MAINSTREAM RENEWABLE POWER CHILE

ADENDA -DIA “Parque Eólico Llanos del Viento”.

ANEXO G INFORME DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS



MARZO 2019

ADENDA -DIA “Parque Eólico Llanos del Viento.

ANEXO G INFORME DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

INFORME Rev.0

WSP0008

MARZO 2019

WSP

Av. del Valle Sur 534, Ciudad Empresarial, Huechuraba, Santiago

TELÉFONO: +56 2 2653 8000

wsp.com

1 INTRODUCCIÓN....6
2 ANTECEDENTES GENERALES....7
3 CRONOGRAMA DEL PROYECTO....9
4 METODOLOGÍA DE LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES....11

TABLA DE CONTENIDO

4.1 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES Y ACTIVIDADES EMISORAS 13
5 RESULTADOS 16
5.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN 16
5.1.1 ESCARPE 16
5.1.1.1 FACTOR DE EMISIÓN 16
5.1.1.2 NIVEL DE ACTIVIDAD 16
5.1.1.3 EMISIONES 17
5.1.2 EXCAVACIONES 17
5.1.2.1 FACTOR DE EMISIÓN 17
5.1.2.2 NIVEL DE ACTIVIDAD 18
5.1.2.3 EMISIONES 18
5.1.3 TRANSFERENCIA DE MATERIAL Y CARGUÍO 19
5.1.3.1 FACTOR DE EMISIÓN 19
5.1.3.2 NIVEL DE ACTIVIDAD 20
5.1.3.3 EMISIONES 20
5.1.4 POLVO RESUSPENDIDO EN CAMINOS PAVIMENTADOS 21
5.1.4.1 FACTOR DE EMISIÓN 21
5.1.4.2 DETERMINACIÓN DEL sL 21
5.1.4.3 NIVEL DE ACTIVIDAD 24
5.1.4.4 EMISIONES 26
5.1.5 POLVO RESUSPENDIDO EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS . 27
5.1.5.1 FACTOR DE EMISIÓN 27
5.1.5.2 DETERMINACIÓN DE W 27
5.1.5.3 NIVEL DE ACTIVIDAD 28
5.1.5.4 EMISIONES 30
5.1.6 GASES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS 30
5.1.6.1 FACTOR DE EMISIÓN 30
5.1.6.2 NIVEL DE ACTIVIDAD 34
5.1.6.3 EMISIONES 36
5.1.7 MAQUINARIA 36
5.1.7.1 FACTOR DE EMISIÓN 36
5.1.7.2 NIVEL DE ACTIVIDAD 37
5.1.7.3 EMISIONES 39
5.1.8 GRUPOS ELECTRÓGENOS 39
5.1.8.1 FACTOR DE EMISIÓN 39
5.1.8.2 NIVEL DE ACTIVIDAD 40
5.1.8.3 EMISIONES 41
5.1.9 PLANTA DE HORMIGÓN 41
5.1.9.1 FACTOR DE EMISIÓN 41
5.1.9.2 NIVEL DE ACTIVIDAD 42
5.1.9.3 EMISIONES 43
5.2 FASE DE OPERACIÓN 43
5.2.1 Polvo resuspendido en caminos pavimentados 43
5.2.2 Polvo resuspendido en caminos no pavimentados 46
5.2.3 Gases por combustión de vehículos 49
6 RESULTADOS GENERALES 52
6.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN 52
6.2 FASE DE OPERACIÓN 53

TABLA DE CONTENIDO

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS 53
8 CONCLUSIONES 55
9 BIBLIOGRAFÍA 56

Figuras

Figura 1. Ubicación del Proyecto. 8

Tablas

Tabla 1. Antecedentes generales del Proyecto 7
Tabla 2. Actividades del Proyecto 9
Tabla 3. Cronograma del Proyecto para la Fase de Construcción 9
Tabla 4. Cronograma del Proyecto para la Fase de Operación 11
Tabla 5. Actividades emisoras del Proyecto 13
Tabla 6. Factores de emisión escarpe – Fase de Construcción 16
Tabla 7. Nivel de actividad Escarpes – Fase de Construcción 17
Tabla 8. Cálculo de emisiones por escarpe – Fase de Construcción 17
Tabla 9. Factores de emisión excavaciones – Fase de Construcción 18
Tabla 10. Nivel de actividad excavaciones – Fase de Construcción 18
Tabla 11. Emisiones por excavaciones – Fase de Construcción 19
Tabla 12. Factor de emisión por transferencia de material y carguío – Fase de Construcción 20
Tabla 13. Nivel de actividad para transferencia de material y carguío – Fase de Construcción 20
Tabla 14. Emisiones por transferencia de material y carguío – Fase de Construcción 21
Tabla 15. Rutas y pesos de la flota empleada en camino pavimentado – Fase de Construcción 22
Tabla 16. Factor de emisión camino pavimentado – Fase de Construcción 24
Tabla 17. Nivel de actividad camino pavimentado – Fase de Construcción 25
Tabla 18. Emisiones por resuspensión de polvo en caminos pavimentados – Fase de Construcción 26

TABLA DE CONTENIDO

Tabla 19. Tramos y rutas de la flota empleada no pavimentado – Fase de Construcción. 27
Tabla 20. Factor de emisión Caminos no pavimentados – Fase de Construcción. 28
Tabla 21. Nivel de actividad en Caminos No Pavimentados – Fase de Construcción. 28
Tabla 22. Emisiones por resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en Caminos No Pavimentados – Fase de Construcción 30
Tabla 23. Categorización de vehículos – Fase de Construcción 31
Tabla 24. Nivel de actividad por combustión de vehículos – Fase de Construcción. 34
Tabla 25. Emisiones por combustión de vehículos – Fase de Construcción 36
Tabla 26. Factores de emisión de maquinaria en función de la potencia. 36
Tabla 27. Nivel de actividad de maquinaria – Fase de Construcción 38
Tabla 28. Emisiones de maquinaria – Fase de Construcción. 39
Tabla 29. Factores de emisión de grupos electrógenos 40
Tabla 30. Nivel de actividad de grupos electrógenos – Fase de Construcción 40
Tabla 31. Emisiones de grupos electrógeno – Fase de Construcción 41
Tabla 32. Factores de emisión de plantas de hormigón 42
Tabla 33. Composición del hormigón. 42
Tabla 34. Material cargado en planta de hormigón. 43
Tabla 35. Emisiones de planta de hormigón – Fase de Construcción 43
Tabla 36. Rutas y pesos de la flota empleada en camino pavimentado – Fase de Operación. 44
Tabla 37. Factor de emisión camino pavimentado – Fase de Operación 44
Tabla 38. Nivel de actividad camino pavimentado – Fase de Operación 45
Tabla 39. Emisiones por resuspensión en camino pavimentado – Fase de Operación. 46
Tabla 40. Tramos y rutas de la flota empleada no pavimentado – Fase de Operación. 47
Tabla 41. Factor de emisión Caminos no pavimentados – Fase de Operación. 47
Tabla 42. Nivel de actividad en Caminos No Pavimentados – Fase de Operación. 48
Tabla 43. Emisiones por resuspensión en caminos no pavimentados – Fase de Operación. 48
Tabla 44. Categorización de vehículos – Fase de Operación 49
Tabla 45. Factor de emisión de gases por tránsito de vehículos – Fase de Operación. 50

TABLA DE CONTENIDO

Tabla 46. Nivel de actividad por combustión de vehículos – Fase de Operación. 51
Tabla 47. Emisiones por combustión de vehículos – Fase de Operación....52
Tabla 48. Emisiones del Proyecto – Fase de Construcción. 52
Tabla 49. Emisiones del Proyecto – Fase de Operación. 53
Tabla 50. Emisiones del Proyecto por año. 53

APÉNDICE G.

APÉNDICE G.1 FICHAS TÉCNICAS PROVEEDORES DE BISCHOFITA.

1 Introducción

El presente documento corresponde al informe de estimación de emisiones atmosféricas del Proyecto "Parque Eólico Llanos del Viento". El presente proyecto es sometido al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) mediante el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de la región de Antofagasta, de acuerdo con lo establecido en la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, su modificación Ley 20.417/2010 y el D.S. N° 40/2013 Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y su modificación el Decreto N° 63/2014 ambos del Ministerio del Medio Ambiente.

El proyecto consiste en la construcción de 42 aerogeneradores de 5,3 MW cada uno, que generarían una potencia total de 222,6 MW. Se considera además la construcción de una subestación elevadora de 33 kV a 220 kV, una canalización subterránea de 33 kV y una Línea de Alta Tensión de 220 kV. Esta última de una extensión aproximada de 25 km, cuyo trazado irá desde la subestación elevadora de 33/220 kV hasta subestación eléctrica denominada "O'Higgins".

Adicionalmente se proyecta la habilitación y/o mejoramiento del único camino de acceso al Proyecto y la construcción de nuevos caminos internos hacia las diferentes estructuras, con el propósito de facilitar el acceso al interior del Parque y el posterior mantenimiento durante la fase de operación.

2 Antecedentes Generales

Se presenta ante el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental de la Región de Antofagasta, el Proyecto denominado ***"Parque Eólico Llanos del Viento"***, en adelante "el Proyecto".

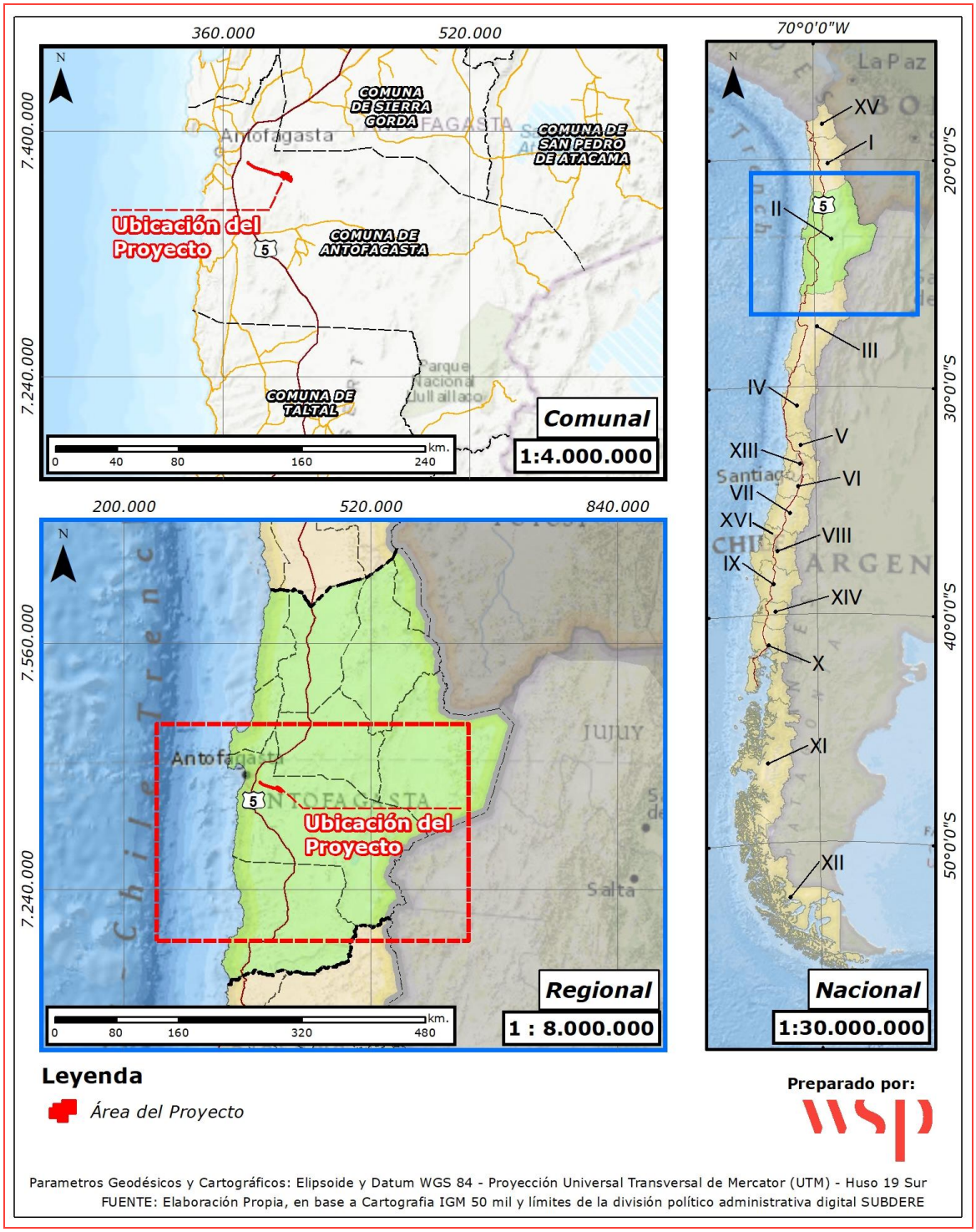
Tabla 1. Antecedentes generales del Proyecto.

Nombre	Parque Eólico Llanos del Viento
Ubicación	Predios de Bienes Nacionales
Comuna	Antofagasta
Provincia	Antofagasta
Región	De Antofagasta

Fuente: elaboración propia, 2019.

A continuación, se presenta una figura de la ubicación del proyecto.

Figura 1. Ubicación del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

3 Cronograma del Proyecto

En la siguiente tabla se indica la duración, inicio y término de las fases del Proyecto "Parque Eólico Llanos del Viento".

Tabla 2. Actividades del Proyecto.

Fase del proyecto	Duración estimada	Actividad de inicio	Actividad de término
Construcción	15 meses	Instalación de faena	Abandono de obras temporales
Operación	40 años	Primera entrega de energía por parte del Parque	Cese de operación de los aerogeneradores
Cierre	12 meses	Detención de equipos y retiro de residuos en general	Restitución del terreno

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La fase de construcción del Proyecto tendrá una duración total de 15 meses como se mencionó anteriormente en la tabla. A continuación, se presenta el cronograma de las actividades a desarrollar durante esta fase.

Durante la fase de construcción se realizarán todas las obras para la implementación del Proyecto, considerando movimientos de tierra, habilitación de las instalaciones de faena, de frentes de trabajo móviles, de caminos, manejo del botadero, funcionamiento de la Planta de Hormigón, la construcción de fundaciones, plataformas y áreas de izaje de los aerogeneradores y su correspondiente montaje. Además de los aerogeneradores, la etapa constructiva implica obras de construcción de la subestación elevadora y la canalización subterránea.

Tabla 3. Cronograma del Proyecto para la Fase de Construcción.

Actividad	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M11	M 12	M 13	M 14	M 15
Habilitación instalación de faenas 1															
Habilitación instalación de faenas 2															
Habilitación de caminos															
Habilitación Frentes Móviles															
Movimientos de tierra (escarpe, excavación en tierra, excavación en roca y rellenos)															
Habilitación y manejo de Botaderos															
Construcción de fundaciones, plataformas y áreas de izaje de los aerogeneradores															
Montaje de aerogeneradores															
Construcción de la subestación elevadora															

Construcción de las Línea o tendidos eléctricos														
Instalación de torres de medición de vientos y meteorología														
Pruebas de puesta en servicio														
Abandono de Obras Temporales														

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para la fase de operación se contemplan las siguientes actividades: producción y transmisión de energía eléctrica y mantenimientos programados y preventivos. Se contempla una duración del proyecto de 40 años. A continuación, se presenta el cronograma con la planificación para la implementación de la fase de operación se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 4. Cronograma del Proyecto para la Fase de Operación.

	Año 1				Año 2				Año "n"				Año 40			
Actividad	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Producción y transmisión de energía eléctrica (operación Parque Eólico)																
Mantenimiento programado del Parque Eólico																
Mantenimiento preventivo del Parque Eólico																
Mantenimiento del correctivo o no programado del Parque Eólico.																

Fuente: Elaboración propia, 2019

Por último, la fase de cierre contempla la ejecución de las actividades como la instalación y habilitación de faenas, desmantelamiento de las construcciones, traslados de insumos, residuos, material y personal, y la restauración de la morfología, vegetación o cualquier otro componente ambiental. Se estima que las emisiones propias de la fase de cierre sean, en el peor escenario, similares a las de la etapa constructiva del proyecto.

4 Metodología de la estimación de emisiones

Para el cálculo de estimación de emisiones de la fase de construcción y operación, se realizó una completa revisión de los antecedentes del Proyecto, su descripción y las principales fuentes de emisión.

La fase de construcción contempla actividades de movimiento de tierra, tales como escarpe, excavaciones y transferencia de material y carguío, funcionamiento de grupos electrógeno y actividades de traslado que consideran la circulación de vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados.

La fase de operación contempla actividades asociadas a la circulación de vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados.

Así también, por el tipo de actividades a realizarse durante la fase de cierre se estima que las emisiones serán similares a las emisiones de la fase constructiva.

La metodología utilizada para la estimación de emisiones atmosféricas corresponde a la expuesta en los siguientes documentos:

- "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" (en adelante "Guía RM, 2012").
- "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42", de la US Environmental Protection Agency, EPA.
- "Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental", BS Consultores Ltda, 2015, Informe Final.
- "Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas M11, Metodología SINCA 2011", preparada por AMBIOSIS S.A. para la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Valparaíso.

4.1 Identificación de fuentes y actividades emisoras

A continuación, se entrega el detalle de las fuentes y actividades emisoras, de manera desagregada por fase y actividad.

Tabla 5. Actividades emisoras del Proyecto.

Fase	Fuente emisora	Tipo de emisión	Actividad emisora	Contaminante
Construcción	Escarpe	Directa	Escarpe	MP_{10}, $MP_{2,5}$
	Excavación	Directa	Excavación	MP_{10}, $MP_{2,5}$
	Transferencia de material y carguío	Directa	Transferencia de material y carguío	MP_{10}, $MP_{2,5}$
	Tránsito por vías pavimentadas y no pavimentadas	Indirecta	Transporte a botadero interno	MP_{10}, $MP_{2,5}$
			Transporte interno (camiones de 12 m^3)	
			Transporte de cemento	
			Acero	
			Grava/arena concreto (Interno)	
			Agua industrial	
			Combustible para maquinaria obra	
			Cable de MT	
			Cable AT	
			Trasporte varios camión pluma	
			Agua potable	
			Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	
			Residuos industriales no peligrosos	
			Residuos peligrosos	
			Transporte trabajadores temporales	
			Transporte trabajadores fijos	
			Transporte aerogeneradores	
			Transportes transformadores	
			Transporte geotextil	
			Transporte movimiento de tierra pretil	
	Combustión de vehículos	Indirecta	Transporte a botadero interno	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NOx, SOx
			Transporte interno (camiones de 12 m3)	
			Transporte de cemento	
			Acero	
			Grava/arena concreto (Interno)	
			Agua industrial	
			Combustible para maquinaria obra	
			Cable de MT	
			Cable AT	
			Trasporte varios camión pluma	
			Agua potable	
			Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	
			Residuos industriales no peligrosos	
			Residuos peligrosos	
			Transporte trabajadores temporales	

Fase	Fuente emisora	Tipo de emisión	Actividad emisora	Contaminante
			Transporte trabajadores fijos	
			Transporte aerogeneradores	
			Transportes transformadores	
			Transporte geotextil	
			Transporte movimiento de tierra pretil	
	Combustión de maquinaria	Directa	Excavadora	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, NOx, HC
			Retroexcavadora	
			Grúa de montaje principal y grúa de montaje secundaria	
			Motoniveladora	
			Bulldozer	
			Rodillo compactador	
			Equipo de tendido	
			Manlift	
	Grupos electrógenos	Directa	Grupos electrógenos	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, NOx, SOx
Operación	Tránsito por vías pavimentadas y no pavimentadas	Indirecta	Transporte de trabajadores	MP_{10}, $MP_{2,5}$
			Transporte de aceites y grasas	
			Transporte de RESPEL	
			Transporte residuos sólidos no peligrosos	
			Transporte residuos sólidos domésticos	
			Transporte de Agua potable	
			Transporte de repuestos, materiales, insumos	
	Combustión de vehículos	Indirecta	Transporte de trabajadores	MP_{10}, $MP_{2,5}$
			Transporte de aceites y grasas	
			Transporte de RESPEL	
			Transporte residuos sólidos no peligrosos	
			Transporte residuos sólidos domésticos	
			Transporte de Agua potable	
			Transporte de repuestos, materiales e insumos	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La ecuación general que se emplea para estimar las emisiones atmosféricas del Proyecto es la siguiente:

$$E=Fe \times Na \times (1-Ea/100)$$

Dónde:

E: Emisión (ton/año)

Fe: Factor de emisión

Na: Nivel de actividad

Ea: Eficiencia de abatimiento de las medidas de mitigación contempladas en el Proyecto, en caso de que existan (%).

Los factores de emisión (Fe) corresponden a ecuaciones o expresiones matemáticas que permiten estimar tasas unitarias de emisiones atmosféricas. Por otra parte, los niveles de actividad (Na) son calculados a partir de la descripción del Proyecto y de las respectivas fases y actividades que éste involucra durante su desarrollo. Para efectos del cálculo de emisiones, los niveles de actividad corresponden a parámetros que indican el grado o intensidad de la actividad en el tiempo durante ejecución del Proyecto.

5 Resultados

5.1 Fase de construcción

Tal como se ha indicado, la fase de construcción contempla actividades de movimiento de tierra, tales como excavaciones, transferencia de material y carguío, así como actividades de traslado que consideran la circulación de vehículos por caminos pavimentados. Además, se contempla el uso de maquinaria y grupos electrógenos.

A continuación, se presentan los resultados de cada una de las actividades de la fase de construcción.

5.1.1 Escarpe

Corresponde a la preparación del terreno y retiro de la cobertura vegetal.

5.1.1.1 Factor de emisión

El factor de emisión está en función de los kilómetros recorridos durante el proceso de escarpado.

Según la Guía RM 2012, el factor de emisión para MP_{10} y $MP_{2,5}$ esta descrito en la siguiente tabla:

FE=5,7 (kg/km)

Tabla 6. Factores de emisión escarpe – Fase de Construcción.

Actividad	Contaminante	Factor de emisión	Unidad
Escarpe	MP_{10}	5,70	kg/km
	$MP_{2,5}$	5,70	kg/km

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.1.2 Nivel de actividad

El nivel de actividad se define según la distancia que recorre el cargador frontal por el área a escarpar. Según la Guía RM 2012, para 1 hectárea se recorre una distancia de 3,57 km.

Tabla 7. Nivel de actividad Escarpes – Fase de Construcción

Actividad	Superficie (hás)	Distancia recorrida (km/hás)	Nivel de actividad (km)
Escarpe	17,67	3,57	63,08

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.1.3 Emisiones

En base al factor de emisión y nivel de actividad presentados, la estimación de emisiones producidas por el escarpe del terreno se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Cálculo de emisiones por escarpe – Fase de Construcción.

Actividad	Contaminante	Factor de emisión (kg/km)	Nivel de actividad (km)	Emisión (ton/fase)
Escarpe	MP_{10}	5,7	63,08	0,36
	$MP_{2,5}$	5,7	63,08	0,36

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.2 Excavaciones

Corresponde al despeje de material movilizado por maquinaria pesada.

5.1.2.1 Factor de emisión

El factor de emisión corresponde al despeje de material (bulldozing/overburden) expresado en kg/hora excavada.

Según lo establecido en el Informe Final "Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" elaborado por B.S. Consultores en 2015, el factor de emisión para MP_{10} será calculado con la siguiente fórmula:

$$FE_{MP10} = 0{,}45 \times k \times \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}}$$

Dónde:

k: corresponde al factor de escala, para MP_{10} k es igual a 0,75

s: Porcentaje de finos del suelo (%)[1]

[1] Valor por defecto 6,9%, BS Consultores (2015).

M: Porcentaje de humedad del material[2]

Del informe citado anteriormente, el factor de emisión para $MP_{2,5}$ será calculado con la siguiente fórmula:

$$FE = 2{,}6 \times k \times \frac{s^{1,2}}{M^{1,3}}$$

Dónde:

Fe: Factor de emisión, en kg/h.

k: corresponde al factor de escala, para $MP_{2,5}$ k es igual a 0,105.

s: Porcentaje de finos del suelo (%)[3].

M: Porcentaje de humedad del material[4].

Tabla 9. Factores de emisión excavaciones – Fase de Construcción.

Actividad	Contaminante	Factor de emisión	Unidad
Excavaciones	MP_{10}	0,609	Kg/h
	$MP_{2,5}$	0,312	Kg/h

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.2.2Nivel de actividad

El nivel de actividad se determina a través del rendimiento teórico de la maquinaria y el volumen a excavar. Por defecto se considera para una retroexcavadora una capacidad de palada de 1 m^3 en rendimiento igual a 30 m^3/h, según lo indicado en la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la RM 2012.

En la siguiente tabla se presentan los parámetros utilizados de acuerdo con los antecedentes del Proyecto:

Tabla 10. Nivel de actividad excavaciones – Fase de Construcción.

Actividad	Volumen a excavar (m^3/fase)	Nivel de actividad (h/fase)
Excavaciones	653.387	21.780

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.2.3Emisiones

[2] Valor por defecto 7,9%, BS Consultores (2015).
3 Valor por defecto 6,9%, BS Consultores (2015).
4 Valor por defecto 7,9%, BS Consultores (2015).

En base al factor de emisión y nivel de actividad presentados anteriormente, la estimación de emisiones producto de esta actividad se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11. Emisiones por excavaciones – Fase de Construcción.

Actividad	Contaminante	Factor de emisión (kg/h)	Nivel de actividad (h/fase)	Emisión (ton/fase)
Excavaciones	MP_{10}	0,609	21.780	7,378
	$MP_{2,5}$	0,312		4,111

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.3 Transferencia de material y carguío

Corresponde a la actividad de cargar y descargar camiones, los cuales emiten partículas a la atmósfera.

5.1.3.1 Factor de emisión

El factor de emisión corresponde a la transferencia discreta de material utilizado directamente. La unidad de este factor es kilogramos emitidos por cada tonelada de material cargado o descargado.

Según lo establecido en el informe final "Servicio de recopilación de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental y la Guía para estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana", el factor de emisión sería calculado con la siguiente fórmula:

$$FE = 0{,}0016 \times k \times \frac{\left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}}$$

Dónde:

Fe: Factor de emisión, en kg/ton.

k: multiplicador de tamaño de partículas, para MP_{10} k es igual a 0,35 y para $MP_{2,5}$; k es igual a 0,053.

U: Velocidad del viento[5] (m/s).

[5] Valor por defecto 5 m/s, Guía RM (2012).

M: Humedad del material[6] (%).

Tabla 12. Factor de emisión por transferencia de material y carguío – Fase de Construcción.

Actividad	Contaminante	Factor de emisión	Unidad
Transferencia de material y carguío	MP_{10}	0,0002	kg/ton
	$MP_{2,5}$	0,00004	kg/ton

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.3.2 Nivel de actividad

De acuerdo con lo establecido en la Guía RM 2012, para calcular el nivel de actividad para la transferencia de material se considera la carga y descarga de material de excavaciones para la construcción.

Tabla 13. Nivel de actividad para transferencia de material y carguío – Fase de Construcción.

Actividad	Actividad específica	Volumen movilizado (m^3)	Densidad (ton/m^3)	Movimiento de material (ton)
Transferencia de material y carguío	Movimiento de tierra por escarpe, relleno y nivelación	936.549	2	1.873.097

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.3.3 Emisiones

En base al factor de emisión y nivel de actividad presentados anteriormente, la estimación de emisiones producto de esta actividad se muestra en la siguiente tabla:

[6] Valor por defecto 7,9%, BS Consultores (2015).

Tabla 14. Emisiones por transferencia de material y carguío – Fase de Construcción.

Actividad	Contaminante	Factor de emisión (kg/ton)	Nivel de actividad (ton/fase)	Emisión (ton/fase)(1)
Transferencia de material y carguío	MP_{10}	0,0002	1.873.097	0,891
	$MP_{2,5}$	0,00004		0,135

Nota (1): *La emisión se multiplica por 2, pues se considera la carga y descarga de material.*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.4 Polvo resuspendido en caminos pavimentados

5.1.4.1 Factor de emisión

Considerando el tránsito vehicular realizado por vías pavimentadas, el factor de emisión según lo establecido en el Informe Final "Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisiones al Aire para el SEA" (2015) corresponde a:

$$FE=k \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02}$$

Dónde:

FE: Factor de emisión en g/km.

K: Multiplicador del tamaño de partículas, 0,62 para MP_{10} y 0,15 para $MP_{2,5}$.

sL: Carga de finos de la superficie (g/m^2).

W: Peso promedio del flujo total de la flota que circula por las vías (ton).

5.1.4.2Determinación del sL

Para el cálculo de los factores de emisión se utilizó como referencia el informe final "Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisiones al Aire para el SEA (2015)".

Los valores del parámetro sL (carga de fino de la superficie) corresponden a:

- 0,6 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario < 500 veh/día.
- 0,2 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario entre 500 y 5.000 veh/día.
- 0,06 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario entre 5.000 y 10.000 veh/día.
- 0,03 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario > 10.000 veh/día.
- 0,015 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario > 10.000 veh/día (para vías con acceso limitado).

El flujo medio diario de las rutas utilizadas durante la fase de construcción del Proyecto se encuentra entre 5000 y 10.000 vehículos/día, por lo tanto, la carga de finos de la superficie corresponde a 0,06 g/ m^2.

El cálculo del factor de emisión requiere el peso promedio de todos los vehículos que circulan por una vía determinada. El detalle del cálculo de los pesos promedio de la flota (W) y de la determinación de los factores de emisión (Fe) para el cálculo de polvo resuspendido en caminos pavimentados se presenta en las siguientes tablas

Tabla 15. Rutas y pesos de la flota empleada en camino pavimentado – Fase de Construcción

Actividad	Tipo de vehículo	Origen	Destino	Ruta principal	Viajes/fase	Peso sin carga (ton)	Peso con carga (ton)	Peso promedio (ton)
Transporte a botadero interno	Camión	Parque	Botaderos internos	internos	177	9,2	33	21,10
Transporte interno (camiones de 12 m^3)	Camión	Parque	Parque	Internos	270	9,2	33	21,10
Transporte de cemento	Camión	Antofagasta	Parque	Camino a minera – R28 – R1	89	10,9	50	30,47
Acero	Camión	Antofagasta	Parque	Camino a minera – R28 – R1	25	9,2	33	21,09
Grava/arena concreto (Interno)	Camión	Parque	Parque	Internos	395	10,9	50	30,47
Agua industrial	Camión	Antofagasta	Parque	Camino a minera – R28 – R1	140	7,1	26	16,53
Combustible para maquinaria obra	Camión	Antofagasta	Parque	Camino a minera – R28 – R1	16	7,1	26	16,53
Cable de MT	Camión	Antofagasta	Parque	Camino a minera – R28 – R1	2	9,6	41	25,29
Cable AT	Camión	Antofagasta	Parque	Camino a minera – R28 – R1	1	9,6	41	25,29
Trasporte varios camión pluma	Camión	Antofagasta	Parque	Camino a minera – R28 – R1	66	8,7	31	19,61

Actividad	Tipo de vehículo	Origen	Destino	Ruta principal	Viajes/fase	Peso sin carga (ton)	Peso con carga (ton)	Peso promedio (ton)
Agua potable	Camión	Antofagasta	Parque	Camino a minera – R28 – R1	46	9,2	33	21,10
Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	Parque	Antofagasta	R1 – R-28 – Camino a minera	6	5,7	16	10,83
Residuos industriales no peligrosos	Camión	Parque	Antofagasta	R1 – R-28 – Camino a minera	3	5,7	16	10,83
Residuos peligrosos	Camión	Parque	Antofagasta	R1 – R-28 – Camino a minera	2	5,7	16	10,83
Transporte trabajadores temporales	Camioneta	Parque	Antofagasta	R1 – R-28 – Camino a minera	399	2,0	3	2,56
Transporte trabajadores fijos	Buses	Parque	Antofagasta	R1 – R-28 – Camino a minera	146	2,1	4	3,00
Transporte aerogeneradores	Especial	Antofagasta	Parque	R1 – R-28 – Camino a minera	672	8,7	31	19,61
Transporte transformadores	Especial	Antofagasta	Parque	R1 – R-28 – Camino a minera	32	8,7	31	19,61
Transporte geotextil	Camión	Antofagasta	Parque	R1 – R-28 – Camino a minera	11	9,2	33	21,10
Transporte movimiento de tierra pretil	Camión	Botaderos internos	Pretil	internos	11.096	9,2	33	21,10

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 16. Factor de emisión camino pavimentado – Fase de Construcción.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes/fase	Peso promedio ponderado W(1) (ton)	Fe MP_{10} (g/km)	Fe $MP_{2,5}$ (g/km)
Transporte a botadero interno	Camión	177	14,94	0,755	0,183
Transporte interno (camiones de 12 m3)	Camión	270			
Transporte de cemento	Camión	89			
Acero	Camión	25			
Grava/arena concreto (Interno)	Camión	395			
Agua industrial	Camión	140			
Combustible para maquinaria obra	Camión	16			
Cable de MT	Camión	2			
Cable AT	Camión	1			
Trasporte varios camión pluma	Camión	66			
Agua potable	Camión	46			
Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	6			
Residuos industriales no peligrosos	Camión	3			
Residuos peligrosos	Camión	2			
Transporte trabajadores temporales	Camioneta	399			
Transporte trabajadores fijos	Buses	146			
Transporte aerogeneradores	Especial	672			
Transporte transformadores	Especial	32			
Transporte geotextil	Camión	11			
Transporte movimiento de tierra pretil	Camión	11.096			

Nota (1): *El peso promedio ponderado se calcula como la sumatoria de los pesos ponderados en base a los kilómetros totales recorridos.*

Fuente: Elaboración propia, 2019..

5.1.4.3 Nivel de actividad

Tabla 17. Nivel de actividad camino pavimentado – Fase de Construcción.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes /fase	Ruta principal	Distancia ida y vuelta (km)	Nivel de actividad (km/fase)
Transporte a botadero interno	Camión	177	Internos	0	0
Transporte interno (camiones de 12 m3)	Camión	270	Internos	15,00	4.050
Transporte de cemento	Camión	89	Camino a minera – R28 – R1	121,60	10.822
Acero	Camión	25	Camino a minera – R28 – R1	121,60	3.040
Grava/arena concreto (Interno)	Camión	395	Internos	15,00	5.925
Agua industrial	Camión	140	Camino a minera – R28 – R1	121,60	17.024
Combustible para maquinaria obra	Camión	16	Camino a minera – R28 – R1	121,60	1.946
Cable de MT	Camión	2	Camino a minera – R28 – R1	121,60	243
Cable AT	Camión	1	Camino a minera – R28 – R1	121,60	122
Trasporte varios camión pluma	Camión	66	Camino a minera – R28 – R1	121,60	8.026
Agua potable	Camión	46	Camino a minera – R28 – R1	121,60	5.594
Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	6	R1 – R-28 – Camino a minera	121,60	730
Residuos industriales no peligrosos	Camión	3	R1 – R-28 – Camino a minera	121,60	365
Residuos peligrosos	Camión	2	R1 – R-28 – Camino a minera	121,60	243
Transporte trabajadores temporales	Camioneta	399	R1 – R-28 – Camino a minera	121,60	48.518
Transporte trabajadores fijos	Buses	146	R1 – R-28 – Camino a minera	121,60	17.754
Transporte aerogeneradores	Especial	672	R1 – R-28 – Camino a minera	121,60	81.715
Transportes transformadores	Especial	32	R1 – R-28 – Camino a minera	121,60	3.891
Transporte geotextil	Camión	11	R1 – R-28 – Camino a minera	121,60	1.338
Transporte movimiento de tierra pretil	Camión	11.096	Internos	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.4.4Emisiones

Tabla 18. Emisiones por resuspensión de polvo en caminos pavimentados – Fase de Construcción.

Actividad	Factor de emisión MP_{10} (g/km)	Factor de emisión $MP_{2.5}$ (g/km)	Nivel de actividad (km/fase)	Emisiones MP_{10} (ton/fase)	Emisiones $MP_{2,5}$ (ton/fase)
Transporte a botadero interno	0,755	0,183	0	0	0
Transporte interno (camiones de 12 m3)			4.050	0,003	0,0007
Transporte de cemento			10.822	0,008	0,0020
Acero			3.040	0,002	0,0006
Grava/arena concreto (Interno)			5.925	0,004	0,0011
Agua industrial			17.024	0,013	0,0031
Combustible para maquinaria obra			1.946	0,001	0,0004
Cable de MT			243	0,000	0,0000
Cable AT			122	0,000	0,0000
Trasporte varios camión pluma			8.026	0,006	0,0015
Agua potable			5.594	0,004	0,0010
Residuos sólidos asimilables a domiciliarios			730	0,001	0,0001
Residuos industriales no peligrosos			365	0,000	0,0001
Residuos peligrosos			243	0,000	0,0000
Transporte trabajadores temporales			48.518	0,037	0,0089
Transporte trabajadores fijos			17.754	0,013	0,0033
Transporte aerogeneradores			81.715	0,062	0,0150
Transporte transformadores			3.891	0,003	0,0007
Transporte geotextil			1.3381.824	0,001	0,0002
Transporte movimiento de tierra pretil			0	0	0
TOTAL EMISIONES (ton/fase)				**0,160**	**0,039**

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.5 Polvo resuspendido en caminos no pavimentados

5.1.5.1 Factor de emisión

Corresponde al tránsito vehicular realizado en caminos no pavimentados. El Informe Final "Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisiones al Aire para el SEA" (2015) define el factor de emisión según la siguiente relación:

$$FE = k \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{2,72}\right)^{0,45}$$

Dónde:

k: Multiplicador del tamaño de partículas, para MP_{10} el valor es 422,85 y para $MP_{2,5}$ es 42,285.

s: Porcentaje de finos del suelo.[7]

W: Peso promedio de la flota que circula por las vías (ton).

5.1.5.2Determinación de W

El peso promedio de la flota en circulación por las vías se determinó utilizando el peso promedio por fase y tramo utilizado. El detalle de las rutas y peso promedio de la flota se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 19. Tramos y rutas de la flota empleada no pavimentado – Fase de Construcción.

Tramo	Ruta	Descripción	Distancia recorrida ida y regreso (km)
			No pavimentado
1	Camino interno	Camino interno del proyecto	9
2	Camino interno	Camino interno a botadero	6
3	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	Accesos al proyecto	0,48

Fuente: Elaboración propia, 2019.

[7] Valor por defecto 8,5% extraído de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la RM (2012)

Tabla 20. Factor de emisión Caminos no pavimentados – Fase de Construcción.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes /fase	Tramos utilizados	Peso Promedio Ponderado [1] (ton)
Transporte a botadero interno	Camión	177	Interno	21,48
Transporte interno (camiones de 12 m3)	Camión	270	Internos	
Transporte de cemento	Camión	89	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	
Acero	Camión	25	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	
Grava/arena concreto (Interno)	Camión	395	Internos	
Agua industrial	Camión	140	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	
Combustible para maquinaria obra	Camión	16	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	
Cable de MT	Camión	2	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	
Cable AT	Camión	1	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	
Trasporte varios camión pluma	Camión	66	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	
Agua potable	Camión	46	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	
Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	6	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera	
Residuos industriales no peligrosos	Camión	3	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera	
Residuos peligrosos	Camión	2	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera	
Transporte trabajadores temporales	Camioneta	399	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera	
Transporte trabajadores fijos	Buses	146	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera	
Transporte aerogeneradores	Especial	672	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera	
Transporte transformadores	Especial	32	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera	
Transporte geotextil	Camión	11	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera	
Transporte movimiento de tierra pretil	Camión	11.096	Interno	

Nota (1): *El peso promedio ponderado se calcula como la sumatoria de los pesos ponderados en base a los kilómetros totales recorridos.*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.5.3 Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la distancia recorrida total considerando la cantidad de viajes en las fases y la distancia por tramos.

Tabla 21. Nivel de actividad en Caminos No Pavimentados – Fase de Construcción.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes / fase	Distancia ida y vuelta (km)	Tramos utilizados	Nivel de actividad (km/fase)
Transporte a botadero interno	Camión	177	6,00	Internos	1.062
Transporte interno (camiones de 12 m3)	Camión	270	9,00	Internos	2.430
Transporte de cemento	Camión	89	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	43
Acero	Camión	25	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	12
Grava/arena concreto (Interno)	Camión	395	9,00	Internos	3.555
Agua industrial	Camión	140	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	67

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes / fase	Distancia ida y vuelta (km)	Tramos utilizados	Nivel de actividad (km/fase)
Combustible para maquinaria obra	Camión	16	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	8
Cable de MT	Camión	2	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	1
Cable AT	Camión	1	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	0
Trasporte varios camión pluma	Camión	66	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	32
Agua potable	Camión	46	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	22
Residuos sólidos asimilable a domiciliarios	Camión	6	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	3
Residuos industriales no peligrosos	Camión	3	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	1
Residuos peligrosos	Camión	2	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	1
Transporte trabajadores temporales	Camioneta	399	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	192
Transporte trabajadores fijos	Buses	146	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	70
Transporte aerogeneradores	Especial	672	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	323
Transporte transformadores	Especial	32	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	15
Transporte geotextil	Camión	11	0,48	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	5
Transporte movimiento de tierra pretil	Camión	11.096	6	Internos	66.576

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.5.4Emisiones

Según los factores de emisión y nivel de actividad presentados, la estimación de emisiones producto de la re suspensión en caminos no pavimentados se describe en la siguiente tabla.

Tabla 22. Emisiones por resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en Caminos No Pavimentados – Fase de Construcción.

Actividad	Tipo de vehículo	Tramos utilizados	Factor de emisión (g/km)		Nivel de actividad
			Fe MP_{10}	Fe $Mp_{2.5}$	
Transporte a botadero interno	Camión	Internos	751,74	75,17	1.062
Transporte interno (camiones de 12 m3)	Camión	Internos			2.430
Transporte de cemento	Camión	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1			43
Acero	Camión	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1			12
Grava/arena concreto (Interno)	Camión	Internos			3.555
Agua industrial	Camión	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1			67
Combustible para maquinaria obra	Camión	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1			8
Cable de MT	Camión	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1			1
Cable AT	Camión	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1			0
Trasporte varios camión pluma	Camión	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1			32
Agua potable	Camión	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1			22
Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera			3
Residuos industriales no peligrosos	Camión	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera			1
Residuos peligrosos	Camión	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera			1
Transporte trabajadores temporales	Camioneta	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera			192
Transporte trabajadores fijos	Buses	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera			70
Transporte aerogeneradores	Especial	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera			323
Transporte transformadores	Especial	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera			15
Transporte geotextil	Camión	Ruta 1 – Ruta 28 - Camino a minera			5
Transporte movimiento de tierra pretil	Camión	Internos			66.576
EMISION TOTAL (ton/fase)					

Nota: Las emisiones presentadas en esta tabla consideran un abatimiento del 85% producto del uso de bischofita en los caminos de acceso, central. Y botaderos.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.6 Gases por combustión de vehículos

5.1.6.1 Factor de emisión

El Factor de emisión (Fe) para el cálculo de los gases por combustión de vehículos se obtiene de la Guía RM 2012 y de la Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas M11 Metodología SINCA 2011, las que se basan en el AP 42 de la EPA, de acuerdo con el tipo de vehículo.

En la siguiente tabla se presentan las actividades de la fase de construcción, el tipo de vehículo y su categorización.

Tabla 23. Categorización de vehículos – Fase de Construcción.

Actividad	Tipo de vehículo	Peso bruto vehículo (ton)	Categoría
Transporte a botadero interno	Camión tolva	33,00	Camión pesado diesel 3
Transporte interno (camiones de 12 m3)	Camión tolva	33,00	Camión pesado diesel 3
Transporte de cemento	Camión	50,00	Camión pesado diesel 3
Acero	Camión rampa	33,00	Camión pesado diesel 3
Grava/arena concreto (Interno)	Camión tolva	50,00	Camión pesado diesel 3
Agua industrial	Camión surtidor	26,00	Camión pesado diesel 3
Combustible para maquinaria obra	Camión surtidor	26,00	Camión pesado diesel 3
Cable de MT	Camión rampa	41,00	Camión pesado diesel 3
Cable AT	Camión rampa	41,00	Camión pesado diesel 3
Trasporte varios camión pluma	Camión pluma	30,50	Camión pesado diesel 3
Agua potable	Camión aljibe	33,00	Camión pesado diesel 3
Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	16,00	Camión pesado diesel 3
Residuos industriales no peligrosos	Camión	16,00	Camión pesado diesel 3
Residuos peligrosos	Camión	16,00	Camión pesado diesel 3
Transporte trabajadores temporales	Camioneta	3,15	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2
Transporte trabajadores fijos	Buses	3,88	Buses licitados urbanos y buses rurales diesel tipo 3
Transporte aerogeneradores	Especial	30,50	Camión pesado diesel 3
Transporte transformadores	Especial	30,50	Camión pesado diesel 3
Transporte geotextil	Camión	33,00	Camión pesado diesel 3
Transporte movimiento de tierra pretil	Camión	33,00	Camión pesado diesel 3

Nota: Cabe señalar que se categorizaron los vehículos según lo indicado en el Anexo I de la Guía RM, 2012, de acuerdo con el peso de los diferentes tipos de vehículos y a la fecha de inscripción de los vehículos en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En base a lo anterior, a continuación, se muestra el detalle para el cálculo de los factores de emisión para los gases por tránsito de vehículos. Es importante indicar que las fórmulas para los factores de emisión provienen del Anexo 2 de la Guía RM 2012.

Actividad: Transporte a botadero interno, Transporte interno (camiones de 12 m3), Transporte de cemento, Acero, Grava/arena concreto (Interno), Agua industrial, Combustible para maquinaria obra, Cable de MT, Cable AT, Trasporte varios camión pluma, Agua potable, Residuos sólidos domiciliarios, Residuos industriales no peligrosos, Residuos peligrosos, transporte aerogeneradores, transporte transformadores, Transporte geotextil, Transporte movimiento de tierra pretil. Tipo de Vehículo: Camión tolva, Camión, Camión rampa, camión surtidor, camión plumo, camión aljibe, camión succión. Categoría: Camión pesado Diesel 3.					
Contaminante	Fórmula	Velocidad (km/h)		Factor de emisión (g/km)	
		Pavimentado	No pavimentado	Pavimentado	No pavimentado
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+EXP((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*LN(V)))+(0,0390066425998189*V)))))	50	30	1,68	2,49

HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))			0,36	0,56
NOx	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))			6,72	8,74
$MP_{10}/MP_{2.5}$	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,8643280267750 96*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))			0,15	0,23
SOx	2*0,00035*((199,101296810716+(496,037924788222*EXP(((-1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*EXP(((-1)*0,573715458508514)*V)))			0,17	0,23
Actividad: Traslado de trabajadores temporales Tipo de Vehículo: Camioneta Categoría: Vehículos comerciales Diesel tipo 2					
Contaminante	Fórmula	Velocidad (km/h)		Factor de emisión (g/km)	
		Pavimentado	No pavimentado	Pavimentado	No pavimentado
CO	0,82*(0,000223*V 2-0,026*V+1,076)	50	30	0,27	0,41
HC	0,62*(0.0000175*V^(2)-0,00284*V+0,2162)			0,07	0,09
NOx	0,84*(0.000241*V 2-0,03181*V+2,0247)			0,87	1,08
$MP_{10}/MP_{2.5}$	0,67*(0.000045*V 2-0,004885*V+0,1932)			0,04	0,06
SOx	2*0,00035*(0,0198*V 2-2,506*V+137,42			0,04	0,06

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Actividad: Traslado de trabajadores fijos Tipo de Vehículo: Bus Categoría: Buses licitados urbanos y buses rurales diesel tipo 3					
Contaminante	Fórmula	Velocidad (km/h)		Factor de emisión (g/km)	
		Pavimentado	No pavimentado	Pavimentado	No pavimentado
CO	EXP((4,49459237978435+(-3,87613016307628/V))+(-1,04287581210089*LN(V)))	50	30	1,40	2,27
HC	((0,203552960707172+(1,1801818895166*exp(((-1)*0,0539596546222477)*V)))+(10,3079031432216*exp(((-1)*0,52183677102291)*V)))			0,28	0,44
NOx	(3,97204458653341+(93,4011475168263/(1+exp((((-1)*1,1663708654914)+(1,13974993702192*ln(V)))+(0,0115236421967199*V)))))			5,88	8,17
$MP_{10}/MP_{2.5}$	((0,0941400678390497+(0,453225667665789*exp(((-1)*0,0555842529466689)*V)))+(1250,73523278467*exp(((-1)*1,74277938177595)*V)))			0,12	0,18
SOx	2*0,00035*((193,61077011167+(617,446606071137*exp(((-1)*0,0659151515019985)*V)))+(52222212,2276168*exp(((-1)*2,21550769693125)*V)))			0,15	0,20

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.6.2 Nivel de actividad

Tabla 24. Nivel de actividad por combustión de vehículos – Fase de Construcción.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes/fase	Camino pavimentado		Camino no pavimentado	
			Distancia ida y vuelta (km)	Nivel de actividad (km/fase)	Distancia ida y vuelta (km)	Nivel de actividad (km/fase)
Transporte a botadero linterno	Camión tolva	177	0	0	6	1.062
Transporte interno (camiones de 12 m3)	Camión tolva	270	15	4.050	9	2.430
Transporte de cemento	Camión	89	121,6	10.822	0,48	43
Acero	Camión rampa	25	121,6	3.040	0,48	12
Grava/arena concreto (Interno)	Camión tolva	395	15	5.925	9	3.555
Agua industrial	Camión surtidor	140	121,6	17.024	0,48	67
Combustible para maquinaria obra	Camión surtidor	16	121,6	1.946	0,48	8
Cable de MT	Camión rampa	2	121,6	243	0,48	1
Cable AT	Camión rampa	1	121,6	122	0,48	0
Trasporte varios camión pluma	Camión pluma	66	121,6	8.026	0,48	32
Agua potable	Camión aljibe	46	121,6	5.594	0,48	22
Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	6	121,6	730	0,48	3
Residuos industriales no peligrosos	Camión	3	121,6	365	0,48	1
Residuos peligrosos	Camión	2	121,6	243	0,48	1
Transporte trabajadores temporales	Camioneta	399	121,6	48.518	0,48	192
Transporte trabajadores fijos	Buses	146	121,6	17.754	0,48	70
Transporte aerogeneradores	Especial	672	121,6	81.715	0,48	323
Transporte transformadores	Especial	32	121,6	3.891	0,48	15
Transporte geotextil	Camión	11	121,6	1.338	0,48	5
Transporte movimiento de tierra pretil	Camión	11.096	0	0	6	66.576

Fuente: Elaboración propia, 2019+.

5.1.6.3Emisiones

Tabla 25. Emisiones por combustión de vehículos – Fase de Construcción

Actividad	Nivel de actividad (km/fase)		Emisiones (ton/fase)			
	Camino Pavimentado	Camino no pavimentado	MP10	MP2,5	CO	HC
Transporte a botadero interno	0	1.062	0,00024	0,00024	0,00024	0,00024
Transporte interno (camiones de 12 m3)	4.050	2.430	0,00118	0,00118	0,01287	0,00283
Transporte de cemento	10.822	43	0,00168	0,00168	0,01831	0,00395
Acero	3.040	12	0,00047	0,00047	0,00514	0,00111
Grava/arena concreto (Interno)	5.925	3.555	0,00173	0,00173	0,01883	0,00414
Agua industrial	17.024	67	0,00264	0,00264	0,02880	0,00622
Combustible para maquinaria obra	1.946	8	0,00030	0,00030	0,00329	0,00071
Cable de MT	243	1	0,00004	0,00004	0,00041	0,00009
Cable AT	122	0	0,00002	0,00002	0,00021	0,00004
Trasporte varios camión pluma	8.026	32	0,00124	0,00124	0,01358	0,00293
Agua potable	5.594	22	0,00087	0,00087	0,00946	0,00204
Residuos sólidos asimilables a domiciliarios	730	3	0,00011	0,00011	0,00123	0,00027
Residuos industriales no peligrosos	365	1	0,00006	0,00006	0,00062	0,00013
Residuos peligrosos	243	1	0,00004	0,00004	0,00041	0,00009
Transporte trabajadores temporales	48.518	192	0,00201	0,00201	0,01335	0,00357
Transporte trabajadores fijos	17.754	70	0,00218	0,00218	0,02503	0,00506
Transporte aerogeneradores	81.715	323	0,01266	0,01266	0,13826	0,02986
Transporte transformadores	3.891	15	0,00060	0,00060	0,00658	0,00142
Transporte geotextil	1.338	5	0,00021	0,00021	0,00226	0,00049
Transporte movimiento de tierra pretil	0	66.576	0,01529	0,01529	0.16592	0,03721
EMISION TOTAL (ton/fase)			**0,0436**	**0,0436**	**0,4672**	**0,1028**

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.7 Maquinaria

5.1.7.1 Factor de emisión

Las emisiones de maquinarias se calculan a partir de la metodología expuesta en la Guía RM 2012 (basada en la Metodología AP 42 de la EPA), según el factor de emisión indicado, el cual varía según potencia, tal como se indica a continuación:

Tabla 26. Factores de emisión de maquinaria en función de la potencia.

Contaminante	Unidad	0-20	20-37	37-75	75-130	>130
CO	g/kW-h	8,38	6,43	5,06	3,76	3,00
HC	g/kW-h	3,87	2,96	2,33	1,72	1,35
NOx	g/kW-h	14,36	14,36	14,36	14,36	14,36
MP_{10}	g/kW-h	2,22	1,81	1,51	1,23	1,10

Fuente: Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Seremi de Medio Ambiente (2012).

5.1.7.2Nivel de actividad

En el caso de la emisión de gases de combustión de la maquinaria el nivel de actividad se obtiene de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$Na = t \times P \times C \times N$$

Dónde:

Na: Nivel de actividad (kWh/año)

t: tiempo de operación (h/año)

P: Potencia (kW)

C: Porcentaje de carga

N: Cantidad de maquinas

En la siguiente tabla se presentan los valores correspondientes a los niveles de actividad:

Tabla 27. Nivel de actividad de maquinaria – Fase de Construcción.

Tipo de maquinaria	N: Cantidad de maquinarias	Tiempo de operación por cada maquinaria (h/fase)	P: Potencia Nominal (kW)	C: Porcentaje de Carga	Nivel de actividad (kW-h/fase)
Excavadora	4	1.746	187,00	0,8	1.044.860
Retroexcavadora	3	1.746	187,00		783.645
Grúa de montaje	4	1.746	190,00		1.061.623
Motoniveladora	5	1.746	149,00		1.040.670
Bulldozer	2	1.746	187,00		522.430
Rodillo compactador	2	1.746	28,00		78.225
Equipo de tendido	4	459	230,00		338.089
Manlift	2	459	230,00		169.044

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.7.3 Emisiones

Tabla 28. Emisiones de maquinaria – Fase de Construcción.

Tipo de maquinaria	Contaminante	Factor de emisión (g/kWh)	Nivel de actividad (kW-h/fase)	Emisiones (ton/fase)
Excavadora	CO	3	1.044.860	3,1346
	HC	1,35		1,4106
	NOx	14,36		15,0042
	MP_{10}	1,1		1,1493
	$MP_{2.5}$	1,1		1,1493
Retroexcavadora	CO	3	783.645	2,3509
	HC	1,35		1,0579
	NOx	14,36		11,2531
	MP_{10}	1,1		0,8620
	$MP_{2.5}$	1,1		0,8620
Grúa de montaje	CO	3	1.061.623	3,1849
	HC	1,35		1,4332
	NOx	14,36		15,2449
	MP_{10}	1,1		1,1678
	$MP_{2.5}$	1,1		1,1678
Motoniveladora	CO	3	1.040.670	3,1220
	HC	1,35		1,4049
	NOx	14,36		14,9440
	MP_{10}	1,1		1,1447
	$MP_{2.5}$	1,1		1,1447
Bulldozer	CO	3	522.430	1,5673
	HC	1,35		0,7053
	NOx	14,36		7,5021
	MP_{10}	1,1		0,5747
	$MP_{2.5}$	1,1		0,5747
Rodillo compactador	CO	6,43	78.225	0,5030
	HC	2,96		0,2315
	NOx	14,36		1,1233
	MP10	1,81		0,1416
	MP2,5	1,81		0,1416
Equipo de tendido	CO	3	338.089	1,0143
	HC	1,35		0,4564
	NOx	14,36		4,8550
	MP10	1,1		0,3719
	MP2,5	1,1		0,3719
Manlift	CO	3	169.044	0,5071
	HC	1,35		0,2282
	NOx	14,36		2,4275
	MP10	1,1		0,1859
	MP2,5	1,1		0,1859

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.8 Grupos electrógenos

5.1.8.1 Factor de emisión

Las emisiones de grupos electrógenos se calculan a partir de la metodología expuesta en la Guía RM 2012, según el factor de emisión indicado, el cual varía según potencia, tal como se indica a continuación:

Tabla 29. Factores de emisión de grupos electrógenos.

Combustible	Unidad	CO	NOx	MP10	SOx
Diésel (hasta 600 HP)	kg/kW-h	4,06 E-03	0,0188	1,34 E-03	1,25 E-03
Diésel (más de 600 HP)	kg/kW-h	3,34 E-03	0,0146	4,26 E-04	2,46 E-05
Gasolina (hasta 250 HP)	kg/kW-h	0,267	0,0067	4,38 E-04	3,59 E-04

Fuente: Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Seremi de Medio Ambiente (2012).

5.1.8.2 Nivel de actividad

En el caso de la emisión de gases de combustión del grupo electrógeno, el nivel de actividad se obtiene de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$Na = t \times P \times N$$

Dónde:

Na: Nivel de actividad (kWh/año)

t: tiempo de operación (h/año)

P: Potencia (kW)

N: Cantidad de maquinas

En la siguiente tabla se presentan los valores correspondientes a los niveles de actividad:

Tabla 30. Nivel de actividad de grupos electrógenos – Fase de Construcción.

Equipo	N: Cantidad de equipos	Tiempo de operación por cada equipo (h/fase)	P: Potencia Nominal (kW)	Tipo de combustible	Nivel de actividad (kW-h/fase)
Instalación de Faena PE	1	3.915	176	Diesel	690.892
Instalación de Faena PE (respaldo)	1	157	176	Diesel	27.636
Instalación de Faena S/E	1	3.915	176	Diesel	690.892
Instalación de Faena S/E (respaldo)	1	157	176	Diesel	27.636
Planta de Hormigón #1	1	2.871	176	Diesel	506.654
Planta de Hormigón #2	1	2.871	176	Diesel	506.654
Planta de Hormigón (respaldo)	1	115	16	Diesel	1.842

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.8.3Emisiones

Tabla 31. Emisiones de grupos electrógeno – Fase de Construcción.

Tipo de equipo	Contaminante	Factor de emisión (kg/kWh)	Nivel de actividad (kW-h/fase)	Emisiones (ton/fase)
Instalación de Faena PE	CO	0,00406	690.892	2,81
	NOx	0,01880		12,99
	MP_{10}	0,00134		0,93
	$MP_{2.5}$	0,00134		0,93
	SOx	0,00125		0,86
Instalación de Faena PE (respaldo)	CO	0,00406	27.636	0,11
	NOx	0,01880		0,52
	MP_{10}	0,00134		0,04
	$MP_{2.5}$	0,00134		0,04
	SOx	0,00125		0,03
Instalación de Faena S/E	CO	0,00406	690.892	2,81
	NOx	0,01880		12,99
	MP_{10}	0,00134		0,93
	$MP_{2.5}$	0,00134		0,93
	SOx	0,00125		0,86
Instalación de Faena S/E (respaldo)	CO	0,00406	27.636	0,11
	NOx	0,01880		0,52
	MP_{10}	0,00134		0,04
	$MP_{2.5}$	0,00134		0,04
	SOx	0,00125		0,03
Planta de Hormigón #1	CO	0,00406	506.654	2,06
	NOx	0,01880		9,53
	MP_{10}	0,00134		0,68
	$MP_{2.5}$	0,00134		0,68
	SOx	0,00125		0,63
Planta de Hormigón #2	CO	0,00406	506.654	2,06
	NOx	0,01880		9,53
	MP_{10}	0,00134		0,68
	$MP_{2.5}$	0,00134		0,68
	SOx	0,00125		0,63
Planta de Hormigón (respaldo)	CO	0,00406	1.842	0,01
	NOx	0,01880		0,03
	MP_{10}	0,00134		0,002
	$MP_{2.5}$	0,00134		0,002
	SOx	0,00125		0,002

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.9 Planta de Hormigón

5.1.9.1 Factor de emisión

Se utilizaron los factores de emisión propuestos en "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42" de la U.S. EPA. Los factores de emisión están en función del material cargado y se adjuntan en la siguiente tabla:

Tabla 32. Factores de emisión de plantas de hormigón.

Actividad de la planta de hormigón	FE MP_{10} (kg/ton de material cargado)
Transferencia de agregados	0,0017
Transferencia de arena	0,00051
Descarga de cemento a silo	0,00017
Descarga de suplemento a silo	0,0024
Carga en la Tolva de pesaje	0,0013
Carga del mezclador	0,0028
Carga del camión	0,0131

Fuente: Elaborado a partir de información presente en "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42" de la U.S. EPA.

5.1.9.2 Nivel de actividad

Del proyecto, se estima que la planta elaborará 161.470 m^3 de hormigón equivalentes a 387.528 ton[8].

Las toneladas de material cargado están en función de la componencial descrita en la siguiente tabla:

Tabla 33. Composición del hormigón.

Material	Composición	Unidad
Hormigón	1	Ton
Conformada por:		
- Agregados	0,846	Ton
- Arena	0,648	Ton
- Cemento	0,233	Ton
- Suplemento	0,033	Ton

Fuente: Elaborado a partir de información presente en Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42 de la U.S. EPA.

En base a la componencial anterior, se estiman las cantidades de material utilizado por la Planta de Hormigón:

[8] Densidad de hormigón: 2,4 ton/m^3

Tabla 34. Material cargado en planta de hormigón.

Material	Material cargado (ton)
Agregados	327.849
Arena	25.1118
Cemento	90.294
Suplemento	12.788

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.1.9.3Emisiones

Tabla 35. Emisiones de planta de hormigón – Fase de Construcción.

Actividad de la planta de hormigón	Emisión MP_{10} (ton/fase)
Transferencia de agregados	0,557
Transferencia de arena	0,128
Descarga de cemento a silo	0,015
Descarga de suplemento a silo	0,031
Carga en la Tolva de pesaje	0,753
Carga del mezclador	0,253
Carga del camión	1,183
EMISION TOTAL (ton/fase)	2,920

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.2 Fase de operación

5.2.1 Polvo resuspendido en caminos pavimentados

5.2.1.1 Factor de emisión

Considerando el tránsito vehicular realizado por vías pavimentadas, el factor de emisión según lo establecido en el Informe Final "Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisiones al Aire para el SEA" (2015) corresponde a:

$$FE = k \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02}$$

Dónde:

k: Multiplicador del tamaño de particular; para MP_{10} es 0,62 y para $MP_{2,5}$ es 0,15.

sL: Carga de fino de la superficie (g/m^2).

W: Promedio del flujo total que circula por las vías (ton).

5.2.1.2 Determinación del sL

Los valores del parámetro sL (carga de fino de la superficie) son los siguientes:

- 0,6 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario < 500 veh/día.

- 0,2 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario entre 500 y 5.000 veh/día.
- 0,06 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario entre 5.000 y 10.000 veh/día.
- 0,03 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario > 10.000 veh/día.
- 0,015 (g/m^2) para caminos con flujo medio diario > 10.000 veh/día (para vías con acceso limitado).

El flujo medio considerado para la fase de operación del proyecto está entre 5000 y 10.000 veh/día, por lo que la carga de finos sería de 0,06 (g/m^2).

El cálculo del factor de emisión requiere el peso promedio de todos los vehículos que circulan por una vía determinada. El detalle del cálculo de los pesos promedio de la flota (W) y de la determinación de los factores de emisión (Fe) para el cálculo de polvo resuspendido en caminos pavimentados se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 36. Rutas y pesos de la flota empleada en camino pavimentado – Fase de Operación.

Actividad	Tipo de vehículo	Origen	Destino	Ruta principal	Viajes /año	P ca (t
Transporte de trabajadores	Camioneta	Parque eólico	Antofagasta	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	240	1,96
Transporte de aceites y grasas	Camión	Parque eólico	Antofagasta	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	2	5,6
Transporte de RESPEL	Camión	Parque eólico	Antofagasta	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	1	5,6
Transporte residuos sólidos no peligrosos	Camión	Parque eólico	Antofagasta	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	1	5,6
Transporte residuos sólidos domésticos	Camión	Parque eólico	Antofagasta	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	12	5,6
Transporte de Agua Potable	Camión aljibe	Parque eólico	Antofagasta	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	12	9,2
Transporte de repuestos, materiales, insumos	Camioneta	Parque eólico	Antofagasta	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	12	1,96

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 37. Factor de emisión camino pavimentado – Fase de Operación.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes/año	Peso promedio ponderado W[(1)] (ton)	Fe MP_{10} (g/km)	Fe $MP_{2,5}$ (g/km)
Transporte de trabajadores	Camioneta	240	3,84	0,189	0,046
Transporte de aceites y grasas	Camión	2			
Transporte de RESPEL	Camión	1			
Transporte residuos sólidos no peligrosos	Camión	1			
Transporte residuos sólidos domésticos	Camión	12			
Transporte de Agua potable	Camión	12			

Transporte de repuestos, materiales, insumos	Camioneta	12			

Nota (1): *El peso promedio ponderado se calcula como la sumatoria de los pesos ponderados en base a los kilómetros totales recorridos.*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.2.1.3 Nivel de actividad

Tabla 38. Nivel de actividad camino pavimentado – Fase de Operación.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes /año	Ruta principal	Distancia ida y vuelta (km)	Nivel de actividad (km/año)
Transporte de trabajadores	Camioneta	240	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	121,60	29.184
Transporte de aceites y grasas	Camión	2	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	121,60	243
Transporte de RESPEL	Camión	1	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	121,60	122
Transporte residuos sólidos no peligrosos	Camión	1	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	121,60	122
Transporte residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	12	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	121,60	1.459
Transporte de Agua potable	Camión aljibe	12	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	121,60	1.459
Transporte de repuestos, materiales, insumos	Camioneta	12	Camino a minera – Ruta 28 – Ruta 1	121,60	1.459

Fuente: Elaboración propia, 2019

5.2.1.4 Emisiones

Tabla 39. Emisiones por resuspensión en camino pavimentado – Fase de Operación.

Actividad	Factor de emisión MP_{10} (g/km)	Factor de emisión $MP_{2,5}$ (g/km)	Nivel de actividad (km/año)	Emisiones MP_{10} (ton/año)	Emisiones $MP_{2,5}$ (ton/año)
Transporte de trabajadores	0,189	0,046	29.184	0,00552	0,00133
Transporte de aceites y grasas			243	0,00005	0,00001
Transporte de RESPEL			122	0,00002	0,00001
Transporte residuos sólidos no peligrosos			122	0,00002	0,00001
Transporte residuos sólidos asimilables a domiciliarios			1.459	0,00028	0,00007
Transporte de Agua potable			1.459	0,00028	0,00007
Transporte de repuestos, materiales, insumos			1.459	0,00028	0,00007
TOTAL EMISIONES (ton/año)				**0,006**	**0,002**

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.2.2 Polvo resuspendido en caminos no pavimentados

5.2.2.1 Factor de emisión

Corresponde al tránsito vehicular realizado en caminos no pavimentados. La Guía RM 2012 define el factor de emisión según la siguiente relación:

$$FE = k \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{2,7}\right)^{0,45}$$

Dónde:

k: Multiplicador del tamaño de partículas, para MP_{10} el valor es 422,85 y para $MP_{2,5}$ es 42,285.

s: Porcentaje de finos del suelo.[9]

W: Peso promedio de la flota que circula por las vías (ton).

5.2.2.2 Determinación de W

El peso promedio de la flota en circulación por las vías se determinó utilizando el peso promedio por fase y tramo utilizado. El detalle de las rutas y peso promedio de la flota se detalla en la siguiente tabla:

[9] Valor por defecto 8,5% extraído de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana 2012

Tabla 40. Tramos y rutas de la flota empleada no pavimentado – Fase de Operación.

Tramo	Ruta	Descripción	Distancia recorrida ida y regreso (km)
			No pavimentado
1	Camino interno	Caminos internos del parque eólico	0,48

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 41. Factor de emisión Caminos no pavimentados – Fase de Operación.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes/año	Tramos utilizados	Peso Promedio Ponderado, W (1) (ton)	FE MP_{10} (g/km)	FE $MP_{2,5}$ (g/km)
Transporte de trabajadores	Camioneta	240	Camino interno	3,84	346,48	34,65
Transporte de aceites y grasas	Camión	2	Camino interno			
Transporte de RESPEL	Camión	1	Camino interno			
Transporte residuos sólidos no peligrosos	Camión	1	Camino interno			
Transporte residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	12	Camino interno			
Transporte de Agua Potable	Camión aljibe	12	Camino interno			
Transporte de repuestos, materiales, insumos	Camioneta	12	Camino interno			

Nota (1): *El peso promedio ponderado se calcula como la sumatoria de los pesos ponderados en base a los kilómetros totales recorridos.*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.2.2.3 Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la distancia recorrida total considerando la cantidad de viajes en las fases y la distancia por tramos.

Tabla 42. Nivel de actividad en Caminos No Pavimentados – Fase de Operación.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes/año	Distancia ida y vuelta (km)	Tramos utilizados	Nivel de actividad (km/año)
Transporte de trabajadores	Camioneta	240	0,48	Caminos internos	115
Transporte de aceites y grasas	Camión	2	0,48	Caminos internos	1
Transporte de RESPEL	Camión	1	0,48	Caminos internos	0,5
Transporte residuos sólidos no peligrosos	Camión	1	0,48	Caminos internos	0,5
Transporte residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	12	0,48	Caminos internos	6
Transporte de Agua potable	Camión aljibe	12	0,48	Caminos internos	6
Transporte de repuestos, materiales, insumos	Camioneta	12	0,48	Caminos internos	6

Fuente: Elaboración propia, 2019

5.2.2.4 Emisiones

Según los factores de emisión y nivel de actividad presentados, la estimación de emisiones producto de la re suspensión en caminos no pavimentados se describe en la siguiente tabla:

Tabla 43. Emisiones por resuspensión en caminos no pavimentados – Fase de Operación.

Actividad	Tipo de vehículo	Tramos utilizados	Factor de emisión (g/km)		Nivel de actividad	Emisión (ton/año)	
			Fe MP_{10}	Fe $Mp_{2,5}$		MP_{10}	$MP_{2,5}$
Transporte de trabajadores	Camioneta	Caminos internos	346,48	34,65	115	0,040	0,004
Transporte de aceites y grasas	Camión	Caminos internos			1	0,0003	0,00003
Transporte de RESPEL	Camión	Caminos internos			0,5	0,0002	0,00002

Transporte residuos sólidos no peligrosos	Camión	Caminos internos			0,5	0,0002	0,00002
Transporte residuos sólidos asimilables a domiciliarios	Camión	Caminos internos			6	0,002	0,00020
Transporte de Agua potable	Camión aljibe	Caminos internos			6	0,002	0,00020
Transporte de repuestos, materiales, insumos	Camioneta	Caminos internos			6	0,002	0,00020
EMISION TOTAL (TON/AÑO)						0,05	0,005

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.2.3 Gases por combustión de vehículos

5.2.3.1 Factor de emisión

El Factor de emisión (Fe) para el cálculo de los gases por combustión de vehículos se obtiene de la Guía RM 2012 y de la Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas M11 Metodología SINCA 2011, las que se basan en el AP 42 de la EPA, de acuerdo con el tipo de vehículo.

En la siguiente tabla se presentan las actividades de la fase de operación, el tipo de vehículo y su categorización.

Tabla 44. Categorización de vehículos – Fase de Operación.

Actividad	Tipo de vehículo	Peso bruto vehículo (ton)	Categoría
Transporte de trabajadores	Camioneta	3,15	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2
Transporte de aceites y grasas	Camión	16,00	Camión pesado diesel 3
Transporte de RESPEL	Camión	16,00	Camión pesado diesel 3
Transporte residuos sólidos no peligrosos	Camión	16,00	Camión pesado diesel 3
Transporte residuos sólidos asimilable a domésticos	Camión	16,00	Camión pesado diesel 3
Transporte de Agua potable	Camión aljibe	33,00	Camión pesado diesel 3
Transporte de repuestos, materiales, insumos	Camioneta	4,00	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2

Nota: Cabe señalar que se categorizaron los vehículos según lo indicado en el Anexo I de la Guía RM, 2012, de acuerdo con el peso de los diferentes tipos de vehículos y a la fecha de inscripción de los vehículos en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 45. Factor de emisión de gases por tránsito de vehículos – Fase de Operación.

Actividad: Transporte de aceites y grasas, Transporte de RESPEL, Transporte residuos sólidos no peligrosos, Transporte residuos s de Agua potable Tipo de Vehículo: Camión, Camión aljibe Categoría: Camión pesado diésel 3				
Contaminante	Fórmula	Velocidad (km/h)		Fac
		Pavimentado	No pavimentado	Pav
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+EXP((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*LN(V)))+(0,0390066425998189*V)))))	50	30	1,68
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))			0,36
NOx	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))			6,72
$MP_{10}/MP_{2,5}$	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))			0,15
SOx	2*0,00035*((199,101296810716+(496,037924788222*EXP(((-1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*EXP(((-1)*0,573715458508514)*V)))			0,17
Actividad: Traslado de trabajadores en camioneta, transporte de repuestos, materiales e insumos Tipo de Vehículo: Camioneta Categoría: Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2				
Contaminante	Fórmula	Velocidad (km/h)		Fac
		Pavimentado	No pavimentado	Pav
CO	0,82*(0,000223*V 2-0,026*V+1,076)	50	30	0,27
HC	0,62*(0.0000175*V^(2)-0,00284*V+0,2162)			0,07
NOx	0,84*(0.000241*V 2-0,03181*V+2,0247)			0,87
$MP_{10}/MP_{2,5}$	0,67*(0.000045*V 2-0,004885*V+0,1932)			0,04
SOx	2*0,00035*(0,0198*V 2-2,506*V+137,42			0,04

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.2.3.2 Nivel de actividad

Tabla 46. Nivel de actividad por combustión de vehículos – Fase de Operación.

Actividad	Tipo de vehículo	Viajes/año	Camino pavimentado		Camino no pavimentado	
			Distancia ida y vuelta (km)	Nivel de actividad (km/fase)	Distancia ida y vuelta (km)	Nivel de actividad (km/fase)
Transporte de trabajadores	Camioneta	240	121,6	29.184	0,48	115
Transporte de aceites y grasas	Camión	2	121,6	243	0,48	1
Transporte de RESPEL	Camión	1	121,6	122	0,48	0,5
Transporte residuos sólidos no peligrosos	Camión	1	121,6	122	0,48	0,5
Transporte residuos sólidos domésticos	Camión	12	121,6	1.459	0,48	6
Transporte de Agua potable	Camión aljibe	12	121,6	1.459	0,48	6
Transporte de repuestos, materiales, insumos	Camioneta	12	121,6	1.459	0,48	6

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.2.3.3 Emisiones

Tabla 47. Emisiones por combustión de vehículos – Fase de Operación.

Actividad	Nivel de actividad (km/año)		Emisiones (ton/año)					
	Camino Pavimentado	Camino no pavimentado	MP10	MP2,5	CO	HC	NOx	SOx
Transporte de trabajadores	29.184	115	0,00121	0,00121	0,00803	0,00214	0,02554	0,00127
Transporte de aceites y grasas	243	1	0,00004	0,00004	0,00041	0,00009	0,00164	0,00004
Transporte de RESPEL	122	0,5	0,00002	0,00002	0,00021	0,00004	0,00082	0,00002
Transporte residuos sólidos no peligrosos	122	0,5	0,00002	0,00002	0,00021	0,00004	0,00082	0,00002
Transporte residuos sólidos domésticos	1.459	6	0,00023	0,00023	0,00247	0,00053	0,00985	0,00025
Transporte de Agua potable	1.459	6	0,00023	0,00023	0,00247	0,00053	0,00985	0,00025
Transporte de repuestos, materiales, insumos	1.459	6	0,00006	0,00006	0,00040	0,00011	0,00128	0,00006
TOTAL EMISIONES (ton/año)			0,0018	0,0018	0,0142	0,0035	0,0498	0,0019

Fuente: Elaboración propia, 2019.

6 Resultados Generales

6.1 Fase de construcción

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la estimación de emisiones conforme a los antecedentes señalados en los acápites anteriores.

Tabla 48. Emisiones del Proyecto – Fase de Construcción.

Fuente emisora	Emisiones totales por fase (ton/fase)					
	MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	HC	NOx	SOx
Escarpe	0,360	0,360	-	-	-	-
Excavaciones	5,17	2,882	-	-	-	-
Trasferencia de material y carguío	0,89	0,13	-	-	-	-

Resuspendido en Caminos Pavimentados	0,160	0,039	-	-	-	-
Resuspendido en Caminos no Pavimentados[10] (con bischofita).	8,391	0,839	-	-	-	-
Combustión por tránsito vehicular	0,044	0,044	0,467	0,103	1,770	0,047
Maquinarias	5,598	5,598	15,384	6,928	72,354	-
Equipos Generadores	3,286	3,286	9,956	-	46,101	3,065
Planta de hormigón	2,920	-	-	-	-	-
Total Emisiones (ton/fase)	**26,902**	**13,182**	**25,807**	**7,031**	**120,266**	**3,112**

Fuente: Elaboración propia, 2019.

6.2 Fase de operación

Tabla 49. Emisiones del Proyecto – Fase de Operación.

Fuente emisora	Emisiones totales por fase (ton/año)					
	MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	HC	NOx	SOx
Resuspendido en caminos pavimentados	0,006	0,0016	-	-	-	-
Resuspendido en caminos no pavimentados	0,047	0,0047	-	-	-	-
Combustión por tránsito vehicular	0,002	0,0018	0,014	0,003	0,050	0,002
Total Emisiones (ton/fase)	**0,055**	**0,008**	**0,014**	**0,003**	**0,050**	**0,002**

Fuente: Elaboración propia, 2019.

7 Análisis de Resultados

A continuación, se presenta el resumen de las emisiones del Proyecto, por año.

Tabla 50. Emisiones del Proyecto por año.

	Emisiones ton/año																													
	Año 1					Año 2						Año 3					Año 4										Año 39					
Fase de construcción																														
Fase de operación																														
Fase de cierre																														
Meses	1	2	...	11	12	1	2	3	...	11	12	1	2	...	11	12	1	2	...	11	12		1	2	...	11	12	1		
MP_{10}	21,457					5,405						0,055					0,055						0,055							
$MP_{2,5}$	10,545					2,642						0,008					0,008						0,008							
CO	20,646					5,172						0,014					0,014						0,014							
HC	5.625					1,409						0,003					0,003						0,003							
NOx	96,181					24,083						0,05					0,05						0,05							
SOx	2,490					0,624						0,002					0,002						0,002							
NH_3	0,001					0,00018						0,00004					0,00004						0,00004							

Nota: La fase de construcción tiene una duración de 15 meses. La fase de operación duraría 40 años, posterior a eso iniciaría la fase de cierre que tendría una duración de 12 meses y por el tipo de actividades a realizar tendría emisiones similares a las de la fase constructiva.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

[10] *Las emisiones presentadas en esta tabla consideran un abatimiento del 85% producto del uso de bischofita en los caminos no pavimentados, a modo de referencia ver apéndice G.1.*

Tal como se observa en la figura, las mayores emisiones están acotadas a la fase constructiva y corresponden a las emisiones de NOx. Al término de la fase de construcción, las emisiones disminuyen drásticamente, lo que está asociado directamente con el tipo de proyecto. En el caso de la fase de cierre, se proyecta que las emisiones sean similares a las de la etapa constructiva

8 Conclusiones

La estimación de las emisiones atmosféricas del Proyecto ha sido calculada para la fase de construcción y operación. Se proyecta que las emisiones de la fase de cierre serán similares a las emisiones de la etapa constructiva. Las emisiones directas e indirectas asociadas al Proyecto, estimadas en el presente informe integran todos los componentes susceptibles a generar contaminación atmosférica.

Respecto a las emisiones generadas por el Proyecto, se concluye que:

- El periodo en el cual se generan las mayores emisiones corresponde al año 1, durante el desarrollo de la etapa constructiva del proyecto.
- Las mayores emisiones corresponden al NOx, alcanzando 96,18 ton/año el primer año. Para el año 2, las emisiones de NOx pasan a 24,08 ton/año y, posteriormente, cuando se desarrolla únicamente la fase de operación del proyecto, las emisiones de NOx se estiman en 0,050 ton/año.
- Las emisiones de material particulado fino ($MP_{2,5}$) alcanzan valores de 10,55 ton/año el primer año, variando a 2,64 ton/año para el año 2 y 0,008 para el año 3. El mismo comportamiento tiene el material particulado respirable (MP_{10}), emitiendo 21,46 ton/año en el año 1, reduciéndose hasta 0,055 ton/año al tercer año.
- Por la tipología del proyecto, las mayores emisiones están acotadas únicamente a la etapa constructiva, posterior a eso las emisiones disminuyen drásticamente.

Para el control del polvo fugitivo producto del tránsito vehicular, el Titular aplicará las siguientes medidas de control:

- Bischofita en los caminos de Acceso al proyecto y en el camino central al Parque Eólico y en los caminos internos entre los botaderos y el pretil.

9 Bibliografía

Documento de la Environmental Protection Agency (EPA), en su sección AP42- "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42", de la US Environmental Protection Agency, EPA.

Documento de la Environmental Protection Agency (EPA), en su Tabla B.2-3 "Typical Collection Efficiencies of Various Particulate Control Devices" (%) del documento Appendix B.2 Generalized Particle Size Distributions de la EPA, se indica que el % de abatimiento considerado para supresores de polvo es de 90%.

Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana (en adelante "Guía RM, 2012").

Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas M11, Metodología SINCA 2011", preparada por AMBIOSIS S.A. para la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Valparaíso.

Informe Final "Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental", BS Consultores (en adelante "Informe BS, 2015").