



Adenda 1

GAC

GESTIÓN AMBIENTAL CONSULTORES
ecology and environment inc.



Anexo 5

Estimación de Emisiones

**DIA LTE Suministro Mina Cerro
Negro Norte y Planta Desalinizadora**

Punta Totoralillo

Región de Atacama, Chile

Noviembre 2010

Preparado para:



Gestión Ambiental Consultores S.A
Padre Mariano 103 Of. 307
7500499, Providencia, Chile
Fono: +56 2 719 5600
Fax: +56 2 235 1100
www.gac.cl

ÍNDICE

1	Estimación de Emisiones Atmosféricas	1
1.1	Introducción	1
1.2	Cálculo Emisiones Etapa de Construcción	1
1.2.1	Emisión Generada por Construcción de Fundaciones	1
1.2.1.1	Excavación	2
1.2.1.2	Relleno.....	3
1.2.1.3	Proceso de Carga y Descarga de Material	5
1.2.1.4	Proceso de Nivelación de Excedentes.....	6
1.2.2	Emisión Generada por Movimiento de Tierra para Construcción y Mejoramiento de Caminos...6	
1.2.2.1	Excavación	7
1.2.2.2	Proceso de Carga y Descarga de Material	8
1.2.2.3	Proceso de Nivelación de Excedentes.....	9
1.2.3	Emisión Generada por Utilización de Maquinaria.....	10
1.2.4	Emisiones Generadas por Tránsito Vehicular (Resuspensión de Polvo).....	13
1.2.4.1	Emisiones Asociadas a Transporte por Caminos Troncales	15
1.2.4.2	Emisiones Asociadas a Transporte por Caminos Secundarios	16
1.2.4.3	Emisiones Asociadas a Transporte por Caminos a Construir.....	17
1.2.5	Emisiones Totales Etapa de Construcción	18

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.1.	Movimientos de Tierra Asociados a Actividad de Construcción.	1
Tabla 1.2.	Valores característicos de densidad en algunos tipos de terreno.	2
Tabla 1.3.	Estimación de horas de operación de excavadora.	3
Tabla 1.4.	Fórmula para factor de emisión asociado a procesos de excavación.	3
Tabla 1.5.	Emisión generada por excavaciones (ton).....	3
Tabla 1.6.	Cantidad de Material a Manipular por Proceso de Relleno – Fundaciones.....	4
Tabla 1.7.	Estimación de Horas de Operación de Excavadora.	4
Tabla 1.8.	Factor de Emisión para Movimiento de Material.....	4
Tabla 1.9.	Emisión Generada por Proceso de Movimiento de Material (ton/año).	4
Tabla 1.10.	Volumen de material a manipular (m ³).....	5
Tabla 1.11.	Fórmula para factor de emisión asociado a procesos de carga/descarga de material.	5
Tabla 1.12.	Valores considerados para el cálculo del factor de emisión asociado a los procesos de carga/descarga de material.	5
Tabla 1.13.	Factor de emisión para procesos asociados a la carga/descarga de material.	5
Tabla 1.14.	Emisión para procesos asociados a la carga/descarga de material (ton).	6
Tabla 1.15.	Factor de Emisión para Nivelación de Terreno.....	6
Tabla 1.16.	Emisión Generada por Proceso de Nivelación de Plataformas.	6
Tabla 1.17.	Movimientos de Tierra Asociados a Actividad de Construcción de Fundaciones.	6
Tabla 1.18.	Estimación de horas de operación de excavadora.	7
Tabla 1.19.	Fórmula para factor de emisión asociado a procesos de excavación.	7
Tabla 1.20.	Emisión generada por excavaciones (ton).....	8
Tabla 1.21.	Volumen de material a manipular (m ³).....	8
Tabla 1.22.	Fórmula para factor de emisión asociado a procesos de carga/descarga de material.	8
Tabla 1.23.	Valores considerados para el cálculo del factor de emisión asociado a los procesos de carga/descarga de material.	8
Tabla 1.24.	Factor de emisión para procesos asociados a la carga/descarga de material.....	9
Tabla 1.25.	Emisión para procesos asociados a la carga/descarga de material (ton).	9

Tabla 1.26. Factor de Emisión para Nivelación de Terreno.....	9
Tabla 1.27. Emisión Generada por Proceso de Nivelación de Plataformas.....	9
Tabla 1.28. Maquinaria de la Etapa de Construcción.....	10
Tabla 1.29. Valores de Variables para Estimar el Factor de Edad.....	11
Tabla 1.30. Factor de Edad y Variables Asociadas al Factor de Deterioro.....	11
Tabla 1.31. Variable Asociada al Factor de Deterioro y Valor por Contaminante.....	11
Tabla 1.32. Valores de Factor de Ajuste durante el Transiente.....	12
Tabla 1.33. Valores de Factor de Emisión con el Vehículo Operando en Régimen Permanente.....	12
Tabla 1.34. Valores para el Factor de Emisión Ajustado por Contaminante.....	12
Tabla 1.35. Tiempo de Utilización y Potencia de Maquinaria.....	12
Tabla 1.36. Emisión por Contaminante (g).....	13
Tabla 1.37. Emisión por Contaminante (ton).....	13
Tabla 1.38. Ciclos Generados por el Proyecto desde Campamentos hacia Frentes de Trabajo.....	13
Tabla 1.39. Distancia recorrida por tipo de camino.....	14
Tabla 1.40. Ciclos realizados para Transporte de Materiales.....	14
Tabla 1.41. Ciclos realizados para Transporte de Personal.....	14
Tabla 1.42. Pesos de Vehículos a Utilizar para Transporte de Material y Personal.....	14
Tabla 1.43. Factor de Emisión para Resuspensión de Polvo, para Camino Pavimentado.....	15
Tabla 1.44. Variables a Utilizar para Estimación del Factor de Emisión.....	15
Tabla 1.45. Peso Promedio en Ruta.....	15
Tabla 1.46. Factor de Emisión (g/km) y Emisión (ton).....	15
Tabla 1.47. Factor de Emisión para Resuspensión de Polvo, para Camino Pavimentado.....	16
Tabla 1.48. Variables a Utilizar para Estimación del Factor de Emisión.....	16
Tabla 1.49. Peso Promedio en Ruta.....	16
Tabla 1.50. Factor de Emisión (g/km) y Emisión (ton).....	17
Tabla 1.51. Fórmula para factor de emisión asociado a tránsito vehicular del proyecto por camino no pavimentado (polvo resuspendido).....	17
Tabla 1.52. Valores considerados en factores de emisión asociados a tránsito de vehículos por camino no pavimentado (polvo resuspendido).....	17
Tabla 1.53. Peso Promedio en Ruta.....	17
Tabla 1.54. Factor de Emisión (g/km) y Emisión (ton).....	18
Tabla 1.55. Emisiones totales etapa de construcción del proyecto.....	18

1 ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

1.1 Introducción

En este Anexo se presentan las emisiones asociadas a la Etapa de Construcción del Proyecto Línea de Transmisión Eléctrica Suministro Mina Cerro Negro Norte y Planta Desalinizadora Punta Totoralillo. Cabe señalar que las emisiones generadas por el proyecto, tal como se indicó en la DIA para la etapa de operación, son despreciables, por lo tanto no forman parte del presente análisis.

Las emisiones en la etapa de construcción corresponden principalmente a material particulado respirable (MP10) generado por los procesos de: excavación, relleno, carga y descarga, transporte de material de construcción y personal al interior del proyecto. Además de gases (CO, NOx, y HC) provenientes de la maquinaria y de la combustión de los vehículos utilizados por el proyecto.

A continuación se detallan los factores de emisión utilizados y las emisiones estimadas para la etapa de construcción del proyecto.

1.2 Cálculo Emisiones Etapa de Construcción

Las emisiones en la etapa de construcción corresponden principalmente a material particulado respirable (MP10) generado por: excavaciones, carga y descarga de material, y transporte de materiales de construcción y personal. Además de gases (CO, NOx, y HC) y material particulado respirable (MP10) provenientes de la combustión de los vehículos y maquinaria utilizados en el proyecto.

A continuación se presenta el detalle de las emisiones generadas por el proyecto para cada tipo de actividad a realizar.

1.2.1 Emisión Generada por Construcción de Fundaciones

En Tabla 1.1 se presentan los movimientos de tierra asociados a la construcción de fundaciones.

Tabla 1.1. Movimientos de Tierra Asociados a Actividad de Construcción.

Tipo de Movimiento	Volumen (m ³)
Excavación - suelo	57.600
Rellenos	5.760

Tipo de Movimiento	Volumen (m ³)
Excedentes	51.840
Proceso de Carga/Descarga	57.600

Nota: Volúmenes estimados por la Ingeniería del Proyecto.

Para los cálculos se ha considerado que el 10% del material proveniente de excavaciones se utiliza como relleno y el 90% restante es acomodado en los sectores aledaños a las torres. Adicionalmente, se utilizó valor (1,8 ton/m³) de referencia de literatura para estimar densidad del material, dicha información se presenta en Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Valores característicos de densidad en algunos tipos de terreno.

Naturaleza de las Tierras	Densidad (ton/m ³)
Arena fina, seca	1,4
Arena fina, mojada	1,6
Grava media, ligeramente húmeda	1,9 a 2,1
Tierra vegetal húmeda	1,6 a 1,7
Tierra muy compacta	1,6 a 1,8
Guijaros, escombros	1,5 a 1,7
Marga seca	1,5 a 1,6
Arcilla seca	1,6
Arcilla húmeda	1,8 a 1,2
Gres Tierno, rocas diversas	2 a 2,5

Fuente: G. Baud (1994), "Tecnología de la Construcción". Editorial Blume, Capítulo V - Los Movimientos de Tierra, página 71.

1.2.1.1 Excavación

El material que será necesario retirar mediante excavación para la realización del proyecto es de 57.600 (m³) (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Posteriormente, se procedió a consultar la literatura para obtener el valor de densidad del material según el tipo de terreno. El valor utilizado para la estimación de emisiones como densidad del material fue 1,8 ton/m³ (ver Tabla 1.2). Con el volumen total de tierra a excavar y la densidad del material (1,8 ton/m³) se procedió a estimar la cantidad total de material (en toneladas). El valor obtenido fue de 103.680 toneladas.

Adicionalmente, se realizó el cálculo de las horas de funcionamiento de una pala para realizar el proceso de excavación completo. Los valores utilizados para el cálculo y el resultado obtenido para la estimación de horas de funcionamiento de las excavadoras se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1.3. Estimación de horas de operación de excavadora.

Ítem	Valor	Unidad
Capacidad de la pala	1,71	Ton
Cantidad de paladas	60.632	Paladas
Duración del Proceso	1	Min
Horas de Excavación	1.011	Horas

Para realizar la estimación de emisiones de material particulado generado por la excavación se utilizó el factor de emisión recomendado por la US EPA, el cual se presenta en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Fórmula para factor de emisión asociado a procesos de excavación.

Proceso Emisor	Factor	Unidad	Variables
Excavaciones	$0.45 \times 0.75 \times (s)^{1,5} \div (M)^{1,4}$	(Kg/hr)	s: Contenido de finos (%) M: Humedad del material (%)

Nota: factor de Emisión, fuente AP-42, USEPA.

Considerando un contenido de finos de un 10 % y una humedad de un 2,5% para el material, se estimo el factor de emisión. Obteniéndose un factor de emisión de 2,96 Kg/hr.

Con el factor de emisión anterior y la cantidad de horas de operación de la excavadora se calculó la emisión generada por el proceso de excavación de material, la cual se presenta en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5. Emisión generada por excavaciones (ton).

Proceso Emisor	Valor	Unidad
Excavaciones	3,0	Ton de MP10

1.2.1.2 Relleno

El proyecto genera emisiones de material particulado producto de los movimientos de tierra a realizar para realizar el relleno de parte de las fundaciones. Las emisiones han sido estimadas considerando los valores reconocidos por CONAMA, de acuerdo a lo establecido en su documento "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios".

El cálculo de emisiones se ha realizado en función de la cantidad de material a utilizar, de acuerdo a lo presentado en la siguiente tabla.

Tabla 1.6. Cantidad de Material a Manipular por Proceso de Relleno – Fundaciones.

Ítem	Valor	Unidad
Volumen de material a manipular	5.760	m ³
Densidad del material(*)	1,8	ton/m ³
Cantidad de material a manipular	3.200	ton

Nota: (*): Fuente: G. Baud (1994), "Tecnología de la Construcción". Editorial Blume, Capítulo V - Los Movimientos de Tierra, página 71 (ver Tabla 1.1).

Adicionalmente, se realizó el cálculo de las horas de funcionamiento de una pala para realizar el proceso de excavación completo. Los valores utilizados para el cálculo y el resultado obtenido para la estimación de horas de funcionamiento se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1.7. Estimación de Horas de Operación de Excavadora.

Ítem	Valor	Unidad
Capacidad de la pala	1,71	Ton
Cantidad de paladas	1.871	Paladas
Duración del Proceso	1	Min
Horas de Excavación	31	Horas

La emisión de material particulado respirable (MP10) se ha calculado utilizando el factor de emisión recomendado por la US EPA, el cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.8. Factor de Emisión para Movimiento de Material.

Proceso Emisor	Fuente	Factor de Emisión	Unidad	Variables	Valor	Factor de Emisión
Relleno	AP-42, Ch.11.9-2 "Western Surface Coal Mining". Actividad: Bulldozing.	$K \cdot \frac{0,45 \cdot S^{1,5}}{M^{1,4}}$	(Kg/h)	K: Factor de tamaño de partícula	0,75	2,96
				S: contenido de finos (%) (*)	10	
				M: Humedad del material (%) (**)	2,5	

(*): Valor por defecto para contenido de finos, de acuerdo a lo establecido en el documento "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de CONAMA.

(**): Valor por defecto para humedad de material, de acuerdo a lo establecido en el documento "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de CONAMA.

La emisión de material particulado generada por el movimiento de material se presenta en la Tabla 1.9

Tabla 1.9. Emisión Generada por Proceso de Movimiento de Material (ton/año).

Proceso Emisor	Variables	Valor	Emisión Total (ton/año)
Relleno	FE (kg/h)	2,96	0,09

1.2.1.3 Proceso de Carga y Descarga de Material

El material proveniente de las excavaciones será utilizado en relleno (10%) y en nivelación de terreno en los sectores aledaños a las torres. El volumen total a manipular se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.10. Volumen de material a manipular (m³).

Ítem	Volumen (m ³)
Material a Manipular	115.200

Con el volumen total de material obtenido y la densidad del material (1,8 ton/m³) se estimó la cantidad de material a manipular, siendo esta equivalente a 207.360 (ton de material).

Para realizar la estimación de emisiones de material particulado generado por los procesos de carga y descarga de material se utilizó el factor de emisión recomendado por la US EPA.

Tabla 1.11. Fórmula para factor de emisión asociado a procesos de carga/descarga de material.

Proceso Emisor	Factor	Unidad	Variables
Carga/Descarga de material	$0,0016 \times k \times (v/2.2)^{1,3} \div (H/2)^{1,4}$	(Kg/Ton)	k: Factor tamaño de partícula. v: Velocidad del viento (m/s). H: Humedad del material (%).

Nota: factor de Emisión, fuente AP-42, USEPA.

Los valores de las variables consideradas para la obtención del factor de emisión se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1.12. Valores considerados para el cálculo del factor de emisión asociado a los procesos de carga/descarga de material.

Proceso Emisor	Variables	Valor	Ref.
Carga/Descarga de material	k: Factor tamaño de partícula	0,35	(1)
	v: Velocidad del viento (m/s)	5	(2)
	H: Humedad del material excavado (%)	2,5	(3)

(1): Factor para partículas bajo 10 micras, definido en documento AP-42, USEPA.

(2): Velocidad por defecto.

(3): Dato del Proyecto.

Con los valores anteriores se obtuvo el factor de emisión, el cual se presenta en la Tabla 1.13.

Tabla 1.13. Factor de emisión para procesos asociados a la carga/descarga de material.

Proceso Emisor	Factor de Emisión	Unidad
Carga/Descarga de material	0,00119	(Kg/Ton)

Con el factor de emisión anterior y la cantidad de material se calculó la emisión generada por los procesos de carga/descarga de material, la cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.14. Emisión para procesos asociados a la carga/descarga de material (ton).

Proceso Emisor	Valor	Unidad
Carga de material	0,247	Ton de MP10
Descarga de material	0,247	Ton de MP10
Total	0.494	Ton de MP10

1.2.1.4 Proceso de Nivelación de Excedentes

El excedente del proceso de excavación será acomodado en los sectores aledaños a la torre. La emisión de material particulado respirable (PM10) se ha calculado utilizando el factor de emisión recomendado por la US EPA, el cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.15. Factor de Emisión para Nivelación de Terreno.

Proceso Emisor	Fuente	Factor de Emisión	Unidad	Variables	Valor	Factor de Emisión
Nivelación	AP-42, Ch.11.9-2 "Western Surface Coal Mining". Actividad: Grading.	$K \cdot 0,0056 \cdot (s)^{2,0}$	(Kg/KVT)	K: Factor de escalamiento	0,6	0,084
				S: velocidad promedio (khp)	5	

La emisión generada por la nivelación de terreno se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.16. Emisión Generada por Proceso de Nivelación de Plataformas.

Proceso Emisor	Variables	Valor	Emisión Total (ton)
Nivelación	FE (kg/KVT)	0,084	0,02 ¹

1.2.2 Emisión Generada por Movimiento de Tierra para Construcción y Mejoramiento de Caminos

En Tabla 1.17 se presentan los movimientos de tierra asociados a la construcción y mejoramiento de caminos.

Tabla 1.17. Movimientos de Tierra Asociados a Actividad de Construcción de Fundaciones.

Tipo de Movimiento	m ³
Excavación	147.610
Rellenos	0
Excedentes	147.610
Proceso de Carga/Descarga	147.610

¹ Considerando una superficie total recorrida de 286 Km.

Para los cálculos se ha considerado que el 100% del material proveniente de excavaciones se utiliza como relleno, siendo acomodado en los sectores aledaños a los caminos a construir. Adicionalmente, se utilizó valor de referencia de literatura para estimar densidad del material, dicha información se presenta en Tabla 1.2.

1.2.2.1 Excavación

El material que será necesario retirar mediante excavación para la realización del proyecto es de 147.610 (m³) (Ver Tabla 1.17).

Posteriormente, se procedió a consultar la literatura para obtener el valor de densidad del material según el tipo de terreno. El valor utilizado para la estimación de emisiones como densidad del material fue 1,8 ton/m³ (ver Tabla 1.2). Con el volumen total de tierra a excavar y la densidad del material se procedió a estimar la cantidad total de material (en toneladas). El valor obtenido fue de 265.698 toneladas.

Adicionalmente, se realizó el cálculo de las horas de funcionamiento de una pala para realizar el proceso de excavación completo. Los valores utilizados para el cálculo y el resultado obtenido para la estimación de horas de funcionamiento de las excavadoras se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1.18. Estimación de horas de operación de excavadora.

Ítem	Valor	Unidad
Capacidad de la pala	1,71	Ton
Cantidad de paladas	155.379	Paladas
Duración del Proceso	1	Min
Horas de Excavación	2.590	Horas

Para realizar la estimación de emisiones de material particulado generado por la excavación se utilizó el factor de emisión recomendado por la US EPA, el cual se presenta en la Tabla 1.4.

Tabla 1.19. Fórmula para factor de emisión asociado a procesos de excavación.

Proceso Emisor	Factor	Unidad	Variables
Excavaciones	$0.45 \times 0.75 \times (s)^{1.5} \div (M)^{1.4}$	(Kg/hr)	s: Contenido de finos (%) M: Humedad del material (%)

Nota: factor de Emisión, fuente AP-42, USEPA.

Considerando un contenido de finos de un 10 % y una humedad de un 2,5% para el material, se estimo el factor de emisión. Obteniéndose un factor de emisión de 2,96 Kg/hr.

Con el factor de emisión anterior y la cantidad de horas de operación de la excavadora se calculó la emisión generada por el proceso de excavación de material, la cual se presenta en la Tabla 1.5.

Tabla 1.20. Emisión generada por excavaciones (ton).

Proceso Emisor	Valor	Unidad
Excavaciones	7,7	Ton de MP10

1.2.2.2 Proceso de Carga y Descarga de Material

El material proveniente de las excavaciones será utilizado en nivelación de terreno en los sectores aledaños al camino. El volumen total a manipular se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.21. Volumen de material a manipular (m³).

Ítem	Volumen (m ³)
Material a Manipular	295.220

Con el volumen total de material obtenido y la densidad del material (1,8 ton/m³) se estimó la cantidad de material a manipular, siendo esta equivalente a 531.396 (ton de material).

Para realizar la estimación de emisiones de material particulado generado por los procesos de carga y descarga de material se utilizó el factor de emisión recomendado por la US EPA.

Tabla 1.22. Fórmula para factor de emisión asociado a procesos de carga/descarga de material.

Proceso Emisor	Factor	Unidad	Variabes
Carga/Descarga de material	$0,0016 \times k \times (v/2.2)^{1,3} \div (H/2)^{1,4}$	(Kg/Ton)	k: Factor tamaño de partícula. v: Velocidad del viento (m/s). H: Humedad del material (%).

Nota: factor de Emisión, fuente AP-42, USEPA.

Los valores de las variables consideradas para la obtención del factor de emisión se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1.23. Valores considerados para el cálculo del factor de emisión asociado a los procesos de carga/descarga de material.

Proceso Emisor	Variabes	Valor	Ref.
Carga/Descarga de material	k: Factor tamaño de partícula	0,35	(1)
	v: Velocidad del viento (m/s)	5	(2)
	H: Humedad del material excavado (%)	2,5	(3)

(1): Factor para partículas bajo 10 micras, definido en documento AP-42, USEPA.

(2): Velocidad por defecto.

(3): Dato del Proyecto.

Con los valores anteriores se obtuvo el factor de emisión, el cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.24. Factor de emisión para procesos asociados a la carga/descarga de material.

Proceso Emisor	Factor de Emisión	Unidad
Carga/Descarga de material	0,00119	(Kg/Ton)

Con el factor de emisión anterior y la cantidad de material se calculó la emisión generada por los procesos de carga/descarga de material, la cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.25. Emisión para procesos asociados a la carga/descarga de material (ton).

Proceso Emisor	Valor	Unidad
Carga de material	0,63	Ton de MP10
Descarga de material	0,63	Ton de MP10
Total	1,27	Ton de MP10

1.2.2.3 Proceso de Nivelación de Excedentes

El excedente del proceso de excavación será acomodado en los sectores aledaños a los caminos. La emisión de material particulado respirable (MP10) se ha calculado utilizando el factor de emisión recomendado por la US EPA, el cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.26. Factor de Emisión para Nivelación de Terreno.

Proceso Emisor	Fuente	Factor de Emisión	Unidad	Variables	Valor	Factor de Emisión
Nivelación	AP-42, Ch.11.9-2 "Western Surface Coal Mining". Actividad: Grading.	$K \cdot 0,0056 \cdot (s)^{2,0}$	(Kg/KVT)	K: Factor de escalamiento	0,6	0,084
				S: velocidad promedio (khp)	5	

La emisión generada por la nivelación de terreno se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.27. Emisión Generada por Proceso de Nivelación de Plataformas.

Proceso Emisor	Variables	Valor	Emisión Total (ton)
Nivelación	FE (kg/KVT)	0,084	0,08 ²

² Considerando una superficie total recorrida de 1.007 km.

1.2.3 Emisión Generada por Utilización de Maquinaria

La maquinaria a utilizar durante la etapa de construcción y su tiempo de utilización se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.28. Maquinaria de la Etapa de Construcción.

Tipo de Maquinaria	Meses de Operación
Motoniveladora	15
Retroexcavadora	15
Rodillo Compactador	15
Bulldozer	15
Cargador frontal	15
Hormigonera	15

De acuerdo a la metodología propuesta por la USEPA, los factores de emisión para maquinaria corresponden a:

Ecuación 1 $FE_{ajustado} = FE_{FRP} \cdot FAT \cdot FD$ [g/hp-hr]

Donde,

FE_{FRP} : Factor de emisión con el vehículo operando en régimen permanente (g/hp-hr).

FAT: Factor de ajuste durante el transiente.

FD: Factor de deterioro

El factor de deterioro está dado por las ecuaciones presentadas a continuación. La utilización de la ecuación 2 o 3 para la obtención del factor de deterioro depende del valor que el factor de edad³ posea. Si el factor de edad es menor que 1 se utiliza la ecuación 2. Mientras que si el factor de edad es mayor que 1 se utiliza la ecuación 3.

Ecuación 2 $FD = 1 + A \cdot \left(\frac{(Edad\ maquinaria \cdot Nivel\ Actividad) \cdot Factor\ de\ carga}{Vida\ media} \right)^b$

Ecuación 3 $FD = 1 + A$

En las siguientes tablas (Tabla 1.29, Tabla 1.30 y **Tabla 1.31**) se presentan los valores de las variables necesarias para el cálculo del factor de edad y el factor de deterioro. Como se puede apreciar en la Tabla 1.30 el factor de edad de la maquinaria es menor que 1 para todas las maquinarias utilizadas en la etapa de construcción. Por lo tanto, el cálculo del factor de deterioro está realizado en base a la Ecuación 2.

³ Factor de Edad = $\left(\frac{(Edad\ maquinaria \cdot Nivel\ Actividad) \cdot Factor\ de\ carga}{Vida\ media} \right)$

Tabla 1.29. Valores de Variables para Estimar el Factor de Edad.

Maquinaria	Edad Maquinaria ^a	Nivel de Actividad ^b	Factor de Carga ^b	Vida Media ^b
Motoniveladora	5	962	0,59	4667
Retroexcavadora	5	1.092	0,59	4667
Rodillo Compactador	5	760	0,59	4667
Bulldozer	5	1.135	0,43	4667
Cargador frontal	5	1.135	0,21	4667
Hormigonera	5	275	0,78	4667

(a): Se ha supuesto una edad promedio de 5 años para la maquinaria, de forma conservadora.

(b): Valores entregados por la base de datos del modelo NONROAD, los cuales se han supuesto asimilables a las condiciones de uso de la maquinaria en el país.

Tabla 1.30. Factor de Edad y Variables Asociadas al Factor de Deterioro.

Maquinaria	horas acumuladas (hr) ^a	Factor de Edad	constante (b) ^a
Motoniveladora	4.810	0,61	1
Retroexcavadora	5.460	0,69	1
Rodillo Compactador	3.800	0,48	1
Bulldozer	5.675	0,52	1
Cargador frontal	5.675	0,26	1
Hormigonera	1.375	0,23	1

Tabla 1.31. Variable Asociada al Factor de Deterioro y Valor por Contaminante.

Maquinaria	A ^a				Factor de Deterioro (FD)			
	MP	NOx	CO	HC	MP	NOx	CO	HC
Motoniveladora	0,473	0,009	0,101	0,034	1,29	1,01	1,06	1,02
Retroexcavadora	0,473	0,009	0,101	0,034	1,33	1,01	1,07	1,02
Rodillo Compactador	0,473	0,009	0,101	0,034	1,23	1,00	1,05	1,02
Bulldozer	0,473	0,009	0,101	0,034	1,25	1,00	1,05	1,02
Cargador frontal	0,473	0,009	0,101	0,034	1,12	1,00	1,03	1,01
Hormigonera	0,473	0,009	0,101	0,034	1,11	1,00	1,02	1,01

(a): Valores entregados por la base de datos del modelo NONROAD, los cuales se han supuesto asimilables a las condiciones de uso de la maquinaria en el país.

En las siguientes tablas se presentan los valores para el factor de ajuste durante el transiente y para el factor de emisión con el vehículo operando en régimen permanente, valores necesarios para el cálculo del factor de emisión ajustado (ver Ecuación 1). El valor del factor de emisión ajustado se presenta en la Tabla 1.32.

Tabla 1.32. Valores de Factor de Ajuste durante el Transiente.

Maquinaria	FAT			
	MP	NOX	CO	HC
Motoniveladora	1,23	0,95	1,53	1,05
Retroexcavadora	1,23	0,95	1,53	1,05
Rodillo Compactador	1	1	1	1
Bulldozer	1,23	0,95	1,53	1,05
Cargador frontal	1,97	1,10	2,57	2,29
Hormigonera	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 1.33. Valores de Factor de Emisión con el Vehículo Operando en Régimen Permanente.

Maquinaria	FE _{FRP}			
	MP	NOX	CO	HC
Motoniveladora	0,1316	4,000	0,7475	0,3085
Retroexcavadora	0,1316	4,000	0,7475	0,3085
Rodillo Compactador	0,1316	4,000	0,7475	0,3085
Bulldozer	0,1316	4,000	0,7475	0,3085
Cargador frontal	0,1316	4,000	0,7475	0,3085
Hormigonera	0,1316	4,000	0,7475	0,3085

Tabla 1.34. Valores para el Factor de Emisión Ajustado por Contaminante.

Maquinaria	FE _{ajustado} (g/hp_h)			
	MP	NOX	CO	HC
Motoniveladora	0,21	3,82	1,21	0,33
Retroexcavadora	0,21	3,82	1,22	0,33
Rodillo Compactador	0,16	4,02	0,78	0,31
Bulldozer	0,20	3,81	1,20	0,33
Cargador frontal	0,29	4,41	1,97	0,71
Hormigonera	0,15	4,01	0,76	0,31

Por último, con el factor de emisión ajustado y el tiempo de utilización de la maquinaria y la potencia de la misma, se procedieron a calcular las emisiones totales generadas por la combustión de la maquinaria. Dichas emisiones se presentan en la Tabla 1.36 y Tabla 1.37.

Tabla 1.35. Tiempo de Utilización y Potencia de Maquinaria.

Maquinaria	Total Utilización (hr)	Potencia Maquinaria (hp)	Total (hp_hr)
Motoniveladora	7.200	280	2.016.000
Retroexcavadora	31.600	280	8.848.000
Rodillo Compactador	19.440	280	5.443.200
Bulldozer	13.200	280	3.696.000
Cargador frontal	8.485	280	2.376.000
Hormigonera	9.771	280	2.736.000

Tabla 1.36. Emisión por Contaminante (g).

Maquinaria	Emisión (g)			
	MP	NOX	CO	HC
Motoniveladora	420.184	7.702.725	2.447.252	666.534
Retroexcavadora	1.899.808	33.831.271	10.824.702	2.933.351
Rodillo Compactador	879.093	21.866.936	4.266.209	1.706.655
Bulldozer	746.226	14.077.078	4.450.253	1.218.511
Cargador frontal	690.383	10.478.426	4.682.197	1.693.134
Hormigonera	399.195	10.966.635	2.092.629	850.651

Tabla 1.37. Emisión por Contaminante (ton).

Maquinaria	Emisión (ton)			
	MP	NOX	CO	HC
Motoniveladora	0,42	7,70	2,45	0,67
Retroexcavadora	1,90	33,83	10,82	2,93
Rodillo Compactador	0,88	21,87	4,27	1,71
Bulldozer	0,75	14,08	4,45	1,22
Cargador frontal	0,69	10,48	4,68	1,69
Hormigonera	0,40	10,97	2,09	0,85
Total	5,03	98,92	28,76	9,07

1.2.4 Emisiones Generadas por Tránsito Vehicular (Resuspensión de Polvo)

Para la estimación de emisiones generadas por tránsito vehicular se ha considerado el flujo vehicular asociado al transporte de material y de personal a las instalaciones de faenas y frentes de trabajo.

El tránsito vehicular asociado al proyecto se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.38. Ciclos Generados por el Proyecto desde Campamentos hacia Frentes de Trabajo.

Recurso	Tramo 1 (Cardones - CNN)	Tramo 2 (CNN -Toralillo)	Tramo 3 (S/E CNN)	Total
Materiales de Construcción	390	420	24	834
Cable Flint	240	300		540
Aisladores y herrajes	240	300		540
Cable de guardia y herrajes	240	300		540
Conductor Malla de tierra y Electrodo	240	300		540
Traslado de personal	1800	1800	360	3960
Total	3150	3420	384	6954

Es necesario indicar que por ciclo vehicular se entiende un recorrido en ambos sentidos (origen-destino, destino-origen).

Adicionalmente, se estimaron las distancias recorridas por tipo de camino para cada uno de los tramos, siendo los tipos de caminos definidos como caminos troncales (pavimentados), caminos secundarios (pavimentados) y caminos a construir (no pavimentados).

Tabla 1.39. Distancia recorrida por tipo de camino.

Tramo	Distancia recorrida (km)		
	Camino Troncal	Camino Secundario	Camino a Construir
Tramo 1	9	49,9	82
Tramo 2	20	84,3	87,3
Tramo 3	0	30	0

Posteriormente, se estimaron la cantidad de ciclos realizados en cada camino para traslado de material y personal. Dichos valores se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 1.40. Ciclos realizados para Transporte de Materiales.

Tramo	Porcentaje de Torres y Ciclos - Materiales		
	Camino P. Troncal	Camino P. Secundario	Camino Sin Pavimentar
Tramo 1	1350	1350	1350
Tramo 2	1620	1620	1620
Tramo 3	24	24	24

Tabla 1.41. Ciclos realizados para Transporte de Personal.

Tramo	Porcentaje de Torres y Ciclos - Personal		
	Camino P. Troncal	Camino P. Secundario	Camino Sin Pavimentar
Tramo 1	1800	1800	1800
Tramo 2	1800	1800	1800
Tramo 3	360	360	360

Finalmente para realizar la estimación de emisiones se considero que un camión tipo de transporte de material tendría capacidad de 16 toneladas (máxima capacidad para camiones de transporte de material) y un minibús tendría capacidad para 25 pasajeros. La información mencionada se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.42. Pesos de Vehículos a Utilizar para Transporte de Material y Personal.

Tipo de Vehículo	Peso Vacío	Peso Cargado
Camiones	6	24
Minibuses	8	9

1.2.4.1 Emisiones Asociadas a Transporte por Caminos Troncales

Para el tramo correspondiente a los caminos troncales se ha considerado el factor de emisión recomendado por la USEPA, para caminos pavimentados, el cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.43. Factor de Emisión para Resuspensión de Polvo, para Camino Pavimentado.

Proceso Emisor	Fuente	Factor	Unidad	Variables
Tránsito de camiones (polvo resuspendido)	AP-42, Ch.13.2.1 "Paved Road".	$k \times (sL/2)^{0,65} \times (W/2,7)^{1,5}$	(g/veh-km)	k: Factor según tipo partícula.
				s: Contenido de finos del camino (g/m ²).
				W: Peso promedio de la flota de vehículos (tons).

El resumen de las variables a utilizar para la estimación del factor de emisión se presenta Tabla 1.44.

Tabla 1.44. Variables a Utilizar para Estimación del Factor de Emisión.

Proceso Emisor	Variables	Valor	Ref.
Tránsito de vehículos (resuspensión de polvo)	k: Factor tamaño de partícula	4,6	(1)
	sL: Contenido de finos (g/m ²)	0,96	(2)

Notas: (1): Valor de constante para tamaño de partícula menor a 10 µm.

(2): Valor recomendado en el documento "Guía para estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de CONAMA, para vías con entre 500 y 10.000 veh/día.

Para determinar el peso vehicular por ruta, se utilizaron los pesos asociados al flujo vehicular generado por el proyecto, esto con el objetivo de estimar el peor escenario posible, es decir, aquel de mayor emisión. El peso promedio por ruta, el factor de emisión para cada tramo y las emisiones totales por tramo se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1.45. Peso Promedio en Ruta.

Peso promedio en Ruta	Valor	Unidad
W Tramo 1	7,80	ton
W Tramo 2	7,73	ton
W Tramo 3	7,83	ton

Tabla 1.46. Factor de Emisión (g/km) y Emisión (ton).

Tramo	Factor de Emisión (g/km)	Distancia total recorrida (km)(*)	Total Emisión (ton)
FE Tramo 1	22,3	28.350	0,6
FE Tramo 2	24,6	68.400	1,7
FE Tramo 3	7,1	0	0

Nota: (*): se ha considerado que por cada ciclo se recorre el 50% del tramo.

1.2.4.2 Emisiones Asociadas a Transporte por Caminos Secundarios

Para el tramo correspondiente a los caminos troncales se ha considerado el factor de emisión recomendado por la USEPA, para caminos pavimentados, el cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.47. Factor de Emisión para Resuspensión de Polvo, para Camino Pavimentado.

Proceso Emisor	Fuente	Factor	Unidad	Variables
Tránsito de camiones (polvo resuspendido)	AP-42, Ch.13.2.1 "Paved Road".	$k \times (sL/2)^{0,65} \times (W/2,7)^{1,5}$	(g/veh-km)	k: Factor según tipo partícula. s: Contenido de finos del camino (g/m ²). W: Peso promedio de la flota de vehículos (tons).

El resumen de las variables a utilizar para la estimación del factor de emisión se presenta Tabla 1.44.

Tabla 1.48. Variables a Utilizar para Estimación del Factor de Emisión.

Proceso Emisor	Variables	Valor	Ref.
Tránsito de vehículos (resuspensión de polvo)	k: Factor tamaño de partícula	4,6	(1)
	sL: Contenido de finos (g/m ²)	4,23	(2)

Notas: (1): Valor de constante para tamaño de partícula menor a 10 µm.

(2): Valor recomendado en el documento "Guía para estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de CONAMA, para vías con flujo inferior a 500 veh/día.

Para determinar el peso vehicular por ruta, se utilizaron los pesos asociados al flujo vehicular generado por el proyecto, esto con el objetivo de estimar el peor escenario posible, es decir, aquel de mayor emisión. El peso promedio por ruta, el factor de emisión para cada tramo y las emisiones totales por tramo se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1.49. Peso Promedio en Ruta.

Peso promedio en Ruta	Valor	Unidad
W Tramo 1	11,3	ton
W Tramo 2	11,6	ton
W Tramo 3	8,9	ton

Tabla 1.50. Factor de Emisión (g/km) y Emisión (ton).

Tramo	Factor de Emisión (g/km)	Distancia total recorrida (km)(*)	Total Emisión (ton)
FE Tramo 1	64	157.185	10,1
FE Tramo 2	66,5	288.306	19,2
FE Tramo 3	44,8	11.520	0,5

Nota: (*): se ha considerado que por cada ciclo se recorre el 50% del tramo.

1.2.4.3 Emisiones Asociadas a Transporte por Caminos a Construir

Para el tramo correspondiente a los caminos a construir las emisiones se han estimado utilizando el factor de emisión recomendado por la US EPA. La fórmula utilizada se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.51. Fórmula para factor de emisión asociado a tránsito vehicular del proyecto por camino no pavimentado (polvo resuspendido).

Proceso Emisor	Factor	Unidad	Variables
Tránsito de camiones (polvo resuspendido)	$281,9 \times k \times (s/12)^a \times (W/3)^b$	(g/veh-km)	k: Factor según tipo partícula. s: % de polvo fino en el camino. W: Peso del camión (Tons).

Nota: factor de Emisión, fuente AP-42, USEPA.

En la Tabla 1.52 se presentan los valores de las variables que se han considerado para la obtención del factor de emisión.

Tabla 1.52. Valores considerados en factores de emisión asociados a tránsito de vehículos por camino no pavimentado (polvo resuspendido).

Proceso Emisor	Variables	Valor	Ref.
Tránsito de vehículos	k: Factor tamaño de partícula.	1,5	(1)
	s: % de finos en el camino.	10	(2)

(1): Factor para partículas bajo 10 micras, definido en documento AP-42, US EPA.

(2): Valor por defecto para contenido de finos, de acuerdo a lo establecido en el documento "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de CONAMA.

Para determinar el peso vehicular por ruta, se utilizaron los pesos asociados al flujo vehicular generado por el proyecto, esto con el objetivo de estimar el peor escenario posible, es decir, aquel de mayor emisión. El peso promedio por ruta, el factor de emisión para cada tramo y las emisiones totales por tramo se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1.53. Peso Promedio en Ruta.

Peso promedio en Ruta	Valor	Unidad
W Tramo 1	11,3	ton
W Tramo 2	11,6	ton
W Tramo 3	8,9	ton

Tabla 1.54. Factor de Emisión (g/km) y Emisión (ton).

Tramo	Factor de Emisión (g/km)	Distancia total recorrida (km)(*)	Total Emisión (ton)	% Control(**)	Emisión Total con Control (ton)
FE Tramo 1	683,0	309.960	211,7	50%	106
FE Tramo 2	691,0	358.279	247,6	50%	124
FE Tramo 3	614,0	0	0	50%	0

Nota: (*): se ha considerado que por cada ciclo se recorre el 50% del tramo. (**): considera riego de caminos como medida de control de emisiones.

1.2.5 Emisiones Totales Etapa de Construcción

En la siguiente tabla se presenta un resumen con las emisiones asociadas a la etapa de construcción del proyecto.

Tabla 1.55. Emisiones totales etapa de construcción del proyecto.

Tipo de Contaminante	Emisión Total (ton/año)
MP10	279,34
NO _x	98,92
COV	9,07

De las emisiones previstas en la etapa de construcción del proyecto, las de mayor magnitud corresponden a las emisiones de material particulado. Es importante destacar que las emisiones presentadas presentan carácter temporal, es decir, serán generadas solo por el período de tiempo que dure la construcción del proyecto. Adicionalmente, se debe indicar que la mayoría de fuentes relativas al proyecto sólo generan impacto en el entorno inmediato de la misma, debido a que este tipo de emisión no presenta:

- boyancia, un empuje debido a una mayor temperatura respecto a la temperatura ambiente, de forma tal que pueda elevarse al tener menor densidad (similar a lo que les sucede a los gases emitidos desde un proceso que involucra calor).
- velocidad inicial al ser descargada desde la fuente, de manera tal que logre acender debido a la inercia inducida en su origen (similar al empuje logrado por los gases expulsados por una chimenea).

Sin perjuicio de lo anterior, el Titular se compromete a establecer medidas tendientes a minimizar las emisiones generadas. Dichas medidas se listan a continuación:

- Los vehículos utilizados tendrán la revisión técnica al día. Se prohibirá la circulación de cualquier vehículo que arroje humo visible a través del tubo de escape.
- Solo se utilizará maquinaria en buen estado, la que tendrá sus mantenciones correspondientes al día.

- Los caminos de tierra por donde circularán los vehículos asociados al proyecto, se mantendrán en buenas condiciones, realizando riego frecuente de manera de minimizar las emisiones generadas.
- Se realizará humectación de material antes de la realización de los movimientos de tierra.
- El transporte de material tanto el propenso a generar emisión de material particulado como aquel que pudiera significar derrames en el camino, será realizado en camiones con cubierta.