



Ingeniería
Servicios
Capacitación

CASO PRÁCTICO

SISTEMA DE VENTILACIÓN PRINCIPAL - MINA MODELO

Mg. Ing. Raúl Cisternas Yáñez
Consultor Principal - VDM LTDA.
CHILE

CASO PRÁCTICO:

SISTEMA DE VENTILACIÓN PRINCIPAL - MINA MODELO

1. Descripción del Problema

Se planea explotar un yacimiento de Cobre, según el método de explotación subterránea Sub Level Stopping (S.L.S.); uno de los requerimientos centrales del proyecto, dice relación con el diseño, cálculo y dimensionamiento del Sistema de Ventilación Principal que deberá implementarse para atender las diversas operaciones minero-subterráneas, cuenta tenida de los principales contaminantes a controlar.

2. Normativa a cumplir [1]

- **Art. 132, D.S. N° 132/72** (Reglamento de Seguridad Minera, Ministerio de Minería, CHILE)
- **Art. 135, D.S. N° 132/72**
- **Art. 138, D.S. N° 132/72**
- **Art. 144, D.S. N° 132/72**

- **Art. 66, D.S. N° 594** (Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en Lugares de Trabajo, Ministerio de Salud, CHILE).

Art. 136, 137, 139, 141, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150 y 151, **D.S. N° 132/72** (Reglamento de Seguridad Minera, Ministerio de Minería, CHILE).

[1]: Entidades fiscalizadoras estatales: - SERNAGEOMIN (MINISTERIO DE MINERÍA) - MINISTERIO DE SALUD.

3. Datos

- Método de explotación : Sub Level Stopping (S.L.S.)
- Ritmo de producción : 1.500 tpd
- Cota base caserón inferior : 600 m.s.n.m.
- Densidad promedio del aire en la faena : 0,075 lb/pie³
- Acceso principal desde superficie : Rampa
- Longitud rampa principal desde superficie hasta caserón : 2.000 m.
- Sección rampa principal : 5,5 x 5,0 m.
- Diferencia de cota entre superficie y piso de caserón : 200 m.
- Número máximo de personas por turno : 15 personas
- Parque de equipo diesel operativo : 3 camiones de bajo perfil x 270 HP
+ 3 LHD x 230 HP
+ 2 vehículos livianos x 110 HP
- Equipo diesel en Desarrollos : Se utilizará palas LHD de producción
- Oficinas y servicios, taller de mantención, pañol, bodegas de materiales otros : En superficie
- Características eléctricas de la faena : Corriente trifásica, 380 volts ; 50 Hz.

4. Solución

De acuerdo a datos recopilados, los cuales incluyen planos de diseño de explotación y de acceso principal a la mina, más la experiencia registrada en faenas subterráneas de características similares, se percibe como una buena opción: ventilar la mina mediante *Sistema de Ventilación Aspirante*.

4.1 Requerimiento de Caudal de Aire

El mayor contaminante ambiental producido en la aplicación de este método de explotación (S.L.S.), son los gases emitidos por los equipos diesel ; de acuerdo a lo anterior y, para efectos de cálculo del caudal de aire de ventilación, deberá determinarse tal caudal de acuerdo a la normativa de suministrar 2,83 m³/min por cada HP motor de todo equipo diesel en operación (equivalente a 100 pie³/min por cada HP motor) [1].

Al caudal de aire obtenido según flota diesel operativa, se le deberá agregar el caudal requerido por la totalidad de personas trabajando al interior de la rampa [2].

[1]: Art. 132, D.S. N° 132/72, Reglamento de Seguridad Minera, Ministerio de Minería, CHILE.

[2]: Art. 132 y 138, D.S. N° 132/72, Reglamento de Seguridad Minera, Ministerio de Minería, CHILE.

4.1.1 Caudal (Q) requerido - Equipos Diesel

<u>Equipos Diesel:</u>	3 camiones	x 270 HP
	3 palas LHD	x 230 HP
	2 vehículos livianos	x 110 HP

i) Caudal (Q) Equipos Diesel - Camión = 270 HP x 100 pie³/min
+ 270 HP x 100 pie³/min x 0,75 [1]
+ 270 HP x 100 pie³/min x 0,50 [1]

Caudal (Q) Camión = 60.750 pie³/min

ii) Caudal (Q) Equipos Diesel - Palas LHD = 230 HP x 100 pie³/min
+ 230 HP x 100 pie³/min x 0,75 [1]
+ 230 HP x 100 pie³/min x 0,50 [1]

Caudal (Q) Palas LHD = 51.750 pie³/min

iii) Caudal (Q) Equipos Diesel - Vehículos Livianos = 110 HP x 100 pie³/min
+ 110 HP x 100 pie³/min x 0,75 [1]

Caudal (Q) Vehículos Livianos = 19.250 pie³/min

Subtotal Caudal (Q) requerido/equipos = [60.750 + 51.750 + 19.250] pie³/min

Subtotal Caudal (Q) requerido/equipos = 131.750 pie³/min

4.1.2 Caudal (Q) requerido - Trabajadores

Cantidad de Trabajadores: 15 Trabajadores por turno

i) Caudal (Q) Trabajadores = 15 trabajadores x 3 m³/min/trabajador [2]
= 45 m³/min
= 1.600 pie³/min (aprox.)

Caudal (Q) Trabajadores = 1.600 pie³/min

[1]: 0,75 y 0,50 corresponde a factores de corrección utilizados para la estimación de caudal en los casos en que equipos, del mismo tipo, operen en serie dentro del mismo circuito [0,75, para segundo equipo en serie; 0,50, para tercero y posteriores].

[2]: Art. 138, D.S. N° 132/72, Reglamento de Seguridad Minera, Ministerio de Minería, CHILE.

4.1.3 Total Caudal (Q) requerido (equipos + trabajadores)

$$\text{Total Caudal (Q) requerido (equipos + trabajadores)} = [131.750 + 1.600] \text{ pie}^3/\text{min}$$

$\text{Total Caudal (Q) requerido (equipos + trabajadores)} = 133.350 \text{ pie}^3/\text{min}$

A este caudal debe agregársele, como mínimo, **15% del Caudal (Q) requerido** por concepto de fugas/filtraciones, obteniéndose:

$$\text{Caudal (Q) filtraciones} = (0,15 \times 133.350) \text{ pie}^3/\text{min}$$

$$\text{Caudal (Q) filtraciones} = 20.000 \text{ (aprox.) pie}^3/\text{min}$$

Lo que da, finalmente, como caudal total de ventilación, un valor igual a :

$$\text{Caudal (Q) TOTAL} = (\text{Q requerido} + \text{Q filtraciones}) \text{ pie}^3/\text{min}$$

$$= (133.350 + 20.000) \text{ pie}^3/\text{min}$$

$$= 153.350 \text{ pie}^3/\text{min}$$

$$\text{Caudal (Q) TOTAL} = 160.000 \text{ pie}^3/\text{min}$$

4.2 Determinación de Parámetros de diseño

Como parámetros principales de diseño de ventilación, se considera: la densidad del aire (**dm**), el Coeficiente de Fricción (**K**), y la presión de ventilación natural (**Pvn**).

Para el siguiente caso en estudio, la densidad promedio del aire en la faena, incluida dentro de los antecedentes generales, es igual a **0,075 lb/pie³** ; respecto a la presión de ventilación natural, ésta no se consideró relevante dado que la diferencia de cota entre portal rampa (superficie), con la cota de piso del nivel inferior de la mina (caserón base), es mínima; el coeficiente de fricción, K, se extrapoló de resultados obtenidos en campaña de mediciones en terreno, en faena de similares características a la mina del caso en estudio, siendo éste igual a **100 x 10⁻¹⁰ lbf x min²/pie⁴**.

4.3 Diseño del Sistema de Ventilación

Según datos capturados del proyecto de explotación, más la experiencia en faenas de características similares, se propone implementar un Sistema de Ventilación Aspirante. Para dicho efecto, se planea la entrada de aire fresco - desde superficie- por medio de rampa de acceso principal, la cual estará conectada a cada uno de los subniveles comprometidos en cada caserón a explotar; la extracción del aire contaminado, se propone realizarla por medio de una chimenea vertical (chimenea de extracción general), desde el nivel más profundo de la mina, hasta superficie.

La inyección de aire fresco hacia los diferentes subniveles de perforación, se deberá forzar mediante la utilización de sistemas de ventilación auxiliar (ventilador auxiliar + ductos flexibles).

En cuanto al ventilador extractor requerido, éste se deberá instalar en el nivel más profundo de la mina (en estocada que conecte dicho nivel, con la chimenea de extracción general), de tal modo de generar con la operación de esta unidad ventiladora, el siguiente circuito: el aire fresco entrará -por depresión- por el portal de la rampa desde superficie, recorrerá (en forma descendente) toda la extensión de ésta, pasará por el ventilador, para ascender por la chimenea de extracción general, hasta superficie.

4.4 Creación de Diagrama Equivalente de Ventilación

El trazado del Diagrama Equivalente de Ventilación para el circuito explicitado en párrafo anterior, estará compuesto -centralmente- por la rampa de acceso, que es, además, la vía principal de inyección de aire fresco a la mina; más, la estocada de conexión nivel inferior con chimenea de extracción general (lugar en que deberá ser instalado el ventilador); más, la chimenea de extracción general conectada con superficie.

4.5 Creación de Archivo de Datos

Deberá extraerse de planos de explotación, la sección, perímetro y longitud de la rampa principal ; para el caso de la estocada en nivel inferior de la mina, deberá asumirse una longitud de **10,0 m.** y una sección, mínima, de **4,5 x 4,5 m.**, y, para la chimenea de extracción, una longitud de **200,0 m.** y **3,5 m.** de diámetro.

Se deberá utilizar un coeficiente de fricción único para todas las galerías, igual a **$100 \times 10^{-10} \text{ lbf} \times \text{min}^2/\text{pie}^4$** . La presión de ventilación natural, para el presente caso estudiado, se considera irrelevante.

4.6 Modelamiento del Sistema de Ventilación

Una vez preparado el archivo de datos, es posible modelar el sistema (utilizando -para este efecto- uno de los diversos softwares de equilibrio de redes de ventilación, existente en el mercado), imponiendo, en la rama que representa a la estocada en que se instalará el ventilador, un caudal de aire igual a **160.000 pie³/min.**

En el presente caso estudiado, el proceso de modelamiento/simulación entregó como resultado final, el siguiente Punto de Operación del sistema:

Caudal (Q) = 160.000 [pie³/min] ; Caída de Presión Estática (Ps) = 5,0 [Pulg. de Agua]
--

4.7 Dimensionamiento propuesto

De acuerdo al Punto de Operación, obtenido, del sistema, se propone instalar 1 (uno) ventilador, extractor, de tipo axial, dentro de estocada ubicada en nivel inferior de la mina. Dicha unidad ventiladora, deberá operar en el siguiente Punto de Operación:

Caudal (Q) = 160.000 [pie³/min] ; Caída de Presión Estática (Ps) = 5,0 [Pulg. de Agua]
--

Nota:

Se deberá especificar el Punto de Operación (Q v/s Ps) del ventilador axial requerido de instalar, de manera tal que, proveedores coticen la unidad ventiladora -con potencia de motor eléctrico correspondiente- que satisfaga tal punto; en dicha especificación, se deberá incluir la altura geográfica en dónde se instalará y operará dicho equipo.

ESQUEMA: SISTEMA DE VENTILACIÓN PRINCIPAL - MINA MODELO

