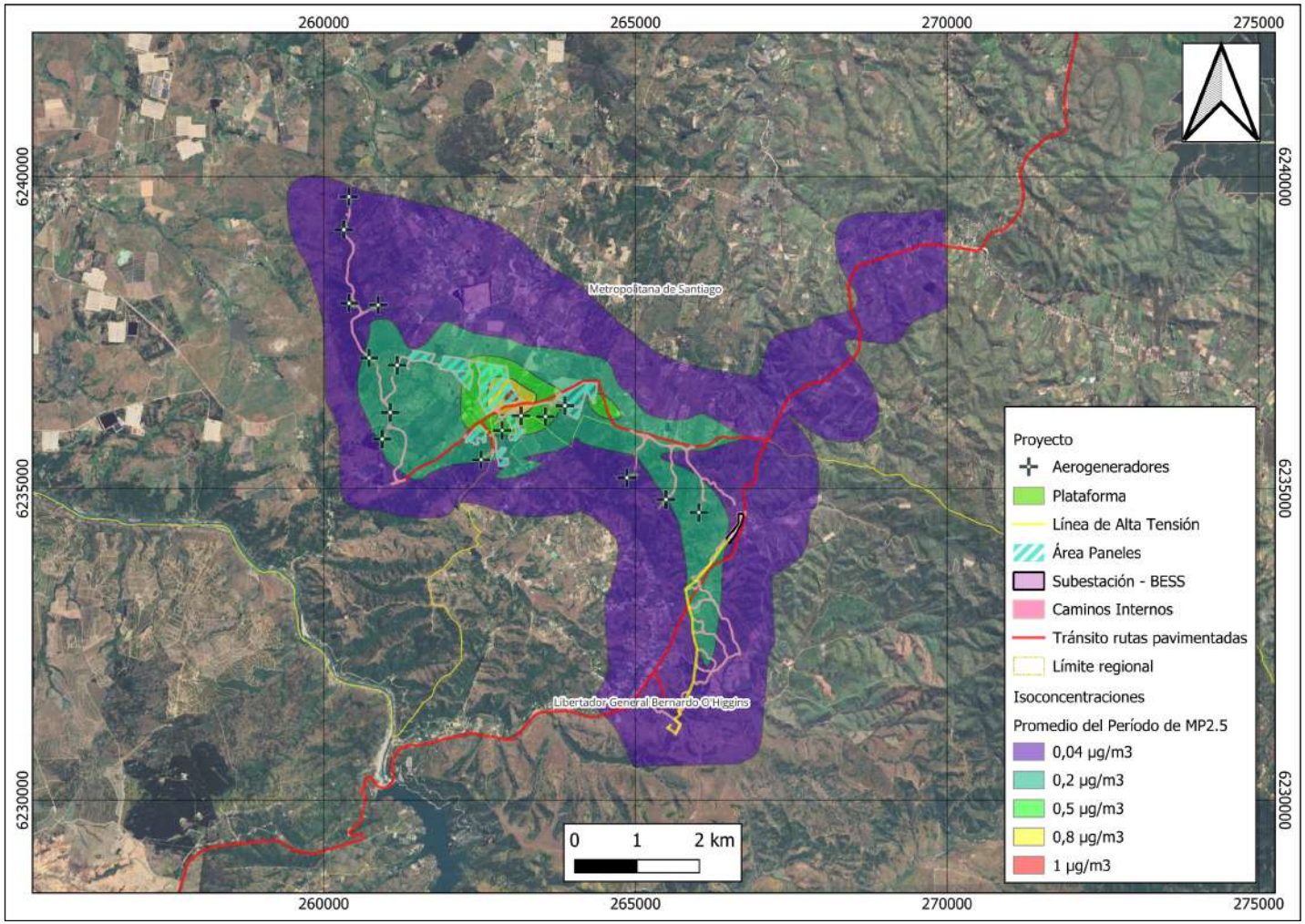
Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Percentil 98 Promedio Diario de $MP_{2,5}$



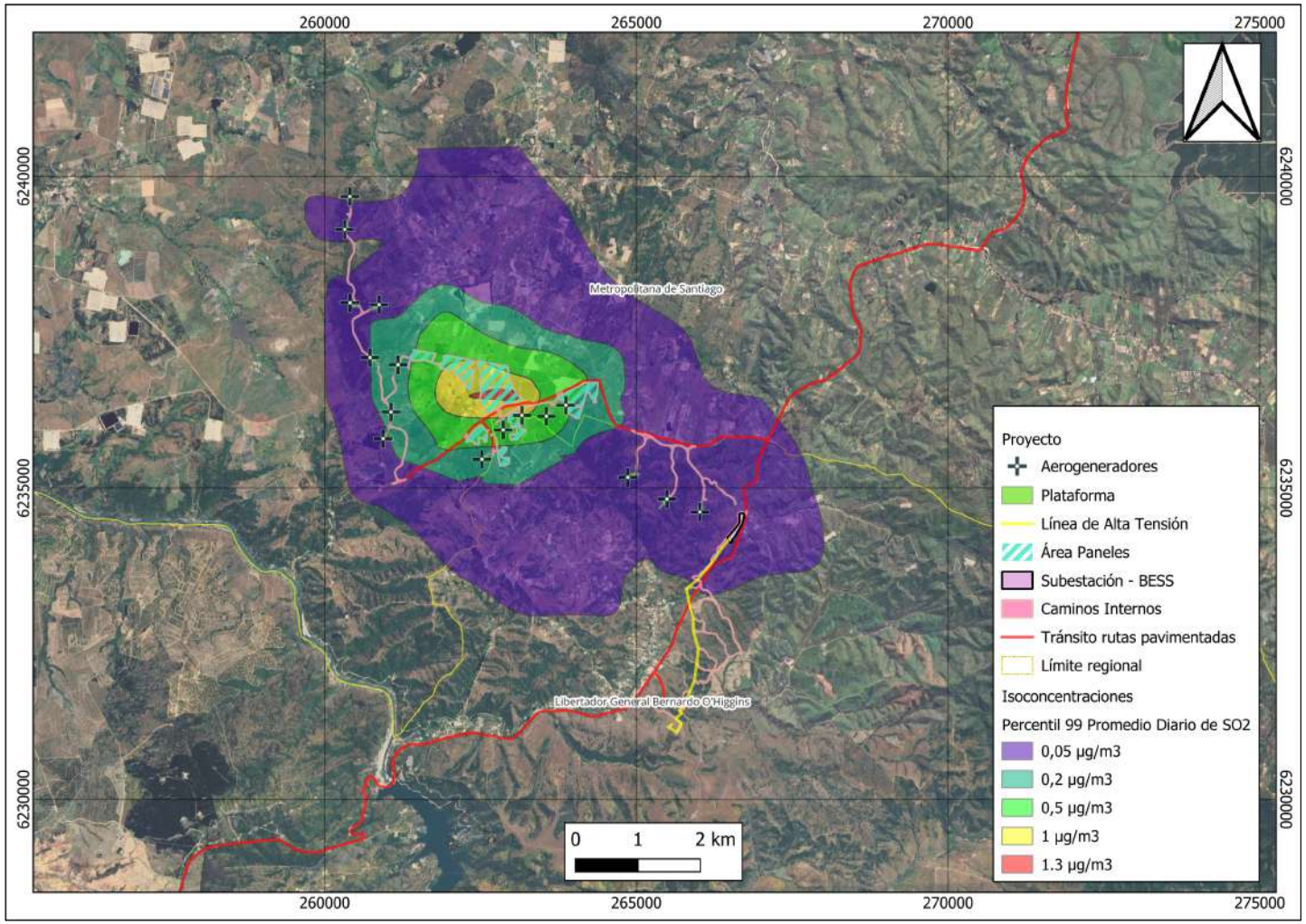
Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Promedio del Período de $MP_{2,5}$



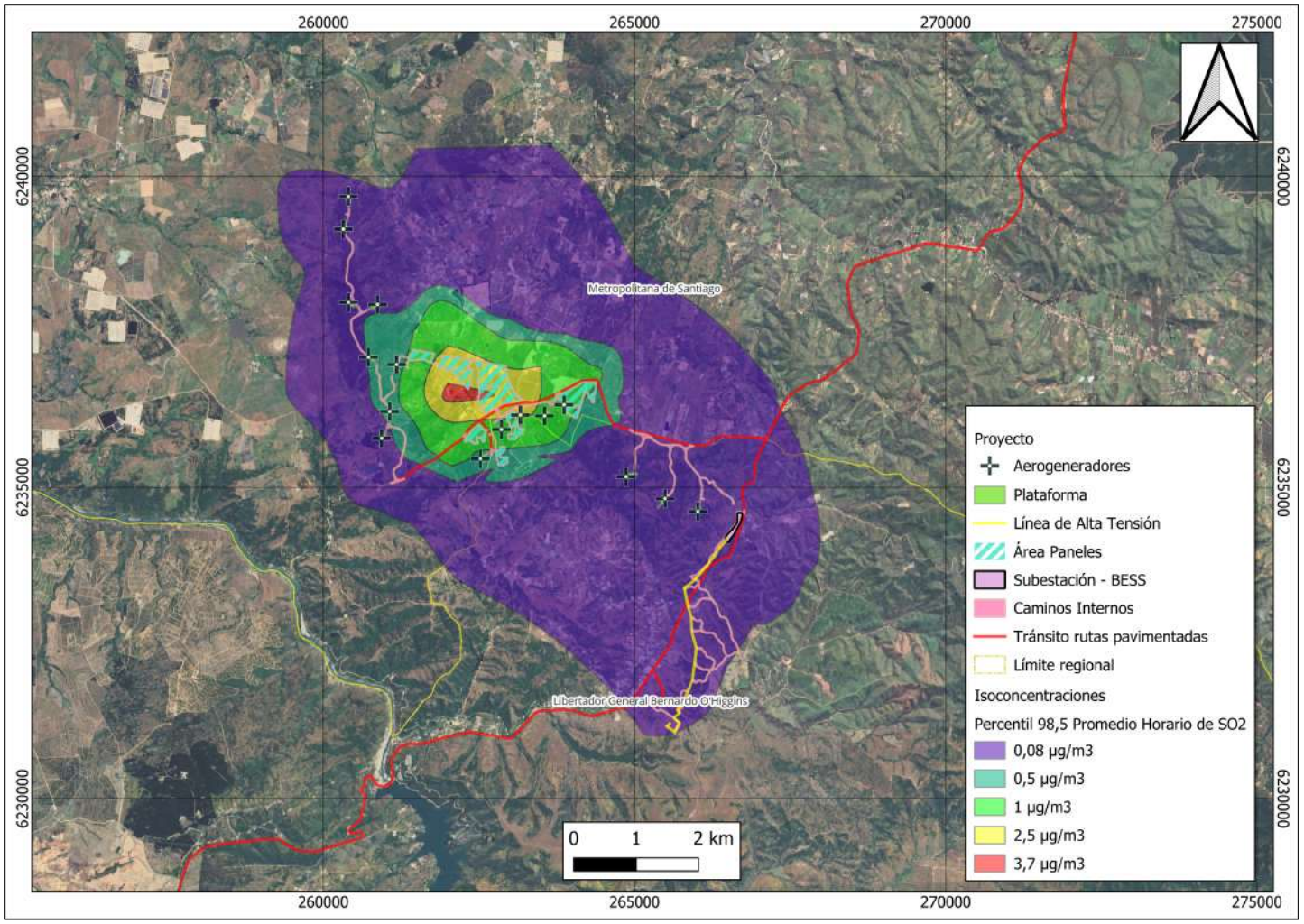
Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Percentil 99 Promedio Diario de SO_2



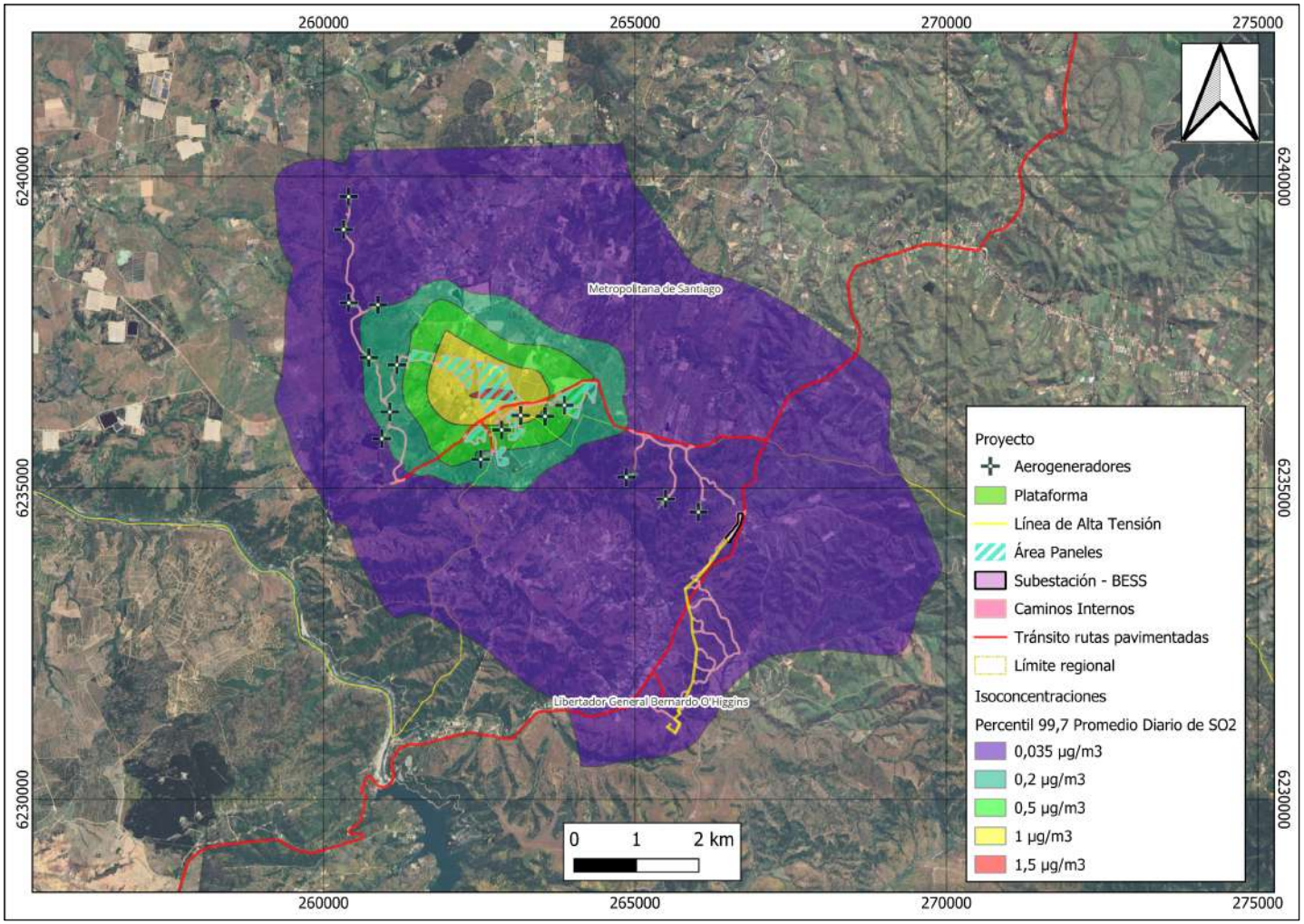
Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Percentil 98,5 Promedio Horario de SO_2



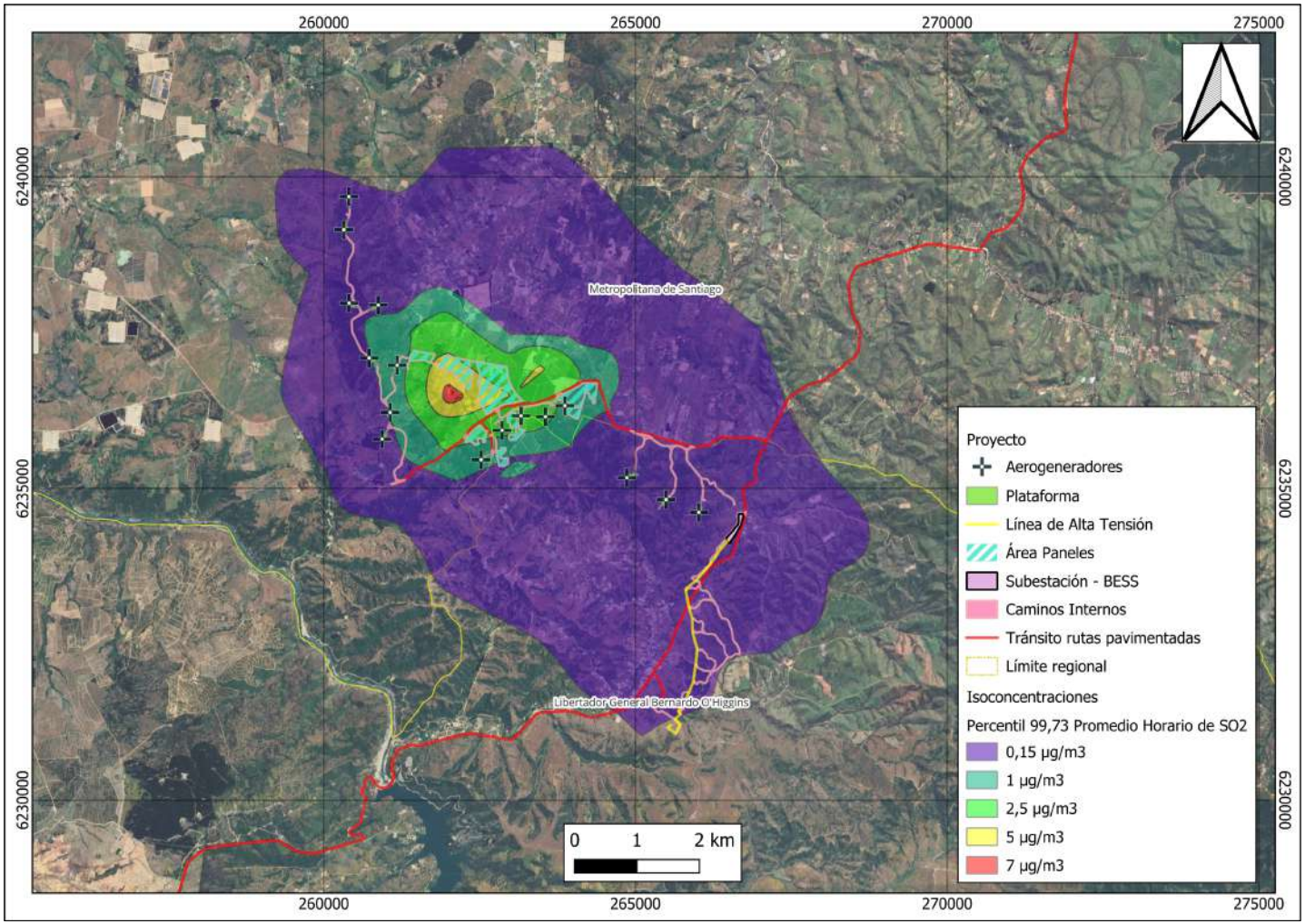
Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Percentil 99,7 Promedio Diario de SO_2



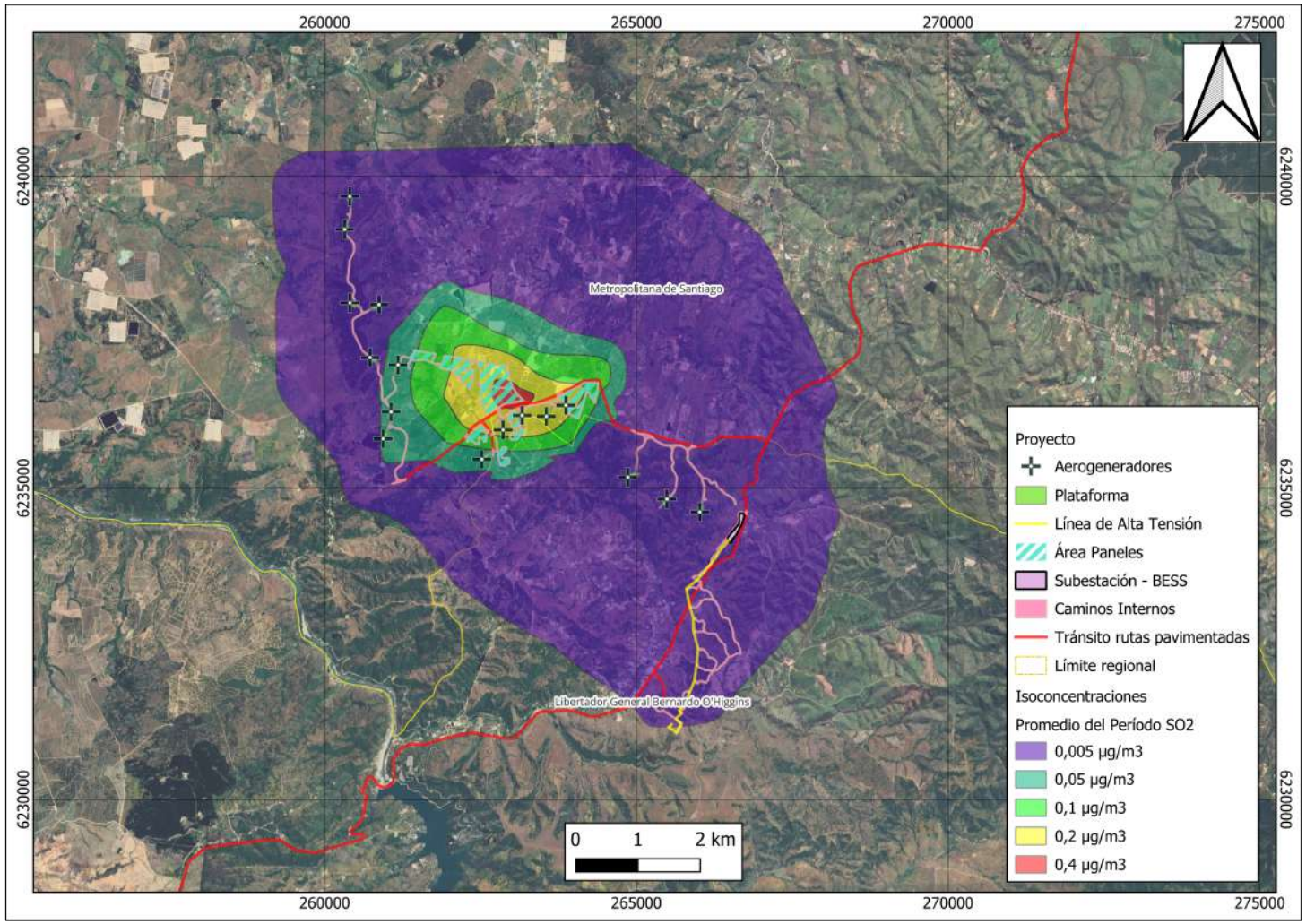
Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Percentil 99,73 Promedio Horario de SO_2



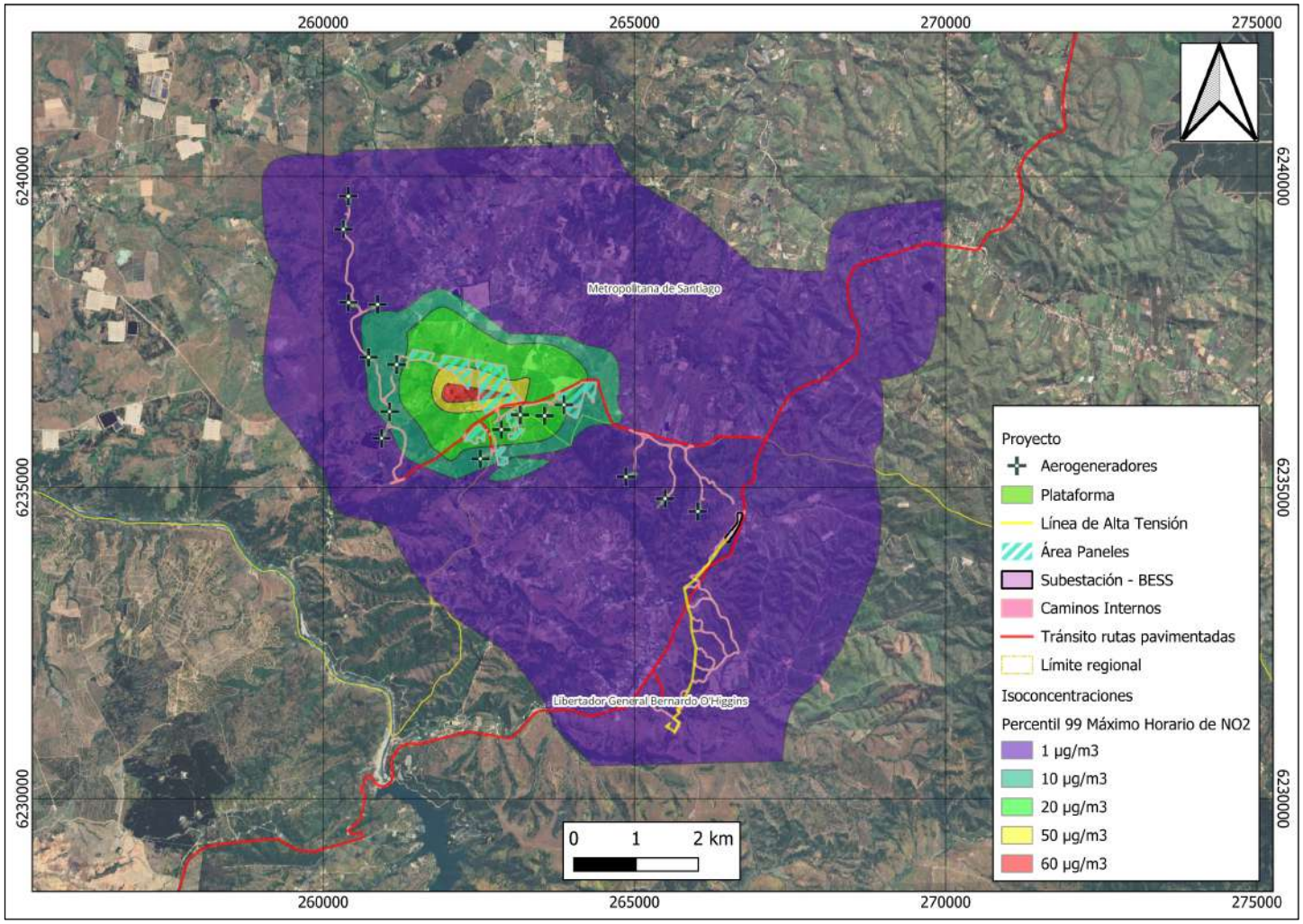
Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Promedio del Período de SO_2



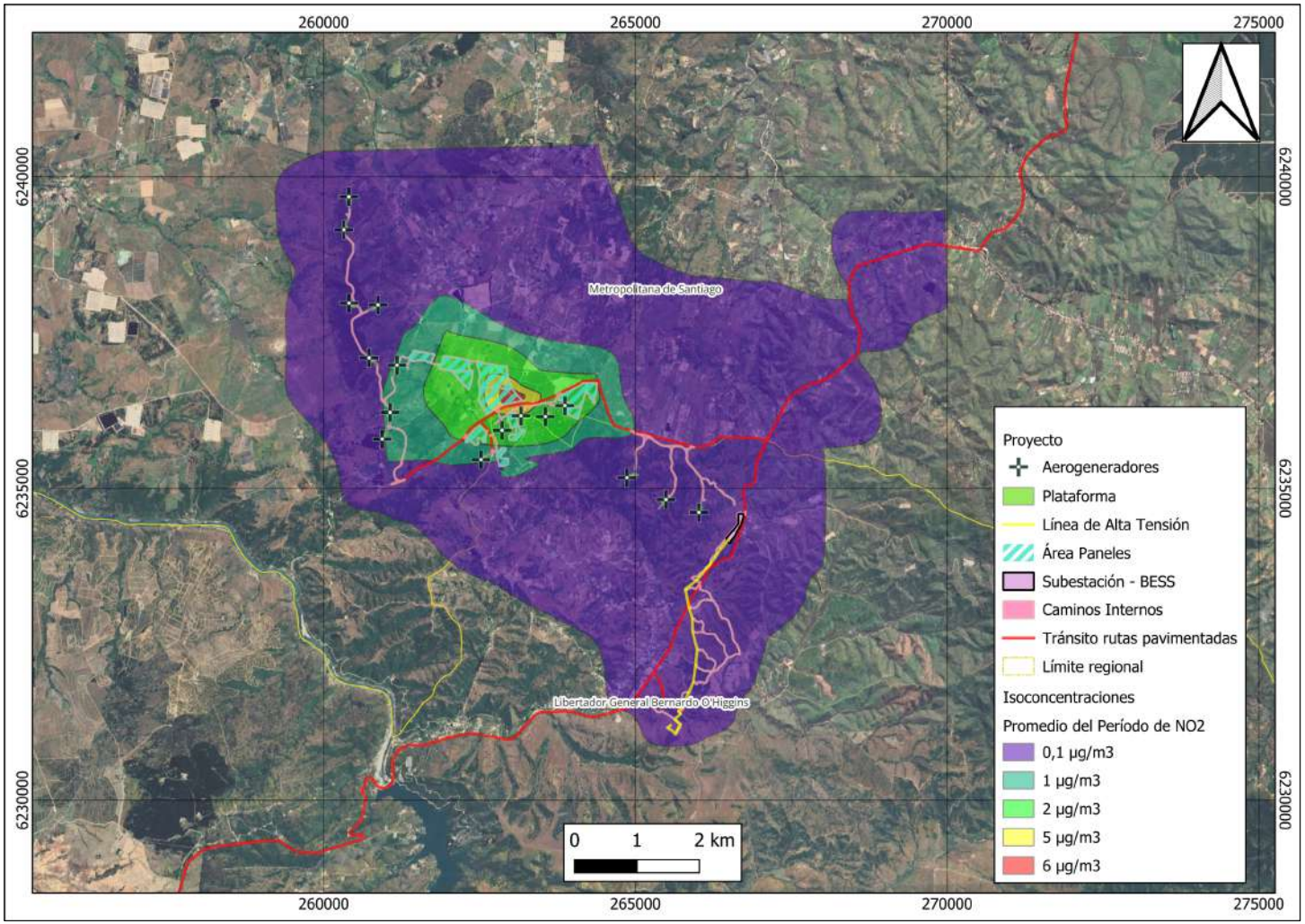
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Percentil 99 Máximo Horario de NO_2



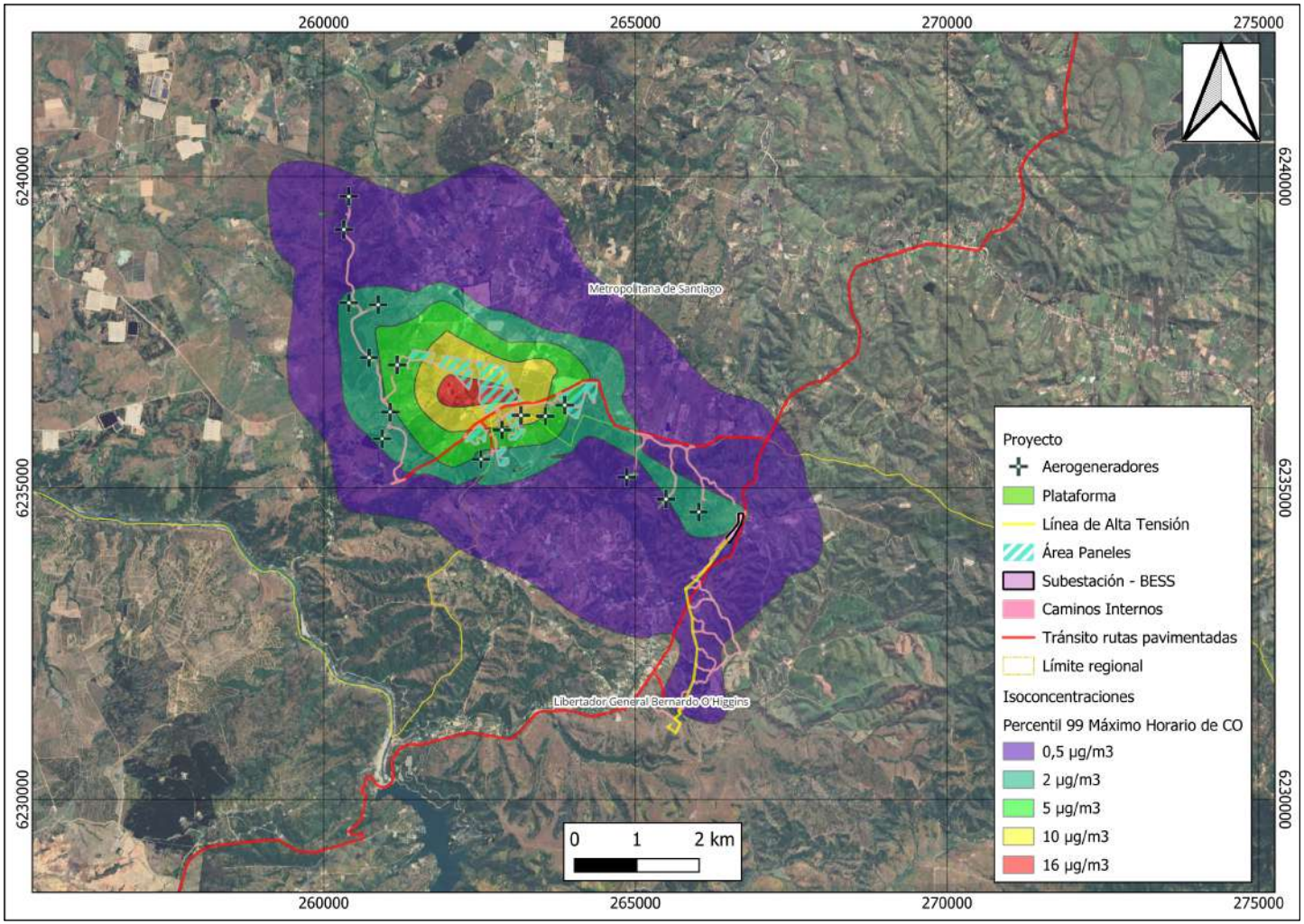
Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Promedio del Período de NO_2



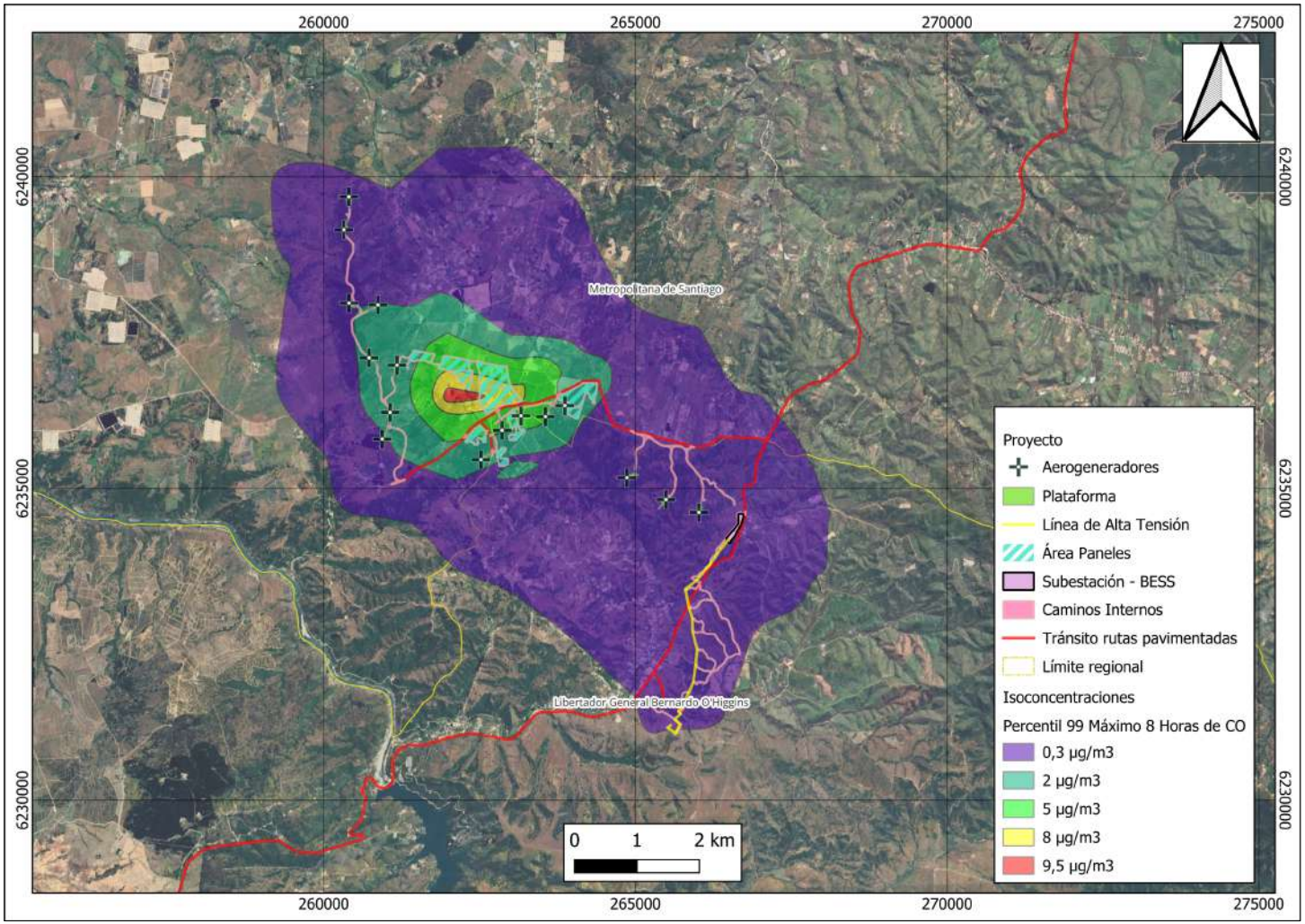
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Percentil 99 Máximo Horario de CO



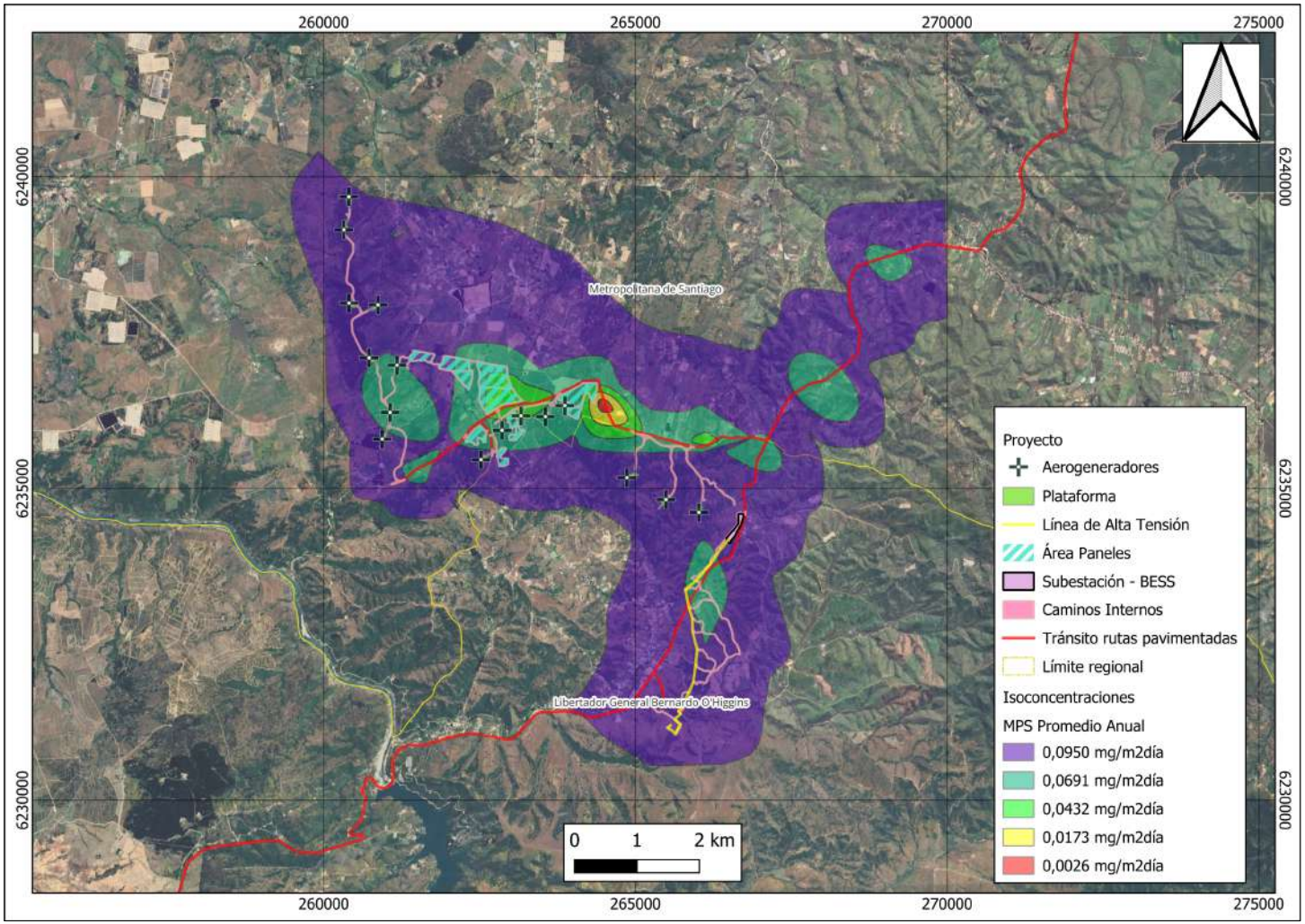
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Percentil 99 Máximo 8 Horas de CO



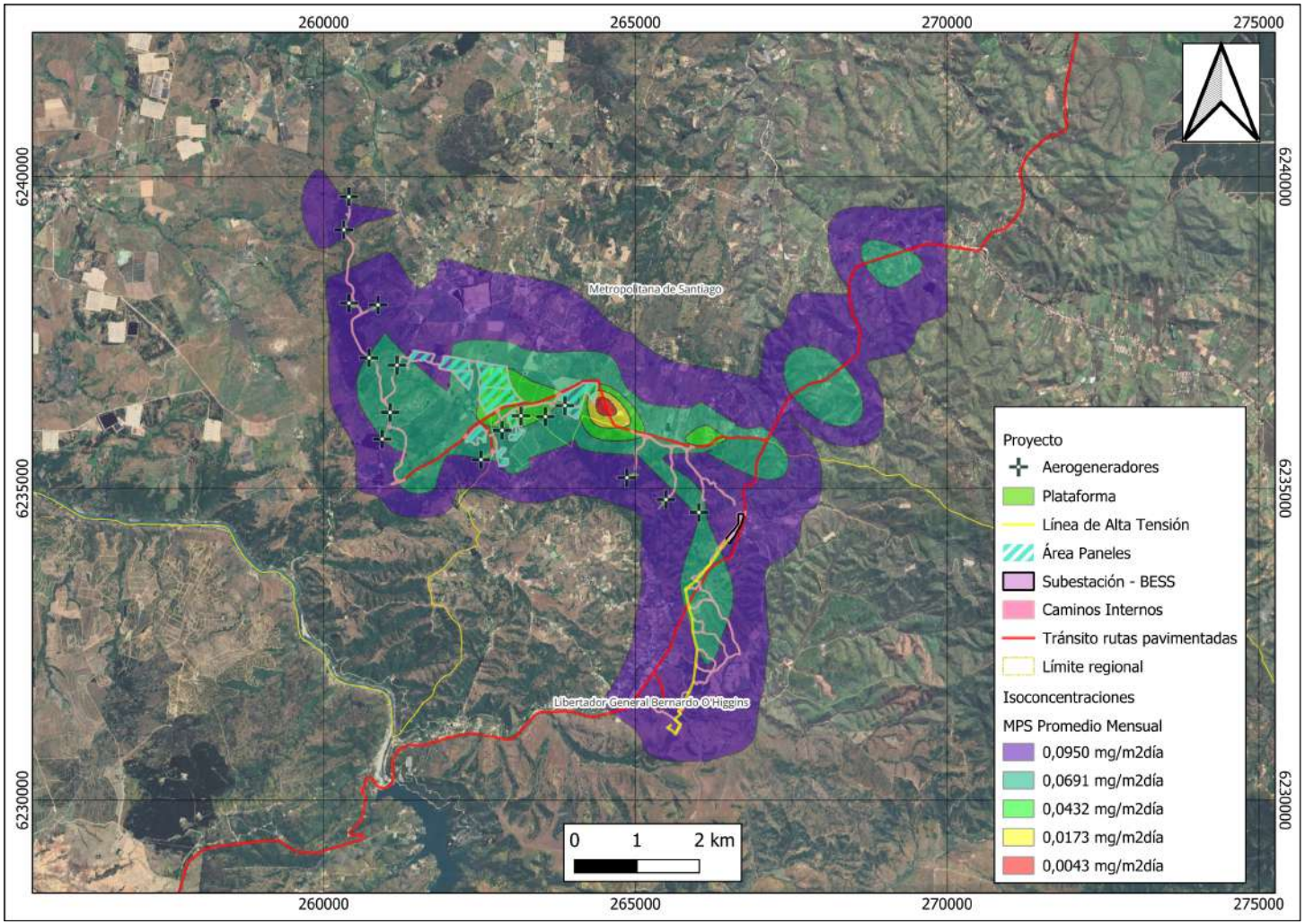
Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. MPS anual



Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. MPS mensual



Fuente: Elaboración propia.

7.8. Área de Influencia

De acuerdo con lo indicado en la "Guía Áreas de Influencia en el SEIA" del SEA (2026), define área de influencia (AI) como el espacio geográfico en que se predice la ocurrencia de impactos ambientales a generar por un proyecto o actividad. Fuera de sus límites, las características ambientales permanecen inalteradas respecto de la condición base.

De esta manera se delimitó un área con las isoconcentraciones obtenidas en la modelación para cada contaminante y estadístico normado, de acuerdo con los niveles porcentuales recomendados como significativos (SIL) por la USEPA para los estándares nacionales de calidad del aire en EEUU (NAAQS) adaptados a la normativa chilena (Informe N°1575423, DICTUC 2022) de manera conservadora se consideró el nivel establecido para fases emisivas de duración 3 o más años ya que establece niveles más conservadores, los cuales se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Límites normativos considerados para determinar el área de influencia del Proyecto

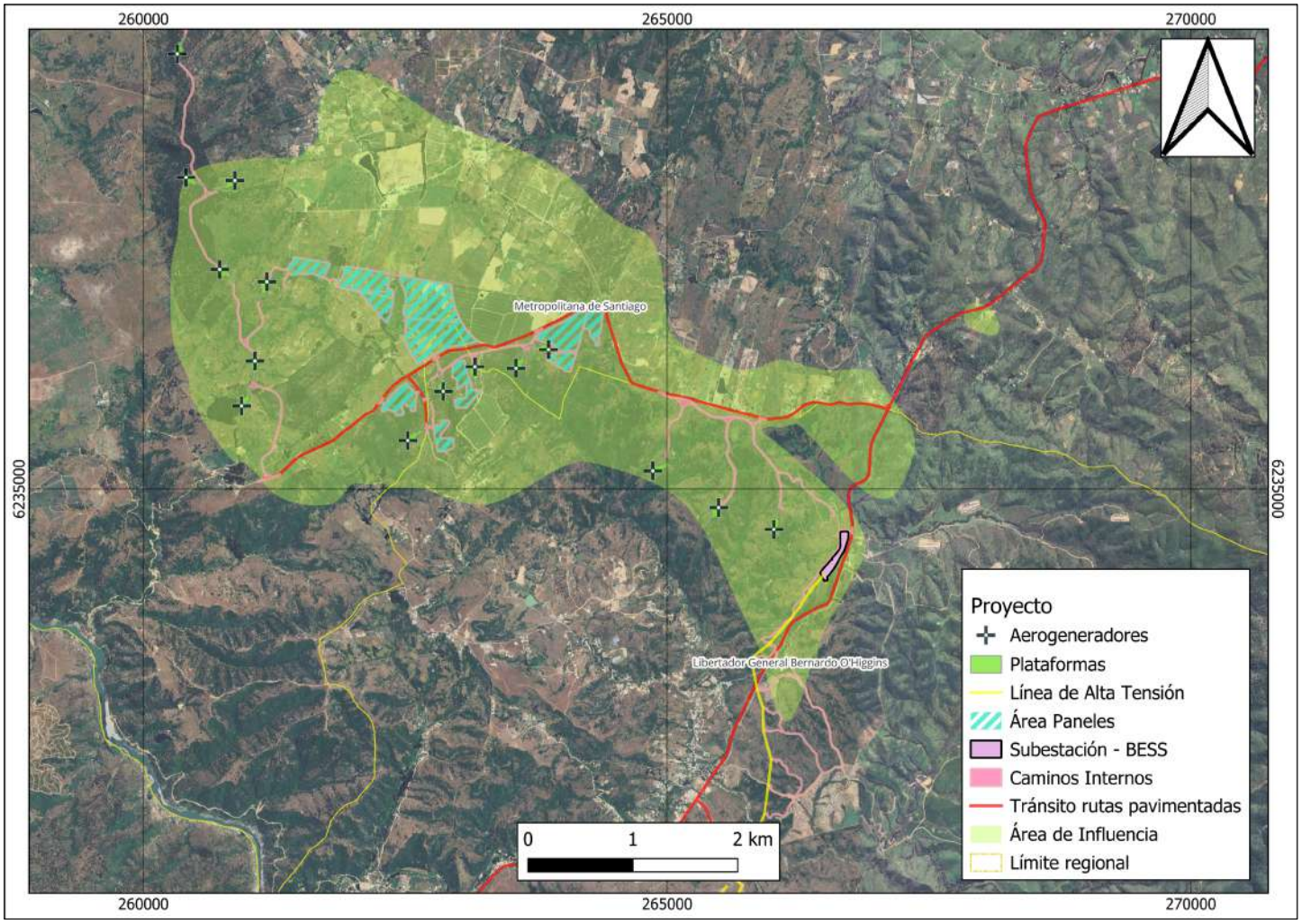
Parámetro	Periodo Evaluado	SIL[9] Porcentual USEPA [%]	Respecto de la norma chilena de calidad del aire	
			Norma Chilena (µG/M³)	Incremento significativo en la concentración (µG/M³)
SO_2	1 hora	4,0%	350	14,0
	24 horas	1,4%	150	2,0
	Promedio Anual	2,0%	60	1,2
NO_2	1 hora	4,0%	200	8,0
	Promedio Anual	1,0%	40	0,4
MP_{10}	24 horas	3,3%	130	4,3
	Promedio Anual	2,0%	50	1,0
$MP_{2,5}$	24 horas	3,4%	50	1,7
	Promedio Anual	1,7%	20	0,3
CO	1 hora	5,0%	30.000	1500,0
	8 horas	4,9%	10.000	488,9

Fuente: Tabla 7-5 del informe Evaluación significancia del impacto de las emisiones de un proyecto o actividad en zonas saturadas en el marco del SEIA, ID Licitación: 1588-16-LE21.

De acuerdo con las definiciones antes explicadas a continuación, se presenta el área de influencia general para la componente aire.

[9] SILs: Significant Impact Levels (Niveles de Impacto significativos)

Figura 32. Área de influencia



Fuente: Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES

Con respecto a la evaluación del cumplimiento normativo y de los posibles efectos adversos sobre la calidad del aire y la salud de la población se realizó una modelación de la dispersión de las emisiones de los contaminantes normados en el área de influencia del Proyecto, para la ejecución continua de las actividades emisivas del proyecto durante un año calendario de acuerdo con lo recomendado por la Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA (Servicio de Evaluación Ambiental, Segunda edición 2023), este año corresponde al año 1 de la fase de construcción, de un total de 24 meses de la fase.

De los resultados de la modelación de dispersión de contaminantes de material particulado (MPS, MP10 y MP2,5), dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2) y monóxido de carbono (CO) para el escenario modelado más desfavorable del Proyecto se desprende lo siguiente:

- Los aportes del escenario modelado de material particulado (MPS, MP10 y MP2,5) en los receptores de interés resultan ser inferiores al 3,9% de la normativa en todos los estadísticos normados, siendo el máximo el estadístico la media anual de MP10 y MP2,5 en el receptor R5. Referente a los aportes de gases (NOx, SO2 y CO) generados por el Proyecto, los resultados de los receptores de interés resultan ser inferiores a la normativa, cuyo máximo corresponde al contaminante NO2, alcanzando un 22,4% de la norma en el Percentil 99 horario en el R6.
- Respecto a los puntos de máximo aporte evaluados desde la grilla de muestreo modelada para todos los contaminantes, estos se localizaron todos próximos a la fuente y sin representación poblacional. Cabe mencionar que la modelación se realizó para el peor escenario que considera que las actividades de movimiento de tierra y combustión de maquinarías se están desarrollando simultáneamente en toda la superficie del proyecto, es decir que se distribuyeron espacialmente sus emisiones en todos los metros cuadrados que cubre el área del proyecto ejecutadas durante el año modelado. Además, en el caso de las vías pavimentadas y no pavimentadas se distribuyeron las emisiones en todos los metros cuadrados que cubren estas vías considerando las emisiones de todos los vehículos, es decir que la flota completa circula al mismo tiempo por todas las vías simultáneamente durante un año, con el fin de representar y evaluar la peor condición. Cabe indicar que esto no refleja la realidad de las actividades constructivas del Proyecto y, por tanto, no ocurrirá, debido a que existe una secuencia en las actividades presentadas en el cronograma general del Proyecto y que, en consecuencia, los aportes de las otras fases no superan los valores evaluados en el presente informe.
- En cuanto al análisis de efecto acumulativo se determinó que no existen Proyectos que cuenten con confluencia de áreas de influencia y receptores en común, por lo cual es posible indicar que no se genera un efecto acumulativo que afecta a la salud de la población.
- De acuerdo con lo exigido por la Ley, todos los vehículos y maquinarias contarán con las mantenciones recomendadas por el fabricante y con su revisión técnica al día, también se exigirá una cobertura a los materiales que sean transportados en camiones tolva. Además, se aplicará un supresor de polvo, en los caminos internos y de acceso no pavimentados previo al inicio de transporte.
- Considerando que la región Metropolitana se encuentra en zona saturada para MP10 y MP2,5, la cual también cuenta con un Plan de Descontaminación aprobado según el Decreto 31-2016, se analizaron los aportes respecto de los niveles de significancia para el Material Particulado MP10 y MP2,5, sobre todos los receptores humanos dentro de esa área, los resultados obtenidos son menores a los valores de significancia evaluados

en 24 meses, por lo que se descarta la posible afectación a la salud de la población, dado su magnitud, duración y alcance.

- Finalmente, las isoconcentraciones obtenidas muestran que los contaminantes tienen una dispersión local, ubicándose preferentemente sobre el Proyecto y sus fuentes de emisión, diluyéndose dentro de la misma área del Proyecto, no logrando transportarse concentradamente a sectores aledaños ni los receptores evaluados.

De acuerdo con los resultados obtenidos se demuestra que **el Proyecto no modifica significativamente las actuales condiciones de calidad del aire de su entorno**, esto dada la magnitud, extensión y duración del escenario más desfavorable, se concluye que **el Proyecto, no producirá efectos adversos significativos** ya que sus aportes no son constantes ni perdurables en el tiempo sobre la calidad del aire ni sobre la salud de la población del área de influencia del proyecto e irán disminuyendo conforme avancen las actividades de construcción y las otras fases de su vida útil.

En base a todo lo antes indicado se concluye que el Proyecto, no producirá efectos adversos significativos sobre la calidad del aire ni sobre la salud de la población del área de influencia, ni modificación de las actuales condiciones de calidad del aire que impidan dar cumplimiento a la normativa vigente.