

2.- El Aire

2.1 IMPACTO DE LOS PROYECTOS MINEROS EN LA CALIDAD DEL AIRE

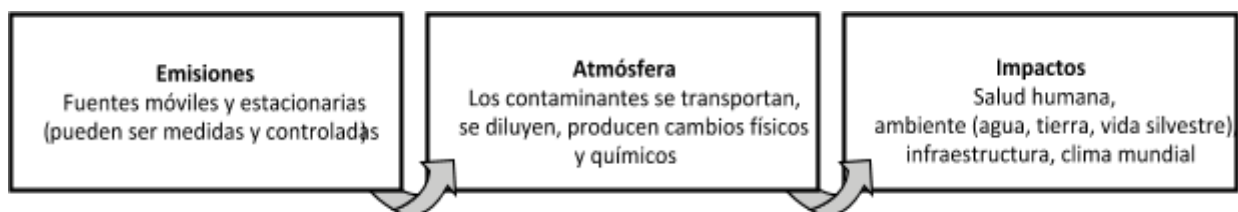
El transporte de emisiones en el aire ocurre durante todas las etapas del ciclo de vida de una mina, si bien en particular se dan durante la exploración, desarrollo, construcción y operación. Las operaciones mineras movilizan grandes cantidades de material; requieren maquinaria pesada y equipos industriales para procesar el mineral. Las pilas o depósitos de desechos contienen partículas pequeñas que pueden ser fácilmente dispersadas por el viento.

Las mayores fuentes de contaminación del aire en operaciones mineras son:

- Material particulado transportado por el viento como resultado de excavaciones, voladuras, transporte de materiales, erosión eólica (más frecuente en tajos abiertos), polvo fugitivo proveniente de los depósitos de relaves, depósitos, caminos. Las emisiones de los gases de escape de fuentes móviles (vehículos, camiones, maquinaria pesada) también contribuyen a aumentar el nivel de material particulado.
- Emisiones gaseosas provenientes de la quema de combustibles en fuentes estacionarias como móviles, voladuras y procesamiento de minerales.

Cuando una fuente emite contaminantes en la atmósfera, los contaminantes son transportados en el aire, se diluyen y son sujetos a cambios (físicos y químicos) en la atmósfera y finalmente alcanzan al receptor (Figura siguiente). Estos contaminantes pueden causar serios efectos en la salud de las personas y en el ambiente.

La minería a gran escala potencialmente puede contribuir de manera importante a la contaminación del aire, especialmente durante la etapa de operación. Las actividades durante la extracción de mineral, procesamiento, manipulación y transporte dependen del equipo, del tipo de generadores de energía, procesos y materiales que pueden generar contaminantes atmosféricos peligrosos tales como material particulado, metales pesados, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.



2.1.1 Fuentes Móviles

Las fuentes móviles de contaminantes del aire incluyen

vehículos pesados usados en las operaciones de excavación, vehículos de transporte de personal en sitios mineros, camiones que transportan materiales necesarios para

los procesos mineros y los materiales procesados. Si bien el grado en que las emisiones de contaminantes de estas fuentes dependen del combustible y las condiciones del equipo, y aun cuando las emisiones de fuentes individuales pueden ser relativamente pequeñas, la cantidad de emisiones en conjunto constituyen materia de preocupación. Las fuentes móviles generan grandes cantidades de material particulado, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles que contribuyen significativamente a la formación de ozono a nivel del suelo.

2.1.2 Fuentes Estacionarias

Las principales emisiones gaseosas provienen de la quema de combustibles en las instalaciones generadoras de energía, las operaciones de secado, tostado y fundición. Muchos productores de metales preciosos realizan procesos de fundición antes de transportar el material a refinerías. Por lo general, el oro y plata producidos en los hornos de fundición/flujo pueden producir elevados niveles de mercurio, arsénico, dióxido de azufre y otros metales.

2.1.3 Emisiones Fugitivas

La Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA), define ‘emisiones fugitivas’ como ‘aquellas emisiones que razonablemente no se pueden conducir a través de una chimenea, conducto de ventilación y otras aperturas funcionalmente equivalente’.¹

Para los proyectos mineros, las fuentes más frecuentes de emisiones fugitivas son: almacenamiento y manipulación de materiales, procesos mineros, fugas de polvo, voladuras, actividades de construcción, caminos asociados con el proyecto minero, pilas y lagunas de lixiviación; depósitos de material estéril y escombros. Por lo tanto, los impactos de las emisiones fugitivas pueden variar significativamente en cada caso. Los impactos son difíciles de predecir o calcular y deben considerarse por cuanto puede ser una fuente importante de contaminantes peligrosa.

2.2 MARCO LEGAL

Los criterios para la evaluación de la calidad del aire están dados por dos tipos de instrumentos legales. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) proporcionan los criterios de calidad que se aplican al aire ambiental en su condición de cuerpo receptor de emisiones de contaminantes atmosféricos (i.e. emisiones gaseosas o de material particulado). Los Límites Máximos Permisibles (LMP)¹ proporcionan los criterios de calidad exigidos para las fuentes puntuales de emisión de contaminantes atmosféricos. Los ECA y los LMP están definidos por las siguientes normas:

- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire – DS 074-2001- PCM.
- Valor Anual de Concentración de Plomo – DS 069-2003-PCM.
- Niveles Máximos Permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas - RM 315-96-EM/VMM (19/07/96)².

En esta Sección se han incluido también a modo de referencia los criterios de calidad del Grupo del Banco Mundial y del Consejo Canadiense de Ministerios del Ambiente (CCMA).

2.3 ESTÁNDARES INTERNACIONALES

Existe una gran diversidad de estándares de calidad de aire y emisiones en las diferentes jurisdicciones. Además, existen estándares emitidos por entidades de nivel supranacional, tales como el Grupo del Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud (OMS). En esta sección se presentan los estándares de calidad de aire y emisiones de estas instituciones, así como los del Gobierno Federal de Canadá y de la Provincia de Ontario, a manera de referencia. Los estándares de calidad del aire de la OMS y el Grupo del Banco Mundial han sido diseñados para alcanzar una calidad del aire que proteja la salud pública en diversos contextos y como tal no reflejan necesariamente los estándares de calidad del aire ambiental de los países en forma individual.

El Grupo del Banco Mundial es el único organismo que se ha revisado y resumido en este documento que proporciona límites de emisión de fuente puntual específicamente para la industria de fundición y refinación. Los estándares canadienses de calidad del aire varían según el enfoque adoptado para equilibrar los riesgos a la salud, la factibilidad tecnológica, las consideraciones económicas y otros factores políticos y sociales diversos que, a su vez, dependerán, entre otras cosas, del nivel de desarrollo y la capacidad nacional en el manejo de la calidad del aire.

Tabla 2-7 Límites de Emisión del Grupo del Banco Mundial

Compuesto/Contaminante	Unidad ⁽¹⁾	PPAH, Parte III - Sector de Fundición de Cobre ⁽³⁾	EHS Guidelines - Fundición y Refinación de Metales Base ⁽⁴⁾
Dióxido de Azufre (SO₂)			Eficiencia de conversión: > 99.1% (para % SO ₂ en emisión ≤ 4%) > 99.7% (para % SO ₂ en emisión > 4%)
Tostación, fundición y sinterización primarias.	% en la descarga	1,000	
Oxidos de Nitrógeno (NO_x) expresado como NO₂ Quemador de bajo NO _x , quemador oxigenado, lavador oxidante	mg/Nm ³		100 - 300
Nieblas Ácidas / Gases Removedor de niebla, Lavador Alcalino	mg/Nm ³		50
Carbon Orgánico Volátil/Solventes (como C) Contenedor, condensador, filtro de carbón y biofiltro	mg/Nm ³		5 - 15

Polvo Filtro de tela con inyección de cal , filtro de tela, control de temperatura	mg/Nm ³		1 - 5
Carbono Orgánico Total (como C) Quemador secundario, combustión optimizada	mg/Nm ³		5 - 50
Dioxinas⁽⁵⁾ Filtro de tela con inyección de cal , filtro de tela, quemador secundario seguido de enfriamiento por inmersión, absorción por carbón activado, Catalizador de oxidación	ng TE/Nm ³		0.1 - 0.5
Amoniaco Lavador ácido	mg/Nm ³		5
Cloro Lavador Alcalino, colección y reutilización	mg/Nm ³		0.5
Mercurio	mg/Nm ³	0.05	0.02
Plomo	mg/Nm ³	0.2	
Cadmio	mg/Nm ³	0.05	
Arsénico (en TSP)	mg/Nm ³	0.5	

2.4 EMISIONES TIPICAS DE LAS OPERACIONES MINERAS

- Almacenamiento de materiales en pilas y movimiento de mineral o desmonte;
- Operación de plantas auxiliares (planta de ácidos, planta de energía, almacenamiento de químicos y combustibles, etc.); y
- Operación de las instalaciones de almacenamiento de relaves.

Las operaciones mineras generalmente generan partículas primarias y secundarias y precursores de ozono como parte de sus emisiones. Las partículas primarias son emitidas a la atmósfera como partículas sólidas y se componen de:

- Material particulado total (Partículas Totales en Suspensión - PTS);
- Material particulado inhalable (i.e. con un diámetro aerodinámico menor a 10 µm) (PM₁₀);
- Material particulado respirable (i.e. con un diámetro aerodinámico menor a 2,5 µm) (PM_{2,5}); y
- Metales traza.

Las partículas secundarias y los precursores de ozono se definen como aquellas especies que no se emiten ni como material particulado ni como ozono, pero sufren procesos químicos dentro de la atmósfera para convertirse en uno de ellos. Las partículas secundarias y los precursores de ozono contribuyen con el smog e incluyen:

- Óxidos de nitrógeno (NO_x);
- Dióxido de azufre (SO₂);
- Aerosoles ácidos (e.g. sulfatos, nitratos, cloruros);
- Hidrocarburos totales (expresados como metano (CH₄));
- Amoníaco (NH₃);
- Compuestos orgánicos volátiles (VOCs); y
- Compuestos orgánicos semi volátiles (SVOCs).

Muchos de estos contaminantes no están regulados en Argentina para el sector minero, pero sí en otros países², ya que poseen el potencial de generar impactos en la salud humana, debiendo considerarse como tóxicos.

En las secciones siguientes se presentan los contaminantes específicos que pueden ser generados por las principales actividades mineras. La Tabla 3-1 presenta un resumen de las principales actividades en el sector y los posibles contaminantes.

2.4.1 MINERÍA SUBTERRÁNEA

Las siguientes actividades y fuentes asociadas con la minería subterránea son potenciales emisores de contaminantes de preocupación:

- Movimientos de tierra asociados con el desarrollo de las actividades en superficie;
- accesos a piques y rampas;
- desarrollo de la ventilación;
- extracción, transporte y descarga de mineral;
- Chancado de mineral;
- operaciones de talleres y operaciones de plantas de energía por combustión;
- erosión eólica de pilas de materiales, botaderos, áreas de relaves y otras áreas expuestas;
- descargas (gases de combustión) por ventilación de la mina; y
- actividades de voladura.

Adicionalmente, el contenido de metales de los depósitos puede incrementar los umbrales de emisión.

2.4.2 MINERÍA A CIELO ABIERTO

Las siguientes actividades y fuentes asociadas con la minería superficial son potenciales emisores de contaminantes de preocupación:

- Retiro de vegetación y suelo superficial;
- Retiro del material de cubierta;
- Voladura;
- Retiro de material de desmonte o mineral;
- Transporte y apilamiento de material de desmonte o mineral;
- Extracción, transporte y descarga de mineral;
- Chancado de mineral;
- Beneficio del mineral;
- Operaciones de talleres y plantas de energía; y
- Erosión eólica del tajo abierto, pilas de materiales y áreas expuestas.

Al igual que en la minería subterránea, el contenido de metales en los materiales, puede hacer posible que se alcancen los umbrales de emisión.

² Véase por ejemplo las guías del CCMA.

2.4.3 OPERACIONES METALÚRGICAS

Las emisiones de las operaciones metalúrgicas varían dependiendo del mineral procesado.

Fundición de Metales Base

Las emisiones de hornos/fundiciones y refinerías de metales base son principalmente material particulado, metales, óxidos de azufre y material particulado fugitivo. El material particulado está principalmente compuesto de óxidos y sulfuros metálicos, elementos nativos como mercurio, sulfatos metálicos y ácido sulfúrico. El procesamiento de minerales de sulfuros producirá emisiones con elevadas concentraciones de dióxido de azufre (SO_2). De ser factible, éste es recuperado típicamente y convertido en ácido sulfúrico.

2.5. OTRAS ACTIVIDADES RELACIONADAS QUE PRODUCEN EMISIONES

2.5.1. Transporte

Los vehículos de la mina, incluyendo tractores, excavadoras, topadoras, niveladoras, camiones y cargadores, producirán emisiones de material particulado, CO, NO_x , SO_2 , y VOCs por la combustión de su combustible diesel (Ciccone & Short 2003).

Asimismo, el transporte de vehículos y maquinaria en las áreas de operación minera no pavimentadas originan la generación de emisiones de polvo por la aplicación de fuerza mecánica (i.e., llantas, cuchillas) y por la acción de la erosión eólica.

2.5.2. Molienda

El chancado, molienda y molienda secundaria son operaciones mineras comunes. El propósito de estas tres es reducir el tamaño del mineral ya sea en un ambiente seco o húmedo. Las partículas y metales son las emisiones atmosféricas más importantes generadas por estos procesos.

2.5.3 Pilas de Almacenamiento

Las pilas de almacenamiento y las áreas de relaves pueden constituir fuentes de emisiones de material particulado durante su manipulación y por la erosión eólica. En las áreas activas se levanta gran cantidad de polvo atmosférico debido a la alteración mecánica del material granular expuesto al aire. La pulverización y abrasión de los materiales de la superficie origina la generación de polvo por la aplicación de fuerza mecánica (i.e., llantas, cuchillas). En las áreas inactivas, las emisiones de polvo se generan por el arrastre de las partículas de polvo por la acción de corrientes de aire, tales como la erosión eólica de una superficie expuesta a velocidades de viento mayores a 19 km/h.

2.5.4 Instalaciones de Disposición de Relaves

En las instalaciones de disposición de relaves cianurados, el cianuro puede liberarse al aire o degradarse. El cianuro se libera al aire como HCN (ácido cianhídrico); sin embargo, su liberación depende del pH, siendo significativa sólo a valores bajos de pH.

El cianuro se degrada naturalmente en dióxido de carbono y amonio, este último se oxida a nitrato, el cual es observado en los efluentes líquidos.

Un segundo componente que puede ser emitido de las instalaciones de almacenamiento de relaves es el mercurio, el cual se encuentra asociado al oro y es extraído por el proceso.

Las instalaciones de almacenamiento de relaves mineros de oro también descargarán mercurio en menor cantidad.

2.6 MINERÍA NO METÁLICA

Las siguientes actividades y fuentes asociadas con la minería no metálica (canteras de materiales de construcción, etc.) son potenciales emisores de contaminantes de preocupación:

- Retiro de vegetación y suelo superficial;
- Retiro del material de cubierta;
- Voladuras;
- Retiro de material de desbroce y desmonte;
- Movimiento de tierras;
- Transporte y apilamiento de material de desbroce, desmonte o material;
- Generación de polvo por tráfico y erosión;
- Extracción, transporte y descarga de materiales;
- Operaciones de talleres y plantas de energía; y
- Erosión eólica de las áreas de canteras y otras áreas expuestas.

Al igual que en la minería subterránea y a tajo abierto, el contenido de metales en los materiales, puede hacer posible que se alcancen los umbrales de emisión.