



ANEXO V

Emisiones atmosféricas y calidad del aire

~~Declaración de Impacto Ambiental~~

Proyecto de Prospección Minera, Sitio Río Figueroa, III Región

~~PRAMAR ambiental~~

Eliminado: Igsa Consultores SQM
S.A.//
1 - 1

V.1 ANTECEDENTES GENERALES

Este anexo complementa el análisis de las principales emisiones atmosféricas generadas por el proyecto, incluidas en el Capítulo 3 de la presente Declaración de Impacto Ambiental.

Tal como se señala en el citado capítulo, no se identificaron fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos significativas durante la ejecución del proyecto, no obstante el presente Anexo analiza en detalle las actividades que generan emisiones atmosféricas durante las etapas de construcción, operación y abandono.

El presente anexo se estructura de la siguiente forma:

- Antecedentes generales (presente acápite)
- Identificación de las fuentes de emisión del proyecto
- Monto de las emisiones del proyecto.
- Dispersión de las emisiones.

V.2 IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE EMISION DEL PROYECTO

Las principales fuentes de emisión de material particulado se agruparon según la etapa y su tipo: emisiones producto de las actividades de movimiento de tierra, emisiones por combustión de motores (maquinaria de construcción y vehículos livianos), y emisiones por levantamiento de polvo en caminos (circulación vehicular).

La Tabla V.1 presenta las fuentes potenciales de emisión en la etapa de construcción.

**TABLA V.1
FUENTES DE EMISION ATMOSFERICA - ETAPA DE CONSTRUCCIÓN**

FUENTE		CONTAMINANTE ⁽¹⁾
TIPO	ACTIVIDAD	
Movimiento de tierra	Habilitación y construcción de caminos	MP
	Construcción de plataforma para instalación de faenas	MP
Combustión de motores	Tránsito de maquinaria de construcción	MP
	Tránsito de camionetas personal	MP
Levantamiento de polvo en caminos	Tránsito de camionetas personal	MP

(1) MP: Material particulado

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2

La Tabla V.2 presenta las fuentes potenciales de emisión en la etapa de operación.

TABLA V.2
FUENTES DE EMISION ATMOSFERICA - ETAPA DE OPERACIÓN

FUENTE		CONTAMINANTE ⁽¹⁾
TIPO	ACTIVIDAD	
Movimiento de tierra	Construcción de plataforma para sondajes	MP
	Construcción de trincheras	MP
Combustión de motores	Tránsito de maquinaria de construcción	MP
	Tránsito de camionetas de personal	MP
Levantamiento de polvo en caminos	Tránsito de camionetas de personal	MP

(1) MP: Material particulado

La Tabla V.3 presenta las fuentes potenciales de emisión en la etapa de abandono.

TABLA V.3
FUENTES DE EMISION ATMOSFERICA - ETAPA DE ABANDONO

FUENTE		CONTAMINANTE ⁽¹⁾
TIPO	ACTIVIDAD	
Levantamiento de polvo en caminos	Tránsito de camión y camioneta para el desmantelamiento del campamento	MP

(1) MP: Material particulado

La tasa de emisión de material particulado depende de las técnicas constructivas y de las condiciones del terreno. En particular, la naturaleza y humedad de los materiales juegan un papel fundamental. Las actividades referidas, también implican la emisión de contaminantes asociados al empleo de combustibles fósiles en la operación de maquinaria pesada y tránsito de vehículos (SO₂, CO, COV, NO_x, etc.); sin embargo, estas últimas se consideran de poca relevancia, dada su escasa magnitud y corta duración.

V.3 METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE LAS EMISIONES DEL PROYECTO

A continuación, se presentan la metodología utilizada para la estimación de las emisiones de Material Particulado MP10.

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2

V.3.1 Emisión por movimiento de tierras

La estimación de emisión de material particulado a la atmósfera, producto de la operación del bulldozer encargado de la habilitación de caminos y construcción de las plataformas se realizó utilizando la siguiente expresión¹:

$$E = 0.75 \times 0.45 \frac{(s)^{1.5}}{(M)^{1.4}}$$

Donde:

- s = Contenido de arcilla del material transportado (%). Valor utilizado = 10%.
- M = Contenido de humedad del material (%). Valor utilizado = 7%.

V.3.2 Emisión por motores de combustión

De acuerdo al documento AP-42 de la EPA la tasa la emisión de material particulado producto de la combustión de motores es 0,0036 Kg/l (Equipo pesado, Vol II. EPA (1985). Compilation of Air Pollutants Emission Factors (AP-42). Vol II Mobile Sources. Fourth Edition. September 1985)

V.3.3 Emisión por levantamiento de polvo de caminos

La estimación de las emisiones de polvo a la atmósfera por levantamiento de polvo de caminos, se realizó a partir de la siguiente expresión² (se suprimió un factor corrector por precipitaciones inferior a 1 de la expresión original, por lo que la estimación es conservadora) :

$$E = K(1.7) \left(\frac{s}{12} \right) \left(\frac{S}{48} \right) \left(\frac{W}{2.7} \right)^{0.7} \left(\frac{w}{4} \right)^{0.5}$$

Donde:

- E = Factor de emisión (kg/km. recorrido por vehículo).
- K = Factor de aumentación por tamaño de partícula (adimensional). Valor utilizado (para partículas de diámetro menor o igual a 30 µg, conservador) = 0,8.
- s = Contenido de arcilla del material superficial (%). Valor utilizado = 10%.
- S = Velocidad media del vehículo (km/h).
- W = Peso medio del vehículo (ton).

¹ Western Surface Coal Mining, Table 11.9-2. EPA (1985). Compilation of Air Pollutants Emission Factors (AP-42). Vol I, Stationary Point and area sources. Fifth Edition, 1995.

² Unpaved roads, Sección 11.2.1. EPA (1985). Compilation of Air Pollutants Emission Factors (AP 42). Vol I, Stationary Point and Area Sources. Fourth Edition. September 1985.

w = Número promedio de ruedas.

V.4 ESTIMACION DE LAS EMISIONES DEL PROYECTO

A continuación se presentan tablas con la estimación de las emisiones de material particulado a la atmósfera para las etapas de construcción y operación.

V.4.1 Etapa de Construcción

V.4.1.1 Emisiones por Movimiento de Tierra

El movimiento de tierras está relacionado con las actividades de construcción de caminos y construcción de la plataforma para la instalación de la maquinaria de sondaje, tarea que será realizada por un bulldozer con horario de 8 horas diarias. La estimación de emisión por movimiento de tierra en la etapa de construcción se presenta en la Tabla V.4 a continuación:

**TABLA V.4
ESTIMACIÓN DE EMISION POR MOVIMIENTO DE TIERRA - ETAPA DE CONSTRUCCION**

VEHICULO	Nº VEHIC.	s (%)	M (%)	E (kg/hr)	E (kg/día)
Bulldozer	1	10	7	0,70	5,60

V.4.1.2 Emisiones por motores de combustión

La Tabla V.5 presenta la tasa la emisión de material particulado producto de la combustión de motores, a partir del factor de emisión indicado anteriormente. Se consideró que el bulldozer consume 90 litros diarios y que cada camioneta transita al día en promedio 40 kilómetros, por lo que consume 8 litros diarios de combustible.

**TABLA V.5
ESTIMACIÓN DE EMISION POR MOTORES DE COMBUSTION - ETAPA DE CONSTRUCCION**

VEHICULO	Nº VEHIC.	EFICIENCIA COMBUSTION (%)	FACTOR DE EMISION (kg/l)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (l/día)	EMISION TOTAL MP (kg/día)
Bulldozer	1	32	0,0036	90	0,324
Camioneta	1	32	0,0036	8	0,0288
TOTAL					0,353

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2

V.4.1.3 Emisiones por levantamiento de polvo de caminos

Para la estimación de esta emisión se tomó en cuenta el tránsito de vehículos livianos, para lo cual se consideró que una camioneta transita al día aproximadamente 40 kilómetros en promedio dentro del área del proyecto.

TABLA V.6
ESTIMACIÓN DE EMISION POR LEVANTAMIENTO DE POLVO EN CAMINOS - ETAPA DE CONSTRUCCION

VEHICULO	Nº VEHIC.	VELOCIDAD MEDIA (km/h)	PESO MEDIO (ton)	Nº PROMEDIO RUEDAS	E (kg/km)	E (kg/día)
Camioneta	1	50	1,5	4	0,78	31,29
TOTAL					0,78	31,29

V.4.1.4 Resumen de Emisiones

En la Tabla V.7 se presenta un resumen de las emisiones de MP10 durante la etapa de construcción. Se ha considerado en forma conservadora que todas las emisiones se producen en forma simultánea.

TABLA V.7
RESUMEN DE EMISIONES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION

ACTIVIDAD	EMISION MP10 (kg/día)	Distancia recorrida diaria (km)	EMISION MP10 (kg/día/km)
Movimiento de tierra	5,60	2	2,80
Combustión de motores	0,353	40	0,01
Levantamiento de Polvo	31,29	40	0,78
TOTAL	37,25		3,59

V.4.2 Etapa de Operación

V.4.2.1 Emisiones por Movimiento de Tierra

El movimiento de tierra está relacionado con las actividades de preparación de plataformas para sondaje, tarea que será realizada por un bulldozer con horario de 8 horas diarias. La Tabla V.8 a continuación indica la estimación de emisión por movimiento de tierra para la etapa de operación.

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2

TABLA V.8
ESTIMACIÓN DE EMISION POR MOVIMIENTO DE TIERRA - ETAPA DE OPERACIÓN

VEHICULO	Nº VEHIC.	s (%)	M (%)	E (kg/hr)	E (kg/día)
Buldozer	1	10	7	0,70	5,60

V.4.2.2 Emisiones por motores de combustión

La Tabla V.9 presenta la tasa de emisión de material particulado producto de la combustión de motores. Se consideró que el buldozer consume 90 litros diarios y que cada camioneta consume 8 litros diarios.

TABLA V.9
ESTIMACIÓN DE EMISION COMBUSTION DE MOTORES - ETAPA DE OPERACIÓN

VEHICULO	Nº VEHIC.	EFICIENCIA COMBUSTION (%)	FACTOR DE EMISION (kg/l)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (l/km)	EMISION TOTAL MP (kg/día)
Buldózer	1	32	0,0036	90	0,324
Camionetas	3	32	0,0036	8	0,086
TOTAL					0,41

V.4.2.3 Emisiones por levantamiento de polvo de caminos

Para la estimación de esta emisión se considerará el tránsito de los vehiculos livianos, para lo cual cada camioneta recorre en promedio 40 kilómetros. La estimación de las emisiones por levantamiento de polvo en caminos durante la operación se indica en la Tabla V.10, a continuación:

TABLA V.10
ESTIMACIÓN DE EMISION POR LEVANTAMIENTO DE POLVO EN CAMINOS
ETAPA DE OPERACION

VEHICULO	Nº VEHIC.	VELOCIDAD MEDIA (km/h)	PESO MEDIO (ton)	Nº PROMEDIO RUEDAS	E (kg/km)	E (kg/día)
Camionetas	3	50	1,5	4	2,35	93,88
TOTAL					2,35	93,88

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2

V.4.2.4 Resumen de Emisiones

La Tabla V.11 presenta un resumen de las emisiones de MP10 durante la etapa de operación del proyecto. Se ha considerado en forma conservadora que todas las emisiones se producen en forma simultánea.

**TABLA V.11
RESUMEN DE EMISIONES EN LA ETAPA DE OPERACION**

ACTIVIDAD	EMISION MP10 (KG/DÍA)	DISTANCIA RECORRIDA DIARIA (KM)	EMISION MP10 (KG/DÍA/KM)
Movimiento de tierra	5,60	2	2,80
Combustión de motores	0,410	40	0,01
Levantamiento de polvo	93,88	40	2,35
TOTAL	99,89		5,16

V.4.3 **Etapa de Abandono**

Durante la etapa de abandono del proyecto se empleará un camión para trasladar todos los materiales e implementos del campamento, y una camioneta para trasladar al personal que realizará el desmantelamiento. Las emisiones producidas por estos vehículos resultan considerablemente inferiores a las de las demás etapas del proyecto por lo que no serán estudiadas.

V.5 **DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA EMPLEADO PARA LA MODELACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE**

Para estimar las concentraciones máximas posibles de partículas respirables, PM10, se utilizó el modelo computacional SCREEN3 de la U.S. EPA, a continuación se presenta una descripción de este modelo.

V.5.1 **Características Generales**

El modelo SCREEN3, realiza cálculos de corto plazo (horarios) que incluyen la estimación de concentraciones máximas a nivel del suelo y la distancia correspondiente a la cual ocurren estas concentraciones (viento abajo de la fuente emisora). El modelo incorpora, también, efectos por edificios cercanos, fumigación, etc.

SCREEN3 utiliza un modelo de dispersión de penacho gaussiano modificado que incorpora factores meteorológicos y relacionados con la fuente para estimar las concentraciones de contaminantes debidas a fuentes continuas. El modelo es válido para aquellas emisiones que

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2

no sufren reacciones químicas ni procesos de remoción, como depositación seca o húmeda, durante el proceso de transporte desde la fuente al receptor.

El modelo permite calcular concentraciones máximas a cualquier distancia especificada por el usuario (hasta 100 kilómetros), en terreno elevado con respecto a la fuente. Fijando la dirección del viento, examina un espectro completo de condiciones meteorológicas, incluyendo todas las estabildades y velocidades del viento, de modo de encontrar las condiciones de impacto máximo.

La ecuación básica utilizada por el modelo para determinar las concentraciones a nivel del suelo ($z=0$), bajo el eje central del penacho ($y=0$), es la siguiente:

$$X = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot u_s \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \left[e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z_r - h_e}{\sigma_z} \right)^2} + e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z_r + h_e}{\sigma_z} \right)^2} + \sum_{n=1}^k \left[e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z_r - h_e - 2n z_i}{\sigma_z} \right)^2} + e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z_r + h_e - 2n z_i}{\sigma_z} \right)^2} + e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z_r - h_e + 2n z_i}{\sigma_z} \right)^2} + e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z_r + h_e + 2n z_i}{\sigma_z} \right)^2} \right] \right]$$

donde:

X	=	concentración (g/m ³)
Q	=	tasa de emisión (g/s)
u _s	=	velocidad del viento a la altura de la fuente (m/s)
σ _y	=	parámetro de dispersión lateral (m)
σ _z	=	parámetro de dispersión vertical (m)
z _r	=	altura del receptor con respecto al suelo (m), se igualó a 0 (nivel del suelo)
h _e	=	altura del eje central del penacho (m)
z _i	=	altura de mezclado (m)
k	=	límite del número de reflexiones del penacho en el suelo y en inversión.

Para caracterizar las condiciones atmosféricas del lugar SCREEN3 utiliza una serie de combinaciones entre velocidad de viento y estabilidad atmosférica, las que se presentan en la Tabla V.12. Estas combinaciones permiten, además, estimar los valores de los parámetros de dispersión transversales σ_y y σ_z, y la altura de mezclado.

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2

TABLA V.12
COMBINACIONES DE VELOCIDADES DEL VIENTO A 10 M (U10) Y CLASES DE ESTABILIDAD
USADAS POR EL MODELO SCREEN3

μ_{10} (m/s)	1	2	3	4	5	8	10	15	20
Clase Estabilidad									
A (1)	*	*	*						
B (2)	*	*	*	*	*				
C (3)	*	*	*	*	*	*	*		
D (4)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
E (5)	*	*	*	*	*				
F (6)	*	*	*	*					

V.5.2 Datos Requeridos por el Modelo

Los datos requeridos por el modelo SCREEN3 son:

- Tipo de fuente (fuente de área o fuente puntual)
- Tasa de emisión (g/s.m²)
- Altura de la emisión (m)
- Lado del área cuadrada (m)
- Altura del receptor (m)
- Temperatura ambiental (°K)
- Velocidad del viento a 10 m de altura sobre el nivel del suelo
- Estabilidad atmosférica

Cabe destacar que los datos de velocidad del viento y estabilidad atmosférica son opcionales, es decir, el modelo permite no ingresarlos y examinar la peor condición atmosférica entre las combinaciones predefinidas. Asimismo, en el caso de ingresar estos datos, éstos deben estar incluidos entre las combinaciones indicadas en la Tabla V.11.

V.5.3 Limitaciones del Modelo

Las principales limitaciones del modelo son:

- Calcula una fuente a la vez
- Puede que no encuentre el máximo global en algunas ocasiones

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2

- No modela fenómenos en el largo plazo, como promedios estacionales o anuales

V.5.4 Supuestos del Modelo

Como todo tipo de modelo, SCREEN3 se basa en una serie de supuestos para simular el proceso de dispersión del penacho, estos son:

- El contaminante no sufre cambios químicos
- No existen otros procesos de remoción, como deposición seca o húmeda
- Perfil de velocidad del viento vs. altitud es curva de potencia
- El terreno no presenta variaciones de altura.

Para que la estimación de las concentraciones sea confiable, es necesario que el contaminante en estudio cumpla los dos primeros supuestos. Esta condición la cumple el MP10.

El tercer supuesto permite caracterizar el perfil de vientos con un sólo dato, la velocidad a 10 metros. Este dato, más la velocidad a nivel del suelo (ésta es 0 por efectos de la rugosidad), entregan el perfil completo. A su vez, este supuesto permite simplificar el manejo de la información meteorológica.

V.6. ESTIMACIÓN DE LA DISPERSION DE MATERIAL PARTICULADO

Para estimar las concentraciones atmosféricas de material particulado durante la ejecución del proyecto se modelaron las etapas que resultaron ser las más desfavorables, vale decir, las etapas de construcción y operación.

Para realizar la modelación se consideró conservadoramente que las emisiones se producían simultáneamente en el entorno del camino, para lo cual se consideraron fuentes "areales". Asimismo, se consideró que la dirección del viento era perpendicular a la traza del punto de interés modelado.

Como el modelo SCREEN3 no permite modelar áreas cuya razón de aspecto sea mayor que 1:10, se debió modelar un área de 100x10 m². El resultado se multiplicó por dos para considerar los aportes de dos trazos contiguos.

Cabe señalar que las concentraciones estimadas por el modelo representan promedios de 60 minutos, y que éstas disminuyen a medida que aumenta el tiempo de promedio. Por lo tanto, esta estimación debe corregirse para hacerla comparable a la norma de calidad del aire

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2

vigente, que estipula un promedio máximo de 150 µg/m³ de MP10 como promedio de 24 horas. Esta corrección es posible mediante la ecuación³:

$$C_2 = C_1 \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^q$$

Donde:

- C_2 = Concentración en el tiempo deseado
- C_1 = Concentración calculada para un periodo de 60 minutos
- t_2 = Tiempo deseado en minutos
- t_1 = 60 minutos
- q = valor entre 0,17 y 0,5 (varia según diversos autores)

Utilizando esta ecuación para obtener el promedio de 24 horas y considerando conservadoramente $q = 0,3$, se tiene $C_2 = C_1 \times 0,39$.

De esta forma, los pasos para realizar la modelación fueron:

- Cálculo de la tasa de emisión (g/s* m²) (Tabla V.12).
- Modelación de 100 metros lineales de camino como fuente areal de 100x10 m²
- Los resultados de concentraciones se multiplicaron por 0,39 para obtener la concentración promedio de 24 horas y por 2 para tomar en cuenta la contribución del trazo adyacente.

**TABLA V.13
CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS**

ETAPA	TASA DE EMISIÓN DIARIA POR KM [kg / día]	TASA DE EMISIÓN [gr/seg m ²]
Construcción	3,75	0,0000042
Operación	10,12	0,0000060

³ K. Wark and C.F. Warner. "Air Pollution, Its Origin and Control", Harper & Row, New York, 1981.

Los resultados obtenidos se entregan en la Tabla V.14 a continuación:

**TABLA V.14
RESUMEN DE CONCENTRACIONES ESTIMADAS**

DISTANCIA	CONCENTRACIÓN POR CONSTRUCCIÓN (µg/m ³)		CONCENTRACIÓN POR OPERACIÓN (µg/m ³)	
	HORARIA DE UN TRAZO	DIARIA 1 + 1 TRAZO	HORARIA DE UN TRAZO	DIARIA 1 + 1 TRAZO
50	58,52	45,1	83,6	64,4
100	75,03	57,8	107,2	82,5
200	36,15	27,8	51,6	39,8
300	19,55	15,1	27,9	21,5
400	12,33	9,5	17,6	13,6
500	8,56	6,6	12,2	9,4
600	6,33	4,9	9,0	7,0
700	4,91	3,8	7,0	5,4
800	3,971	3,1	5,7	4,4
900	3,296	2,5	4,7	3,6
1000	2,792	2,1	4,0	3,1

De los resultados de la modelación se observa que los niveles de concentraciones ambientales atmosféricas de MP10 encontrados son inferiores al valor de la norma de 150 µg/m³, llegando a 57,8 µg/m³, equivalentes al 39% de la norma durante la etapa de construcción y a un máximo de 82,5 µg/m³ equivalentes a sólo el 55 % de la norma durante la etapa de operación. Estos niveles se han calculado considerando las peores condiciones atmosféricas.

A la luz de estos resultados, y considerando la transitoriedad de las obras, se estima que las emisiones atmosféricas durante la ejecución de todo el proyecto no tendrán impactos significativos en la calidad del aire.

Eliminado: Igsa Consultores

Eliminado: SQM S.A.1 - 2